

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

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNDE BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE ÜÇ
BOYUTLU ARAZİ ANALİZİ**

MEHMET ERBAŞ

**DOKTORA TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
UZAKTAN ALGILAMA VE CBS PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ZÜBEYDE ALKIŞ**

İSTANBUL, 2012

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

**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNDE BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE ÜÇ
BOYUTLU ARAZİ ANALİZİ**

MEHMET ERBAŞ

**DOKTORA TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
UZAKTAN ALGILAMA VE CBS PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ZÜBEYDE ALKIŞ**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNDE BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE ÜÇ
BOYUTLU ARAZİ ANALİZİ**

Mehmet ERBAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 18.06.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof.Dr. Zübeyde ALKIŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Zübeyde ALKIŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Derya MAKTAV
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Sıtkı KÜLÜR
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent BAYRAM
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın danışmanlığını yapan, çalışmam boyunca yardımlarını ve bilgisini benden esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Zübeyde ALKIŞ'a, değerli meslektaş ve komutanlarım Erdal YILMAZ, Abdullah DEĞER, İbrahim ARAS, Feyzi KANTAR ve Hakan ŞAHİN'e teşekkür ederim.

Ayrıca her alanda bana olan desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Esmâ ERBAŞ'a ve kardeşim Ahmet ERBAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2012

Mehmet ERBAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTIMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	3
COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ	3
2.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tanımı	3
2.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Bileşenleri	4
2.2.1 Donanım (Hardware)	4
2.2.2 Yazılım (Software)	4
2.2.3 Veri (Data)	5
2.2.4 Personel (People)	5
2.2.5 Yöntemler	5
2.3 CBS'nin Yapısı ve Temel İşlevleri	6
2.3.1 Vektör Veri Modeli	6
2.3.2 Raster Veri Modeli	6
BÖLÜM 3	8
ÜÇ BOYUTLU MODELLEME VE YÜKSEKLİK VERİLERİ	8

3.1	Üç Boyutlu Modelleme	8
3.1.1	Üç Boyutlu Nesnelere	9
3.2	Yükseklik Verileri	12
3.2.1	DTED (Digital Terrain Elevation Data)	12
3.2.2	SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)	13
3.2.2.1	SRTM Verilerinin Özellikleri	15
3.2.3	DTED ve SRTM Verilerinin Karşılaştırılması	16
3.2.4	LIDAR (Light Detection And Ranging)	18
BÖLÜM 4		20
SANAL KÜRELER VE WEB SERVİSLERİ		20
4.1	Sanal Küreler	20
4.2	OGC Web Servisleri	22
4.2.1	Web Harita Servisi (Web Map Service-WMS)	26
BÖLÜM 5		29
BULANIK MANTIK		29
5.1	Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)	29
5.1.1	Bulanık Kümeler	31
5.1.2	Bulanık Modelleme	32
5.1.2.1	Bulanıklaştırma	34
5.1.2.2	Kural İşleme Birimi	36
5.1.2.3	Durulaştırma	36
5.2	Bulanık Mantığın Üstünlükleri ve Zayıflıkları	38
5.2.1	Bulanık Mantığın Üstünlükleri	38
5.2.2	Bulanık Mantığın Zayıflıkları	38
5.3	Bulanık Mantığın Uygulama Alanları	39
BÖLÜM 6		41
ARAZİ ANALİZİ		41
6.1	Eğim	42
6.2	Zemin	42
6.3	Bitki Örtüsü	44
6.4	Hidrografya:	45
6.5	Diğer Engeller:	46
BÖLÜM 7		48
UYGULAMA		48
7.1	Veriler	48
7.1.1	Topoğrafik Raster Harita	49
7.1.2	Renkli Ortofoto	49
7.1.3	Vektör Veriler	49
7.1.4	Yükseklik Verileri	49
7.2	Donanım	50

7.3	Yazılım	51
7.4	Arazi Analizi İçin Veri Hazırlama.....	54
7.4.1	Eğim Katmanı	54
7.4.1.1	Project Raster.....	57
7.4.1.2	Majority Filter	57
7.4.1.3	Slope.....	57
7.4.1.4	Round Up	58
7.4.1.5	Reclassify.....	58
7.4.1.6	Expand.....	59
7.4.1.7	Aggregate	59
7.4.1.8	Int	60
7.4.1.9	Raster to Polygon	60
7.4.2	Zemin Katmanı	61
7.4.3	Bitki Örtüsü Katmanı.....	62
7.4.4	Hidrografya Katmanı.....	63
7.4.5	Diğer Katmanlar	64
7.5	Kural Tanımlama	65
7.5.1	Klasik Mantık Kuralları	65
7.6	Bulanık Mantık Kuralları.....	68
7.6.1.1	Araç Bilgisi İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması	68
7.6.2	Eğim İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması.....	71
7.6.3	Zemin Bilgisi İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması	72
7.6.4	Yağış Bilgisi İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması	73
7.6.5	Bulanık Mantık Kurallarının Uygulanması.....	74
7.6.5.1	Araç ve Yağış Bilgilerinin Değerlendirilmesi.....	77
7.6.5.2	Eğim ve Zemin Bilgilerinin Değerlendirilmesi	82
7.6.5.3	Analiz Sonucunun Elde Edilmesi	84
7.7	Arazi Analizinin Yapılması	85
BÖLÜM 8.....		97
SONUÇ VE ÖNERİLER		97
KAYNAKLAR.....		100
ÖZGEÇMİŞ.....		105

SİMGE LİSTESİ

cm	Santimetre
km	Kilometre
m	Metre
$\mu(x)$	Üyelik fonksiyonu
$\ddot{U}(x)$	Üyelik değeri

KISALTMA LİSTESİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DTED	Digital Terrain Elevation Data
DTED1	Digital Terrain Elevation Data Level I
DTED2	Digital Terrain Elevation Data Level II
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
GIF	Graphics Interchange Format
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
GPX	GPS Exchange Format
INS	Inertial Navigation System
ISO	International Organization for Standardization
JPEG	Joint Photographic Experts Group
KML	Keyhole Markup Language
LIDAR	Light Detection And Ranging
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NGIA	ABD Ulusal Coğrafi İstihbarat Kurumu
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OGC	Open Geospatial Consortium
PNG	Portable Network Graphics
SMTP	Simple Mail Tect Protocol
SRTM	Shuttle radar Toporaphy Mission
TIFF	Tagged Image File Format
XML	Extensible Markup Language
WGS84	World Geodetic System 1984
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WTS	Web Terrain Service

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	CBS bileşenleri..... 4
Şekil 2. 2	CBS’de temel semboller ve veri modelleri..... 7
Şekil 3. 1	Üç boyutlu koordinat sisteminde X,Y,Z eksenleri 10
Şekil 3. 2	Sol el koordinat sistemi..... 10
Şekil 3. 3	Değişiklik poligonlar 11
Şekil 3. 4	Üçgenlere bölünmüş poligonlar..... 11
Şekil 3. 5	Yükseklik verilerinden oluşturulan üçgen yüzeyler..... 11
Şekil 3. 6	SRTM verilerinin kapsadığı alan 13
Şekil 3. 7	Uzay Mekiğinin verisinin kapladığı alan 14
Şekil 3. 8	SRTM için kullanılan uzay mekiği ve donanımı [17]..... 14
Şekil 3. 9	SRTM1 verisinden SRTM3 ve SRTM30 verilerinin elde edilmesi 16
Şekil 4. 1	Sanal Küre Uygulamaları (Google Earth, Nasa World Wind) 22
Şekil 4. 2	Web servisi mimarisi 24
Şekil 4. 3	Web Servisleri Çalışma Prensibi..... 25
Şekil 4. 4	GetCapabilities Fonsiyonu sonucunda elde edilen *.xml dosyası 27
Şekil 4. 5	WMS GetMap Fonsiyonu sonucunda elde edilen görüntü..... 28
Şekil 5. 1	Uzun boylu insanlar kümesinin klasik gösterimi..... 31
Şekil 5. 2	Uzun boylu insanlar kümesinin bulanık gösterimi 32
Şekil 5. 3	Bulanık modelleme aşamaları..... 33
Şekil 5. 4	Bulanık mantık sisteminin çalışma şekli..... 33
Şekil 7. 1	Uygulama mimarisi 50
Şekil 7. 2	WMS sunucusundan alınan ortofoto görüntü 51
Şekil 7. 3	WMS sunucusundan alınan raster harita görüntüsü 51
Şekil 7. 4	ArcGIS Explorer yazılımı 52
Şekil 7. 5	Sanal küre üzerinde ortofoto görüntü gösterilmesi 53
Şekil 7. 6	Sanal küre üzerinde raster harita gösterilmesi..... 53
Şekil 7. 7	Yazılım geliştirme kod örneği 54
Şekil 7. 8	Eğim haritası oluşturma aşamaları..... 56
Şekil 7. 9	Hatalı verilerin ayıklanması 57
Şekil 7. 10	Eğim Oluşturma..... 58
Şekil 7. 11	Yuvarlama işlemi 58
Şekil 7. 12	Yuvarlama işlemi 59
Şekil 7. 13	Genelleştirme işlemi 60
Şekil 7. 14	E19-d paftasının eğim grupları..... 61

Şekil 7. 15	E19-d paftasının zemin grupları	62
Şekil 7. 16	E19-d paftasının ağaç kapallılık grupları	63
Şekil 7. 17	E19-d paftasının hidrografiya katmanı	64
Şekil 7. 18	E19-d paftasının yerleşim yerleri, orman ve arazi detayları	65
Şekil 7. 19	Klasik mantık iş akış şeması	67
Şekil 7. 20	Araç bilgisi için crisp üyelik fonksiyonu grafiği	69
Şekil 7. 21	Araç bilgisi için üyelik fonksiyonu grafiği	69
Şekil 7. 22	Araç bilgisi için üyelik fonksiyonu grafiği	70
Şekil 7. 23	Arazi eğimi için üyelik fonksiyonu grafiği	71
Şekil 7. 24	Zemin için üyelik fonksiyonu grafiği	73
Şekil 7. 25	Yağış bilgisi için üyelik fonksiyonu grafiği	74
Şekil 7. 26	Bulanık mantık iş akış şeması	76
Şekil 7. 27	Kapasite durumu için üyelik fonksiyonu grafiği	78
Şekil 7. 28	Araç gücü ve yağış durumlarının hesaplanması	79
Şekil 7. 29	Kapasite durumunun gösterilmesi	80
Şekil 7. 30	Düşük ve orta kapasiteli bölgelerin gösterilmesi	81
Şekil 7. 31	Arazi yapısı için üyelik fonksiyonu grafiği	82
Şekil 7. 32	Araziden geçme durumunun belirlenmesi için üyelik fonksiyonu grafiği ...	84
Şekil 7. 33	Arazi Analizi Giriş Ekranı	86
Şekil 7. 34	Arazi Analizi uygulamasında Hava “Açık” olarak seçim yapılması	87
Şekil 7. 35	Hava Durumu “Açık “ seçilerek yapılan klasik analiz	88
Şekil 7. 36	Hava Durumu “Açık “ seçilerek yapılan bulanık analiz	88
Şekil 7. 37	Bilgi penceresi	90
Şekil 7. 38	Analiz Sonucundan Ekili Arazinin kaldırılması	90
Şekil 7. 39	Hava Durumu “Az Yağışlı “ seçilerek yapılan klasik analiz	91
Şekil 7. 40	Hava Durumu “Az Yağışlı “ seçilerek yapılan bulanık analiz	91
Şekil 7. 41	Hava Durumu “Çok Yağışlı “ seçilerek yapılan klasik analiz	92
Şekil 7. 42	Hava Durumu “Çok Yağışlı “ seçilerek yapılan bulanık analiz	93
Şekil 7. 43	Analiz sonucunun raster harita ve ortofoto görüntüde gösterimi	94
Şekil 7. 44	Bölgenin yandan görünümü	94
Şekil 7. 45	Analiz sonucunun yandan görünümü	95
Şekil 7. 46	Uçuş rotasının belirlenmesi	95
Şekil 7. 47	Uçuş simülasyonu ayarlarının yapılması	96
Şekil 7. 48	Uçuş simülasyonunun ortofoto görüntü, raster harita ve arazi analizi üzerinde gösterilmesi	96

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1	SRTM ve DTED Veri Standartları..... 17
Çizelge 5. 1	Klasik mantık ile bulanık mantık farklılıkları..... 30
Çizelge 5. 2	Önemli üyelik fonksiyonları..... 35
Çizelge 5. 3	Durulaştırma yöntemleri 37
Çizelge 5. 4	Bulanık mantık uygulama örnekleri 40
Çizelge 6. 1	Zemin sınıflandırmaları 43
Çizelge 6. 3	Ağaç kapalılık oranları ve arazide ilerlemeyi etkileme durumları..... 45
Çizelge 7.1	Eğim kategorileri 59
Çizelge 7.2	Uygulamada kullanılan klasik mantık kuralları..... 66
Çizelge 7.3	Araçlara ait teknik bilgiler 68
Çizelge 7.4	Araç bilgisi için üyelik fonksiyonları..... 70
Çizelge 7.5	Eğim için üyelik fonksiyonları 72
Çizelge 7.6	Zemin bilgisi için üyelik fonksiyonları..... 73
Çizelge 7.7	Yağış bilgisi için üyelik fonksiyonları..... 74
Çizelge 7.8	Araç ve Yağış için oluşturulan bulanık mantık kuralları 77
Çizelge 7.9	Kapasite durumu için üyelik fonksiyonları 78
Çizelge 7.10	Arazi yapısı üyelik fonksiyonları 82
Çizelge 7.11	Eğim ve Zemin için oluşturulan bulanık mantık kuralları..... 83
Çizelge 7.12	Analiz sonucu üyelik fonksiyonları 84
Çizelge 7.13	Kapasite ve Arazi Yapısı için oluşturulan bulanık mantık kuralları..... 85
Çizelge 7.14	Analiz sonuçlarında kullanılan renk kodları açıklamaları 89

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNDE BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE ÜÇ BOYUTLU ARAZİ ANALİZİ

Mehmet ERBAŞ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Zübeyde ALKIŞ

Coğrafi bilgi sistemleri coğrafi bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması süreçlerini içermektedir. Günümüzde kullanılan verilerin büyük bir kısmının konuma ait bilgi içerdiği düşünüldüğünde coğrafi bilgi sistemlerinin önemi daha iyi anlaşılacaktır.

Teknolojik gelişmelerle beraber veriler bilgisayar ortamlarında saklanmaya başlanmış ve veriler arttıkça bazı ihtiyaçlar ortaya çıkmıştır. İlk olarak verilerin görselleştirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda ilk zamanlarda veriler iki boyutlu olarak yapılan görselleştirilmiş, daha sonra bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle beraber üç boyutlu görselleştirmeler yapılmaya başlanmıştır.

Üç boyutlu görselleştirmede, özellikle 2000'li yılların ortalarında hizmete giren ve günümüzde hemen hemen bütün kullanıcıların kullandığı sanal küre yazılımları yaygın olarak kullanılmaktadır. Artık gidilecek yerlere ait bilgiler ve rota planlamaları bu sanal küre yazılımları üzerinde kolaylıkla yapılabilmektedir. Hayatımızın bir parçası haline alan sanal küre yazılımları sadece veri sunumu ve görselleştirilmesinde değil üzerinde çeşitli analizlerin yapılmasına da olanak sağlamaktadır.

Bu tezde askerî ve sivil alanda kullanılan ve arazi üzerinde hareket eden bir aracın geçebileceği bölgelerin belirlenebilmesi amacıyla arazi analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Arazi analizi yapılırken arazide araç hareketine etki eden faktörler tespit edilmeye çalışılmış, özellikle belirsizliklerin modellenbilmesine imkân sağlayan bulanık

mantık çerçevesinde kurallar oluşturulmuş ve sanal küre yazılımı üzerinde arazi analizin yapılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, sayısal yükseklik verisi, üç boyutlu modelleme, web servisleri, web harita servisi, sanal küreler, bulanık mantık ve arazi analizi.

**THREE DIMENSIONAL TERRAIN ANALYSIS THROUGH FUZZY LOGIC IN
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS**

Mehmet ERBAŞ

Department of Survey Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Zübeyde ALKIŞ

Geographical information systems consist of processes for the collection, processing and submission to end user of geographical data. Given the fact that most of the current day information includes spatial data, the importance of the geographical information systems can be better understood.

As a result of technological developments, data is being stored in the electronic form and new needs emerge with increase of data. The first of these emerging needs is visualization of data. Within this context, the data has been first visualized in two dimensional formats and with the development in the computer technologies three dimensional visualization has been introduced.

For the three dimensional visualization of data, especially the virtual globe software which has entered into service in mid 2000's has been widely used. Nowadays, destination data and route planning can easily be done via this virtual globe software. Virtual globe software which has been an essential part of our life not only provide and visualize data but also make it possible to do some analyses.

In this dissertation, terrain analysis for the purpose of determination of transit areas for military and civilian vehicles has been conducted. The study aimed to identify factors effecting the vehicle movement on the terrain and some rules has been established within fuzzy logic framework which helps to modeling of the uncertainties.

The developed terrain analysis application has been designed to work on the virtual globe software.

Key words: Geographical Information Systems, digital elevation data, web services, web map service, virtual globes, fuzzy logic and terrain analysis.

1.1 Literatür Özeti

Yapılan araştırma sonucunda arazi üzerinde yapılacak araç intikallerinde seçilen aracın hangi bölgelerden geçebileceğine dair detaylı çalışmalar daha çok iki boyutlu uygulamalar üzerinde yapılmıştır. İki boyutlu yazılımlar üzerinde seçilen aracın hangi bölgelerden geçebileceği, hangi bölgelerin hareketi yavaşlattığına dair çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar yapılırken daha çok arazinin eğim bilgileri dikkate alınarak analizler yapılmıştır. Analizler yapılırken genellikle klasik mantık çerçevesinde değerlendirilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır.

Araç geçiş güzergâhlarının belirlenmesi konusunda dikkat çeken bir uygulama Çek Cumhuriyeti ordusunun tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmada seçilen aracın arazi üzerinde başlangıç noktasından hedefe kadar olan rotasının otomatik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda meteorolojik koşullar, hidrografiya verileri ve zemin bilgileri kullanılarak komuta kontrol bilgi sistemine yardımcı olunması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında arazi üzerinde farklı meteorolojik koşullarda zemin yapısının incelenmesi yapılmış ve bilgileri kayıt edilmiştir. Geliştirilen uygulamada ise hava koşulları seçilerek seçilen aracın geçebileceği güzergâhlar belirlenmiştir. Güzergâh analizinde sadece aracın geçebileceği yol rotalarının ortaya çıkarılması ve analiz edilmesi gerçekleştirilmiştir [1].

Araç geçiş güzergâhları hakkındaki diğer uygulamalar ise tarım sektöründe yapılmıştır. Bu uygulamada, geniş tarım arazilerinde uydu destekli yönlendirme sistemine sahip traktörlerin, ekim ve gübreleme işlemlerini en verimli şekilde yapabilmesi

amaçlanmıştır. Traktörün içerisinde bulunan GPS sistemine tarlanın konumu ile ilgili bilgiler yüklenmekte ve traktörün otomatik olarak yönlendirilmesi gerçekleştirilmektedir [2]. Söz konusu uygulama araç geçiş bölgelerinin belirlenmesinden daha çok uydu destekli navigasyon uygulaması şeklindedir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında arazide hareket eden bir aracın hangi bölgelerden geçebileceği, hangi bölgelerin hareketini yavaşlattığı veya hareketine engel olduğunun bulanık mantık yöntemiyle tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda araç hareketine etki eden faktörlerin araştırılması, hangi seviyede etki ettiklerin tespit edilmesi, sanal küre yazılımı üzerinde bulanık mantık kurallarına göre analiz yapılması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Arazi üzerinde araçla yapılacak bir hareketi arazinin eğiminin yanında arazinin yapısı ve zemin faktörleri de etkilemektedir ve bulanık mantık kuralları, klasik mantığa göre daha doğru bir sonuç vermektedir.

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler verilerin sayısal ortamda tutulmasını kolaylaştırmaktadır. Veriler arttıkça bu verilerin işlenmesi, istenilen bilgilere zamanında ulaşılması ve başka kullanıcılarla paylaşılması gibi imkânları zorunlu kılmaktadır. Söz konusu verilerin toplanması, saklanması ve işlenmesi konularında ise Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS)'nin büyük bir rol üstlenmektedir.

2.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tanımı

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), İngilizce Geographical Information Systems (GIS) ifadesinin Türkçe'ye çevrilmiş hali olup değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Özellikle CBS'nin dünyada konumsal bilgi ile ilgilenen kişi, kurum ve kuruluşlar arasında geniş bir merak uyandırması, gelişmelerdeki hızlı değişiklikler, özellikle ticari beklentiler, farklı uygulama ve fikirler, CBS'nin standart bir tanımının yapılmasına henüz izin vermemiştir. CBS, bazı araştırmacılara göre konumsal bilgi sistemlerin tümünü içeren ve coğrafi bilgiyi irdeleyen bir bilimsel kavram, bazılarına göre; konumsal bilgileri dijital yapıya kavuşturan bilgisayar tabanlı bir araç, bazılarına göre de; organizasyona yardımcı olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir. Buna göre en genel haliyle CBS tanımı aşağıdaki şekilde yapılabilir [3][4].

“Coğrafi Bilgi Sistemleri; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir.”

2.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Bileşenleri

CBS'nin beş temel bileşeni vardır [3]. Bunlar;

- Donanım,
- Yazılım,
- Veri,
- Personel ve
- Yöntemlerdir.

CBS'nin bileşenleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir [5].



Şekil 2. 1 CBS bileşenleri

2.2.1 Donanım (Hardware)

CBS'nin işlemlerini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözükken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer), veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır.

2.2.2 Yazılım (Software)

Coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen

algoritmalarıdır. En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb. verilebilir.

2.2.3 Veri (Data)

CBS'nin en önemli bileşenlerinde biri de "veri"dir. Grafik yapıdaki coğrafik veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak da görülmektedir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Nitekim CBS'ye yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık %50'den fazlası veri toplamak için gerekmektedir.

2.2.4 Personel (People)

CBS teknolojisi insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olurdu. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Dolayısıyla coğrafi bilgi sistemlerinde insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılamaları gibi bir süreç yaşanır. CBS'nin gelişmesi mutlak suretle insanların yani kullanıcıların ona sahip çıkmalarına ve konuma bağlı her türlü analiz için CBS'yi kullanabilme yeteneklerini artırmaya ve değişik disiplinlere yine CBS'nin avantajlarını tanıtmakla mümkün olabilecektir.

2.2.5 Yöntemler

Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metodların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli standartlar yani kurallar çerçevesinde gerçekleşir.

2.3 CBS'nin Yapısı ve Temel İşlevleri

CBS'de zamansal, konusal ve mekânsal olmak üzere üç farklı türde veri kullanılmaktadır. Zamansal veri toplanan verinin zamanını, konusal veri konuyu ve mekânsal veri verinin dünya üzerindeki konumunu belirtmektedir [6].

Coğrafi bilgiler, enlem-boylam şeklindeki coğrafi koordinat ya da ulusal koordinatlar gibi kesin değerleri veya adres, bölge ismi, yol ismi gibi tanımlanan referans bilgileri içermektedir. Bu coğrafi referanslar objelerin konumlandırılması yani koordinatı bilinen bir pozisyona yerleştirilmesine imkân sağlar.

CBS'de verilerin saklanması için iki farklı veri modeli kullanılmaktadır. Bunlar "vektör" ve "raster" veri modelleridir [7].

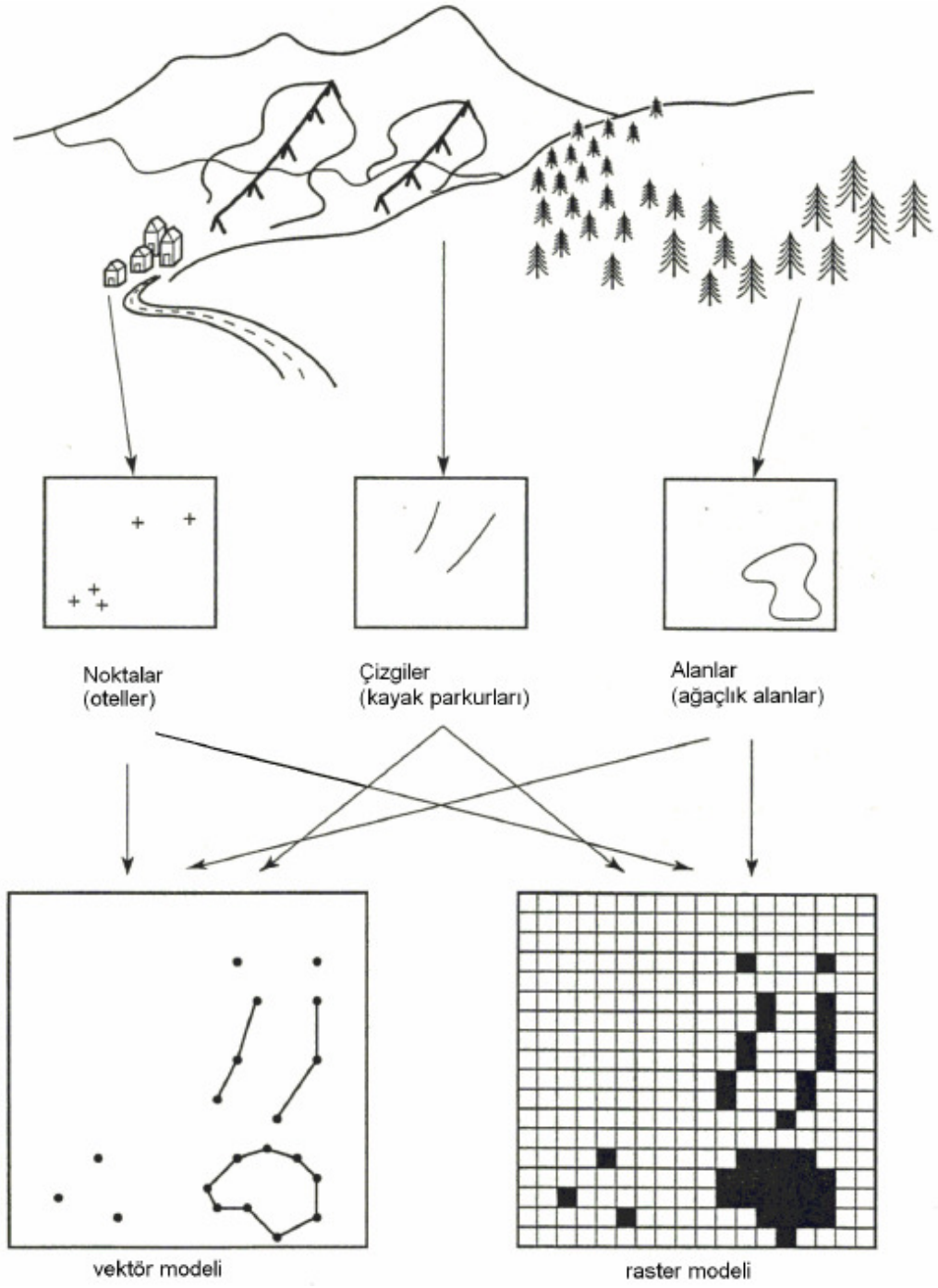
2.3.1 Vektör Veri Modeli

Vektörel veri modelinde veriler, nokta, çizgi ve poligonlar (x,y) şeklinde depolanırlar. Nokta özelliği gösteren bir elektrik direği tek bir (x,y) koordinatı ile tanımlanırken, çizgi özelliği gösteren bir yol veya akarsu şeklindeki coğrafik varlık birbirini izleyen bir dizi (x,y) koordinat serisi şeklinde saklanır. Poligon özelliğine sahip coğrafik varlıklar, örneğin imar adası, bina, orman alanı, parsel veya göl, kapalı şekiller olarak, başlangıç ve bitişinde aynı koordinat olan (x,y) dizi koordinatlar ile depolanır. Vektörel model coğrafi varlıkların kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı bir modeldir [3].

2.3.2 Raster Veri Modeli

Hücresel ya da diğer bir deyişle raster veri modeli daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafik varlıkların ifadesinde kullanılmaktadır. Raster görüntü, birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Hücrelerin her biri piksel (pixel) olarak da bilinir. Fotoğraf görüntüsü özelliğine sahip raster modeller, genellikle fotoğraf ya da haritaların taranması (scanning) ile elde edilirler. Vektör ve raster veri modellerinden biri genelde CBS uygulama biçimine göre tercih edilerek kullanılır. Ancak günümüzde her iki model aynı anda da kullanılabilir. Bu tür bir kullanım şekli CBS'de hybrid (melez) veri modeli olarak bilinmektedir [3].

Vektör ve raster veri modellerinin Şekil 2.2'de gösterilmiştir [8].



Şekil 2. 2 CBS’de temel semboller ve veri modelleri

ÜÇ BOYUTLU MODELLEME VE YÜKSEKLİK VERİLERİ

Gerçek dünya üç boyut üzerine kurulmuş ve hayata dair her türlü işlemler de aynı şekilde 3 boyutlu (3B) olarak yapılmaktadır. Benzer şekilde bütün nesnelere de 3B'dur ve nesnelere yükseklik, genişlik ve derinlikleri bulunmaktadır. Bilgisayar ekranında ise çizim yapılırken 2 boyutlu (2B) olarak işlemler yapılmakta ve nesnelere yükseklik ve genişlikleri ile ifade edilmektedirler [9].

Gelişen teknolojilere bağlı olarak 3B modellemenin de önemi artmış, haritacılık, oyun alanlarında da 3B modellemeye önem verilmeye başlanmıştır [9].

3.1 Üç Boyutlu Modelleme

Bilişim teknolojilerindeki gelişmeler, konumsal verilerin modellenmesini CBS'lerinin vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Söz konusu modellemeler sonucunda CBS'leri 3B CBS'lerine doğru yönelmektedir. CBS coğrafi verilerin toplanması, işlenmesi, saklanması ve analiz edilmesi konusunda güçlü bir araçtır. Bu şekilde değişik alanlar da çok sık olarak kullanılmaktadır. CBS'lerindeki hemen hemen bütün sistemler iki boyut üzerinde yoğunlaşmıştır. 3B modellemede yükseklik verileri kullanılarak 2B veriler 3B'lu hale getirilmektedir. Gerçekte bu şekil tam anlamıyla 3B değildir. Sadece yükseklik verileri yardımıyla 3B hale getirilmiş, model üzerindeki detayların yükseklikleri gösterilmemektedir. Bu şekildeki uygulamalar da mevcuttur, detayların yükseklikleri de dikkate alınarak bitki örtüsü ve yapıların gerçek yüksekliklerinde gösterilmesi sağlanmakta, ayrıca nesnelere doku giydirilmesi yapılarak gerçek görünümüne benzer gösterilmesi sağlanmaktadır [10].

3B Modelleme; bilgisayar ortamında bir nesnenin matematiksel olarak vektörel bir formatta oluşturulmasıdır. Ortaya çıkan ürün model alınan nesnenin geometrik bir temsilidir ve 3B modeldir. Ancak sadece modelin oluşturulması amaç görselleştirme olduğu zaman yeterli olmamaktadır. Modelin görselliği, model görselleştirme (rendering) diye adlandırılan bir süreçten daha geçirilerek arttırılır veya model kullanılarak çeşitli animasyonlar oluşturulabilir [11].

3B modellemenin bilgisayar teknolojileri ile yapılmasının en büyük avantajı aydınlatma ve hareket efektlerinin 3B nesnelere beraber kullanılabilir hale getirmesidir [12].

3.1.1 Üç Boyutlu Nesnelere

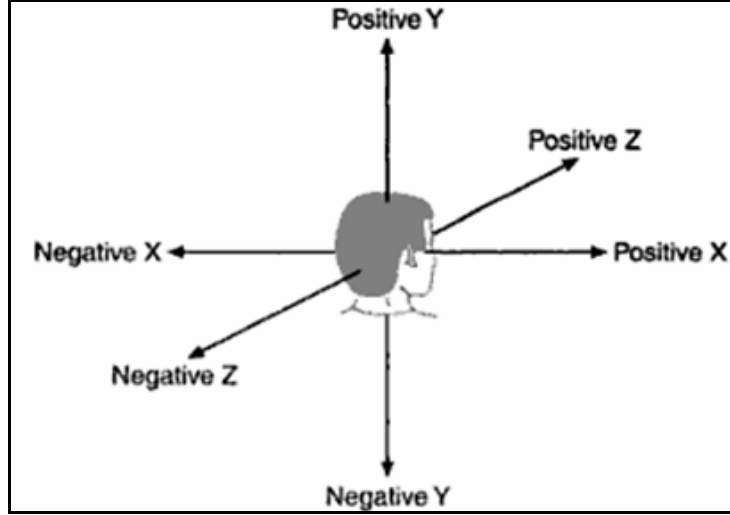
3B modelleme yapılırken ilk olarak 3B görüntünün oluşturulması gerekmektedir. 3B bir görüntü oluşturulabilmesi için dört temel unsura ihtiyaç vardır [13]. Bunlar;

- Görüntülenmek istenilen nesne,
- Nesnenin görüntülenebilmesi için ışık kaynağı,
- Nesneye bakış noktası (kamera bakış noktası)
- Tanımlamaların yapılabilmesi için bir koordinat sistemi.

Bu nesnelere en basit olarak tanımlanan koordinat sistemidir. Bütün işlemler tanımlanan koordinat sistemine göre hesaplanmakta ve koordinat serileri ile gösterilmektedir. Koordinat sistemleri üç eksenle oluşmaktadır. Eksenlerin 3B modellemedeki karşılıkları ise;

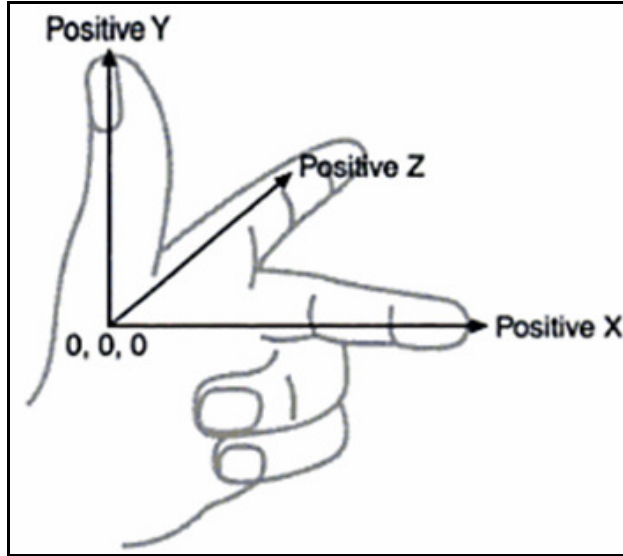
- X eksen : Genişlik,
- Y eksen : Yüksek ve
- Z eksen : Derinliktir.

3B koordinat sistemi Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Şekilde pozitif ve negatif eksenler de ayrı ayrı gösterilmiştir. Merkez noktanın koordinatı (0,0,0) olarak adlandırılmaktadır. Eğer sadece bir nesnenin modellenmesi yapılacaksa genelde merkez nokta nesnenin içerisinde kalmaktadır [14][15].



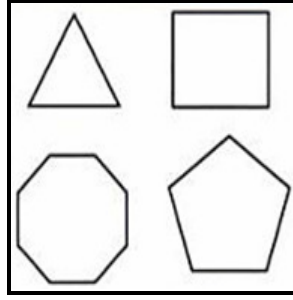
Şekil 3. 1 Üç boyutlu koordinat sisteminde X,Y,Z eksenleri

Şekil 2.1’de gösterilen koordinat sistemi sol el koordinat sistemi adı verilen sisteme göre çalışmaktadır (Şekil 2.2). X eksenini sağa, Y eksenini yukarı ve Z eksenini içeriye doğru pozitif değerler almaktadır.

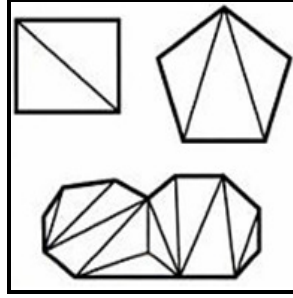


Şekil 3. 2 Sol el koordinat sistemi

3B nesnelere poligonlardan oluşmaktadır. En basit poligonlar ise üçgenlerdir. Modern 3B grafik adaptörleri saniyede milyonlarca üçgeni hesaplayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yüzden 3B modellemede genellikle karmaşık poligonlar yerine üçgenler kullanılmaktadır. Şekil 3.3.’te değişik poligon örnekleri gösterilmiştir. Şekil 3.4. de ise poligonların üçgenlere bölünmesi gösterilmiştir. Bu şekildeki üçgenlere bölünme mesh ile adlandırılmaktadır

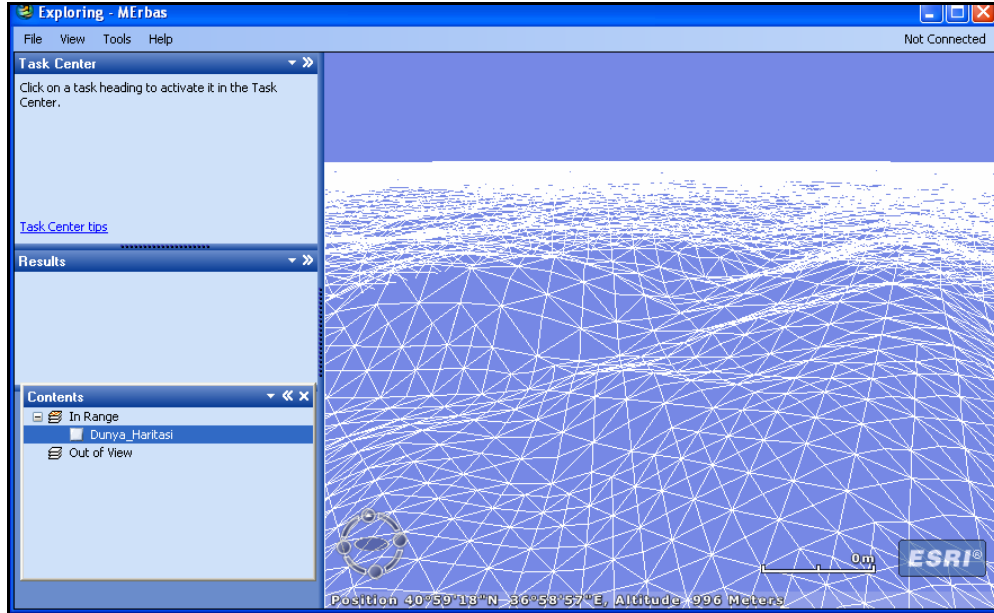


Şekil 3. 3 Değişiklik poligonlar



Şekil 3. 4 Üçgenlere bölünmüş poligonlar

Modelde kullanılan alan yüzey (surface) olarak adlandırılmaktadır. Üçgenlemelerle oluşan yüzeye wireframe adı verilmektedir. Türkiye'nin yükseklik verisi kullanılarak oluşturulan üçgenleme ağı Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 5 Yükseklik verilerinden oluşturulan üçgen yüzeyler

3B modelleme yapılırken kullanılan teknikler yalnızca bunlarla sınırlı değildir. Arazi yapısının en iyi şekilde görüntülenmesi için araziye ait bazı bilgilerin ve yükseklik verilerinin de kullanılması gerekmektedir. Yükseklik verileri yerden veya havadan toplanmaktadır. 3B modellemede oluşturulan bu yükseklik verileri kullanılmaktadır.

3.2 Yükseklik Verileri

3B arazi modelleri oluşturulurken araziye ait yükseklik verilerinin kullanılması gerekmektedir. Kullanılan yükseklik verileri DTED, SRTM, LIDAR, vb. verileri olabilir. Bu veriler hassasiyetleri bakımından da sınıflandırılmaktadırlar. Bu çalışmada SRTM ve DTED-2 verileri detaylı olarak incelenmiştir.

3.2.1 DTED (Digital Terrain Elevation Data)

DTED verileri NATO standartlarına göre üretilen sayısal yükseklik verileridir. Çözünürlük ve doğruluk gibi özellikler nedeniyle farklı düzeylerde hazırlanır. I nci ve II nci düzey DTED verileri olmak üzere iki çeşit üretilmiştir.

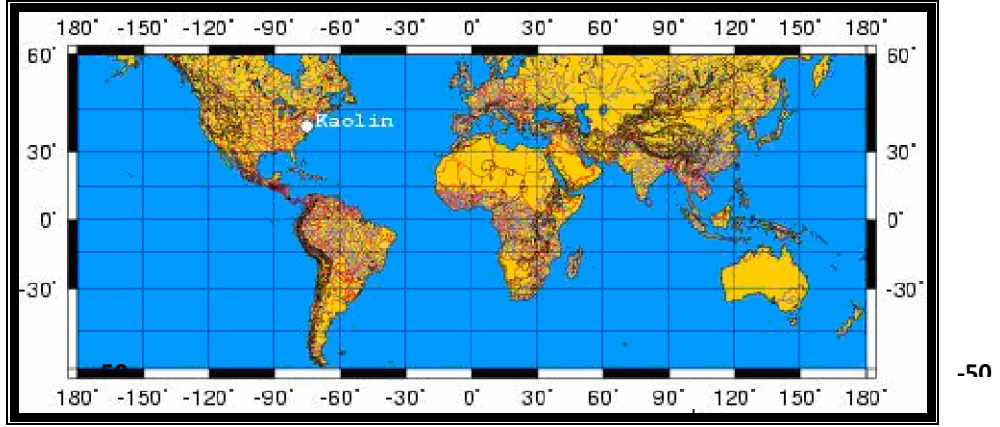
I nci düzey DTED verileri; araziye, 3x3 saniye (ekvatorda yaklaşık 90 metre) grid aralıklı yükseklik modeli ile temsil eder. NATO STANAG 2215 sınırlarına göre bu verilerin yatay doğruluğu 50 metre, düşey doğruluğu +/- 30 metre ve altında olmalıdır. Türkiye için yapılan bir uygulama ile 1/250.000 ölçekli topografik haritalardan alınan yükseklik değerlerinden elde edilen sayısal yükseklik modelleri kullanılarak DTED1 verileri üretilmiştir. 1/250.000 ölçekli sayısal yükseklik verileri 1/25.000 ölçekli sayısal yükseklik verilerinden genelleştirme yapılarak elde edilmiştir. Genelleştirmede 1/25.000 ölçekli eş yükseklik eğrileri seyrekleştirilmiş ve daha sonra kırıklık çizgileri düzeltilmiştir.

II nci düzey DTED verileri ise; 1x1 saniye (ekvatorda yaklaşık 30 metre) aralıklı yükseklik modeli ile araziye temsil eder. NATO STANAG 2215 sınırlarına göre bu verilerin yatay doğruluğu 23 metre, düşey doğruluğu ise, +/- 18 metre ve altında olmalıdır. 1/25.000 ölçekli topografik haritaların eş yükseklik eğrilerinden ve kot noktalarından faydalanarak üretilmiştir [16].

DTED verilerinin her ikisi de WGS84 Coğrafi projeksiyonunda üretilmiştir.

3.2.2 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

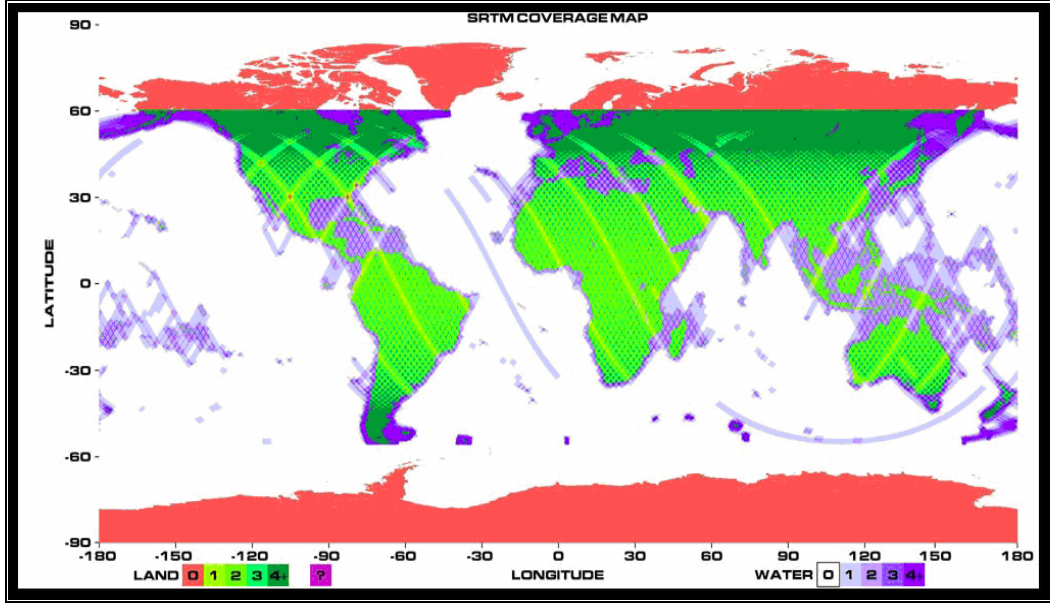
SRTM; ABD Ulusal Coğrafi İstihbarat Kurumu (NGIA), Ulusal Havacılık ve Uzay Ajansı (NASA), Alman ve İtalyan Uzay ajansları arasındaki ortak bir projedir. Bu projenin amacı dünya yüzeyinin %80'inin (60 derece kuzey ve 50 derece güney enlemleri arasındaki bütün alan) sayısal yükseklik modelini oluşturmaktır (Şekil 3.6). Yan bakışlı yapay açıklı radar görüntüleme yöntemi kullanılmış ve böylece dünya yüzeyi üzerinde uzun şeritler halinde veriler toplanmıştır [16].



Şekil 3. 6 SRTM verilerinin kapsadığı alan

SRTM verilerinin toplanması uzay mekiği Endavour tarafından 11–22 Şubat 2000 yılında gerçekleştirilmiştir. Uydunun gönderiliş amacı yeryüzüne ait topografik veri toplamak ve bu veriler yardımıyla üç boyutlu yükseklik modeli üretmektir. Birkaç saatlik kontrol ve hazırlıktan sonra 222,4 saat sürekli olarak veri toplanmıştır. Uzay mekiği bu kısa sürede, görev alanı içerisindeki yeryüzünü %99,96'sını en az bir kez, %94,59'unu en az iki kez ve %50'sin de üç ve daha fazla görüntülemiş ve veri toplamıştır.

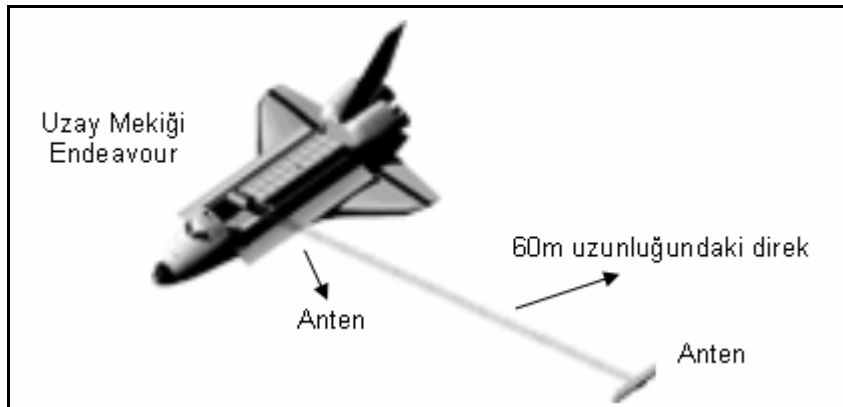
Şekil 3.7'de dünya haritası üzerinde kırmızı renkli bölgelerde hiç veri toplanmamış fakat yeşil rengin açık tonu ile koyu tonu arasındaki bölgelerde sırasıyla 1,2,3 ve 4 kez görüntü elde edilmiş ve veri toplanmıştır. Buradaki amaç yeryüzünü en az iki farklı açıdan görüntüleyerek radar gölgelerinden kaynaklanan hatayı en aza indirmektir [16].



Şekil 3. 7 Uzak Mekiğinin verisinin kapladığı alan

Bu radar sistemi, dünyanın şimdiye kadar toplanmış en büyük hacimli (yaklaşık olarak dünyanın %80'i) ve doğruluğu yüksek verisidir.

SRTM, radar interferometrisi tekniği ile oluşturulmuştur. Radar interferometresinde aynı yerin iki görüntüsü birbirinden farklı iki konumdan alınması esasına dayanır (en fazla 1km). Alınan görüntüler arasındaki faz farkı amaca göre yüzey yüksekliğini veya yüzey değişimini hesaplamaya yardımcı olur. Farklı konumlardan çekilmiş iki radar görüntüsü elde etmek için Şekil 3.8'de gösterilen SRTM donanımı; bir tanesi mekiğin altına, diğeri ise mekiğe bağlı ve mekikten dışarı uzanan 60 m uzunluğundaki bir çubuğa takılı iki radardan oluşmuştur.



Şekil 3. 8 SRTM için kullanılan uzak mekiği ve donanımı [17]

SRTM uydu geometrisinde birer adet uydunun gövdesinde, birer adet de uydudan dışarı uzanan 60 m'lik çubuğun ucunda olmak üzere 4 adet anten bulunmaktadır. Bu antenlerin ikisi C-band, diğer ikisi X-band antenleridir. Antenlerden ana gövde üzerinde bulunanları hem alıcı hem de sinyal gönderme özelliğine sahiptir. Dışarı doğru uzanan çubuğun üzerindeki antenler ise yalnızca alıcı olarak çalışmaktadır. Amerikan yapımı olan C-Band, alıcılar yeryüzünde 225 km tarama genişliğinde 3 saniye (yaklaşık 90 m) aralıklı veriler toplamıştır. Alman ve İtalyan yapımı olan X-band alıcılar ise 45 m tarama genişliğinde 1 saniye (yaklaşık 30 m) aralıklı veriler toplamıştır.

SRTM verisi Yapay Açıklıklı Radar Sistemi ile toplandığı için, bu sistemin kısıtları toplanan veriyi etkilemektedir. Sistem yan bakışlı ve aktif bir sistem olduğu için eğimi radarın yana bakış açısından daha fazla olan bölgelerde sisteme geri dönen bir sinyal olmamakta ve bu bölgeler boş kalmaktadır. Bu hata kaynağı gölgeleme olarak adlandırılmaktadır.

3.2.2.1 SRTM Verilerinin Özellikleri

SRTM verisinin SRTM1, SRTM3 ve SRTM30 olmak üzere üç değişik çözünürlükte kullanıcılara sunulmuştur.

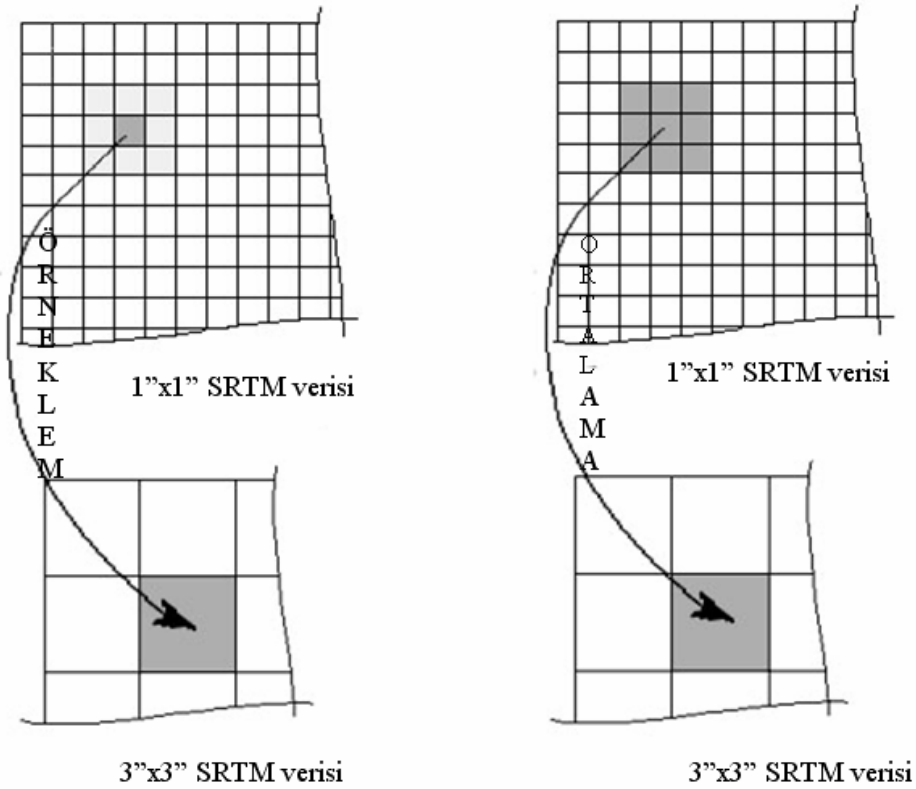
SRTM1: 1 saniye aralıklarla toplanmış (ekvatorda ~30 metre çözünürlük) sayısal yükseklik verisidir. Bu verilerden sadece Amerika Birleşik Devletlerine ait veriler internet üzerinden ücretsiz olarak sunulmuştur. Verilerin doğrulukları aşağıda sunulmuştur.

- Mutlak yatay doğruluk: 20 m
- Mutlak düşey doğruluk: 16 m
- Bağıl düşey doğruluk: 10 m (C-Band), 6 m (X-band) [16]

SRTM3: 3 saniye aralıklarla toplanmış (ekvatorda ~90 metre çözünürlük) sayısal yükseklik verisidir.

SRTM3 verileri SRTM1 verilerinden elde edilmiştir. SRTM3 elde edilirken iki farklı yöntem benimsenmiştir. Örneklem yönteminde Şekil 3.9'da görüldüğü gibi 9 tane 1"x1" pikselin ortasında yer alan pikselin değeri, 3"x3" boyutundaki piksel değerine verilir. Ortalama yönteminde ise 9 tane 1"x1" pikselin ortalaması alınır ve 3"x3"

boyutundaki piksel değerine verilir. Ortalama yöntemi radar verilerinin karakteristik yapısı nedeniyle yüksek frekanslı gürültüleri azaltır. Klasik bir yöntem olan ortalama alınması, aynı yapısal özellik gösteren yüzeylerin farklı yansımaya değerleri göstermesi olan benek etkisini azaltır ve radyometrik doğruluğu artırmaktadır. Örneklem yönteminde ise en azında 3"x3" boyutundaki pikselin kapladığı alanın ortasındaki gerçek değeri aynen temsil etmektedir. Buda yaklaşık olarak 90mx90m alan içerisinde 30mx30m bölgede doğruluğu değiştirmemektedir.



Şekil 3. 9 SRTM1 verisinden SRTM3 ve SRTM30 verilerinin elde edilmesi

3.2.3 DTED ve SRTM Verilerinin Karşılaştırılması

DTED ve SRTM verilerinin mutlak ve düşey doğruluklarının karşılaştırılması Çizelge 3.1'de sunulmuştur [16].

Çizelge 3. 1 SRTM ve DTED Veri Standartları

Doğruluk	SRTM1 (30 m)	SRTM3 (90 m)	DTED1 (90 m)	DTED2 (30 m)
Mutlak Yatay	20 m	20 m	50m	23 m
Mutlak Düşey	16 m	16 m	30m	18 m
Bağıl Düşey	10 m (C), 6 m (X)	10 m (C), 6 m (X)	20m	12 m (1) 15 m (2)

SRTM verilerinden elde edilen sayısal yükseklik modelleri, aynı alıcı ile üretilmiş olması nedeniyle dünyanın büyük bir bölümünün kapsayan sürekli ve homojen bir yapıya sahiptir.

NASA'nın araştırmalarına göre global anlamda 10m bağıl düşey doğruluk ve 16 m mutlak düşey doğruluğa sahip bir SYM bu alandaki önemli bir gelişmedir. SRTM3 C-band 90m çözünürlüklü verileri internetten ücretsiz olarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır.

Yapılan araştırma sonucunda; DTED1 ve SRTM3 verilerindeki büyük farklılıkların irdelenmesi sırasında iki veri arasındaki farkların Karesel Ortalama Hatası 15.82m ile 26.21m arasında değişmekte ve de yükseklik farklarının mutlak değerleri, 0-20m arasında yoğunlaştığı hesaplanmıştır. DTED1 verisinin de hatalar içermesi karşılaştırma sonucunda farkların daha da büyük çıkmasına neden olmuştur. Farkların özellikle ormanlık alanlarda, göl ve barajların olduğu bölgelerde 50m veya daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. DTED2 ve SRTM3 verilerinin karşılaştırılmasında verilerin arasındaki yükseklik farklarının mutlak değerlerinin 0-5m arasında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bunun sonucu olarak SRTM3 verilerinin DTED2 verilerine daha yakın bir doğruluğa sahip olduğu söylenebilir [16].

Bir diğer araştırma ise 1/25000'lik topoğrafik haritadan ve SRTM verisinden üretilen SYM'ler ile yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda SRTM verisinin, 1/25000'lik topoğrafik harita ile eşdeğer bir konumsal doğruluğa sahip olduğu ortaya çıkmıştır [18].

SRTM verisinin aynı zamanda güncellenebilmesi, daha geniş alanları kapsamı, maliyet, emek ve zaman açısından da avantajlı olduğu değerlendirilmektedir.

3.2.4 LIDAR (Light Detection And Ranging)

LIDAR topoğrafik veri toplama için kullanılan bir uzaktan algılama sistemidir. Bu yöntem ilk olarak NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ve NASA'daki bilim adamları tarafından kıyı şeritlerindeki topoğrafik değişimleri izlemek için kullanılmıştır [19][20].

Son on yıldan bu yana giderek yaygınlaşan bir oranda kullanılmaya başlanan LIDAR, çalışma prensibi açısından radara benzeyen ancak radyo dalgaları yerine lazer ışını kullanan aktif bir algılayıcıdır. Bir LIDAR sistemi; lazer tarayıcı ve soğutucu, GPS ve INS (Inertial Navigation System) cihazlarından oluşmaktadır. Uçağa takılan lazer tarayıcı tarafından yayılan yüksek frekanslı kızılötesi lazer ışınlarının uçakla yer arasındaki gidiş ve dönüşlerinde geçen süre ölçülmekte ve lazer dalgasının gönderildiği andaki uçağın konum bilgileri ile birlikte kaydedilmektedir. Daha sonra, yer noktalarının üç boyutlu koordinatları (X,Y,Z) ölçüm anındaki uçak konumu ve uçak-yer vektörleri yardımıyla hesaplanmaktadır [21]. Yükseklik verilerinin hesaplanmasında LIDAR verileri saniyede 2000 – 5000 arasında sinyal kayıt etmektedir.

Hava LIDAR teknolojisi ile hassas ölçümler yapılabilmektedir. Hava şartları ve uçağın konumuna göre arazi yükseklik belirlemede ortalama 3 ile 30 cm, bitki örtüsünün bulunmadığı düz alanlarda (yatay doğrultuda) 5 ile 50 cm arasında hata payı bulunmaktadır [22]. LIDAR verilerinde farklı yüzeylerde farklı hata payları ortaya çıkmaktadır. Açık düz arazi yüzeyinde +/- 0,15 m, seyrek bitki örtüsüyle kaplı ve düze yakın dalgalı arazi yüzeyinde; +/- 0,25 m, seyrek bitki örtüsüyle kaplı ve tepelik arazilerde; +/- 0,50 hata payı olabilmektedir. Genel olarak; x-y doğrultusunda en geniş 1 m mesafe hata payı, z doğrultusunda yaklaşık 15 cm'lik hata payı bulunmaktadır [23]. Platformun bulunduğu uçağın yerden yüksekliği; 200–6000 m arasında değişmektedir. Açık uçuş şartları içinde bulutluluk, engel oluşturmamaktadır. Yerden yüksekliğe bağlı olarak yatay ve düşey doğrulukta değişme görülmektedir. Nokta çapı, spot (nokta-leke) mesafesi 1-5 m arasında olmaktadır [24].

LIDAR, arazi yüzeyi haritalandırılmasında uzaktan algılama ve diğer hava sistemlerinin çok ötesinde harita verileri sunmaktadır. Üç boyutlu (x-y-z) mesafe ölçmede ve yer yüzeyinin tanımlanmasında en güçlü tarama sistemidir. İleri düzey yüzey modellemede ve yersel yüksekliklerin doğru olarak ortaya konmasında yüksek detay tanımlama gücüne sahiptir. LIDAR ile elde edilen sayısal yükseklik modelleri, yeryüzünün herhangi bir mekânsal ünitesinin ortaya çıkarılması ve bu alanla ilgili görsel objeler hakkında hızlı karar verme kolaylığı sağlamaktadır.

SANAL KÜRELER VE WEB SERVİSLERİ

Gelişen bilgisayar teknolojileri sayesinde konumsal verilerin sunumunda daha çok sanal küre uygulamaları yoğun olarak kullanılmaktadır. Söz konusu sanal küre uygulamaları basit olarak kullanılmakta ve üzerinde basit haritacılık işlemleri (ölçme vb.) kolaylıkla yapılabilmektedir.

Giderek yaygınlaşan çeşitli bu uygulamalar sonucunda 3B olarak modellenen verinin farklı sistemlerle birlikte çalışabilirliğinin sağlanması durumları ortaya çıkmıştır. Bu amaca yönelik olarak uluslararası standartlar geliştirilmiştir.

Bu bölümde söz konusu sanal küreler ve Open Geospatial Consortium (OGC) tarafından geliştirilen web servisleri hakkında bilgiler verilecektir.

4.1 Sanal Küreler

Tarihsel süreç doğrultusunda sanal küre uygulamalarından ilk kez Neal Stephenson'ın 1992 yılında yazdığı ünlü bilim-kurgu romanı "Snow Crash" içerisinde bahsedilmektedir [25]. Roman içerisinde geçen "Merkezi Haberalma Birliği" haritaları, mimari planları, meteorolojik bilgileri, uydulardan gelen gerçek zamanlı verileri ve her türlü konumsal bilginin izini saklamak ve analiz etmek için "Earth" adındaki sanal küreyi kullanmaktaydı. Aslında sanal küreler uzaktaki nesnel çevrenin bilgisayarlar yardımı ile simülasyonunu hedefleyen, 1978 yılında MIT'de bir proje ekibinin çalıştığı "Aspen Movie Map" projesinin çok uzaktan akrabası gibi değerlendirilebilir [26].

Sanal Küre; yeryüzünün ya da başka bir dünyanın 3B olarak yazılımsal modellenmesi ya da temsil edilmesidir. Sanal bir küre kullanıcının bakış açısını ve konumunu değiştirerek

serbestçe sanal çevresi etrafında hareket etmesini ve dolaşmasını sağlayabilmektedir. Mevcut kürelerle kıyaslandığında sayısal olarak sunum yapan bu sanal kürelerde yeryüzüne, coğrafi bilgiye ve konumsal veriye bağlı istenilen her türlü gösterim yapılabilmektedir. Bu gösterimlerde birçok farklı konumsal veri kullanılabilir.

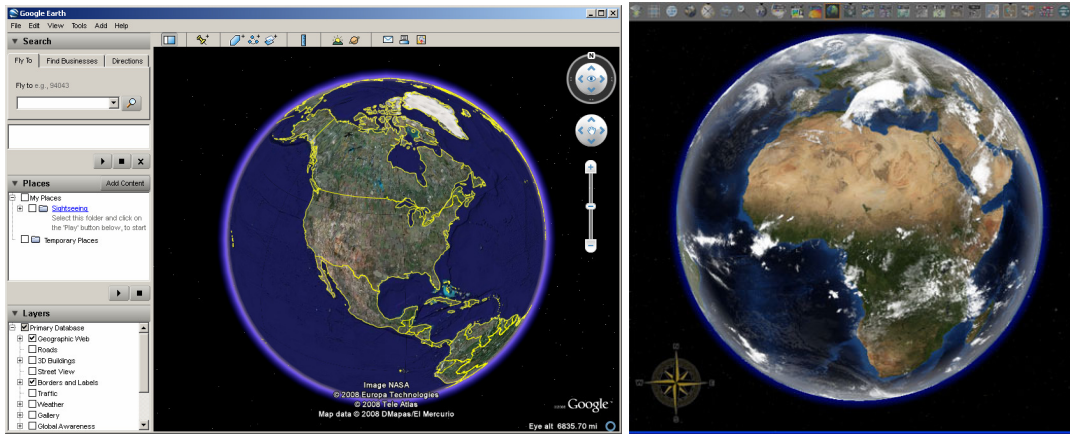
Teknolojik gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan konumsal verilerin sanal bir küre üzerinden gösterilmesi ihtiyacı 2000'li yılların ilk yarısından itibaren popülerlik kazanmaya başlamıştır. Pek çok kullanıcı için değişik bir tecrübe olan bu uygulamalar ile konumsal veriler 3 Boyutlu ve kesintisiz bir şekilde sunulmakta, konumsal veri görüntüleme işlemleri sadece fare kullanımıyla bile kontrol edilebilmekte ve bu küreler üzerinde pek çok işlem yapılabilmektedir.

Söz konusu sanal küre uygulamalarının kullanımı her geçen gün artmış ve yaşamımızın bir parçası haline gelmiştir. Yaygın olarak kullanılan sanal küre yazılımlarından bazıları aşağıda listelenmiştir [27].

- ESRI ArcGIS Explorer (2006),
- Google Earth (2005),
- NASA World Wind (2004),
- Erdas Imagine Virtual Delivery for Virtual GIS (2005),
- Ping 3map (2005),
- Punt (2005),
- EarthSLOT (2004),
- OsgPlanet (2004),
- ESRI ArcGlobe (2003),
- Eingana (2000 - 2003),
- GeoFusion GeoPlayer (2001),
- Skyline Software TerraSuite (2001),
- SINTEF Virtual Globe (2001),
- Celestia (2001),
- SRI Terravision (2000),
- Lunar Software Earthbrowser (1998),
- Mark Pesce's WebEarth (1996),

- Hipparchus (1992),
- Microsoft MapPoint Virtual Globe,
- GeoVirtual GeoShow3D

Sanal küreler arasında özellikle 2004 yılında NASA WorldWind, 2005 yılında Google Earth yazılımları çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 4.1). Bu programların yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kesintisiz olarak sunması sayesinde, her türlü konumsal bilgiye dayalı veriler de sanal küre uygulamaları üzerinde gösterilmeye başlanmıştır. Bu programların yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kesintisiz olarak sunması sayesinde, her türlü konumsal bilgiye dayalı veriler de sanal küre uygulamaları üzerinde gösterilmeye başlanmıştır [28].



Şekil 4. 1 Sanal Küre Uygulamaları (Google Earth, Nasa World Wind)

Sanal küreler günümüzde aktif olarak; şehir planlama, inşaat sektörü, emlak sektörü, harita mühendisliği, gayrimenkul değerlendirme ve bunlara benzer mekâna dayalı birçok projenin uygulanmasında kullanılmaktadır [27].

Zamanla bu yazılımlar, sadece konumsal verilerin sunumunun yanında üzerinde değişik analizlerin yapılabilmesine de imkân sağlamaya başlamıştır. Kullanıcılar kendi ihtiyaçları doğrultusunda çeşitli analizleri bu yazılımlar üzerinde çalıştırmaya başlamışlardır.

4.2 OGC Web Servisleri

Zamanla hem kullanılan verilerin artması, hem artan bu verilerin farklılıkları, hem de birçok yazılımın ortaya çıkması, beraberinde ortak bir standart oluşturulması gerekliliğini ortaya koymuştur. Ülkeler bir yandan kendi özgün standartları üzerinde

çalışırlarken, Avrupa'da 1991' de CEN/TC 287 ile başlayan konumsal veri standardizasyonu günümüzde ISO/TC 211 teknik komisyonu tarafından uluslararası düzeyde yürütülmektedir [29]. ISO/TC 211 teknik komitesi, mekânsal veri ve mekânsal veri servislerinin yönetimi ve tanımlarını standartlaştırmak için ISO 19100 serisini hazırlamaktadır. ISO 19100;

- Konumsal verilerin kullanımını ve anlaşılabilirliğini artırmak,
- Verilerin ulaşılabilirliğini, bütünleştirilebilmelerini ve paylaşımını sağlamak,
- Verimliliği ve ekonomikliği artırmak,
- Yazılım ve donanım uyumluluğunu sağlamak,
- Problemlere ortak bir çözüm bulunmasını sağlamak amaçlarıyla hazırlanmaktadır [30].

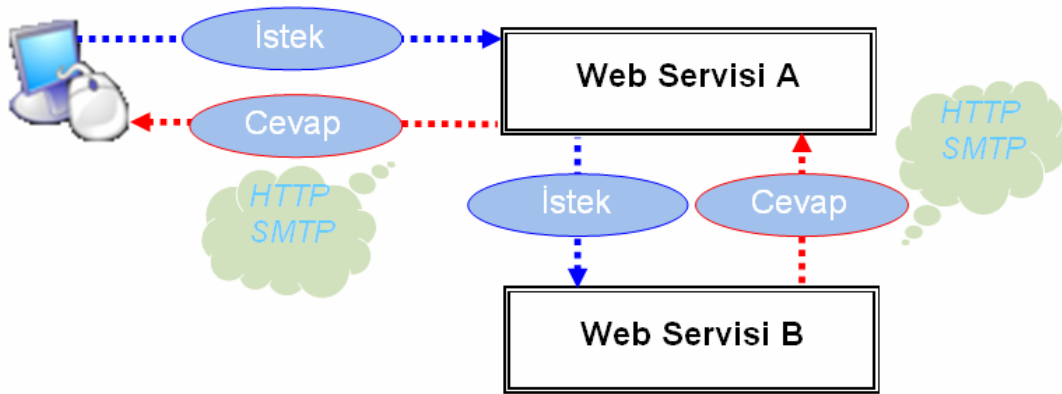
Uluslararası düzeyde ISO/TC 211'le birlikte çalışmaları paralel olarak yürüten, hazırlanan soyut standartların daha uygulanabilir olması için çalışan diğer önemli organizasyon Open Geospatial Consortium'dur (OGC). OGC bir endüstri birliği olup, konumsal bilgi içinde yer alan teknolojilerin birlikte işlerliğini sağlamak ve bunu iyileştirmek için çalışan üyelerden oluşmaktadır. Kâr gütmeyen bir birlik olarak çalışmalarını sürdürmektedir. OGC' nin vizyonu, coğrafi bilgi ve konum bilgisini kullanan ya da ihtiyaç duyan herkesin yararlanabildiği bir ağ, uygulama veya platformun oluşmasını sağlamaktır. Misyonu ise konumsal arayüz ve kodlama teknik standartlarının tüm kullanıcılara açık hale getirilmesidir [31].

OGC'nin kurulma amaçları ve başlıca hedefleri şöyle sıralanabilir:

- Kurumlara serbest ve elde edilebilir veri standartlarını sağlamak,
- Dünya çapında coğrafi verilerin üretilmesi ve yerleştirilmesindeki standartları belirleyerek tüm faaliyetlerde kullanılmasına yol göstermek,
- Dünya çapında çevresel girişimlerde açık konumsal veri referans ve yapılarının birbirlerine adapte edilmesinde kolaylık sağlamak,
- Coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarını ve yenilikçi kurum uygulamalarını, gelişen teknolojinin yarattığı ileri düzey standartlar konusunda birleştirmek,
- Konu ile ilgili yapılan çalışmaları ve gelişen teknolojinin ortak kullanılabilirliğini sağlamak için işbirlikçi çözümler bulmak ve bu çalışmaları hızlandırmak.

Üretilen verilerin standart bir formatta olması ve ağ üzerinden bütün kullanıcılara sunulması herkes tarafından aynı verilerin kullanılması verinin önemini daha da çok arttırmaktadır. Ağ üzerinden verilerin sunulmasıyla herkesin ortak veriyi kullanarak analizler ve görselleştirmeler yapması, ortak bir dil konuşmak açısından önem kazanmaktadır. Bu kapsamda OGC tarafından geliştirilen ve web servisleri standart veri kullanımı konusunda ön plana çıkmaktadır.

Web servisi, bir ağ ortamında yer alan sistemlerin etkileşimli olarak birlikte çalışabilmelerini sağlamak için tasarlanmış yazılım sistemidir. Web Servislerinin sağladığı en büyük yenilik yaptıkları işlemler değil, diğer farklı servisler tarafından görülebilir ve erişilebilir olmalarıdır. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi web servisleri, diğer web servisleri ile de iletişim içinde olarak, istemcinin ihtiyacı olan cevabı farklı web servislerinden aldığı parametreleri kullanarak üretebilmektedir.



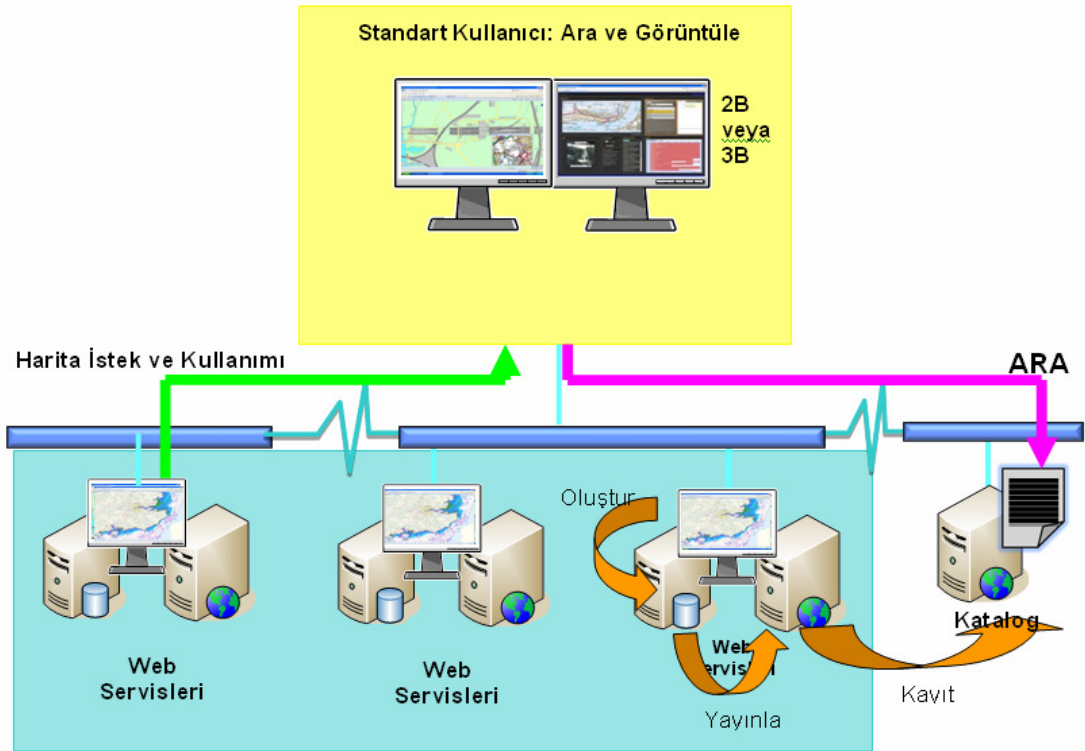
Şekil 4. 2 Web servisi mimarisi

Web servisleri internet üzerinden bilgi ve mesajları gönderip alabilmek için HyperText Transfer Protocol (HTTP) veya Simple Mail Text Protocol (SMTP) gibi standartlaştırılmış web protokollerini kullanmaktadır ve web servisleri arasındaki iletişim; istemci ve sunucu taraflarında kurulu yazılımlar arasında sağlanmaktadır.

Uygulamalarda kullanılacak verilerin sunumu için en iyi alternatif “wavelet” tabanlı bir raster formattır [32][33]. Bu kapsamda raster verilerin sunulmasında “web servisleri” önem açısından ilk sırada yer almaktadır [28]. OGC web servisleri kısaca aşağıdaki şekilde listelenebilir [31]:

- Web Harita Servisi (Web Map Service-WMS)
- Web Vektör Harita Servisi (Web Feature Service- WFS)
- Web Raster Servisi (Web Coverage Service-WCS)
- Web Arazi Servisi (Web Terrain Service – WTS)
- Web İçin Katalog Servisi (Catalogue for the Web-CS/W)
- Web Kayıt Servisi (Web Registry Service - WRS)

Bu web servislerinin çalışma prensibi Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 3 Web Servisleri Çalışma Prensibi

Web ortamında çok sayıda web servisleri bulunmaktadır. Bu web servislerinde sunulan verilerin içeriğini öğrenmek için katalog servisleri kullanılır. Katalog servisleri hangi web servisinde hangi verilerin sunulduğu bilgisini ve web servislerinin adreslerini tutmaktadır. Bir web servisindeki verilerde bir değişiklik olduğu zaman ilk olarak veriler web servisinde kayıt edilir ve yayınlanır. Daha sonra ise web servisinde yapılan değişiklik katalog servisine kayıt edilir.

Bir istemci kendi bilgisayarında bulunan 2 Boyutlu veya 3 Boyutlu yazılımlarında kullanacağı haritaları web servislerinden alıp görüntülemek için ilk olarak katalog

servisini kullanmaktadır. Katalog servisinde istediği haritaların hangi web servislerinde olduğunu öğrenmek için bir arama işlemi gerçekleştirir. Arama sonucunda istediği haritaların bulunduğu web servisinin adresine ulaşmaktadır. Daha sonra istediği haritaları bu web servisine bağlanarak kendi bilgisayarına kayıt etmekte ve uygulama yazılımları üzerinde görüntülemektedir.

Bu çalışmada Web Harita Servisi kullanılmış ve haritaların sunumu bu servis tarafından gerçekleştirilmiştir.

4.2.1 Web Harita Servisi (Web Map Service-WMS)

OGC tarafından oluşturulan WMS belirtileri, ağ tabanlı bir sistem üzerinde konuma dayalı mekânsal verilerin gösterimi için gerekli olan standart yöntemleri, sunucu ve istemci yapısını belirlemektedir. WMS, CBS tabanlı görselleştirme sisteminin en önemli ögesidir. WMS coğrafi verilerden raster harita üretir ve üretilen bu raster haritalar bir resim formatı (JPEG, GIF, PNG, vb.) ile kullanıcılara iletilmektedir. Kullanıcı URL (Uniform Resource Locator-Düzenli Kaynak Konumlayıcı) isteği ile WMS sunucusuna istekte bulunmakta ve WMS sunucusu gelen isteğe göre haritaları hazırlamakta ve kullanıcılara sunmaktadır.

OGC ilk olarak 1.0.0 versiyonuyla WMS belirtimini 2000 yılında çıkarmış, sonrasında da 2004 yılında halen geçerli olan 1.3.0 versiyonu yayımlanmıştır. WMS, OGC belirtimi olduğu gibi aynı zamanda ISO tarafından da kabul edilen 19128 (Web Map Server Interface) standardı olarak yayımlanan bir uluslararası uygulama standardıdır.

WMS, belirtime göre ikisi zorunlu ve üçü isteğe bağlı üç fonksiyondan oluşmaktadır. Bu fonksiyonlar şunlardır [34][35][36]:

- GetCapabilities (Zorunlu): Servis meta verisini ve kabul edilen istek parametrelerini elde etmek için kullanılan fonksiyon.
- GetMap (Zorunlu): Koordinatlı mekânsal veri görüntüsünü elde etmek için kullanılan fonksiyon.
- GetFeatureInfo (İsteğe bağlı): Haritada gösterilen belirli bir detay için özniteliklerin elde edilmesini sağlayan fonksiyon.

- DescribeLayer (isteğe bağlı) : Katmanlar hakkında ayrıntılı bilgi vermeyi sağlayan fonksiyon.
- GetLegendGraphic (isteğe bağlı) : İstenen katmana ait lejant bilgisini almayı sağlayan fonksiyon.

Standart bir web tarayıcısı kullanılarak WMS'in zorunlu ve isteğe bağlı fonksiyonları yerine getirmesi, ancak URL formunda istek yapılması ile mümkün olabilmektedir. İstemcinin öncelikle GetCapabilities isteğini yaparak sunucudaki veriler ve ilgili parametreleri elde etmesi gerekmektedir. Bu isteğin yapılması sonucunda elde edilen veriler ve ilgili parametreler, Şekil 4.4'de bir XML (Extensible Markup Language – Genişletilebilir İşaretleme Dili) dosyası içerisinde detaylı olarak görülmektedir.

```

Adres http://150.100.1.64/WMS/wms.asp?WMS=ORTO2008&WMTVER=1.0.0&request=capabilities

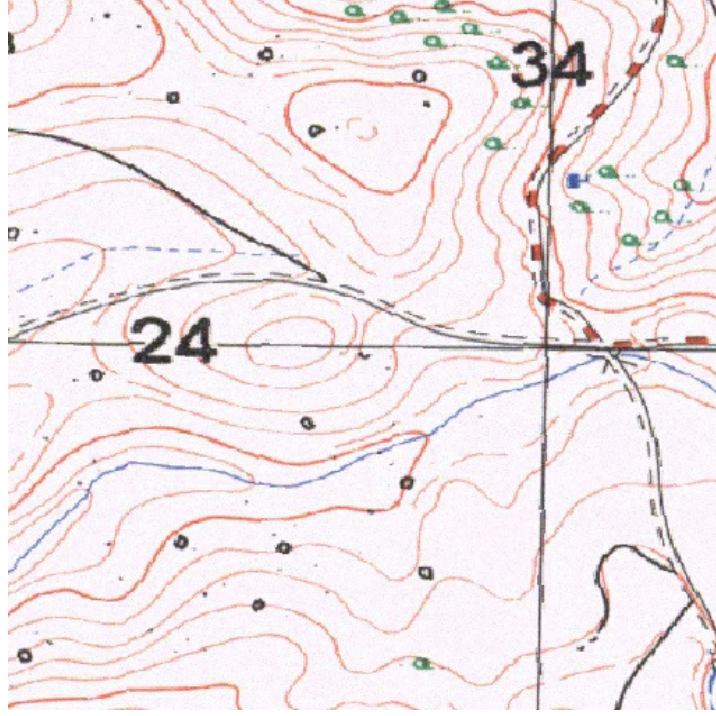
<?xml version="1.0" standalone="no" ?>
<!-- The DTD (Document Type Definition) given here must correspond to the version number declared in the WMT_MS_Capabilities
<!DOCTYPE WMT_MS_Capabilities (View Source for full doctype...)>
<!-- end of DOCTYPE declaration -->
<!-- The version number listed in the WMT_MS_Capabilities element here must correspond to the DTD declared above. See the WM
when a client requests a version number not implemented by the server. -->
- <WMT_MS_Capabilities version="1.0.0" updateSequence="0">
- <Service>
  <!-- The WMT-defined name for this type of service -->
  <Name>GetMap</Name>
  <!-- Human-readable title for pick lists -->
  <Title>Ortofoto_2008</Title>
  <!-- Narrative description providing additional information -->
  <Abstract>None</Abstract>
  <Keywords />
  <!-- Top-level address of service or service provider. See also onlineResource attributes of <DCType> children. -->
  <OnlineResource>http://150.100.1.64</OnlineResource>
  <!-- Fees or access constraints imposed. -->
  <Fees>none</Fees>
  <AccessConstraints>none</AccessConstraints>
</Service>
- <Capability>
+ <Request>
+ <Exception>
- <Layer queryable="0">
  <Title>Ortofoto_2008</Title>
  <Abstract />
  <SRS>EPSG:4326</SRS>
  <LatLonBoundingBox minx="-180" miny="-90" maxx="180" maxy="90" />
  <BoundingBox SRS="EPSG:4326" minx="-180" miny="-89.99999999999999" maxx="180" maxy="90" />
- <Layer queryable="0">
  <Name>BM_East</Name>
  <Title>BM_East</Title>
  <BoundingBox SRS="EPSG:4326" minx="0" miny="-89.99999999999999" maxx="180" maxy="90" />
</Layer>
- <Layer queryable="0">
  <Name>BM_West</Name>
  <Title>BM_West</Title>
  <BoundingBox SRS="EPSG:4326" minx="-180" miny="-89.99999999999999" maxx="-7.74380559676047E-14" maxy="90" />
</Layer>
- <Layer queryable="0">
  <Name>Tr_satellite</Name>
  <Title>Tr_satellite</Title>
  <BoundingBox SRS="EPSG:4326" minx="23.95" miny="34.9499404" maxx="48.0499828" maxy="45.05" />
  <ScaleHint min="0" max="2800" />
</Layer>

```

Şekil 4. 4 GetCapabilities Fonsiyonu sonucunda elde edilen *.xml dosyası

Yapılan istek sonucunda bağlanılan web harita servisinin hangi haritaları sunduğu konusunda bilgi alınmaktadır. Bu bilgi sonucunda istenilen haritaları görüntülemek için

GetMap fonksiyonu kullanılır. Şekil 4.5'de GetMap fonksiyonu sonucunda elde edilen görüntü görülmektedir.



Şekil 4. 5 WMS GetMap Fonsiyonu sonucunda elde edilen görüntü

(http://localhost/wms/wms_service.ashx?VERSION=1.1.0&REQUEST=GetMap&SRS=EPSG:4326&WIDTH=512&HEIGHT=512&LAYERS=Layers&STYLES=&EXCEPTIONS=application/vnd.ogc.se_xml&FORMAT=image/png&BGCOLOR=0xFFFFFF&TRANSPARENT=TRUE&BBOX=34.56,39.953156,34.571228,39.954529)

Web Harita Servisinde yapılan istek sonucunda Şekil 4.5.de görüntülenen ufak harita resimlerine ulaşılır. Kullanıcı istediği bir yeri görüntülerken bunun gibi çok sayıda istek yapılmakta ve gelen görüntüler kullanıcı bilgisayarında kayıt edilmekte ve kullanılan program yardımıyla yan yana getirilerek bir bütün halinde ekrana getirilmektedir. Her yeni bir gösterim için bütün işlemler tekrarlanır.

BULANIK MANTIK

İnsanoğlu günlük hayatını sürdürürken pek çok sorun ile karşılaşmakta ve geçmişte edindiği bilgi ve deneyimlerden yararlanarak çözümler üretmektedir. Bu sorunların bir kısmı tamamen belirli olmakta ve kolayca tanımlanabildiğinden dolayı çözüm getirilmesi de kolay olmaktadır. Bunun yanı sıra, belirsizlikler içeren veya tam olarak tanımlanamayan sorunların çözümü ise nispeten zor olmakta ve görecelik arz etmektedir.

Belirsizliğin bu önemli rolünün anlaşılması, geleneksel anlayıştan belirsizliği temel alan modern anlayışa geçişi sağlayan dönüşümü başlatmıştır. Bu anlayış literatüre ilk girdiği anda deterministik bir anlayıştaki klasik görüşe ters düşmesinden dolayı çok sıcak karşılanmamıştır. Bu alandaki gelişme sürecinde, ihtimal teorisinden farklı olarak belirsizlikle ilgili birçok teorinin ortaya çıktığı görülmüştür [37]. Söz konusu belirsizliklerin modellenmesi ve ifade edilmesinde bulanık mantık (fuzzy logic) kullanılmaktadır.

5.1 Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

1930'lu yıllarda ünlü Amerikan filozofu Max Black tarafından belirsizliği açıklayıcı kavramlar geliştirilmiş olsa da, bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Azeri bilim adamı Prof. A.Zadeh'in bu konu üzerindeki araştırmalarına ait ilk makalelerini ("The Theory of Fuzzy Logic and Fuzzy Sets [Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler Kuramı]) yayınlamasıyla duyulmuştur [37][38][39][40][41][42]. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışabilmesi için

kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir [39][43].

Yayınlanan makalesinde [38], Zadeh kesin olmayan sınırlara sahip kümelerin oluşturduğu bulanık küme teorisini ortaya koymuştur. Söz konusu çalışma, klasik mantığa (Aristo mantığı) karşı meydan okumasından ötürü önemlidir [37]. Çünkü Aristo mantığına göre yapılan bir iş ya doğrudur ya da yanlıştır. Bunların bir karışımı yani kısmen doğru, kısmen de yanlış olamaz şeklinde ifade edilmektedir.

Bulanık mantık ile klasik mantık (Aristo mantığı) arasındaki temel fark klasik mantığın önermelerin sadece aşırı uç değerleri kullanmasıdır. Aristo mantığında bilindiği gibi bir şey ya A kümesinin elemanıdır ya da değildir. Başka bir deyişle ya siyah ya da beyazdır. Gerçek dünyada ise tam siyah veya tam beyazı bulmak pek mümkün olmamaktadır. Bulanık mantık ise gerçek hayata uygun olarak grilerle çalışır. Çok uç durumlarda siyah veya beyaz vardır [39]. Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Çizelge 5.1' de gösterilmiştir [43].

Çizelge 5. 1 Klasik mantık ile bulanık mantık farklılıkları

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> A değil	A <u>ve</u> A değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 arasında süreklilik
İkili birimler	Bulanık birimler

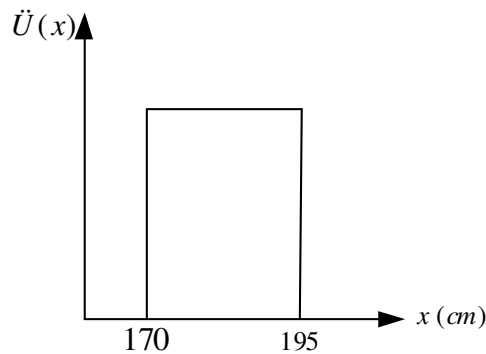
Bulanık mantık için, matematiğin gerçek dünyaya uyarlanması da denilebilir. Çünkü gerçek dünyada her an değişen durumlara göre değişen sonuçlar ortaya

çıkabilmektedir [44]. Bulanık mantık ile günlük konuşma dilinde geçen sözel belirsizlikleri modelleme ve hesap yapılırken işin içine katma imkânı bulunabilir [45].

5.1.1 Bulanık Kümeler

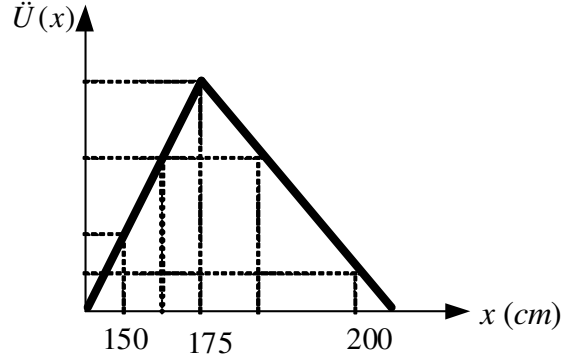
Bulanık mantığın temeli bulanık küme ve alt kümelere dayanır. Klasik yaklaşımda bir varlık ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Matematiksel olarak ifade edildiğinde varlık küme ile olan üyelik ilişkisi bakımından kümenin elemanı olduğunda "1", kümenin elemanı olmadığı zaman "0" değerini alır. Bulanık mantık klasik küme gösteriminin genişletilmesidir. Bulanık varlık kümesinde her bir varlığın üyelik derecesi vardır. Varlıkların üyelik derecesi, (0, 1) aralığında herhangi bir değer olabilir ve üyelik fonksiyonları ile ifade edilirler [46]. Başka bir ifadeyle kümeye dâhil olmayan elemanların üyelik değerleri 0, kümeye tam dâhil olanların üyelik değerleri de 1 olarak atanmaktadır. Kümeye dâhil olup olmadıkları belirsiz olan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değerler atanır [47].

Örneğin; boyu 170 cm ile 195 cm arasındaki insanları uzun boylu olarak sınıflandıran uzun boylu insanlar kümesini klasik mantık kapsamında Şekil 5.1'de gösterildiği şekilde olacaktır.



Şekil 5. 1 Uzun boylu insanlar kümesinin klasik gösterimi

Şekil 5.1 incelendiğinde uzun boylu insanlar kümesi sadece boyu 170 – 195 cm arasında olan insanları kapsayacaktır. Bu küme yaklaşımında boyu 160 cm ve 200 cm olan insanların bir üyelik sınıfı bulunmamaktadır. Aynı problem bulanık küme kapsamında değerlendirildiğinde, kümenin elemanı olma veya olmama hali belirli üyelik dereceleri ile ifade edilmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5. 2 Uzun boylu insanlar kümesinin bulanık gösterimi

Şekil 5.2’de gösterildiği şekilde klasik küme kavramında eleman olarak kabul edilmeyen 160 ve 200 cm lik boyların da bulanık küme kavramında belirli bir üyelik derecesi ile eleman olarak kabulü söz konusu olmaktadır. Bu kabul aslında gerçek hayata dayanmaktadır. Çünkü gerçek hayatta da birçok olayı keskin sınırlarla ifade etmek hatalı olmaktadır. Dolayısıyla bir esneklik tanıyarak ele almak daha çok gerçeğe yaklaşmayı sağlamaktadır.

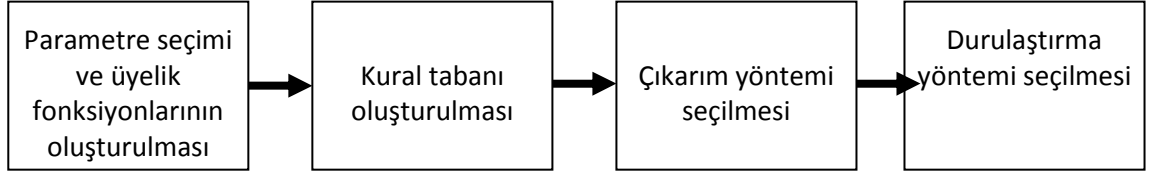
Bulanık küme teorisinin ortaya atılmasından sonra, Zadeh, bulanık küme teorisinin, en büyük yaklaşıklıkla insanın karar verme sistemini modelleyebilecek yeterlilikte olduğu fikrini ortaya atmış ve bu doğrultuda çalışmalar gerçekleştirmiştir [43].

Bulanık mantık, problemleri daha esnek değerlendirme imkânı sağlamasının yanında, günlük hayatta sıklıkla kullanılan belirsiz sözel ifadeleri de kolayca ve sayısal olarak tanımlamaya oldukça elverişlidir. Örneğin “suyu ılıklaştır”, “yemeği biraz pişir”, “hava çok rüzgârlı” ifadelerinde yer alan “ılık”, “biraz”, “çok” kelimeleri belirsiz ama rasgele olmayan kelimelerdir. Klasik mantık yaklaşımı ile bu belirsiz ifadeleri gerçeğe yakın biçimde tanımlamak çok zordur [48]. Fakat bulanık mantık ile bu kelimeler kolayca ve fazla ilave bilgiye ihtiyaç duyulmadan tanımlanabilir. Bunun gibi üstün özelliklerinden dolayı bulanık mantık yaklaşımı, tasarımcılar ve uygulamacılar tarafından kabul görmüş ve çeşitli modeller geliştirilmiştir [43].

5.1.2 Bulanık Modelleme

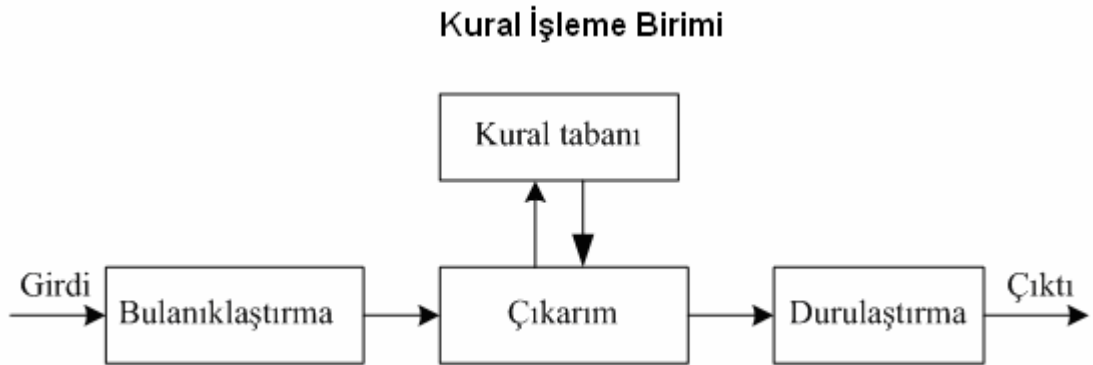
Bulanık kümeye dayalı modelleme, çoklu değerlikler ile değerlendirme yapması nedeniyle problemlerin çözümünde kolaylık ve gerçeğe yakınlık gibi üstünlüklere sahip

olmaktadır. Bulanık modelleme genel olarak 4 aşamadan oluşmaktadır. Bulanık modelleme aşamaları Şekil 5.3'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 5. 3 Bulanık modelleme aşamaları

Bulanık modellemenin ilk aşaması, problemin tanımlanması ve buna göre uygun parametrelerin seçilerek üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasıdır. Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır. Genel anlamda üyelik fonksiyonları sezgisel, matematik, geometrik ya da istatistiksel yaklaşımlara dayandırılabilir [41]. Daha sonra ilgili parametreler ve oluşturulan bulanık alt kümelerle göre problemin çözümünü içeren kurallar dizisi veya kural tabanı oluşturulur. Üçüncü aşamada ise çıkarım yöntemleri seçilir. Son aşamada ise, bulanık olan değerlerin tekrar durulaştırılması veya klasik sayılara dönüştürme yöntemi belirlenir [43][49]. Bulanık mantık sistemin genel çalışma prensibi Şekil 5.4'de gösterildiği şekildedir.



Şekil 5. 4 Bulanık mantık sisteminin çalışma şekli

Şekil 5.4'te gösterildiği gibi, ilk olarak girdiler üyelik fonksiyonları ile değerlendirilerek bulanıklaştırılır. Başka bir deyişle; bu bilgilerin her birine bir üyelik değeri atanıp, dilsel bir yapıya dönüştürülerek, buradan kural işleme birimine gönderilir. Daha sonra ise, seçilen çıkarım yöntemine göre ve kural tabanından faydalanarak çıkarım yapılır. Kural işleme birimine gelen bilgiler, kural işleme biriminde depolanmış bir şekilde bulunan

bilgi tabanına dayalı “if ... and ... then ... else” (eğer ...ise, ... olsun) gibi kural işleme bilgileri ile birleştirilir. Burada sözü edilen mantıksal önermeler, problemin yapısına göre sayısal değerlerle de kurulabilmektedir. Son adımda; problemin yapısına uygun mantıksal karar önermeleri kullanılarak elde edilen sonuçlar durulaştırma işlemine sokulur. Durulaştırma bulanık küme ilişkilerinde, bir ölçek değişikliği daha gerçekleştirilerek bulanık haldeki bilgilerin her biri gerçek sayılara dönüştürülme işlemi yapılır [48].

5.1.2.1 Bulanıklaştırma

Pratikte genel olarak, klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Bu durumda, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliklerin, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir [49].

Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır. Genel anlamda üyelik fonksiyonları sezgisel, matematik, geometrik ya da istatistiksel yaklaşımlara dayandırılabilir.

Bulanık kümelerin kullanılabilirliği, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. En sık kullanılan fonksiyonlar kolaylık açısından “üçgen”, “yamuk” ve “çan eğrisi”dir [48][50]. Üyelik fonksiyonları Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 2 Önemli üyelik fonksiyonları

Adı	Denklemi	Grafığı
Üçgen Üyelik Fonks.	$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c)$ $\begin{cases} a \leq x \leq b \text{ ise } (x-a)/(b-a) \\ b \leq x \leq c \text{ ise } (c-x)/(c-b) \\ x > c \text{ veya } x < a \text{ ise } 0 \end{cases}$	
Yamuk Üyelik Fonks.	$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c, d)$ $\begin{cases} a \leq x \leq b \text{ ise } (x-a)/(b-a) \\ b \leq x \leq c \text{ ise } 1 \\ c \leq x \leq d \text{ ise } (d-x)/(d-c) \\ x > d \text{ veya } x < a \text{ ise } 0 \end{cases}$	
Çan Eğrisi Üyelik Fonks.	$\mu_A(x) = e^{-a(x-m)^2}$ $a > 0, m \in R$	

Üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklinde çizilen fonksiyonlara bakıldığında, bir bulanık ifadenin üç özelliği anlaşılabilir. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür [43];

- Bir kümede bulunan öğelerden en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekmektedir. Bu duruma bulanık kümenin normal olması denir.
- Üyelik derecesi 1 olan öğeye yakın, sağdaki ve soldaki öğelerinde üyelik dereceleri 1'e yakın olmalıdır. Bu durumda bulanık kümenin monoton olduğu anlaşılır.

- Üyelik derecesi 1'e eşit öğeden sağa ve sola eşit mesafede gidildiğinde, buradaki öğelerinde üyelik derecelerinin birbirine eşit olması gerekir. Bu duruma da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir.

Bulanık küme kavramı, hassasiyetin arttırılması ya da esneklik açısından klasik kümelerinkine göre daha uygun olan bir yöntem olarak görülebilir. Aslında getirdiği yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktır [43].

5.1.2.2 Kural İşleme Birimi

Bulanık mantıkta kurallar, 'eğer ... ise, ... olsun' şeklinde koşullu durumlarla formüle edilirler. Tüm girdi değişkenleri, sözel değişken değerlere çevrilerek, bulanık sonuç çıkarma adımı, güncel durum için kurallara dayandırılarak uygulanır ve çıkışta sözel değişkenlerin değerleri hesaplanır [50][51].

Öte yandan, bir bulanık kural, 'eğer ... ise, ... olsun' şeklinde (örneğin X değeri A ise, Y değeri B olsun) sözel girdi ve çıktı terimlerine sahip olmalıdır. 'eğer ...' bölümüne durum; '... olsun' bölümüne ise sonuç yada karar kısmı adı verilir.

'X değeri A ise, Y değeri B olsun' örneğinde, A ve B sözel kelimelerdir ve bulanık kümelerde X ve Y değerlerinin, hangi duruma ait olduğunu gösterirler. Günlük hayatta kullanılan bazı bulanık ifadelere dayanan kurallar, örnek olması açısından aşağıda verilmektedir.

- Eğer basınç yüksekse, hacim küçük olsun.
- Eğer bir domates kırmızı ise, o domates olgun bir domatestir.

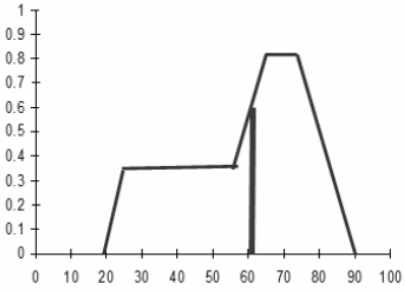
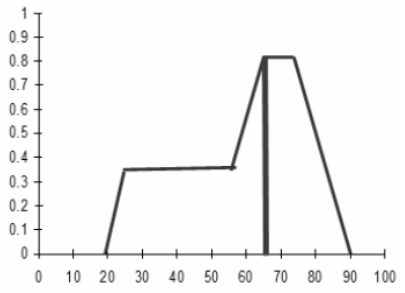
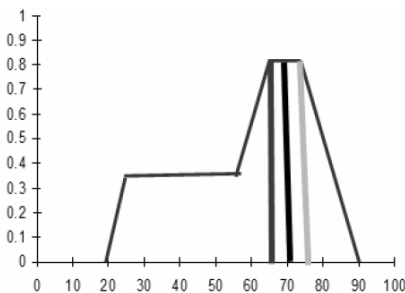
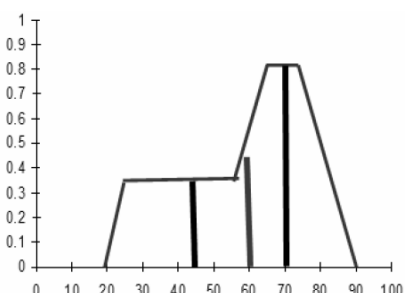
Karşılaşılan problemin niteliğine göre bu şekildeki kuralların oluşturulması ve uygulamaya konulması gerekmektedir.

5.1.2.3 Durulaştırma

Pratik uygulamalarda, özellikle mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. Yapay zeka çalışmalarındaki bulanık değişken, küme, mantık ve sistemlerin bulanık olabilecek

çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir. Durulaştırma işlemlerinde en çok kullanılan yöntemler Çizelge 5.3'te gösterilmiştir [44][52].

Çizelge 5. 3 Durulaştırma yöntemleri

Adı	Açıklama	Grafiği
Ağırlık Merkezi	Fonksiyonun altında kalan alanın ağırlık merkezi değeridir.	
Maksimum Üyelik	Üyelik dereceleri içerisinde en büyük olana eşittir.	
Mean-Max Üyelik	Maksimum üyelik derecesi tek nokta olmayıp, düz olabilen sitemlerde kullanılır.	
Ağırlık Ortalaması	Ağırlık merkezlerinin ortalama değeridir.	

5.2 Bulanık Mantığın Üstünlükleri ve Zayıflıkları

Bulanık mantıktan yola çıkılarak kullanılan bulanık denetleyicilerle ilgili başlıca üstünlükler, zayıf noktalar ve eleştiriler aşağıda açıklanmıştır [43][47][51][53].

5.2.1 Bulanık Mantığın Üstünlükleri

- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.
- İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
- Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz.
- Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
- Bulanık mantık kavramını anlamak kolaydır.
- Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
- Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esneklerdir.
- Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
- Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
- Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.
- İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.

5.2.2 Bulanık Mantığın Zayıflıkları

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.
- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez.

5.3 Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Yukarıdaki ifadelerden anlaşıldığı üzere, bulanık mantık yardımı ile özellikle belirsizlikler içeren ve eksik verilerin bulunduğu problemler kolayca modellenebilmektedir. Bu yapısı nedeni ile öncelikle kontrol ve karar verme problemleri olmak üzere pek çok alanda bulanık mantık yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bulanık mantığın ilk uygulaması, Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin bulanık denetiminin gerçekleştirilmesi olmuştur. Bu tarihten sonra bulanık mantık uygulama alanları yaygınlaşmıştır [44].

Bulanık mantık uygulamalarının ilk uygulama alanlarından bir tanesi de çimento sektörüdür. Bu sektörde kireç taşı ve kil 1000–1400 derece sıcaklıkta reaksiyona girmektedir. Fırın içindeki sıcaklık ve oksijen oranı çimentonun kalitesini doğrudan etkilemektedir. Sadece bu konuda uzman operatörler istenilen limitler dâhilinde ürün elde edebilmektedirler. Ama vardiyalı bir sistemle çalışan bu fabrikada çok sayıda operatör vardır ve her operatörün uzmanlıklarının farklı olması nedeniyle farklı niteliklerde ve verimlilikte ürün elde edilmektedir. İstenilen kalitede ürün sadece bu işte yıllardır çalışan uzmanlar tarafından sağlanabilmektedir. Zira çimento üretimi bulanık bir yapıya sahiptir ve süreç kontrolünü bulanık kurallar sağlamaktadır. Örneğin ısıyı 10 derece yükselt veya 5 derece azalt gibi kesin kurallar değil biraz azalt, biraz yükselt gibi bulanık terimlerle ifade edilen kurullarla kontrol edilmektedir. Bir Danimarka firması bu sürecin kontrolü için uzman operatörlerin kullandığı 50-60 pratik kuraldan hareketle bir mikro kontrolör oluşturmuşlar ve sonuç olarak sabit ürün kalitesi ve yakıtta büyük tasarruf elde etmişlerdir [43].

Günümüzde hemen hemen her alanda uygulama imkânı bulan bulanık mantık, özellikle sanayi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Japonlar bulanık mantığı özellikle bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, video kameralara uygulamışlardır. Çizelge 5.4'de bulanık mantığın kullanım örnekleri gösterilmiştir [43].

Çizelge 5. 4 Bulanık mantık uygulama örnekleri

Ürün	Firma	İşlev
Asansör Denetimi	Fujitec,Toshiba Mitsubishi, Hitachi	Yolcu trafiği değerlendirme
SLR Fotoğraf Makinesi	Sanyo, Fisher Canon, Minolta	Ekranda birkaç obje olması durumunda en iyi fokusu ve aydınlatmayı belirler.
Klima	Mitsubishi	Ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılar.
Çelik Endüstrisi	Nippon Steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır.
Çimento Sanayi	Mitsubishi, Chem	Değirmende ısı ve oksijen oranı denetimi yapar.

ARAZİ ANALİZİ

Coğrafi bilgi sistemleri günümüzde hemen hemen her alanda uygulama imkânı bulmaktadır. Askerî ve sivil alanda kullanılan araçların arazi üzerinde nerelerden geçebileceği, hangi bölgelerin hareketi yavaşlatacağı ve aracın hangi bölgelerden geçemeyeceğinin tespit edilmesinde coğrafi bilgi sistemlerinde faydalanılmaktadır. Arazi üzerinde araçla yapılacak bir hareketi etkileyen değişik arazi ve zemin koşulları bulunmaktadır. Bu koşullar genel olarak aşağıda listelenmiştir.

- Arazinin zemin yapısı,
- Arazinin eğimi,
- Arazide bulunan su özellikleri,
- Diğer arazi detayları (ormanlar, madenler, taş ocakları, meskûn mahal, kayalık ve leçelik arazi).
- Demiryollarının konumu ve özellikleri
- Karayollarının konumu ve özellikleri
- Yerleşim yerleri
- Sanayi kaynakları

Bu çalışmada yollar dışında araçla hareket edilmesi durumunda arazi koşullarının hareketi etkileme durumlarının ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda araçla yapılacak bir hareketi etkileyen en önemli faktörler olan eğim, zemin yapısı, bitki örtüsü, hidrografi ve diğer engeller ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

6.1 Eğim

Eğim, bir arazi engebesinin (tepe, dağ, sırt vb.) eğik yüzeyinin değerine denir. Bu değer genellikle yüzde ile ifade edilmektedir ve 100 metrelik bir uzunluk boyunca kat edilen yükseklik farkını belirtmektedir. Bu tarifin içine; yalnız topoğrafik haritalarda görülen tepe ve dağlar gibi büyük engebeler değil, aynı zamanda sel suları ile açılmış küçük hendek ve birikintiler, hafif yükselti ve çukurluklar gibi büyük ölçekli haritalarda bile gösterilemeyen küçük engebeler de girmektedir.

Arazi üzerinde yapılacak olan bir hareketi etkileyen hususların başında eğim kriteri gelmektedir. Eğim faktörü ile bir aracın gidip gidemeyeceği yerler belirlenirken aracın meyil tırmanma kabiliyeti dikkate alınmakta ve bu eğimden daha dik olan yerler belirlenen araç için engel teşkil ettiği değerlendirilmektedir [54].

Tepe, dağ ya da sırt gibi bir arazi engebesinin eğik yüzeyinin değeri olarak tanımlanan eğim değeri, askerî bir harekâtın planlanması ve icrasında önemi olduğu kadar sivil uygulama alanlarında da oldukça büyük bir öneme sahiptir. Karayollarının aplikasyonlarında, maliyet değerlerinin belirlenmesinde, karayolunun geçirileceği arazi kesimlerinin tespit edilmesinde ya da yeni yapılacak demiryollarının güzergâh tespitinde, şehir ve bölge planlama uygulamalarında, kentsel dönüşüm projelerinde, arsa ve arazi düzenleme araçlarında eğim haritalarının oluşturularak değerlendirilmeleri gerekir.

6.2 Zemin

Yollar dışında yapılacak olan hareketi etkileyen bir diğer etken ise arazinin zemini yani jeolojik yapısıdır. Zemin, büyük bir çoğunluğunu kayaların kimyasal veya fiziksel bozuşması ile oluşmuş katı daneler ile daneler arasını dolduran sıvı (su) ve/veya gazın (hava) oluşturduğu bir malzeme olarak tanımlanabilir [55].

Bu kapsamda analiz yapılacak bölgeye ait jeolojik yapının belirlenmesi için zemin etütleri yapılmaktadır. Çalışma bölgesinin zemin etüdü, jeoloji mühendisleri tarafından arazide 1m derinliğe sondaj yapılarak tamamlanmıştır.

Zemin sınıflandırması ise öncelikle zeminin dane büyüklüklerine göre yapılmaktadır. Dane çapı dağılımı; normal olarak mekanik analizle, çok küçük daneler de ıslak analizle

bulunabilir [56]. Zemin bilgileri zeminin; yapışma, tutma gibi özellikleri de dikkate alınarak sınıflandırılmıştır [57]. Bu kapsamda oluşturulan zemin sınıfları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Zemin sınıflandırılması bir aracın geçip geçmemesine etki etmesi bakımından beş kategoriye ayrılmıştır.

Çizelge 6. 1 Zemin sınıflandırmaları

Değer	Zemin Sınıfı
1	Sert Zemin
2	Kısmen Sert Zemin
3	Killi Zemin
4	Kil + Organik Zemin
5	Organik Zemin

Organik zeminler bitkilerin çürümesi ile veya organizmaların inorganik kalıntılarının birikmesi ile oluşur. Organik zemin terimi; çoğunlukla içinde az veya çok ölçüde çürümüş bitki bulunan ve kayaların hava etkisi ile ayrışması sonucu oluşan taşınmış zemin anlamında kullanılır.

Zemin sınıflandırması havanın yağışlı olup olmaması ya da zeminin ıslak olup olmaması da dikkate alınarak bölgedeki trafiğin elverişlilik düzeyini etkilemektedir. Çizelge 6.2’de hava şartlarına göre zeminin araç geçişini etkileyip etkilememe durumu gösterilmiştir.

Çizelge 6. 2 Zemin sınıflarının hava şartlarına göre trafiği etkileme durumu

Zemin Sınıfı	Zemin Durumu	
	Kuru	Islak
Sert	Geçer	Geçer
Kısmen Sert	Geçer	Yavaşlatır
Killi	Geçer	Yavaşlatır
Kil + Organik	Yavaşlatır	Geçemez
Organik	Geçemez	Geçemez

Çizelge 6.2'de özellikle organik zeminlerin arazi üzerindeki hareketi olumsuz yönde etkilediği gözükmektedir. Sadece organik zemine sahip bir arazi geçişi engellerken, kil ile karışık olan organik zemin ise yağışlı havalarda geçişi engellemektedir.

6.3 Bitki Örtüsü

Arazide yapılacak bir hareketi etkileyen arazi özelliklerinden birisi de arazi üzerinde mevcut bitki örtüsüdür. Bitki örtüsü, sadece doğal bitki örtüsü değil, yetiştirilen bitkileri de kapsamaktadır. Burada özellikle, orman türü bitki örtüsünün etkisi hareketi en çok etkileyen faktördür. Çünkü ağaçlar hareket için birinci derecede engel teşkil ederler. Ot ve çalı gibi diğer bitki çeşitlerinin de, arazide geçişe bir takım etkileri bulunmaktadır. Ancak bu etki çok fazla olmadığından tez çalışmasında ihmal edilmiştir. Hemen hemen bütün ormanların, hareketi yavaşlatan bir etkisi bulunmaktadır. Buradaki temel sorun, ormanların hareketi yavaşlatıp yavaşlatmayacağı değil, ne derecede yavaşlatacağı ya da tamamen engelleyeceği durumlarının belirlenmesidir.

Ormanların bir arazideki yolculuk ile ilgili olarak, en fazla önem taşıyan iki niteliği, ağaç gövde çapı ve ağaçlar arasındaki mesafelerdir. Ağaçlar arasındaki ortalama mesafe, aracın eninin 3 katına yaklaştığı zaman, bu aralıkların araçların performansı üzerinde hiçbir etkisi olamaz. Bu yüzden 4 m - 6 m'den az olan ortalama aralıklar, çoğu aracın

hareketine imkân vermezken, 9 m ile 16 m'ye yaklaşan aralıkların ise, aynı araçlara yavaşlatıcı bir etkisi olmaktadır.

Bu çalışmada söz konusu detayların elde edilmesi amacıyla Orman Bakanlığının hazırlamış olduğu amenajman planlarından yararlanılmıştır. Amenajman planlarında ise ağaçlar arası mesafeler ağaç kapalılık bilgisi ile ifade edilmiştir.

Ağaç kapalılık yüzdesi, doğal bitkilerin, yatay ve dikey olarak alana yayılışı ile yeryüzü alanının örtülülüğünün yüzde cinsinden miktarını göstermektedir [58]. Birim alandaki kapalılık değerleri, % 0 ile % 100 arasında değişir ve birim alanda yüzde değerlerinin artması, o bölgedeki orman örtülülüğünün de fazla olduğunu ifade etmektedir [59][60]. Ağaç kapalılık yüzdesi, biyokimyasal ve iklimsel döngülerin hesaplanması için oluşturulan modellerde de kullanılmaktadır [61].

Ağaç kapalılık değerleri ve arazide ilerlemeyi etkileme durumları Çizelge 6.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 6. 3 Ağaç kapalılık oranları ve arazide ilerlemeyi etkileme durumları

Kapalılık Oranı (%)	İfadesi	Etkileme Durumu
%0 - %10	Yok	Yok
%11 - %40	Seyrek	Yavaşlatır
%41 - %70	Normal	Engeller
%70'den fazla	Sık	Engeller

6.4 Hidrografya:

Arazide bulunan su özellikleri, hem askeri harekâtın yapılacağı bölgedeki su özelliklerinin engel olma durumu hem de ihtiyaç duyulan su kaynaklarının konumlarının belirlenmesi açısından hayati öneme sahiptir

Arazide bulunan su özelliklerinden;

- Barajlar,
- Göller,
- Göletler,

- Bataklık alanlar,
- Yıllık ortalama su derinliği 1 metreden fazla ve 3 metreden geniş olan akarsular, kanallar, çay ve dereler,
- Doğal su hendekleri

arazide ilerlemeye engel olarak değerlendirmektedir.

Akarsular, su hendekleri ve kanallar, bir hat boyunca uzanan engellerdir. Bunlar, normal koşullarda hareket için elverişli olan arazilerde, sık sık uzun engeller teşkil ederler. Böylelikle hareketin yönünü önemli ölçüde etkileyerek birçok bölgelerde hareket yönünden uzun sapmaları gerektirirler.

Bazı araçlar, belirli teçhizatla donatıldıklarında, model ve yapılarının geçmelerine imkân vermediği derin suları bile aşabilirler. Fakat genellikle araçlar bu şekilde donatılmamıştır ve bu teçhizatın takılması çok uzun zaman almaktadır. Fakat bu şekilde bir teçhizata sahip olan araçlar için akarsular, böyle araçlar için önemli engeller sayılmazlar.

Ancak, akarsuları geçmek, suyun hızının zamanla değişmesi yüzünden bazen riskli olabilir. Bazı yerlerde ise, kıyının düşey yüksekliğinin fazla olması yüzünden özel inşaat çalışması yapılmadan geçiş gerçekleştirilemeyebilir [54].

Bu kapsamda söz konusu detaylar 1:50.000 ölçekli haritadan sayısallaştırılarak analize katılmıştır.

6.5 Diğer Engeller:

Yukarıda ifade edilen etkenler dışında arazide yapılacak bir yolculuğu etkileyen faktörler genel olarak;

- Yapay Engeller,
- Yerleşim Yerleri

olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Yapay zellikler ile taş duvarlar, bentler, setler, kanallar, yarmalar, dolmalar gibi insan yapısı tesisler kastedilmektedir. Bu zelliklerin bazıları eğim faktörünün içinde, bazıları ise akarsular faktörünün içinde ele alınmıştır. Bununla beraber, yapay özellikler de bir

faktör olarak kabul edilir, çünkü arazide yapılacak bir harekât için araziyi değerlendirirken insan yapısı tesisleri de göz önünde bulundurmak gerekmektedir [56].

Yerleşim yerleri genel olarak bir araç için engel teşkil etmekte ve geçilemeyen bölge olarak değerlendirilmektedir.

UYGULAMA

Uygulama kullanılan veriler, donanım, yazılım, arazi analizi için veri hazırlama, bulanık mantık için kural tanımlama ve arazi analizinin yapılması aşamalarından oluşmaktadır. Bu kapsamda seçilen bir aracın imkân ve kabiliyetleri göz önüne alınarak hem klasik mantık hem de bulanık mantık kurallarına göre arazi analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

7.1 Veriler

Uygulama 1/50.000 ölçekli E19-d paftası bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama kapsamında kullanılan veriler aşağıda listelenmiştir.

- Topoğrafik Raster Harita (1/50.000 ölçekli E19-d paftası),
- Renkli Ortofoto (E19-d paftası),
- Vektör veriler (ESRI Shapefile formatında)
 - Arazi katmanı,
 - Zemin katmanı,
 - Bitki örtüsü katmanı,
 - Eğim katmanı.
- Yükseklik verileri
 - SRTM (Türkiye ve yakın çevresi),
 - DTED2 (E19-d paftası).

Kullanılan verilerden raster harita ve ortofoto görüntülerin kullanıcılara sunumu için OGC web servisleri kullanılmıştır. Bu aşamada öncelikle WMS'de sunulacak bütün veriler Coğrafi Projeksiyon Sistemi ve WGS-84 datumunda olacak şekilde sunuma hazır

hale getirilmiş ve sunucu üzerine yüklenmesi sağlanmıştır. Bu işlemlerden sonra verilerin web servisi ile sunulması gerçekleştirilmiştir.

7.1.1 Topoğrafik Raster Harita

Harita Genel Komutanlığından temin edilen ve 1999 yılında üretilen 1/50.000 ölçekli E19-d paftasının raster haritası kullanılmıştır.

7.1.2 Renkli Ortofoto

Ortofoto; eğiklik, dönüklük ve diferansiyel alanlarda yükseklik etkileri giderilmiş, ölçeklenmiş, bir haritanın geometrik niteliklerine sahip yeniden örneklenmiş bir fotoğraf görüntü olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde ortofoto ve ortogörüntü kavramları birlikte kullanılmaktadır [62].

Uygulamada kullanılan ortofoto Harita Genel Komutanlığından temin edilmiştir. Hava fotoğrafları 2009 yılında Sayısal Hava Kamerası ile 1/35.000 ölçeğinde çekilmiştir.

7.1.3 Vektör Veriler

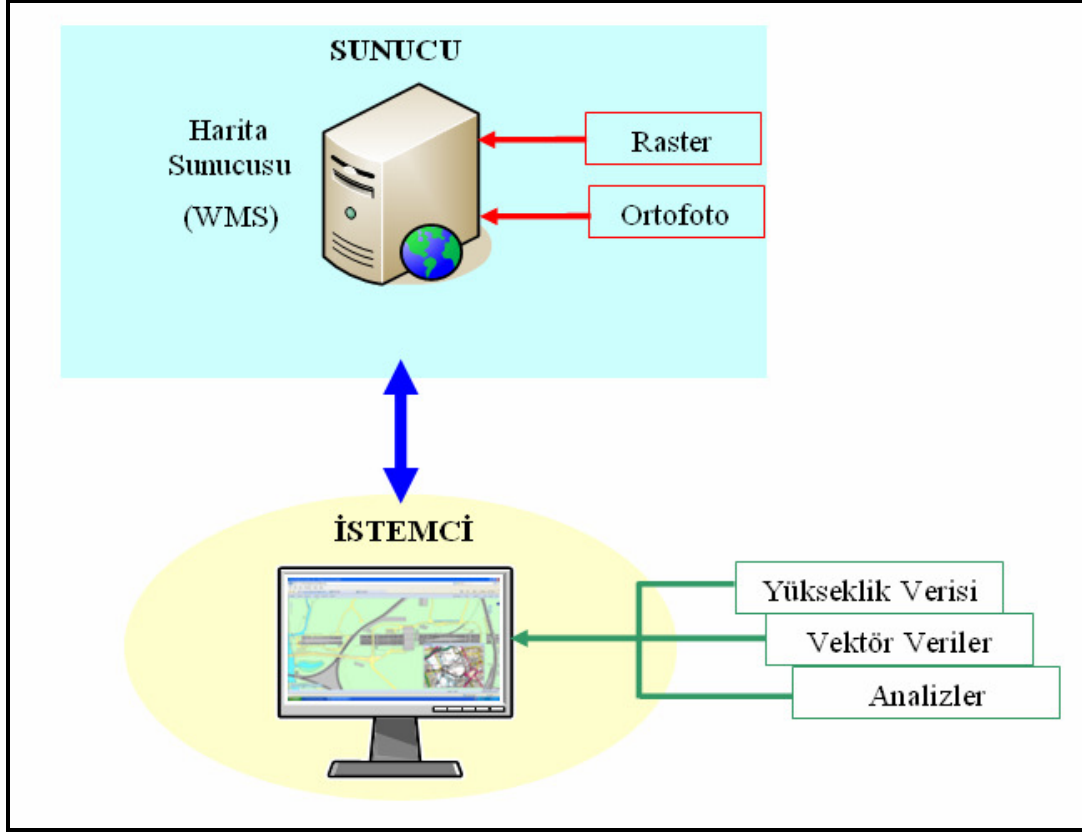
Uygulamada arazi, bitki örtüsü ve zemin olmak üzere üç adet vektör veri kullanılmıştır. Vektör veriler ESRI Shapefile formatında hazırlanmıştır. Kullanılan vektör verilerin hazırlanması "Arazi Analizi İçin Veri Hazırlama" bölümünde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

7.1.4 Yükseklik Verileri

ArcGIS Explorer yazılımında üç boyutlu görselleştirme yapılması için yükseklik verileri kullanılmıştır. Çalışma bölgesinde (E19-d paftası) DTED2 verisi kullanılmış, Türkiye ve çevresinin modellenmesinde ise SRTM verileri kullanılmıştır. Kullanılan DTED2 verisi Harita Genel Komutanlığından temin edilmiştir.

7.2 Donanım

Uygulamada kullanılacak verilerin seçimi ve harita servisinin çalıştırılması sağlandıktan sonra sanal küre yazılımlarının bu verileri göstermesi sağlanmıştır. Bu kapsamda sistemin genel mimarisi Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



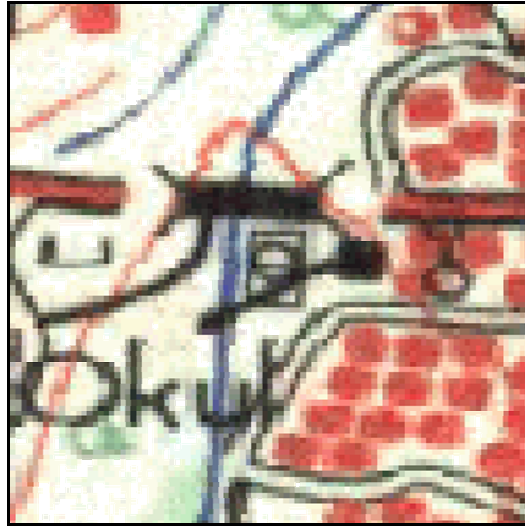
Şekil 7. 1 Uygulama mimarisi

Şekil 7.1’de gösterilen harita sunucusundan haritaların sunulması sağlanmıştır. Kullanıcı tarafında ise sunuculardan gelen verileri yükseklik verileri yardımıyla üç boyutlu olarak gösterilmesini sağlayan sanal küre yazılımı bulunmaktadır. Kullanıcılar sanal küre yazılımı ile kendi özel verilerini de görüntüleyebilmektedirler. Bu veriler kullanılarak analizinin yapılması sağlanmaktadır. Uygulama alanında aynı bölgeye ait, WMS sunucusundan alınan ortofoto görüntü Şekil 7.2’de, raster harita ise Şekil 7.3’te gösterilmiştir.



Şekil 7. 2 WMS sunucusundan alınan ortofoto görüntü

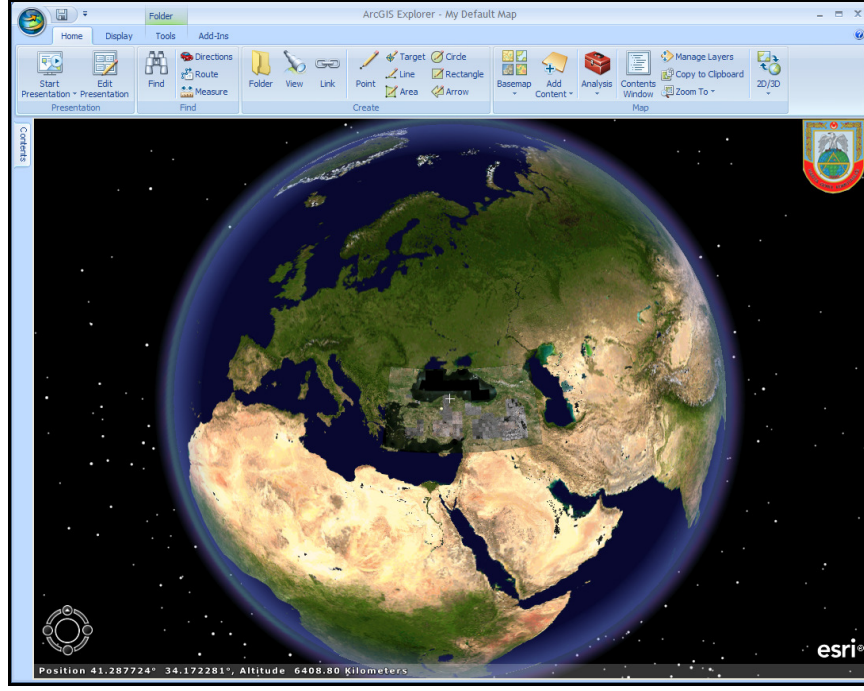
http://localhost/wms/wms_ortofoto.ashx?VERSION=1.1.0&REQUEST=GetMap&SRS=EPSG:4326&WIDTH=512&HEIGHT=512&LAYERS=Layers&STYLES=&EXCEPTIONS=application/vnd.ogc.se_xml&FORMAT=image/png&BGCOLOR=0xFFFFFFFF&TRANSPARENT=TRUE&BBOX=27.59,41.625,27.595,41.625



Şekil 7. 3 WMS sunucusundan alınan raster harita görüntüsü

7.3 Yazılım

Uygulama sanal küre yazılımı üzerinde çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Sanal küre yazılımı olarak ESRI firmasının internet sitesinden indirilen ücretsiz yazılım geliştirme seti (SDK-Software Development Kit) ile sunulan ESRI ArcGIS Explorer yazılımı kullanılmış ve bu yazılım üzerinde analizin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır (Şekil 7.4) [63].



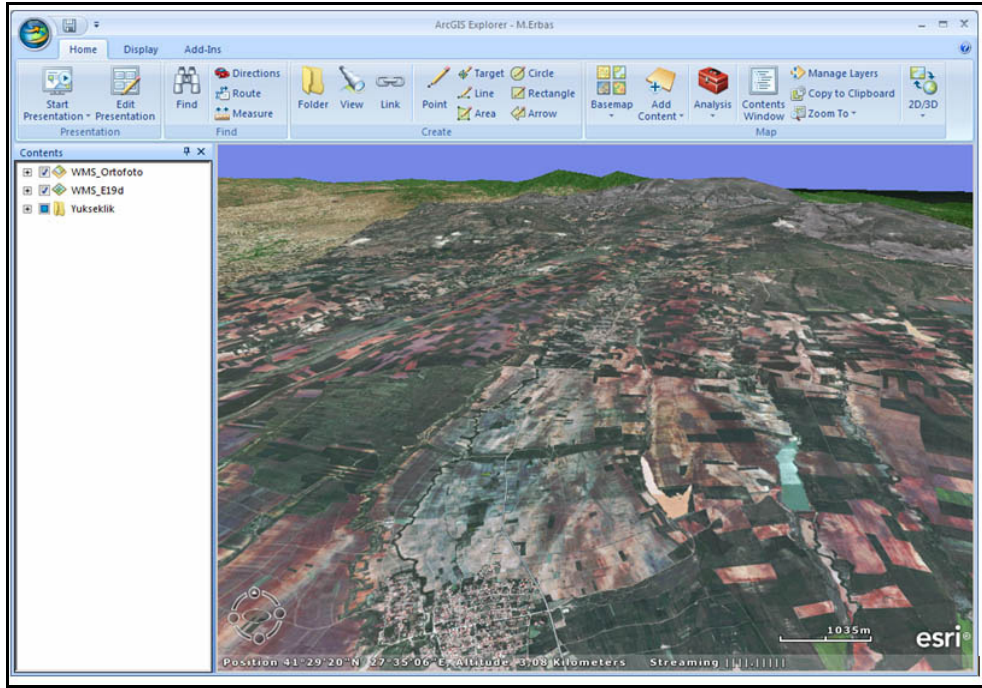
Şekil 7. 4 ArcGIS Explorer yazılımı

ArcGIS Explorer yazılımının desteklediği formatlar aşağıda listelenmiştir [63].

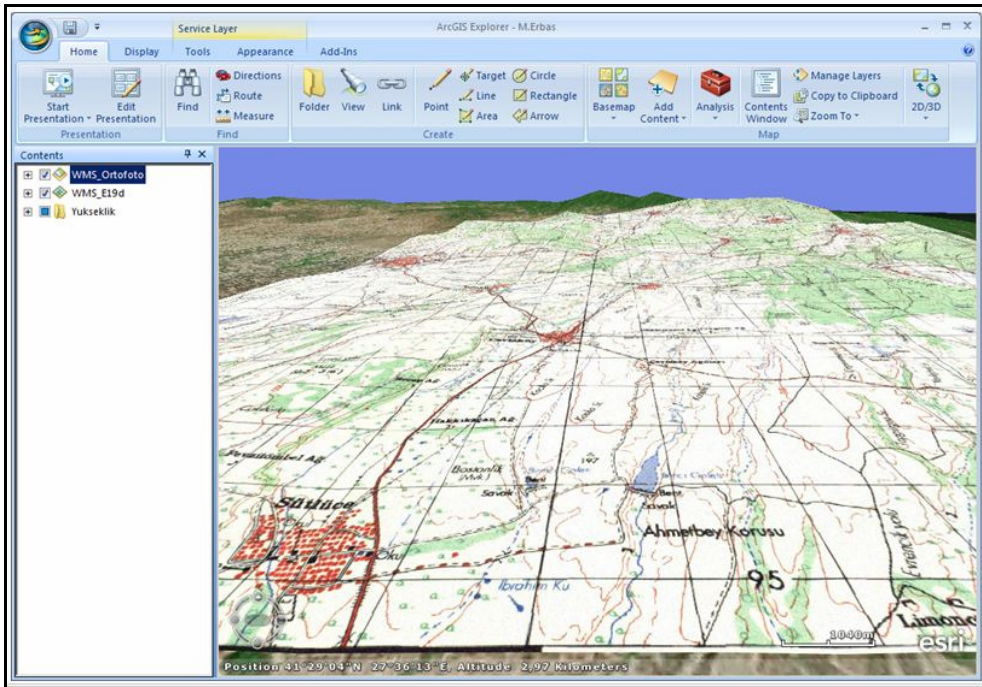
- Harita Servisleri (ArcGIS Server, OGC WMS),
- Vektör Veriler
 - Shapefile,
 - KML / KMZ,
 - GPX,
 - ArcGIS Coğrafi Veritabanı (ArcGIS Geodatabase)
- Raster Veriler
 - JPEG2000,
 - GeoTIFF,
 - MrSID,
 - DTED,
 - STRM.

Uygulamada da yazılımın desteklediği veri formatları kullanılmıştır. Sanal küre üzerinde verilerin üç boyutlu sunulabilmesi için öncelikle DTED2 ve SRTM yükseklik verileri kullanılmıştır. WMS sunucusundan alınan ortofoto görüntüler ile raster haritalar bu şekilde üç boyutlu olarak gösterilmiştir. Bu veriler aynı zamanda katman yönetimi

araçları yardımı ile üst üste açılabilmekte ve saydamlık ayarı değiştirilerek birbiri üzerinde görüntülenebilmektedir. Şekil 7.5’de sanal küre yazılımı üzerinde WMS sunucusundan alınan ortofoto görüntü, Şekil 7.6’te ise raster harita gösterilmiştir.



Şekil 7. 5 Sanal küre üzerinde ortofoto görüntü gösterilmesi



Şekil 7. 6 Sanal küre üzerinde raster harita gösterilmesi

ArcGIS Explorer yazılımı üzerinde program geliştirmek için C# programlama dili kullanılmıştır. Bütün kodlama ve analizler C# programlama dili kullanılarak yapılmıştır. Şekil 7.7’de kod örneği gösterilmiştir.

```
private void btnFuzzy_Click(object sender, EventArgs e)
{
    ProgressHelper prog = new ProgressHelper("İşlem yapılıyor", "Lütfen bekleyiniz", "Arazi analizi yapılıyor...");
    prog.Show();
    string sql;
    bool isok = false;
    // Bilgilendirmeler...
    string[] egimler = { " ", "% 0 - 10", "% 11 - 20", "% 21 - 30", "% 31 - 40", "% 41 - 50", "% 51 - 60", "% 61 - 70",
"% 70 - 75", "% 75' den fazla" };
    string[] zeminler = { "Gl", "Sert", "Kısmen sert", "Killi", "Kil + Organik", "Organik" };
    string[] araziler = { "Gl", "Yerleşim Yeri", "Orman", "Pirinç Tarlası", "ıplak Arazi", "Ekili Arazi", "Bağ",
"Mera", "alılık", "Bambu", "Meyve Bahçesi", "Fidanlık" };
    string[] ormanlar = { " ", "Yok", "Seyrek", "Normal", "Sık" };

    Folder analizFolder = new Folder("Arazi Analizi_FL ");
    Folder gecemez = new Folder("GEÇEMEZ"); // RED
    Folder yavaslatir = new Folder("YAVAşLATIR"); // YELLOW
    List<Note> engeller = new List<Note>();
    List<Note> yavaslatanEngeller = new List<Note>();
    // Harita Nesnesi Alınıyor.
    Map theMap = ESRI.ArcGISExplorer.Application.Application.ActiveMapDisplay.Map;
    // GeoDatabase'ye bağlantı yapılıyor.
    Geodatabase gdb = new Geodatabase(@"D:\Doktora\Data\data.gdb");
    Table analizTable = gdb.OpenTable("analiz_1");
    // *****
    // ***** ENGELLER --> Her zaman engel *****
    // ***** Yerleşim Yerleri ve Gller *****
    // *****
```

Şekil 7. 7 Yazılım geliştirme kod örneği

7.4 Arazi Analizi İçin Veri Hazırlama

Arazi üzerinde araçla yapılacak bir hareketi etkileyen en önemli faktörlerin tespit edilebilmesi için temin edilen veriler hazırlanarak analize uygun hale getirilmiştir. Bu kapsamda;

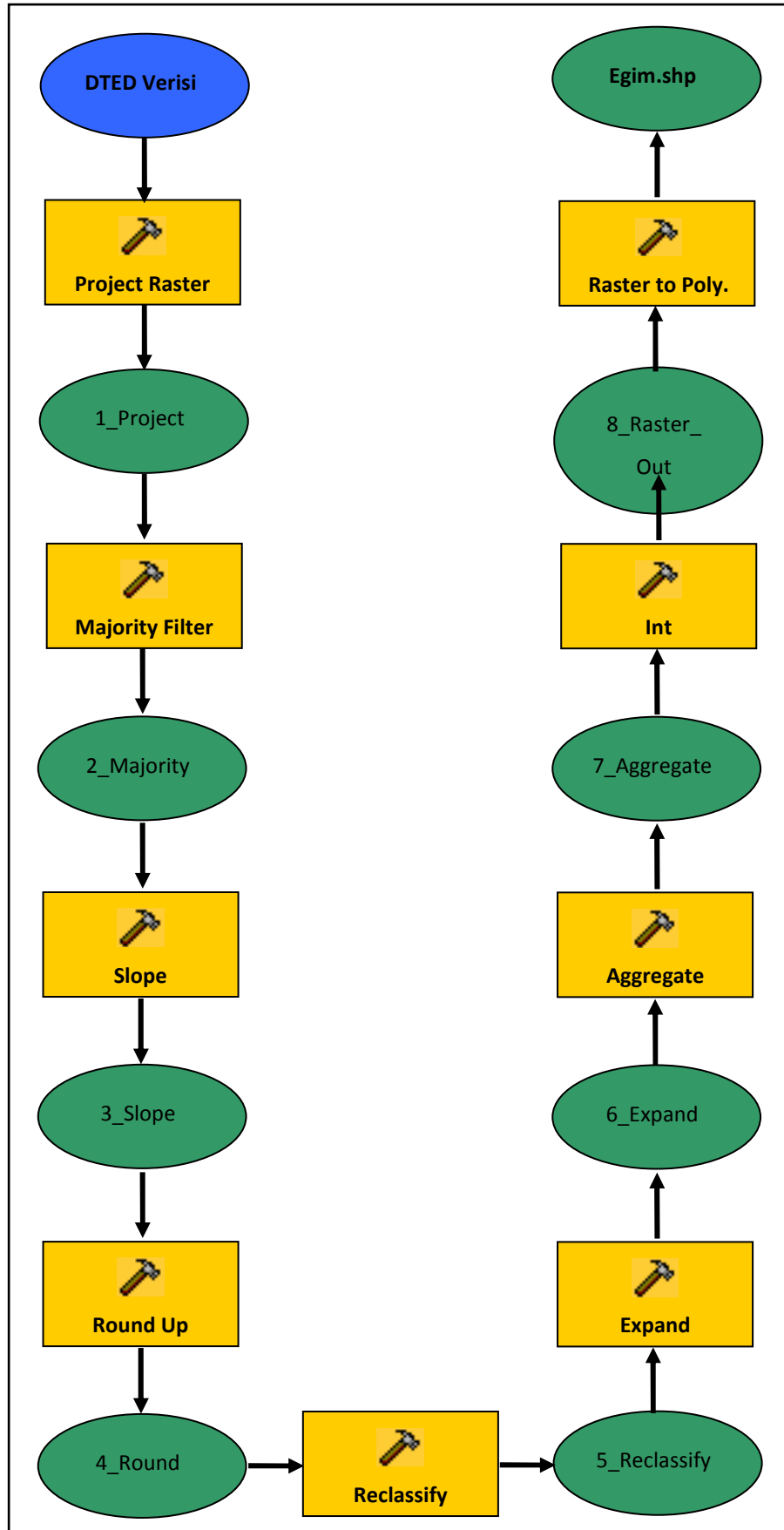
- Eğim
- Zemin
- Bitki Örtüsü
- Hidrografya
- Diğer engeller

katmanları için hazırlıklar yapılmıştır.

7.4.1 Eğim Katmanı

Uygulama kapsamında 1:50.000 ölçekli E19-d paftasının eğim haritası oluşturulmuştur. Eğim haritası oluşturulurken, uygulama yapılacak olan bölgenin (E19-d paftası) DTED-2 yükseklik verisi kullanılmıştır. Yükseklik verisi kullanılarak arazinin eğim grupları tespit

edilmiştir. Bu eğim grupları oluşturulurken arazideki yolların kenarlarında bulunun yarma ve dolmaların eğimleri ile nehir kenarlarındaki bölgelerin eğimleri DTED-2 verisinden elde edilemediği için ayrıca ölçülmüş ve hesaplamalara katılmıştır. DTED-2 verisinden eğim haritası hazırlanması için ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılmıştır. Eğim haritası hazırlamada kullanılan iş akış şeması Şekil 7.8’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 8 Eğitim haritası oluşturma aşamaları

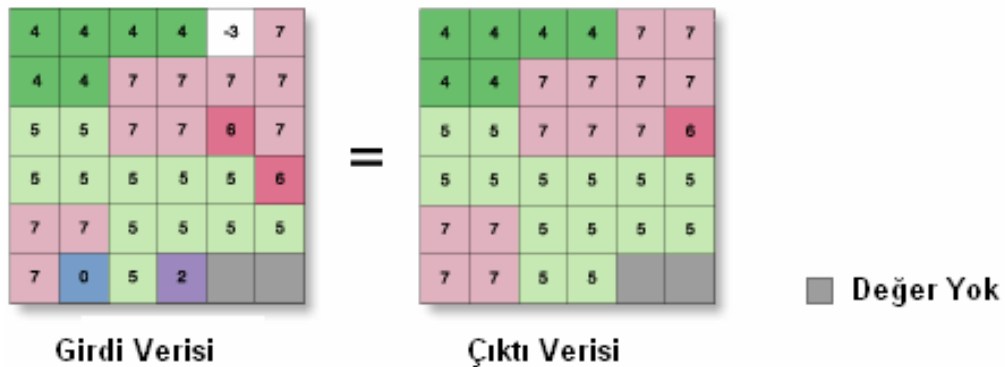
Şekil 7.8 'de gösterilen eğim haritası oluşturma aşamaları aşağıda açıklanmıştır [64].

7.4.1.1 Project Raster

Raster yapıdaki verileri bir projeksiyondan başka bir projeksiyona çevirmek için kullanılmaktadır. Görüntü üzerindeki piksel değerleri kullanılarak işlemler yapılabilmesi için çalışılacak verinin raster formatta olması gerekmektedir. Bu işlem sonucunda elde edilecek raster formatlar ise BMP, GIF, GRID, IMG, JPEG, JPEG 2000, PNG ve TIFF formatlarıdır. Uygulamada kullanılan “*.dt2” uzantılı DTED2 verisi “*.img” uzantılı raster formata çevrilmiştir.

7.4.1.2 Majority Filter

Raster dönüşüm esnasında oluşan hatalı piksel değerlerinin hesaplanması için kullanılmaktadır. Bu işlem sonucunda hatalı piksellerin değerleri hesaplanmakta ve yeni piksel değerleri verilmektedir. Majority Filter işlemi yapılırken çoğunlukta olan aynı değere sahip komşu hücrelerin değerleri hatalı olan pikselin değeri olarak kabul edilmektedir. Şekil 7.9'da bu işlem gösterilmektedir. Sol tarafta girdi verisi, sağ tarafta ise çıktı verisi gösterilmiştir.

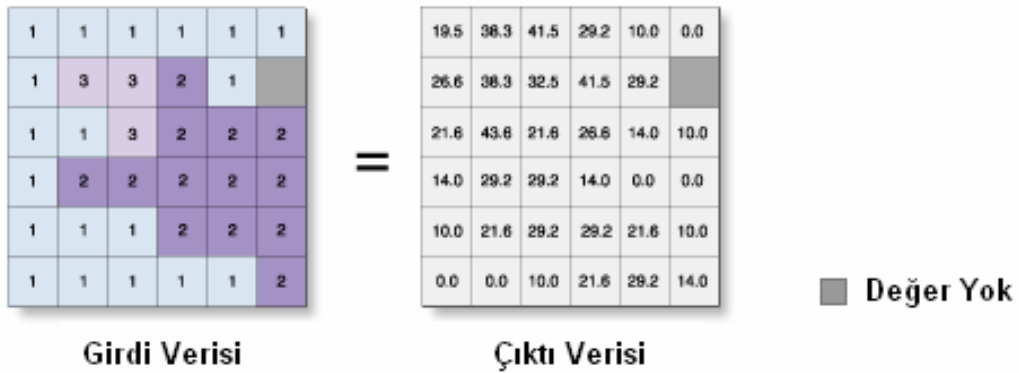


Şekil 7.9 Hatalı verilerin ayıklanması

7.4.1.3 Slope

Raster verideki her bir pikselin eğim değerlerinin bulunması amacıyla kullanılmaktadır. Bu işlem ile her bir pikselin eğim değerleri yüzde cinsinden hesaplanmaktadır. Hesaplama işlemi pikselin “z” değerindeki değişikliklerin hesaplanmasıyla elde

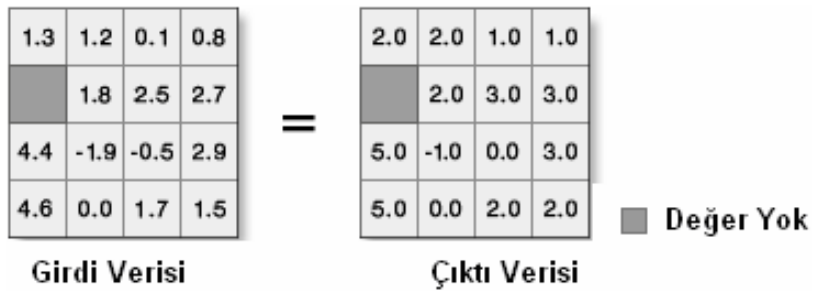
edilmekte ve yüzde cinsinden ifade edilmektedir. Şekil 7.10'da girdi ve çıktı verisi örneği gösterilmiştir.



Şekil 7. 10 Eğitim Oluşturma

7.4.1.4 Round Up

Eğimleri hesaplanan her bir hücrenin eğitim değerleri tamsayıya dönüştürülmektedir. Burada yapılan yuvarlama işlemi yukarı yuvarlamadır (Şekil 7.11).



Şekil 7. 11 Yuvarlama işlemi

7.4.1.5 Reclassify

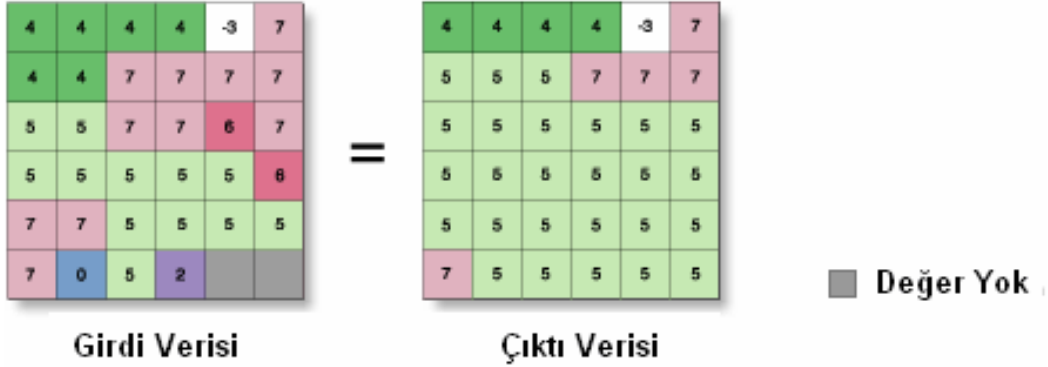
Hücrelerde yapılan son değişiklikler sınıflandırılmaktadır. Uygulamada kullanılan eğitim grupları 10 kategoride değerlendirilmiştir. Belirlenen kategoriler Çizelge 7.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 Eğim kategorileri

Değer	Eğim
1	%0 - %10
2	%11 - %20
3	%21 - %30
4	%31 - %40
5	%41 - %50
6	%51 - %60
7	%61 - %70
8	%71 - %75
9	%75'den fazla

7.4.1.6 Expand

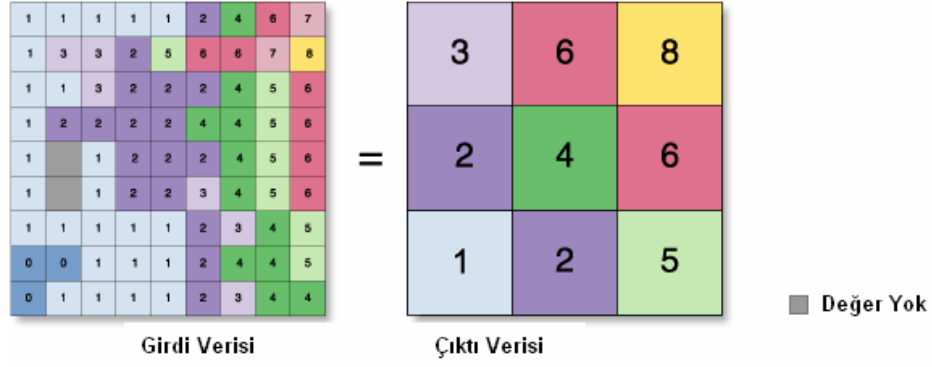
Eğim gruplarının belirlenen hücre sayısına göre genişletilmesini sağlamaktadır (Şekil 7.12).



Şekil 7.12 Yuvarlama işlemi

7.4.1.7 Aggregate

Oluşturulan hücrelerin genelleştirilmesi için kullanılmaktadır. Bu işlemde bir gruplandırma yapılarak hücre sayısı azaltılmaktadır. Kaç hücrenin birleştirilip genelleştirme yapılacağı istenilen hassasiyete göre değişiklik göstermektedir (Şekil 7.13).



Şekil 7.13 Genelleştirme işlemi

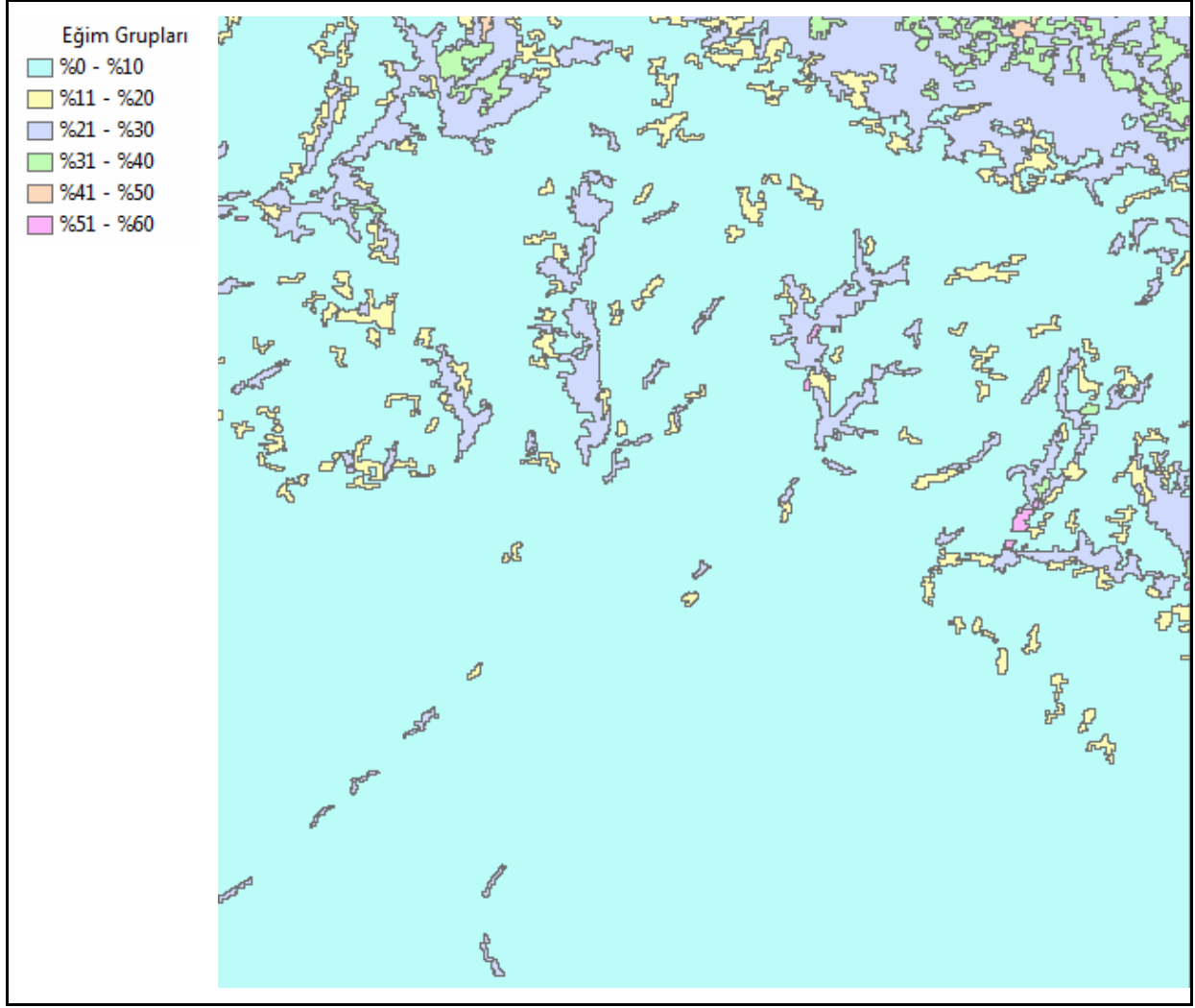
7.4.1.8 Int

Eğimleri hesaplanan her bir hücrenin eğim değerlerinin tamsayıya dönüştürülmesi için kullanılmaktadır.

7.4.1.9 Raster to Polygon

Son olarak raster veri yapısında hazırlanan eğim grupları alan katmanına dönüştürülmektedir. Bu sayede eğim gruplarına ait alan detaylar oluşturulmaktadır.

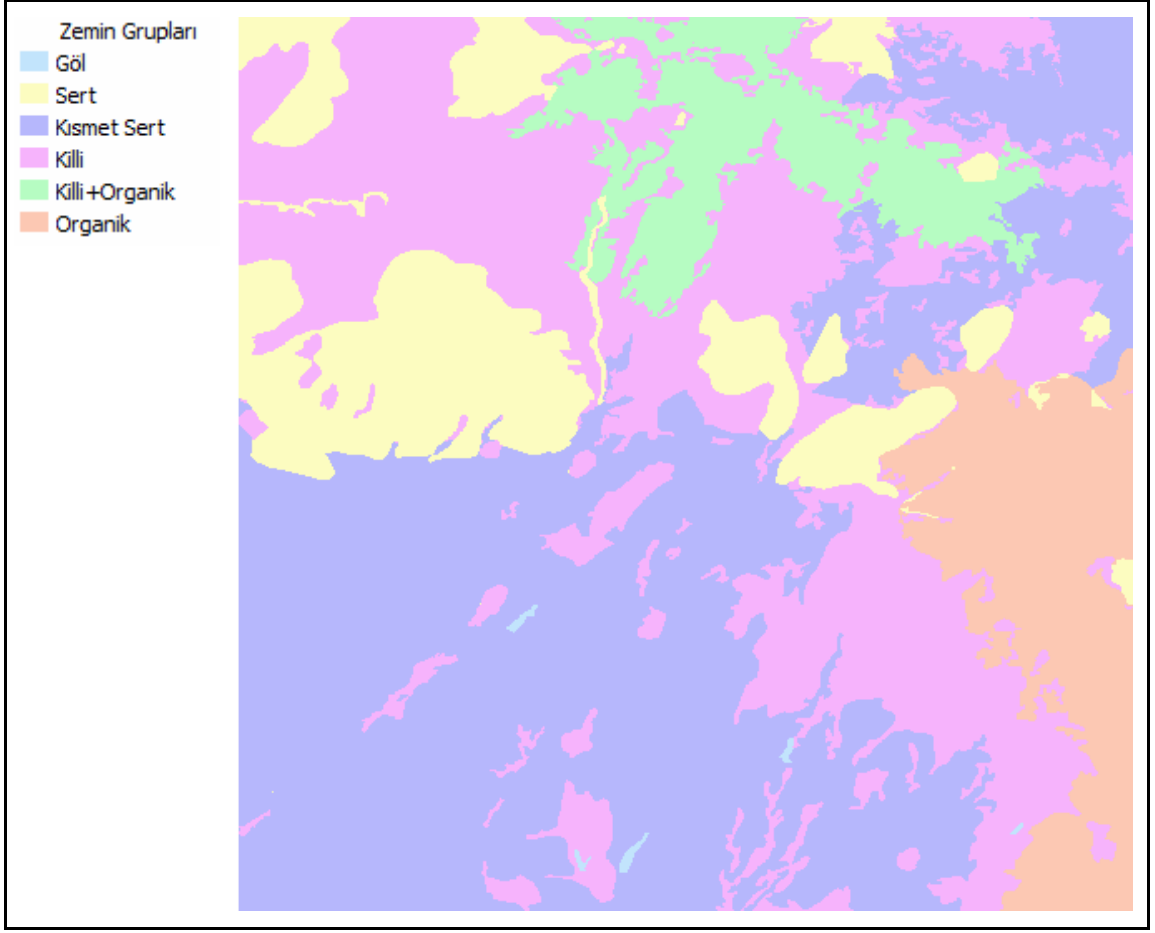
Yukarıda işlem adımları takip edilerek E19-d paftası için hazırlanan eğim haritası Şekil 7.14'te gösterilmiştir.



Şekil 7. 14 E19-d paftasının eğim grupları

7.4.2 Zemin Katmanı

Yollar dışında yapılacak olan hareketi etkileyen bir diğer etken ise arazinin zemini yani jeolojik yapısıdır. Çalışma bölgesi olan E19-d paftasının zemin katmanı Şekil 7.15'te gösterilmiştir.

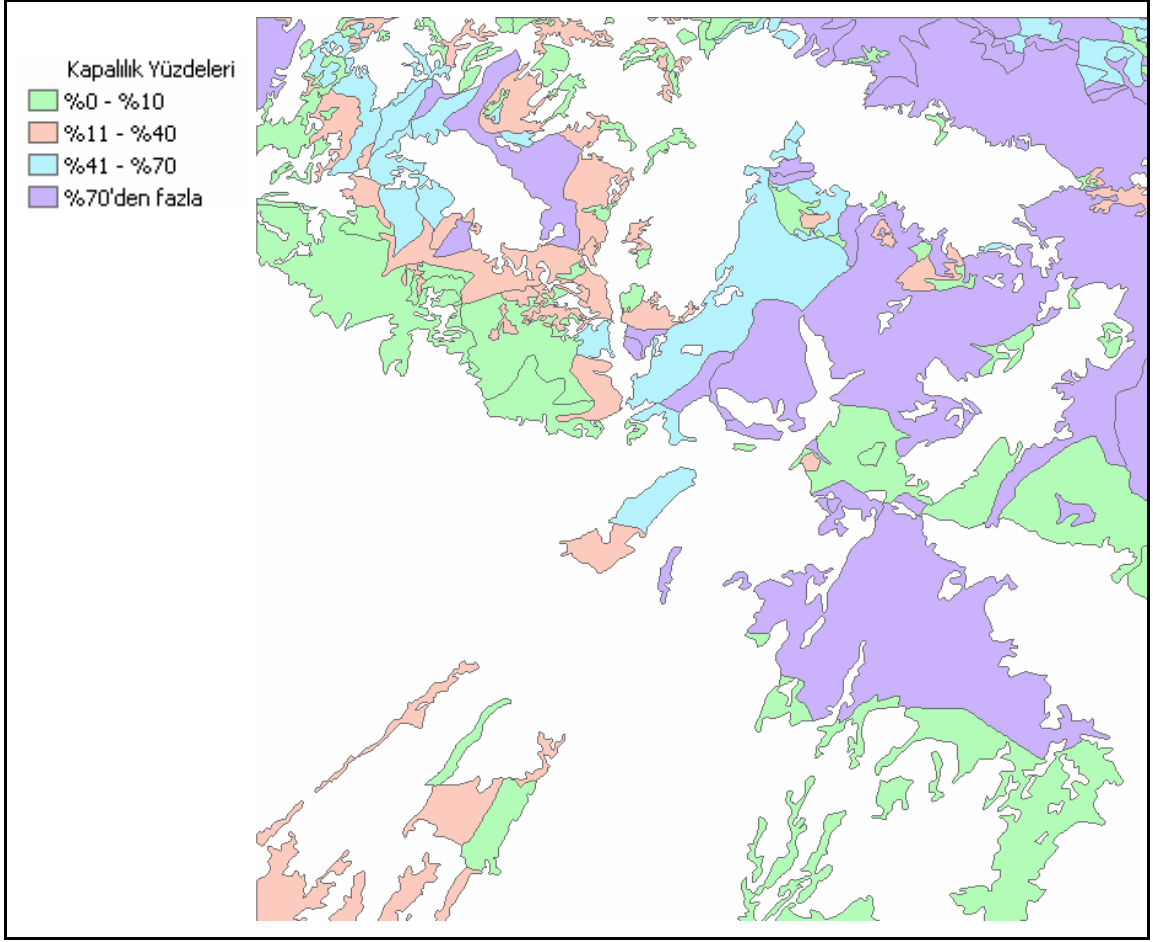


Şekil 7.15 E19-d paftasının zemin grupları

7.4.3 Bitki Örtüsü Katmanı

Bu çalışmada araçların hareketi için engel teşkil eden ormanlık bölgeler ile bu ormanlara ait ağaç kapalılık değerleri Orman Bakanlığının hazırlamış olduğu amenajman planlarından temin edilerek uygulamada kullanılmıştır.

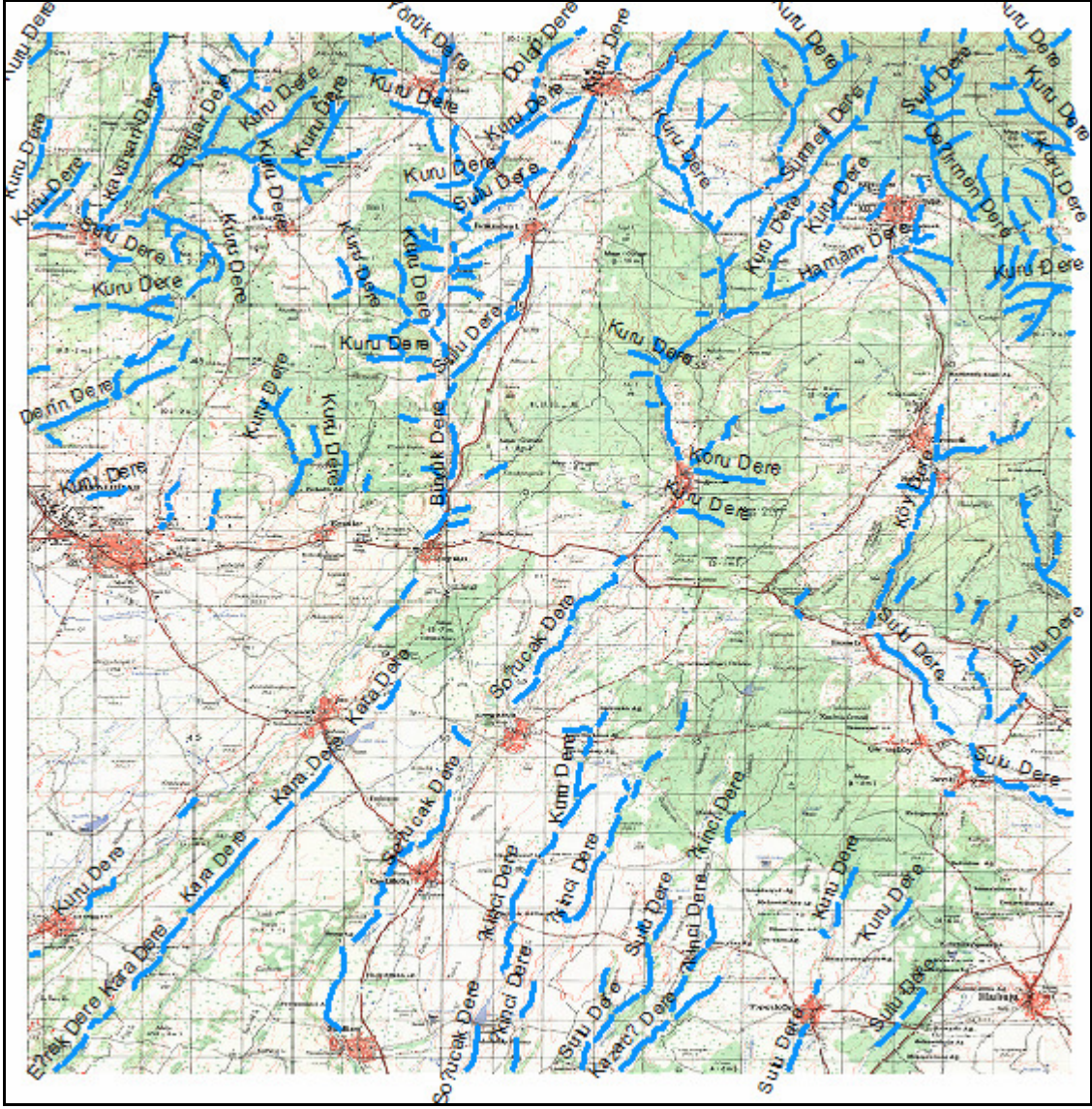
E19-d paftası için hazırlanan bitki örtüsü katmanı Şekil 7.16'da gösterilmiştir



Şekil 7. 16 E19-d paftasının ağaç kapalılık grupları

7.4.4 Hidrografya Katmanı

Arazi analizi için engel teşkil eden hidrografya detayları E19-d haritasından sayısallaştırılarak analize katılmıştır. E19-d paftası için hazırlanan hidrografya katmanı Şekil 7.17'de gösterilmiştir

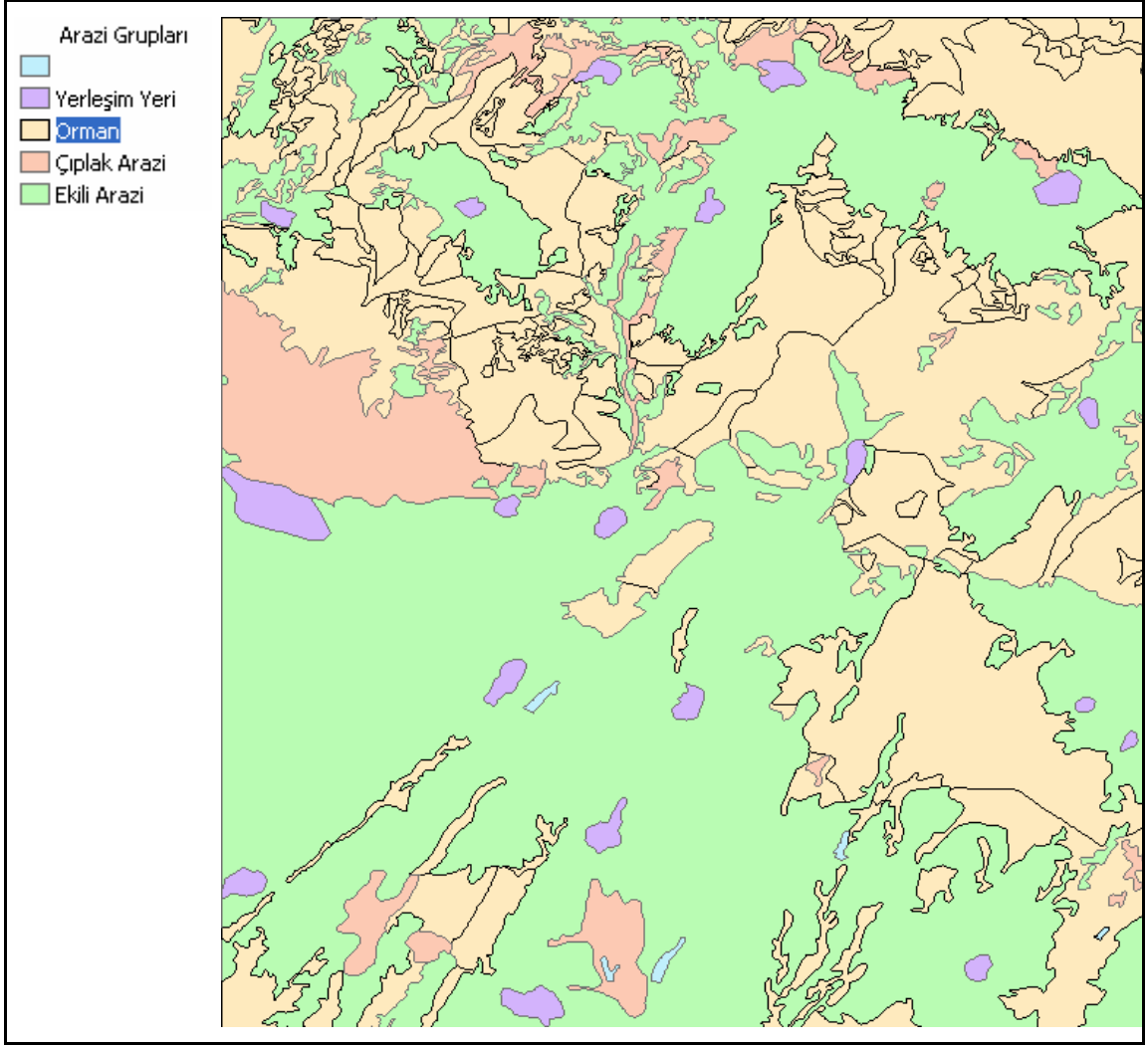


Şekil 7. 17 E19-d paftasının hidrografiya katmanı

7.4.5 Diğer Katmanlar

Arazide yapılacak bir hareketi etkileyecek diğer faktörler genel olarak, yapay engeller, yerleşim yerleridir. Ayrıca kullanıcı tarafından ekili arazilerden geçilip geçilmemesi belirlenerek analiz kapsamına dâhil edilmiştir.

E19-d paftası için hazırlanan yerleşim yerleri, orman, ekili arazi bilgileri Şekil 7.18’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 18 E19-d paftasının yerleşim yerleri, orman ve arazi detayları

Analizin yerleşim yeri dışında yapılması amaçlandığından meskûn mahaller ve kullanıcının seçimine göre ekili araziler de engel niteliği taşımaktadır.

7.5 Kural Tanımlama

Arazi analizi uygulaması hem klasik mantık hem de bulanık mantık kurallarına göre gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda klasik mantık ve bulanık mantık kurallarının tanımlanması ayrı ayrı yapılmıştır.

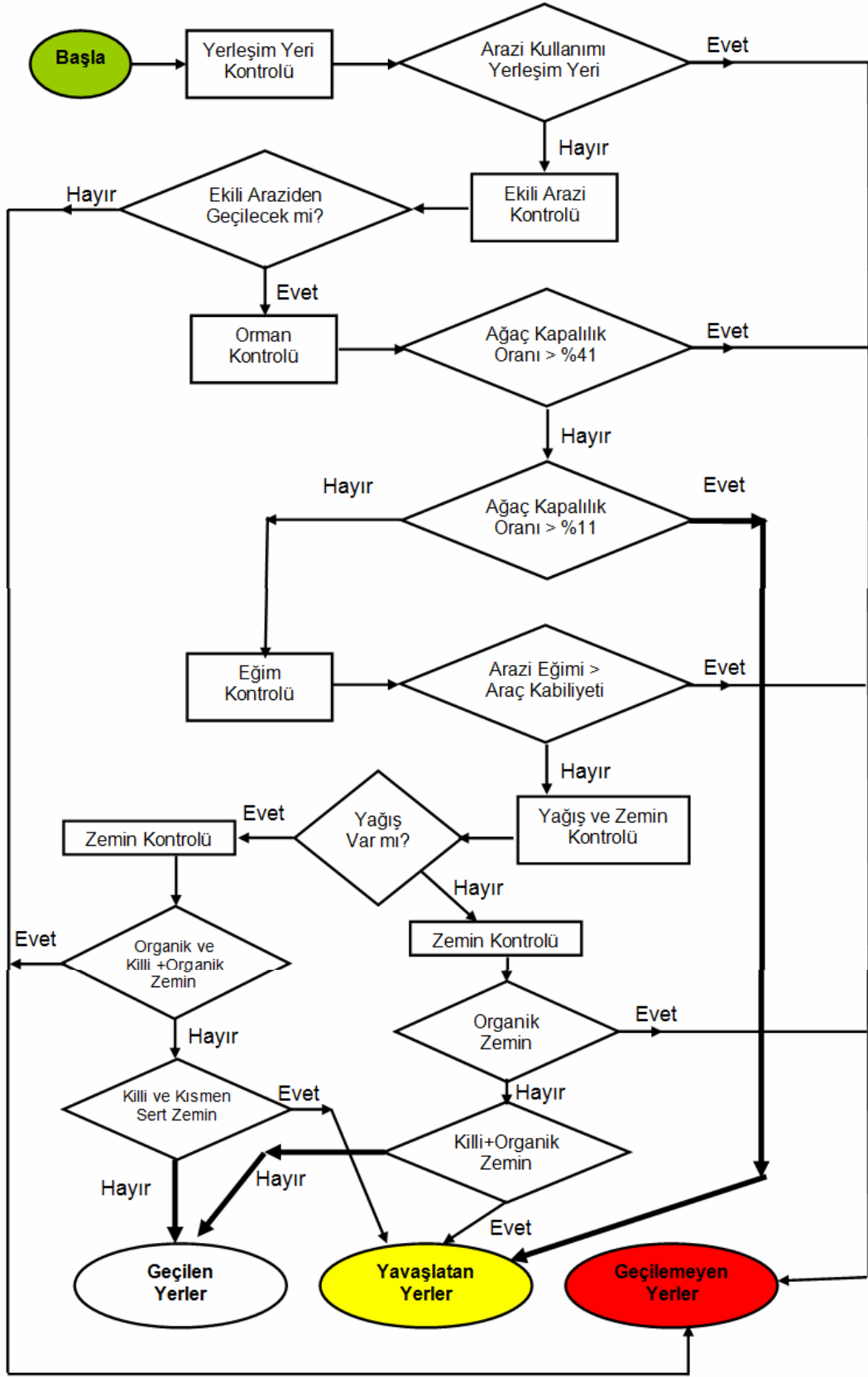
7.5.1 Klasik Mantık Kuralları

Uygulamada kullanılan klasik mantık kuralları Çizelge 7.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2 Uygulamada kullanılan klasik mantık kuralları

Engel Katmanı	Uygulanan Kural	Sonuç
Eğim	Arazini eğimi seçilen aracın tırmanma kapasitesinden fazla	Geçemez
Zemin	Organik zeminli bölgeler	Geçemez
Zemin	Hava açık ise "Killi + Organik" zeminli bölgeler	Yavaşlatır
Zemin	Hava yağışlı ise "Killi + Organik" zeminli bölgeler	Geçemez
Zemin	Hava yağışlı ise "Killi" ve "Kısmen Organik" zeminli bölgeler	Yavaşlatır
Arazi	Yerleşim yerleri	Geçemez
Arazi	Göller	Geçemez
Arazi	Ağaç kapalılık oranı %40'dan fazla olan bölgeler	Geçemez
Arazi	Ağaç kapalılık oranı %11-%40 olan bölgeler	Yavaşlatır
Arazi	Kullanıcı seçimine bağlı olarak "Ekili Araziler"	Geçemez

Klasik mantık kurallarına göre hazırlanan iş akış şeması Şekil 7.19'da gösterilmiştir. Şekil 7.19'da gösterilen iş akış şemasına göre programlama yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 7. 19 Klasik mantık iş akış şeması

7.6 Bulanık Mantık Kuralları

Uygulamada harekete etki eden;

- Araç,
- Eğim,
- Zemin ve
- Yağış

olmak üzere dört katmanda bulanık mantık uygulanmıştır. Her bir katman için üyelik fonksiyonları tanımlanmış ve kurallar oluşturulmuştur.

7.6.1.1 Araç Bilgisi İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması

Kullanıcı tarafından seçilen araç askerî ve sivil arazi araçlarını içermektedir. Uygulamada kullanılan araçların bilgileri Çizelge 7.3'de gösterilmiştir [65][66][67][68][69][70][71].

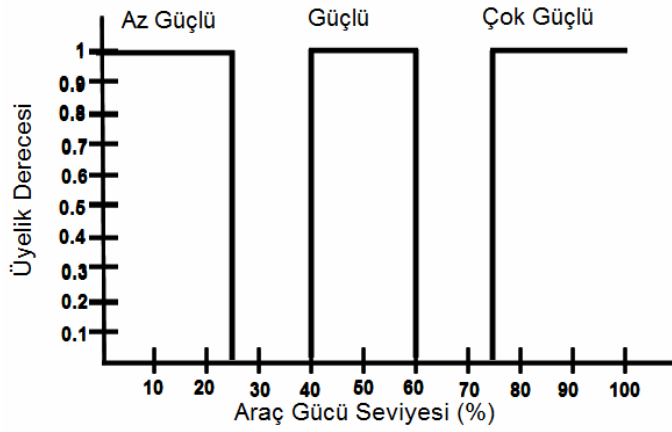
Çizelge 7.3 Araçlara ait teknik bilgiler

Adı	Uzunluğu (m)	Genişliği (m)	Yüksekliği (m)	Ağırlığı (ton)	Dik / Yan Meyil Geçiş Kabiliyeti (%)
M60 - Patton	9.31	3.00	3,213	53	60 / 30
M48 A5T1	8,25	3,63	3,28	54	60 / 30
Leopard - 1	9.54	3.41	2.61	42	60 / 30
Leopard - 2A4	9.97	3.75	3.00	62	60 / 30
M1 Abrams	9.77	3.66	2.44	60	60 / 10
M1 - A1	9.82	3.66	2.37	63	60 / 10
M1 - A2	9.82	3.66	2.37	69	60 / 10
T - 90	9.53	3.78	2.22	46	60 / 40
Unimog	5.41	2.47	2.74	11	70 / 30

Çizelge 7.3'de gösterilen araçların güç durumları;

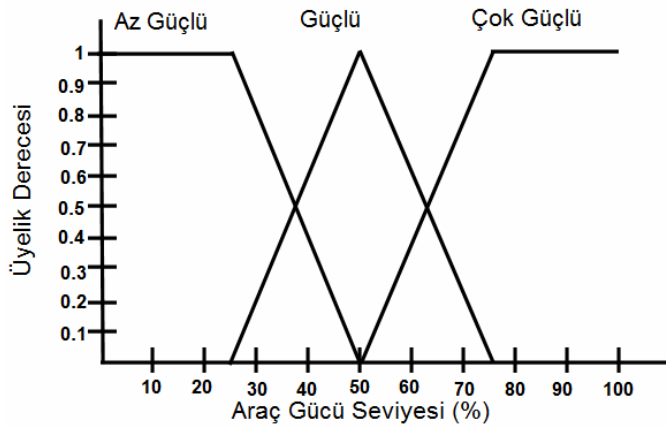
- Az güçlü
- Güçlü ve
- Çok güçlü

olmak üzere üç kategoride değerlendirilmiştir. Değerlendirme seçilen aracın imkân ve kabiliyetleri dikkate alınarak yapılmıştır. Araç bilgileri klasik mantık kuralları çerçevesinde değerlendirilmek istendiğinde oluşturulan üyelik grafiği (crisp set) Şekil 7.20’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 20 Araç bilgisi için crisp üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 7.20’deki grafikte araç bilgileri için elde edilecek üyelik değerleri 1 veya 0 olmaktadır. Klasik mantık çerçevesinde değerlendirme yapılması durumunda seçilen bir aracın herhangi bir gruba üyelik derecesi Şekil 7.20’de gösterildiği gibi 1 veya 0 değerleri olacaktır. Söz konusu araç bilgileri bulanık mantık kapsamında değerlendirildiğinde oluşacak üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.21’de gösterilmiştir.



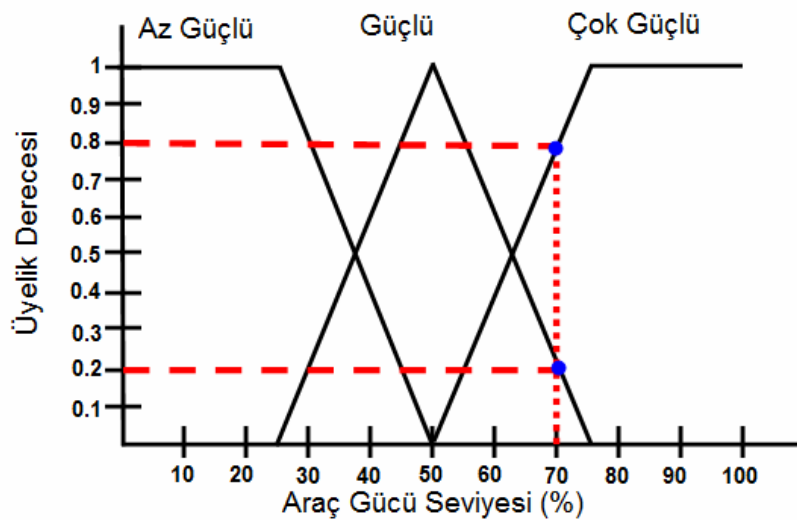
Şekil 7. 21 Araç bilgisi için üyelik fonksiyonu grafiği

Bulanık mantık kapsamında üyelik dereceleri 0 ve 1 değerleri arasında bir değer olabilmektedir. Seçilen bir aracın hangi seviyede ne kadar üyeliğinin belirlenmesi için hazırlanan üyelik fonksiyonları Çizelge 7.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.4 Araç bilgisi için üyelik fonksiyonları

Adı	Denklemi
Az Güçlü	$\mu_{AzGüçlü}(x) = \begin{cases} 1 & x < 25 \\ \frac{(50-x)}{25} & 25 < x < 50 \\ 0 & x > 50 \end{cases}$
Güçlü	$\mu_{Güçlü}(x) = \begin{cases} 0 & x < 50, x > 75 \\ \frac{(x-25)}{25} & 25 < x < 50 \\ \frac{(75-x)}{25} & 50 < x < 75 \end{cases}$
Çok Güçlü	$\mu_{ÇokGüçlü}(x) = \begin{cases} 0 & x < 50 \\ \frac{(x-50)}{25} & 50 < x < 75 \\ 1 & x > 75 \end{cases}$

Örneğin seçilen bir aracın gücü %70 seviyesinde ise bu araca ait üyelik değerleri Şekil 7.22'de gösterildiği gibi olacaktır.

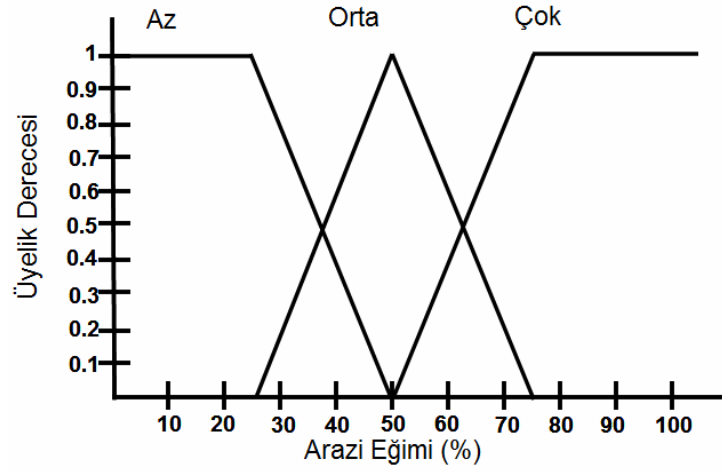


Şekil 7. 22 Araç bilgisi için üyelik fonksiyonu grafiği

Araç gücü %70 olan bir aracın üyelik derecesi Çizelge 7.3'teki üyelik fonksiyonları yardımıyla hesaplanmaktadır. Buna göre seçilen aracın üyelik dereceleri az güçlü için 0, güçlü için 0.20 ve çok güçlü için 0.80 olacaktır.

7.6.2 Eğim İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması

Yükseklik verilerinden elde edilen eğim oranları 9 kategoride hazırlanmıştır. Arazi eğimi araç geçişlerini az, orta ve çok olmak üzere üç şekilde etkilemektedir. Arazi eğiminin araç hareketini etkileme durumları değerlendirildiğinde oluşturulan üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.23'de gösterilmiştir.



Şekil 7. 23 Arazi eğimi için üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 7.23'de gösterilen eğim için tanımlanan üyelik fonksiyonları Çizelge 7.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.5 Eğim için üyelik fonksiyonları

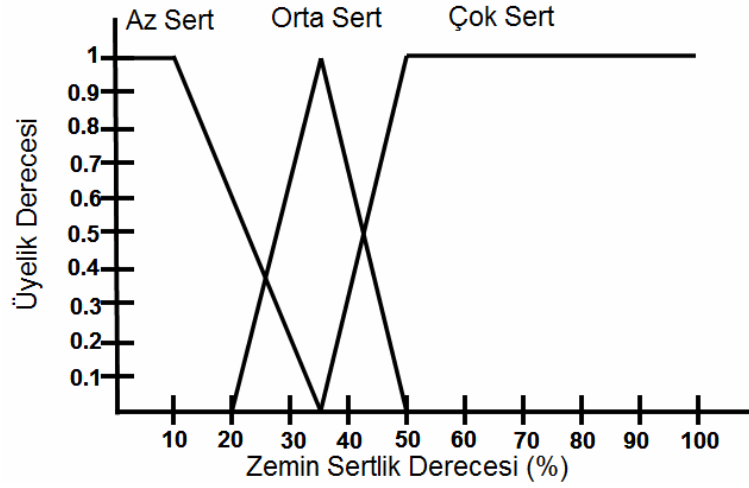
Adı	Denklemi
Az	$\mu_{AzEğim}(x) = \begin{cases} 1 & x < 25 \\ \frac{(50-x)}{25} & 25 < x < 50 \\ 0 & x > 50 \end{cases}$
Orta	$\mu_{OrtaEğim}(x) = \begin{cases} 0 & x < 25, x > 75 \\ \frac{(x-25)}{25} & 25 < x < 50 \\ \frac{(75-x)}{25} & 50 < x < 75 \end{cases}$
Çok	$\mu_{ÇokEğim}(x) = \begin{cases} 0 & x < 50 \\ \frac{(x-50)}{25} & 50 < x < 75 \\ 1 & x > 75 \end{cases}$

7.6.3 Zemin Bilgisi İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması

Zemin sınıflandırılması bir aracın geçip geçmemesine etki etmesi bakımından;

- Az sert,
- Orta sert ve
- Çok sert

olmak üzere üç kategoride değerlendirilmiştir. Zeminin sertlik derecelerine göre oluşturulan üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.24'te gösterilmiştir.



Şekil 7. 24 Zemin için üyelik fonksiyonu grafiği

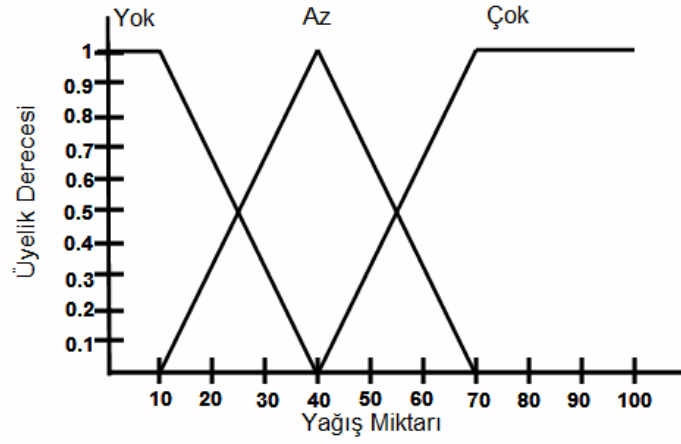
Şekil 7.24'te gösterilen zemin grafiği için tanımlanan üyelik fonksiyonları Çizelge 7.6'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 Zemin bilgisi için üyelik fonksiyonları

Adı	Denklemi
Az Sert	$\mu_{AzSert}(x) = \begin{cases} 1 & x < 10 \\ \frac{(35-x)}{25} & 10 < x < 35 \\ 0 & x > 35 \end{cases}$
Orta Sert	$\mu_{OrtaSert}(x) = \begin{cases} 0 & x < 20, x > 50 \\ \frac{(x-20)}{15} & 20 < x < 35 \\ \frac{(50-x)}{15} & 35 < x < 50 \end{cases}$
Çok Sert	$\mu_{ÇokSert}(x) = \begin{cases} 0 & x < 35 \\ \frac{(x-35)}{15} & 35 < x < 50 \\ 1 & x > 50 \end{cases}$

7.6.4 Yağış Bilgisi İçin Üyelik Fonksiyonunun Oluşturulması

Araç ile intikal edilecek zamandaki yağış durumu yok, az ve çok olmak üzere üç kategoride değerlendirilmiştir. Yağış bilgisinin için oluşturulan üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.25'te gösterilmiştir.



Şekil 7.25 Yağış bilgisi için üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 7.25'te gösterilen yağış bilgisi grafiği için tanımlanan üyelik fonksiyonları Çizelge 7.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.7 Yağış bilgisi için üyelik fonksiyonları

Adı	Denklemi
Yok	$\mu_{AzYağiz}(x) = \begin{cases} 1 & x < 10 \\ \frac{(40-x)}{30} & 10 < x < 40 \\ 0 & x > 40 \end{cases}$
Az	$\mu_{Orta}(x) = \begin{cases} 0 & x < 10, x > 70 \\ \frac{(x-10)}{30} & 10 < x < 40 \\ \frac{(70-x)}{30} & 40 < x < 70 \end{cases}$
Çok	$\mu_{ÇokYağiz}(x) = \begin{cases} 0 & x < 40 \\ \frac{(x-40)}{30} & 40 < x < 70 \\ 1 & x > 70 \end{cases}$

7.6.5 Bulanık Mantık Kurallarının Uygulanması

Bulanık mantık kurallarının uygulamasında Mamdani ve Sugeno yöntemleri olmak üzere genel olarak iki yaklaşım kullanılmaktadır [72]. Uygulamada Mamdani yaklaşımı

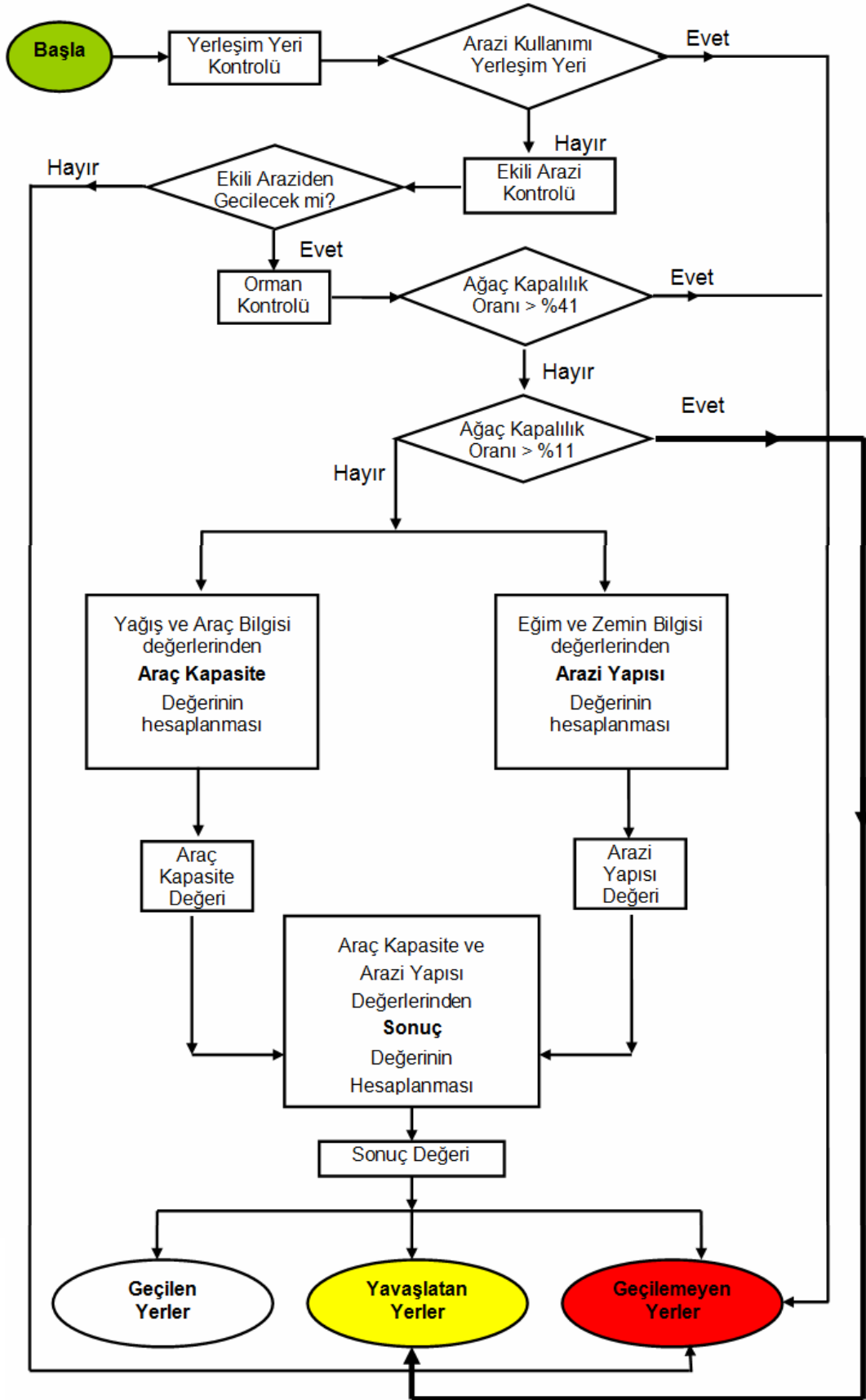
kullanılmıştır. Bu yaklaşımda bulanıklaştırma, kural uygulama, çıkarım ve durulaştırma süreçlerinden oluşmaktadır.

Bu kapsamda bulanık mantık kuralları uygulanırken iki aşama takip edilmektedir. İlk aşama üyelik fonksiyonları kullanılarak seçilen kriter için üyelik derecelerinin hesaplanması ve kural uygulama işleminin yapılması, ikinci aşama ise çıkarım ve durulaştırma işlemlerinin yapılarak sonuç değerlerin elde edilmesidir.

Kural uygulama işlemi yapılırken bulanık mantık operatörlerine (AND, OR) göre işlemler yapılmasıdır. Bu operatörler kesişim (\cap) ve birleşim (U) işlemlerine benzemektedir. "AND" operatörü kullanıldığında üyelik derecelerinden minimum olanı, "OR" operatörü kullanıldığında üyelik derecelerinden maksimum olanı alınmaktadır [72].

Uygulamada dört adet katman olduğu için dört katman aynı anda değerlendirilmemiştir. Katmanlar ilk önce ikili bir bulanıklaştırma işlemine tabi tutulmuş ve çıkan sonuçlar tekrar işleme sokulmuştur. Bu kapsamda "Araç" ve "Yağış" bilgileri sonucunda "Araç Kapasite" değeri elde edilmiş, "Zemin" ve "Eğim" bilgileri sonucunda ise "Arazi Yapısı" değeri elde edilmiştir. Son olarak "Araç Kapasite" ve "Arazi Yapısı" değerleri üzerinde tekrar bulanık mantık kuralları uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Bulanık mantık kurallarının uygulanmasında kullanılan iş akış şeması Şekil 7.26'da gösterilmiştir.



Şekil 7. 26 Bulanık mantık iş akış şeması

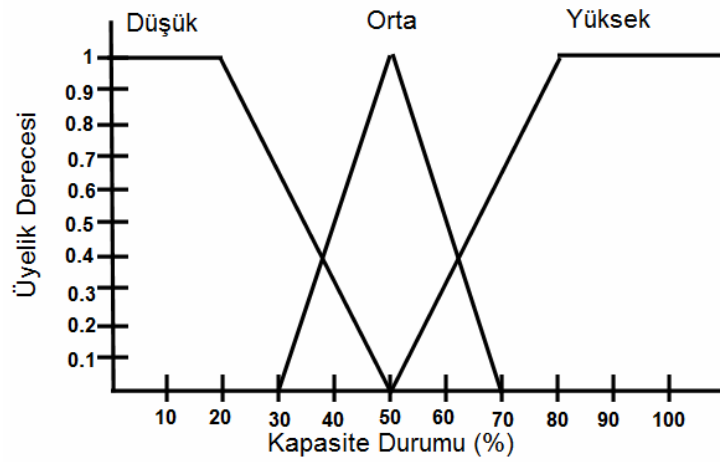
7.6.5.1 Araç ve Yağış Bilgilerinin Değerlendirilmesi

“Araç” ve “Yağış” bilgilerinin bulanık mantık kurallarına göre işleme tabi olması sunucunda aracın kapasite durumu belirlenmektedir. Araç ve Yağış için oluşturulan kurallar Çizelge 7.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.8 Araç ve Yağış için oluşturulan bulanık mantık kuralları

Koşul 1 (Araç)	Operatör	Koşul 2 (Yağış)	Sonuç
Az Güçlü	AND	Yok	Kapasite Düşük
Az Güçlü	AND	Az	Kapasite Düşük
Az Güçlü	AND	Çok	Kapasite Düşük
Güçlü	AND	Yok	Kapasite Yüksek
Güçlü	AND	Az	Kapasite Orta
Güçlü	AND	Çok	Kapasite Düşük
Çok Güçlü	AND	Yok	Kapasite Yüksek
Çok Güçlü	AND	Az	Kapasite Orta
Çok Güçlü	AND	Çok	Kapasite Düşük
Az Güçlü	OR	Yok	Kapasite Orta
Az Güçlü	OR	Az	Kapasite Düşük
Az Güçlü	OR	Çok	Kapasite Düşük
Güçlü	OR	Yok	Kapasite Orta
Güçlü	OR	Az	Kapasite Orta
Güçlü	OR	Çok	Kapasite Düşük
Çok Güçlü	OR	Yok	Kapasite Orta
Çok Güçlü	OR	Az	Kapasite Orta
Çok Güçlü	OR	Çok	Kapasite Düşük

Kapasite durumunun belirlenmesi için oluşturulan üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.27’de gösterilmiştir.



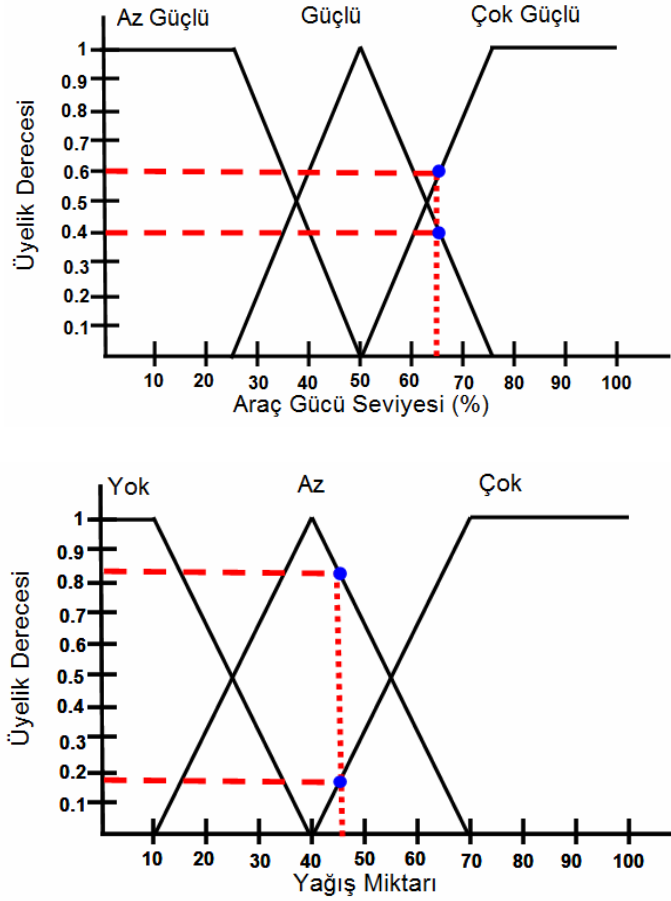
Şekil 7. 27 Kapasite durumu için üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 7.27’de gösterilen kapasite durumu için tanımlanan üyelik fonksiyonları Çizelge 7.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 7.9 Kapasite durumu için üyelik fonksiyonları

Adı	Denklemi
Düşük	$\mu_{Düşük}(x) = \begin{cases} 1 & x < 20 \\ \frac{(50-x)}{30} & 20 < x < 50 \\ 0 & x > 50 \end{cases}$
Orta	$\mu_{Orta}(x) = \begin{cases} 0 & x < 30, x > 70 \\ \frac{(x-30)}{20} & 30 < x < 50 \\ \frac{(70-x)}{20} & 50 < x < 70 \end{cases}$
Yüksek	$\mu_{Yüksek}(x) = \begin{cases} 0 & x < 50 \\ \frac{(x-50)}{30} & 50 < x < 80 \\ 1 & x > 80 \end{cases}$

Örneğin; Seçilen aracın gücü 65 ve yağış durumu 45 olması durumunda hesaplanan araç gücü üyelik değerleri; güçlü için 0.40 ve çok güçlü için 0.60; yağış için ise az yağış için 0.83 ve çok yağış için 0.17 olacaktır (Şekil 7.28).



Şekil 7. 28 Araç gücü ve yağış durumlarının hesaplanması

Bulanık mantık kurallarının araç ve yağış bilgilerinde uygulanması durumunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Eğer (araç Güçlü)(0.40) AND (yağız Az)(0.83) İSE kapasite "ORTA" olacak ve "AND" operatörü için minimum değer alınacağından kapasite değeri 0.40 olacaktır.

Eğer (araç Güçlü)(0.40) AND (yağız Çok)(0.17) İSE kapasite "DÜŞÜK" olacak ve "AND" operatörü için minimum değer alınacağından kapasite değeri 0.17 olacaktır.

Eğer (araç Çok Güçlü)(0.60) AND (yağız Az)(0.83) İSE kapasite "ORTA" olacak ve "AND" operatörü için minimum değer alınacağından kapasite değeri 0.60 olacaktır.

Eğer (araç Çok Güçlü)(0.60) AND (yağız Çok)(0.17) İSE kapasite "DÜŞÜK" olacak ve "AND" operatörü için minimum değer alınacağından kapasite değeri 0.17 olacaktır.

Eğer (araç Az Güçlü)(0) OR (yağız Az)(0.83) İSE kapasite “DÜŞÜK” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.83 olacaktır.

Eğer (araç Az Güçlü)(0) OR (yağız Çok)(0.17) İSE kapasite “DÜŞÜK” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.17 olacaktır.

Eğer (araç Güçlü)(0.40) OR (yağız Yok)(0.00) İSE kapasite “ORTA” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.40 olacaktır.

Eğer (araç Güçlü)(0.40) OR (yağız Az)(0.83) İSE kapasite “ORTA” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.83 olacaktır.

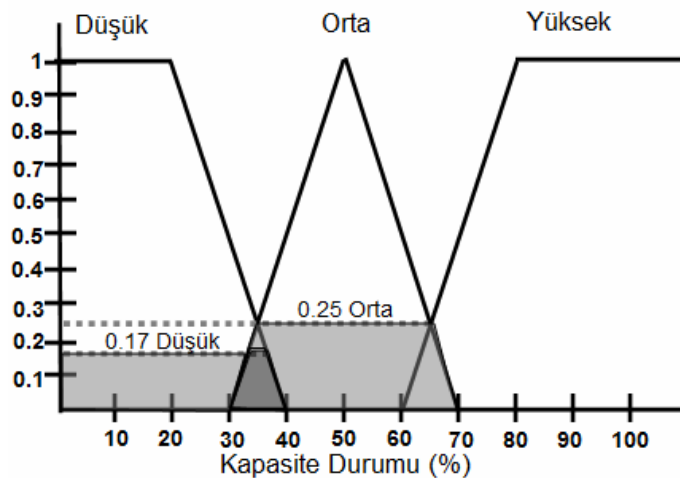
Eğer (araç Güçlü)(0.40) OR (yağız Çok)(0.17) İSE kapasite “DÜŞÜK” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.40 olacaktır.

Eğer (araç Çok Güçlü)(0.60) OR (yağız Yok)(0.00) İSE kapasite “ORTA” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.60 olacaktır.

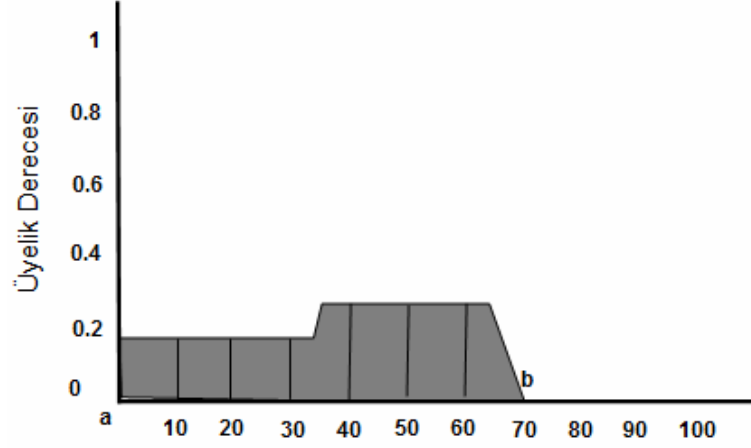
Eğer (araç Çok Güçlü)(0.60) OR (yağız Az)(0.83) İSE kapasite “ORTA” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.83 olacaktır.

Eğer (araç Çok Güçlü)(0.60) OR (yağız Çok)(0.17) İSE kapasite “DÜŞÜK” olacak ve “OR” operatörü için maksimum değer alınacağından kapasite değeri 0.60 olacaktır.

Elde edilen değerler Şekil 7.29’da gösterilen kapasite durumları grafiğinde gösterilmiştir. Ağırlık merkezi yöntemine göre bu değerlerin altında kalan bölümlerin alınması sonucunda ise Şekil 7.30’da gösterilen grafik elde edilmektedir.



Şekil 7. 29 Kapasite durumunun gösterilmesi



Şekil 7.30 Düşük ve orta kapasiteli bölgelerin gösterilmesi

Son olarak durulaştırma işlemi yapılmaktadır. Bu işlemde ise Şekil 7.29'da gösterilen grafiğin belirlenen bölümlerinin kesilmesi suretiyle Şekil 7.29'da gösterilen düşük ve orta kapasiteli bölge belirlenmektedir.

Durulaştırma işleminin son aşamasında en çok kullanılan yöntem olan ağırlık merkezi (G) yöntemi kullanılmıştır. Ağırlık merkezi yönteminde 7.1'de gösterilen eşitlik kullanılmaktadır.

$$G = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)} \quad (7.1)$$

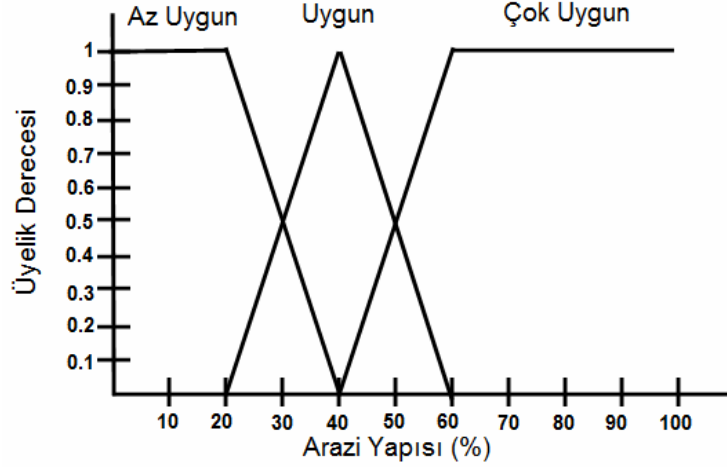
7.1 eşitliğinde gösterilen a ve b değerleri başlangıç ve bitiş değerlerini, x değeri ise Şekil 7.30'da gösterilen bölgelerin x eksenlerini kestiği değerleri ifade etmektedir. 7.1'de gösterilen formül uygulandığında elde edilen eşitlik 7.2'de gösterilmiştir.

$$G = \frac{(0+10+20+30)x0.17 + (40+50+60)x0.25 + 70x0}{0.17 + .017 + 0.17 + 0.17 + 0.25 + 0.25 + 0.25 + 0} = 33.50 \quad (7.2)$$

Eşitlik 7.2 sonucunda elde edilen değer kapasite durumunun %33.5 seviyesinde olduğunu göstermektedir.

7.6.5.2 Eğim ve Zemin Bilgilerinin Değerlendirilmesi

“Zemin” ve “Eğim” bilgilerinin işlem sonucunda ise arazinin yapısı durumu belirlenmektedir. Arazi yapısı için oluşturulan üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.31’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 31 Arazi yapısı için üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 7.31’de gösterilen kapasite grafiği için tanımlanan üyelik fonksiyonları Çizelge 7.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 7.10 Arazi yapısı üyelik fonksiyonları

Adı	Denklemi
Az Uygun	$\mu_{AzUygun}(x) = \begin{cases} 1 & x < 20 \\ \frac{(40-x)}{20} & 20 < x < 40 \\ 0 & x > 40 \end{cases}$
Uygun	$\mu_{Uygun}(x) = \begin{cases} 0 & x < 20, x > 60 \\ \frac{(x-20)}{20} & 20 < x < 40 \\ \frac{(60-x)}{20} & 40 < x < 60 \end{cases}$
Çok Uygun	$\mu_{CokUygun}(x) = \begin{cases} 0 & x < 40 \\ \frac{(x-40)}{20} & 40 < x < 60 \\ 1 & x > 60 \end{cases}$

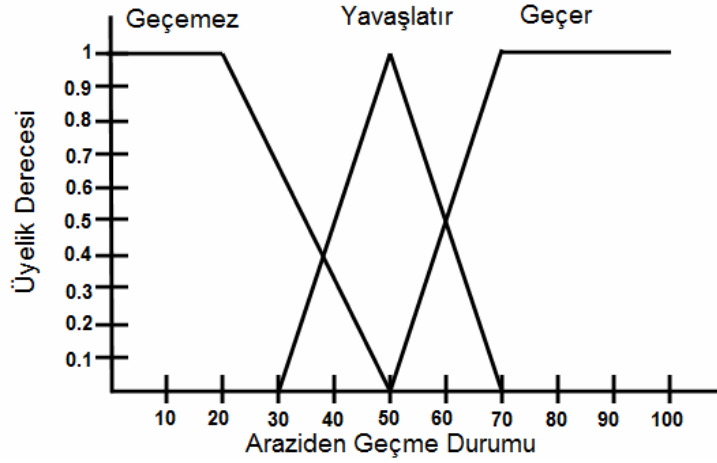
Eğim ve Zemin bilgileri için oluşturulan kurallar Çizelge 7.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.11 Eğim ve Zemin için oluşturulan bulanık mantık kuralları

Koşul 1 (Eğim)	Operatör	Koşul 2 (Zemin)	Sonuç
Az	AND	Az Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Az	AND	Orta Sert	Arazi Yapısı Uygun
Az	AND	Çok Sert	Arazi Yapısı Çok Uygun
Orta	AND	Az Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Orta	AND	Orta Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Orta	AND	Çok Sert	Arazi Yapısı Uygun
Çok	AND	Az Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Çok	AND	Orta Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Çok	AND	Çok Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Az	OR	Az Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Az	OR	Orta Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Az	OR	Çok Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Orta	OR	Az Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Orta	OR	Orta Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Orta	OR	Çok Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Çok	OR	Az Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Çok	OR	Orta Sert	Arazi Yapısı Az Uygun
Çok	OR	Çok Sert	Arazi Yapısı Az Uygun

7.6.5.3 Analiz Sonucunun Elde Edilmesi

“Araç gücü” ve “Yağış” bilgileri kullanılarak elde edilen “Kapasite Durumu” ile “Eğim” ve “Zemin” bilgileri kullanılarak elde edilen “Arazi Yapısı” durumları tekrar bulanık mantık çerçevesinde değerlendirildiğinde seçilen aracın arazide geçip geçemeyeceği bölgeler bulunmaktadır. Seçilen aracın araziden geçme durumunun belirlenmesi için oluşturulan üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.32’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 32 Araziden geçme durumunun belirlenmesi için üyelik fonksiyonu grafiği

Şekil 7.32’de gösterilen fonksiyon grafiği için tanımlanan üyelik fonksiyonları Çizelge 7.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.12 Analiz sonucu üyelik fonksiyonları

Geçemez	$\mu_{Gecemez}(x) = \begin{cases} 1 & x < 20 \\ \frac{(50-x)}{30} & 20 < x < 50 \\ 0 & x > 50 \end{cases}$
Yavaşlatır	$\mu_{Yavaslatir}(x) = \begin{cases} 0 & x < 30, x > 70 \\ \frac{(x-30)}{20} & 30 < x < 50 \\ \frac{(70-x)}{20} & 50 < x < 70 \end{cases}$
Geçer	$\mu_{Gecer}(x) = \begin{cases} 0 & x < 50 \\ \frac{(x-50)}{20} & 50 < x < 70 \\ 1 & x > 70 \end{cases}$

Kapasite ve Arazi yapısı bilgileri için oluşturulan kurallar Çizelge 7.13’de gösterilmiştir

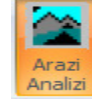
Çizelge 7.13 Kapasite ve Arazi Yapısı için oluşturulan bulanık mantık kuralları

Koşul 1 (Kapasite)	Operatör	Koşul 2 (Arazi Yapısı)	Sonuç
Düşük	AND	Az Uygun	Geçemez
Düşük	AND	Uygun	Geçemez
Düşük	AND	Çok Uygun	Yavaşlatır
Orta	AND	Az Uygun	Geçemez
Orta	AND	Uygun	Yavaşlatır
Orta	AND	Çok Uygun	Geçer
Çok	AND	Az Uygun	Yavaşlatır
Çok	AND	Uygun	Geçer
Çok	AND	Çok Uygun	Geçer
Düşük	OR	Az Uygun	Geçemez
Düşük	OR	Uygun	Yavaşlatır
Düşük	OR	Çok Uygun	Yavaşlatır
Orta	OR	Az Uygun	Yavaşlatır
Orta	OR	Uygun	Yavaşlatır
Orta	OR	Çok Uygun	Yavaşlatır
Çok	OR	Az Uygun	Yavaşlatır
Çok	OR	Uygun	Yavaşlatır
Çok	OR	Çok Uygun	Geçer

7.7 Arazi Analizinin Yapılması

Arazi üzerinde (yollar dışında) araç ile hareket edilmesi durumunda bir aracının seçilecek olan hava durumu şartlarına göre arazide hangi bölgelerden geçebileceği,

hangi bölgelerin aracın geçişini yavaşlatacağı ve aracın geçemeyeceği bölgelerin gösterilmesi hem klasik mantık hem de bulanık mantık kuralları çerçevesinde değerlendirilmiştir.



Uygulamayı çalıştırmak için yazılımın eklentiler bölümünde bulunan “Arazi Analizi” butonuna basılması gerekmektedir. Uygulama açıldığında Şekil 7.33’de gösterilen arayüz ekrana gelecektir.

Lütfen Araç Seçiniz.. T-90

Türü Muharebe tankı

Mürettebat Sayısı 3

Uzunluk 9.53 m

Yükseklik 2.22 m

Genişlik 3.78 m

Ağırlık 46.5 ton

Dik Meyil Geçiş 60 %

Araç Gücü 67

Analiz Günündeki Hava Durumunu Seçiniz

Açık Az Yağışlı Çok Yağışlı

Ekili Araziden Geçip Geçmemesi Durumu

Ekili Araziden Geçmesin

Klasik Yöntemle Analiz Yap

Bulanık Yöntemle Analiz Yap

Kaynak : <http://en.wikipedia.org/wiki/T-90>

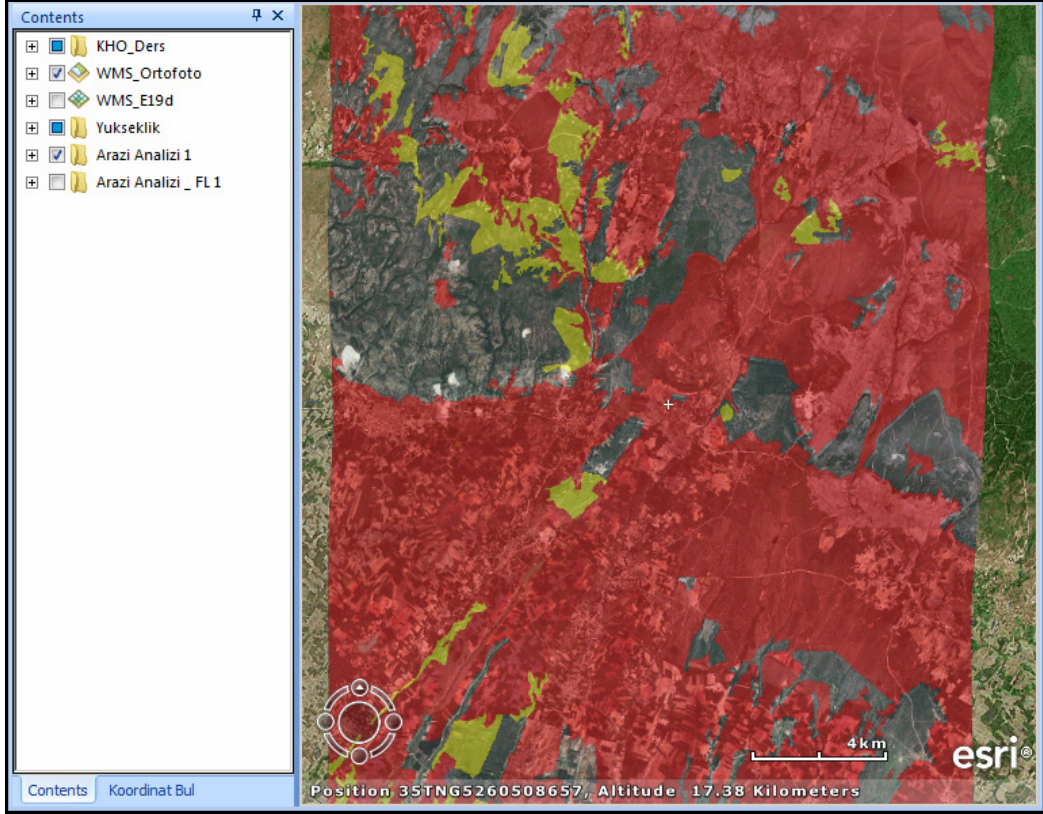
Şekil 7. 33 Arazi Analizi Giriş Ekranı

Uygulama çalıştırıldığında ekrana gelen “Arazi Analizi Giriş Ekranı” üzerinden kullanıcılar ilk olarak kullandıkları aracı seçmektedirler. Araç seçimi yapıldıktan sonra seçili aracın resmi gösterilecek ve araç bilgileri ilgili metin kutularında otomatik olarak yazılacaktır. Eğer kullanılan araçta bir modifikasyon yapılmışsa söz konusu metin kutuları yardımıyla bu bilgilerin güncellenmesi de yapılabilir. Bilgiler girildikten sonra son olarak analiz yapılacak gündeki hava durumu bilgisinin girilmesi gerekmektedir. Hava durumu bilgileri “Açık”, “Az Yağışlı” ve “Çok Yağışlı” olarak seçilebilmektedir. Bir sonraki adımda ise arazi üzerinde bulunan ekili arazilerin üzerinden geçilip geçilemeyeceği bilgilerin seçimi yapılmaktadır.

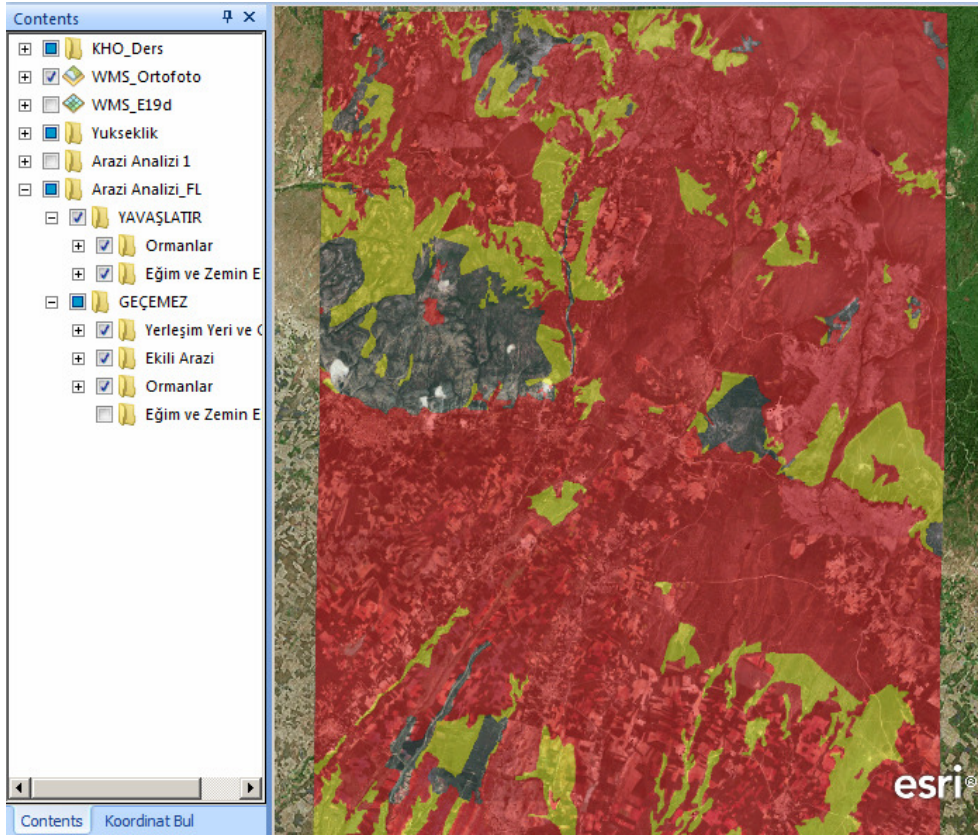


Şekil 7. 34 Arazi Analizi uygulamasında Hava “Açık” olarak seçim yapılması

Şekil 7.34’de “Unimog” aracı seçilmiş ve bu aracın havanın açık olduğu durumda ekili arazilerden geçmemesi tercih edilerek bir analiz yapılması istenmiştir. İlgili bölümlerden seçimler yapıldıktan sonra analiz yapılması için iki düğme bulunmaktadır. “Klasik Yöntemle Analiz Yap” düğmesi klasik mantık kurallarına göre analiz yapmakta, “Bulanık Yöntemle Analiz Yap” düğmesi ise bulanık mantık kurallarına göre analiz yapmaktadır. Analiz yapılırken arazinin zemin, eğim, bitki örtüsü ve diğer detayları göz önüne alınarak analiz yapılmaktadır. Analiz sonucunda seçilen aracın belirlenen hava koşulları için analizi yapılarak sonuçları Şekil 7.35 ve Şekil 7.36’da gösterilmiştir.



Şekil 7. 35 Hava Durumu “Açık “ seçilerek yapılan klasik analiz



Şekil 7. 36 Hava Durumu “Açık “ seçilerek yapılan bulanık analiz

Şekil 35 ve Şekil 36 incelendiğinde bulanık mantık ile yapılan analiz sonucunda hareketi yavaşlatan bölgelerin klasik mantık ile yapılan analizden fazla olduğu gözükmemektedir. Bu durumun araç, yağış, eğim ve zemin bilgilerinin beraber değerlendirilmesinden kaynaklandığı gözlenmektedir. İnceleme sonucunda geçilemeyen bölgelerin büyük bir bölümünü ekili arazilerin oluşturduğu tespit edilmiştir.

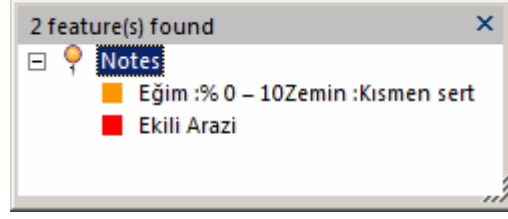
Analiz sonuçlarının gösterilmesi renk tonları yardımıyla yapılmıştır. Bu sayede sonuçların kolaylıkla anlaşılması hedeflenmiştir. Analiz sonuçlarında kullanılan renklerin açıklaması Çizelge 7.14’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.14 Analiz sonuçlarında kullanılan renk kodları açıklamaları

Renk Kodu	Açıklaması
Kırmızı	Geçilemeyecek bölgeler
Sarı	Hareketi yavaşlatan bölgeler
Renksiz	Rahat geçilen bölgeler

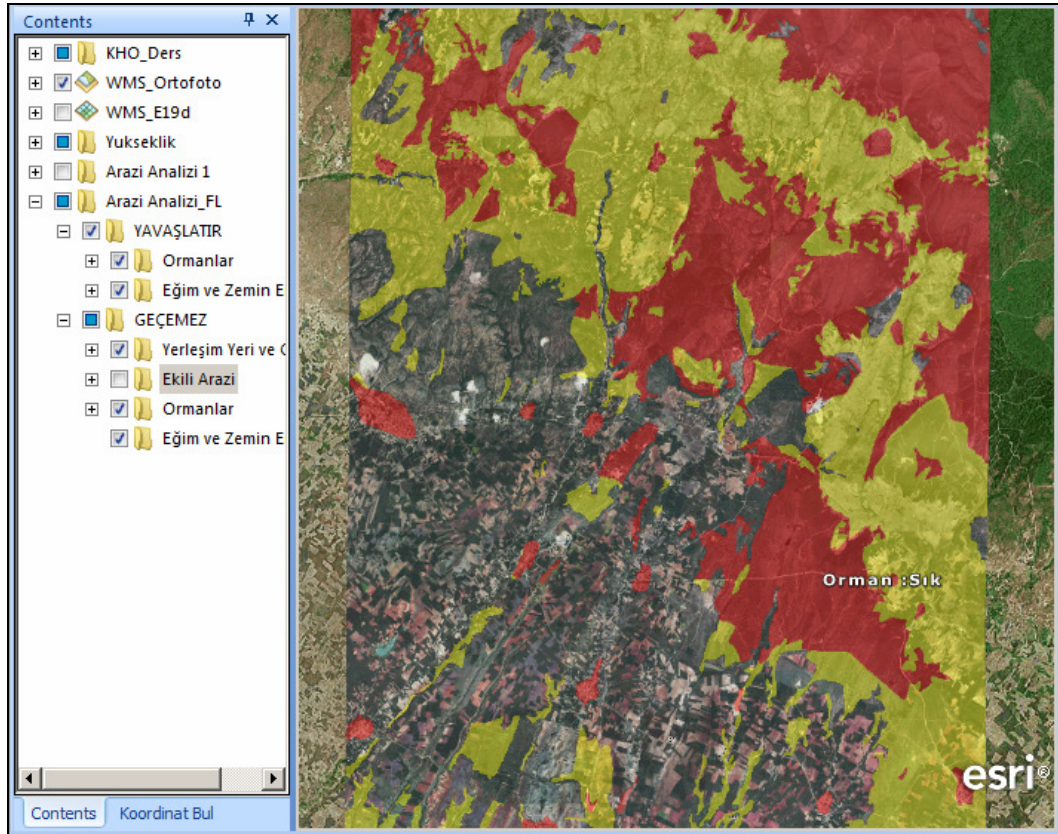
Analiz sonuçları Çizelge 7.14’de gösterilen renk kodlarına harita üzerinde gösterilmektedir. Ayrıca analizi sonucu, katman ağacında da gösterilmekte ve kullanıcılar bu bölümü kullanarak hareketi etkileyen bölgeleri daha detaylı olarak inceleme imkânı bulabilmektedirler. Örneğin; Şekil 7.36’daki geçilemeyecek bölgeler alt alta “Yerleşim Yeri ve Göller”, “Ekili Arazi”, “Ormanlar” ve “Eğim ve Zemin Engelleri” olmak üzere dört kategoriye ayrılmıştır. İstenilen kategorinin yanında bulunan onay kutularının işaretlenmesi ile söz konusu engellerin daha detaylı incelemesi yapılabilir.

Sanal küre uygulaması üzerinde fare ile dolaşılan bölgelerin engel vasıfları otomatik olarak kullanıcıya gösterilmektedir. Kullanıcı fare ile tıklama yaparak o yerin engel niteliği hakkında daha detaylı bilgi alabilir. Eğer o yere ait birden fazla engel niteliği varsa açılacak olan “Bilgi Penceresi”nde engel niteliklerinin açıklamasına ulaşılmaktadır. Şekil 7.37’de harita üzerinde seçilen bir bölgeye ait engellerin açıklamaları gösterilmiştir.



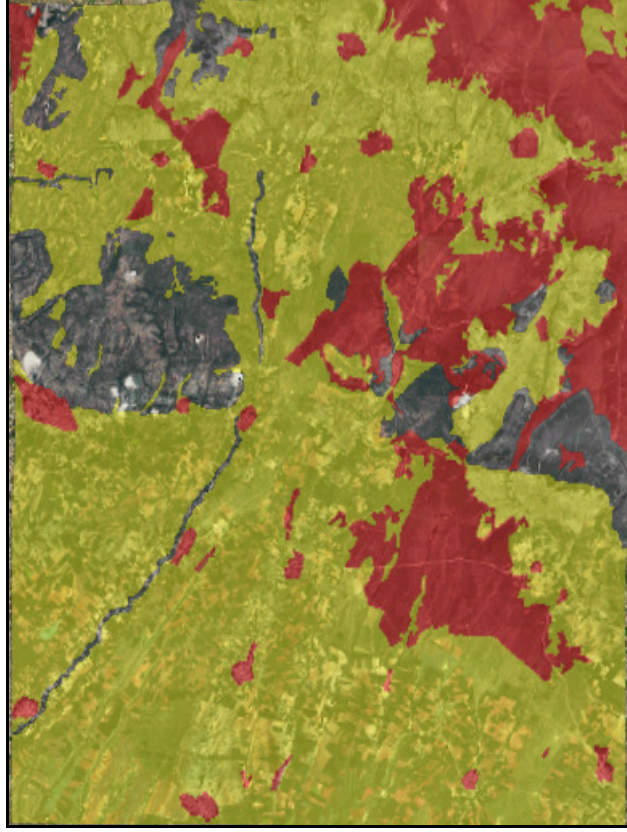
Şekil 7. 37 Bilgi penceresi

Şekil 36'daki analiz sonucu incelendiğinde Kırmızı ile taralı alanlar seçilen araç ve hava koşullarında aracın hareketine engel teşkil eden bölgeleri göstermektedir. Taralı olmayan yerler ise aracın hareketini engellemeyen bölgeleri göstermektedir. Aynı analiz sonucunda "Ekili Arazilerin" nereler olduğu ve oralarında geçilmesi istendiği takdirde katman ağacında analiz sonucunu altındaki "GEÇEMEZ" bölümünden "Ekili Arazinin" işareti kaldırılarak işlem yapılabilir (Şekil 7.38). Benzer şekilde katman ağacından istenilen engelin gösterilmesi veya gösterilmemesi sağlanabilir.

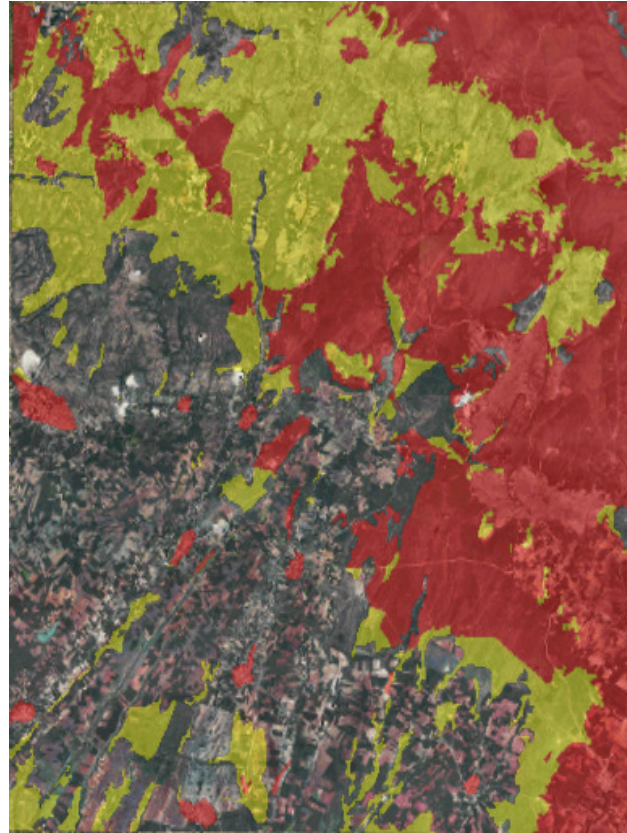


Şekil 7. 38 Analiz Sonucundan Ekili Arazinin kaldırılması

Aynı araç için hava durumu "Az Yağışlı" ve Ekili arazilerden geçebilir olarak seçilmesi durumunda ise Şekil 7.39 ve Şekil 7.40'da gösterilen analiz sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 7. 39 Hava Durumu “Az Yağışlı “ seçilerek yapılan klasik analiz

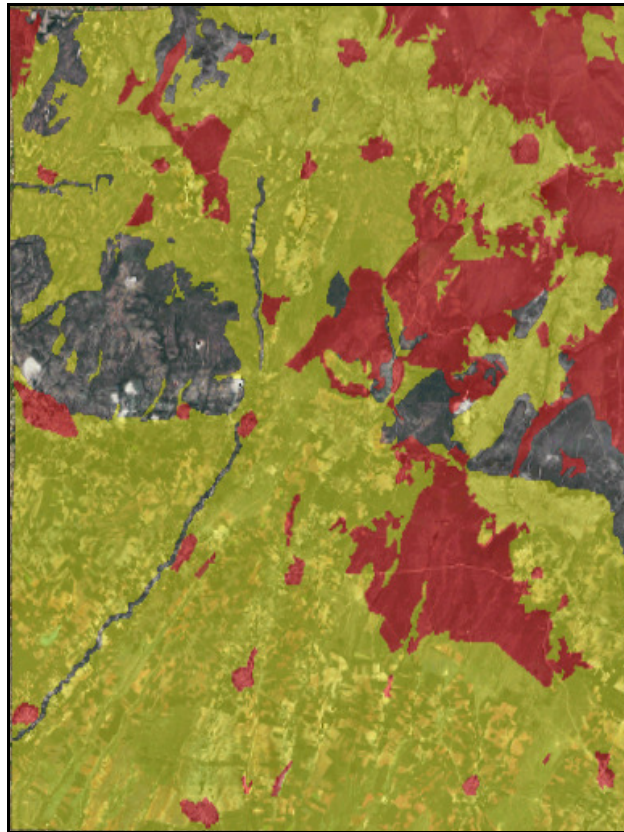


Şekil 7. 40 Hava Durumu “Az Yağışlı “ seçilerek yapılan bulanık analiz

Hava durumu “Açık” (Şekil 7.38) ve “Az Yağışlı” (Şekil 7.40) seçilerek bulanık yöntemle yapılan analiz sonuçları karşılaştırıldığında hareketi yavaşlatan ve engelleyen bölgelerin hava durumu “Az Yağışlı” olarak seçim yapılan analiz sonucunda arttığı gözlenmiştir. Bu durum yağış durumunun hareket üzerindeki etkilerini göstermektedir.

Hava durumu “Az Yağışlı” olarak klasik yöntemle (Şekil 7.39) ve bulanık yöntemle (Şekil 7.40) yapılan analizler karşılaştırıldığında ise, hareketi yavaşlatan bölgelerin klasik analiz yönteminde daha fazla olduğu buna karşılık bulanık analiz yönteminde ise harekete engel teşkil eden bölgelerin daha fazla sonucuna ulaşılmaktadır. Buradaki temel farklılığın klasik yöntemle analiz yapılırken yağış durumu şiddetinin seçilmemesine ve sadece yağış var veya yok olarak değerlendirilmeye katılmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Hareketi engelleyen bölgelerin ise bulanık analiz yönteminde daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum ise özellikle eğimin daha fazla olduğu yerlerde yağış durumunun etkisinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Aynı araç için hava durumu “Çok Yağışlı” ve ekili arazilerden geçebilir olarak seçilmesi durumunda ise Şekil 7.41 ve 7.42’de gösterilen analiz sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 7. 41 Hava Durumu “Çok Yağışlı “ seçilerek yapılan klasik analiz



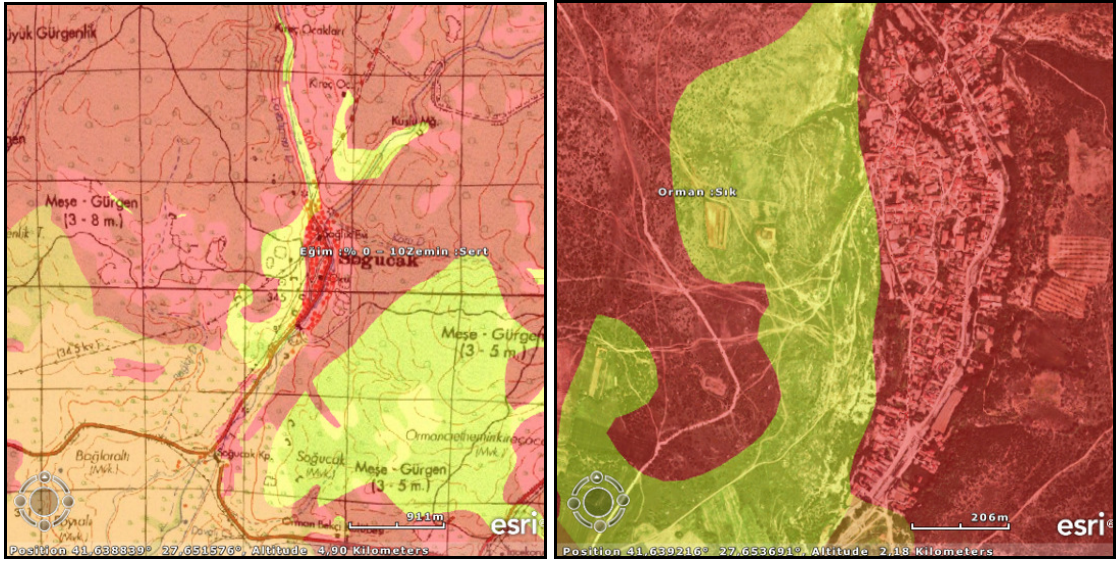
Şekil 7. 42 Hava Durumu “Çok Yağışlı “ seçilerek yapılan bulanık analiz

Hava durumu “Çok Yağışlı” olarak yapılan analiz sonucunda hareketi yavaşlatan ve engelleyen bölgelerin arttığı görülmektedir. Klasik yöntemle yapılan “Az Yağışlı” ve “Çok Yağışlı” analizlerinin aynı sonucu vermektedir. Bunun sebebi klasik yöntemde yapılan analizde yağış durumunun sadece var veya yok olarak sonuca etki etmesi dolayısıyla yağışın az veya çok seçilmesinin sonuca etki etmemesidir. Ayrıca klasik yöntemle yapılan analizde engel olmayan bölgelerin bulanık yöntemle yapılan analizde hareketi yavaşlattığı ve bazı bölgelerin ise hareketi engellediği, hareketi yavaşlatan bölgelerin bazılarının ise hareketi engellediği tespit edilmiştir.

Bulanık yöntemde yapılan analizde ise “Az Yağışlı” yapılan analizden farklı olarak hareketi yavaşlatan bölgelerin harekete engel haline geldiği, harekete engel olmayan bölgelerin ise hareketi yavaşlatan bölgeler haline geldiği gözlemlenmiştir. Bu durum yağış durumundaki artışın hareket üzerindeki etkisini göstermektedir.

Ayrıca sanal küre uygulamasında analiz sonuçları WMS sunucusundan alınan harita ve ortofoto görüntülerini üzerinde rahatlıkla gösterilebilmektedir. Bakış yüksekliği azaltılarak harita ve ortofoto görüntülerin daha net bir şekilde görüntülenmesi sağlanır. Şekil

7.43'de analiz sonuçlarının raster harita ve ortofoto görüntü üzerinde gösterilmesi sağlanmıştır.



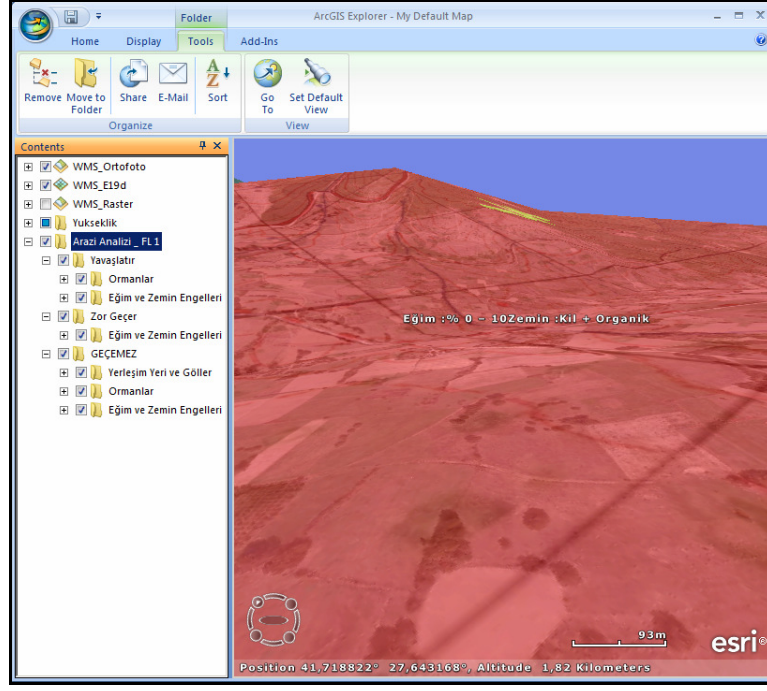
Şekil 7. 43 Analiz sonucunun raster harita ve ortofoto görüntüde gösterimi

Ayrıca sol tarafta bulunan katman yönetimi bölümünden analiz sonuçlarının gösterilmemesi sağlanarak arazinin incelenmesi sağlanabilir (Şekil 7.44). Bu sayede bölge daha ayrıntılı olarak incelenebilmektedir.



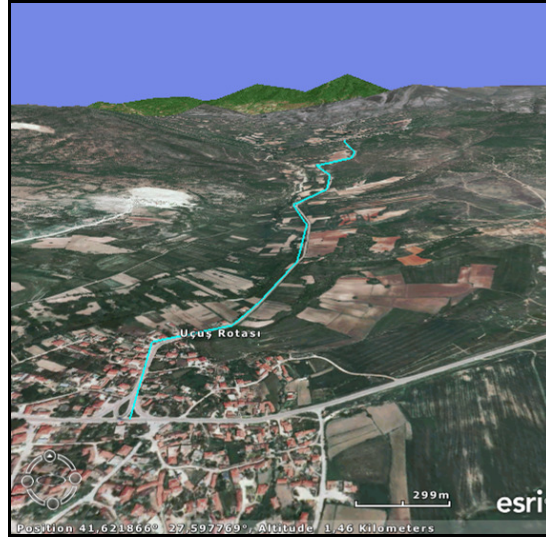
Şekil 7. 44 Bölgenin yandan görünümü

Şekil 7.45'de ise analiz yapılan bölge daha detaylı olarak yandan bakılarak görüntülenmiş ve bu bölgenin geçilmez olduğu ve eğiminin %0 - %10 arasında ve killi ve organik bir zemine sahip olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

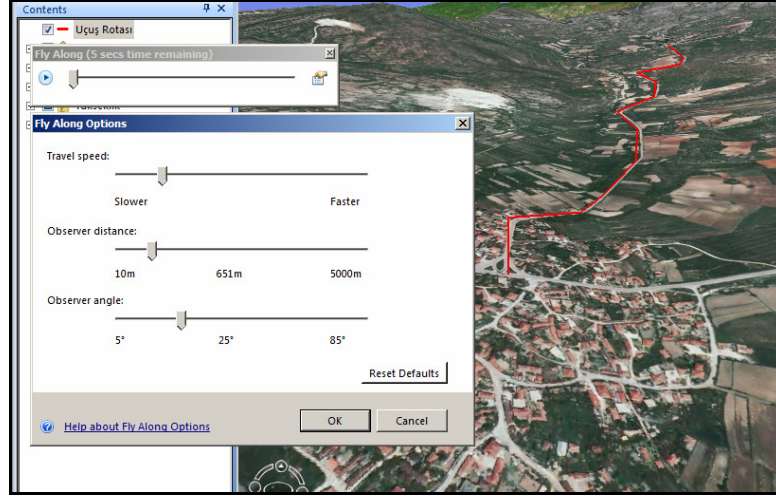


Şekil 7. 45 Analiz sonucunun yandan görünümü

İstenildiği takdirde analiz yapılan bölge üzerinde uçuş simülasyonu yapmak mümkündür. Uçuş simülasyonu yapılırken önce uçuş rotasının arazi üzerinden seçilmesi (Şekil 7.46) daha sonra ise Şekil 7.47’te gösterilen uçuş ayarlarının (hız, yükseklik ve bakış açısı) yapılması gerekmektedir.

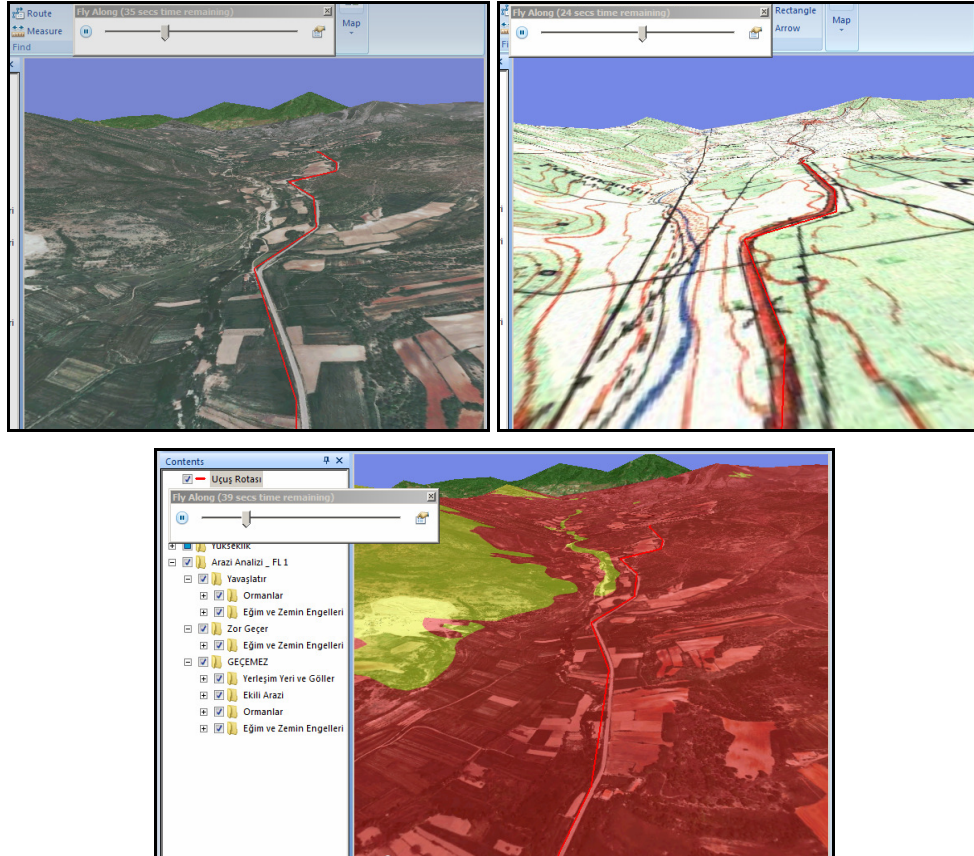


Şekil 7. 46 Uçuş rotasının belirlenmesi



Şekil 7. 47 Uçuş simülasyonu ayarlarının yapılması

Uçuş simülasyonu yapılırken istenilen harita veya ortofoto görüntülerin gösterilmesi sağlanabilir. Şekil 7.48'de uçuş simülasyonunun harita ve ortofoto görüntü ile arazi analizi üzerinde yapılması gösterilmiştir.



Şekil 7. 48 Uçuş simülasyonunun ortofoto görüntü, raster harita ve arazi analizi üzerinde gösterilmesi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Coğrafi bilgi sistemleri, konuma dayalı bilgiye ihtiyaç duyan tüm disiplinlerde ortaya çıkan sorunların çözülmesi, çıkması muhtemel sorunların öngörülerek giderilmesi, geleceğe yönelik yapılacak planlamalarda yüksek doğruluk ve isabet sağlanabilmesi amacıyla karar verme süreçlerinde kullanılan ve kullanımı her geçen gün artan bir teknolojidir. Bu teknolojinin en etkin bir biçimde kullanılabilmesi için ihtiyaç duyulan tutarlı ve güncel coğrafi verilere en kısa sürede ulaşılabilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda güncel verilerin sağlanması ve ortak verilerin kullanılması gerekmektedir. Ortak ve güncel verilerin ağ üzerinden bütün herkes tarafından kullanılması hususunda çalışmalar yapan OGC Web servisleri söz konusu açığı kapatmaktadır. Web servisleri ile bütün kullanıcıların ortak ve güncel verilere en kısa sürede ulaşabilmeleri sağlanmaktadır.

Çalışma kapsamında askerî ve sivil birçok organizasyon tarafından ihtiyaç duyulan raster harita ve ortofoto görüntülerin ağ üzerinden sunumu, web harita servisi ile sağlanmıştır. Böylece ağ üzerinden bütün kullanıcıların aynı verilere ulaşmaları ve analizlerinde kullanmaları sağlanmıştır.

Özellikle 2000'li yıllardan itibaren kullanımı giderek artan ve günümüzde herkes tarafından bir başvuru kaynağı olarak kullanılan sanal küre uygulamaları hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Sanal küre uygulamaları bize hem rehberlik etmekte hem de gideceğimiz yerler hakkında ön bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Söz konusu sanal küre uygulamalarının kullanımındaki yoğun artış göz önüne alınarak, arazi üzerinde seçilen bir araçla hareket edilmesi durumunda aracın hangi bölgelerden geçebileceği,

hareketi yavaşlatan ve engel olan bölgelerin tespit edilmesi amacıyla arazi analizi uygulaması geliştirilmiştir.

Arazide yapılacak bir askerî harekâta arazinin eğimi, zemini, bitki örtüsü, hidrografyası ve meteorolojik koşullar etki etmektedir. Bu kapsamda harekâta etki eden faktörlerin incelenmesi yapılmış ve arazi üzerinde araç ile intikal edilmesi durumunda belirlenen meteorolojik koşullara göre hareket edebileceği bölgelerin tespit edilmesine yönelik arazi analizi uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen arazi analizi uygulamasında kullanılan altlık haritaların web harita servisinden alınması sağlanmış ve kullanıcının girmiş olduğu faktörlere göre bulanık mantık kurallarına göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonucunda seçilen araç ve hava koşullarına göre aracın hangi bölgelerden geçeceği, hangi bölgelerin hareketi yavaşlattığı ve hangi bölgelerin geçilemez olduğu bilgileri bulanık mantık kuralları çerçevesinde çok kısa bir sürede analiz edilerek kullanıcılara sunulmuştur.

Harekâta etki eden yağış durumu, aracın gücü, zemin yapısı ve eğim faktörleri bulanık mantık çerçevesinde değerlendirilmiştir. Uygulama kapsamında klasik mantık ile bulanık mantık kuralları kullanılarak aynı analizlerin yapılması sağlanmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında; özellikle yağışlı ortamlarda eğim ve zemin bilgilerinin beraber değerlendirildiği bölgelerde farklılıkların arttığı tespit edilmiştir. Farklılık olan bölgelerde, klasik yöntemle yapılan analizde engel olmayan bölgelerin bulanık yöntemle yapılan analizde hareketi yavaşlattığı ve bazı bölgelerin ise hareketi engellediği, hareketi yavaşlatan bölgelerin bazılarının ise hareketi engellediği sonucuna varılmıştır. Bu durum bulanık mantık ile yapılan analizin araç gücü, yağış, zemin ve eğim faktörlerinin beraber değerlendirilmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Klasik mantıkta yağış durumu var veya yok olarak analize etki etmektedir. Yağış miktarının az veya çok olmasının etkisi göz ardı edilmektedir. Bulanık mantık ile yapılan analizde ise yağış miktarı seçilerek analize etki durumu belirlenmektedir. Bulanık mantık ile yapılan analizde harekâta etki eden dört faktör beraber değerlendirildiğinden herhangi bir faktördeki değişimin analize etki etmektedir.

Analizin sanal küre uygulaması üzerinde çalıştırılması sayesinde kullanıcıların hem sanal küre yazılımlarının sunmuş olduğu yeteneklerden faydalanabilmeleri hem de altlık haritalar üzerinde analizleri çok kısa sürede yapabilmeleri sağlanmıştır.

Uygulama ile bir personelin harita incelemesiyle en az bir günde yapabileceği analizin çok kısa bir sürede gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Böylece personelin araziye çıkmadan harekât yapılacak bölgeyi detaylı olarak incelemesi ve intikal boyunca karşılaşılabileceği arazi arızaları, yerleşim yerleri gibi detaylar ile muhtemel engellerin kolaylıkla tespit edebilmesi imkânı sağlanmıştır. Bu sayede personelin analiz sonucunu incelemesine, intikal planını tekrar gözden geçirmesine ve gerekirse yeni güzergâh belirlemesine yardımcı olunacağı değerlendirilmektedir.

Sanal küre uygulamalarının özellikleri kullanılarak gidilecek bölgede uçuş simülasyonu yapılarak bölgenin hızlı bir keşfinin yapılacağı, araç için tehlike arz eden bölgelerin önceden tespit edileceği ve tehlikeli bölgelere karşı önlem alınmasının sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

Uygulamada yağış durumu, araç bilgileri, arazinin eğimi ve zemin durumları göz önünde tutularak bulanık mantık kuralları kapsamında arazi analizi yapılmıştır. Seçilen aracın arazi üzerinde gidebileceği yerler ortaya çıkarılmıştır. Son karar verilirken araç ve arazi bilgilerinin yanında diğer dış faktörlerinde etkisinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Örneğin; harekât yapılacak arazideki geçişi hassas olan bölgelerin ve önceden yapılan değerlendirmeler sonucunda tehlikeli olduğu değerlendirilen bölgelerin de dikkate alınarak araç geçiş güzergâhlarının belirlenmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

İleriki çalışmalarda harekât yapılacak araziye uygun aracın bulanık mantık yöntemiyle tespit edilmesine yönelik çalışmaların yapılabileceği ve analizlerin çalışma bilgisayarları yerine mobil uygulamalar içinde geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Talhofer, V., (2009). "Evaluating & Visualising Geographic and Meteorological Factors In-Theatre: Case Study & strategies", The Premier Central and Eastern Europe Geospatial Intelligence Conference, 29-30 Eylül 2009, Prag.
- [2] Hürriyet Gazetesi, <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/17734656.asp>, 23 Haziran 2012.
- [3] Karadeniz Teknik Üniversitesi, GIS Nedir, www.gislab.ktu.edu.tr/gisnedir/cbs.htm, 23 Ağustos 2011.
- [4] Wikipedia, Coğrafi Bilgi Sistemi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Coğrafi_bilgi_sistemi, 23 Ağustos 2011.
- [5] TC İzmir Valiliği, http://www.izmir.gov.tr/ortak_icerik/izmir/KYM_PICS/sekil1.jpg, 23 Ağustos 2011.
- [6] Heywood, I., Cornelius, S. ve Carver, S., (1998). An Introduction to Geographical Information Systems, Longman, New York.
- [7] Aydınoğlu A.Ç., (2003). İnternet-CBS Stratejisi ve Gerçekleştirimi, Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- [8] Aydoğmuş M.Y., (2010). Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalarının Coğrafya Dersinde Öğrencilerin İlgi, Motivasyon ve Öğrenme Düzeylerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- [9] Finney, C.F., (2004). 3D Game Programming All In One, Premiere Press, Boston.
- [10] Rahman, A.A. ve Pilouk M., (2008). Spatial Data Modelling For 3D GIS, Springer Berlin Heidelberg, New York.
- [11] Fil Bilişim, Üç Boyutlu Modelleme, <http://www.filbilisim.com/3-boyutlu-modelleme>, 10 Şubat 2010.
- [12] Carver, G. ve White, C., (2003). Computer Visualization For The Theatre, Elsevier Press, Oxford.
- [13] Yılmaz, E., (2003). Virtual Sand Table: A Rapid Synthetic Environment Generation Tool, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilişim Sistemleri Bölümü, Ankara.

- [14] Yetginer, M.Z., (2007). Bilgisayar Destekli Peyzaj Tasarımında Kullanılabilir Üç Boyutlu Modelleme ve Animasyon Teknikleri: Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Sökmen Kampusu Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya.
- [15] Wikipedia, The Free Encyclopedia Texture Mapping, http://en.wikipedia.org/wiki/Texture_mapping, 15 Şubat 2010.
- [16] Saygılı, A., (2008). SRTM Verilerinden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] Marangoz, A., (2004). Shuttle Radar Topography Mission, Mikrodalga Algılama Sistemleri Seminer Konusu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [18] Taştan H., (2006). Sayısal Arazi Yükseklik Verisi Türleri, Kurs notları, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- [19] C. Duran ve F. Daban, (2007). "Hava Lidar (Light Detection And Ranging) Verilerin Jeomorfolojik Ve Ekolojik Ortam Analizlerinde Kullanım Olanakları", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim - 02 Kasım 2007, Trabzon.
- [20] National Oceanic and Atmospheric Administration, <http://www.csc.noaa.gov/products/sccoasts/html/tutlid.htm>, 15 Nisan 2009.
- [21] Kaman Meslek Yüksek Okulu, Lidar Verileri, <http://kamanmyo.ahievran.edu.tr/harita%20web/haritakadastro/lidar.html>, 15 Nisan 2009.
- [22] Davenport, I. J., Holden, N. ve Gurney, R. J., (2004). "Characterising Errors in Airborne Laser Altimetry Data to Extract Soil Roughness", IEEE Transactions on GeoScience and Remote Sensing, 42:2130–2141.
- [23] Ekercin, S. ve Üstün, B., (2004). "Uzaktan Algılamada Yeni Bir Teknoloji; Lidar", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 91:70-93.
- [24] Clark, M. L., Clark, D. B. ve Roberts, D. A., (2004). "Small-Footprint Lidar Estimation of Sub-Canopy Elevation and Tree Height in a Tropical Rain Forest Landscape", Remote Sensing of Environment 91:68–89.
- [25] Wikipedia - Snow Cash. (2012). http://en.wikipedia.org/wiki/Snow_Crash, 02 Şubat 2012.
- [26] Şahin H., Erbaş M. ve Arslanoğlu M., (2010). "Mühendislik Ölçmelerinde Sanal Küre Uygulamaları", Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 5. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 20-22 Ekim 2010, Zonguldak.
- [27] Bediroğlu, Ş., Yıldırım, V. ve Yıldırım, F. (2011). Web Tabanlı Coğrafi Haritalama Servislerinin Kıyaslanması. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011, Antalya.

- [28] Erbaş M., Şahin H. ve Alkış Z., (2010). "OGC Web Servisleri İle Üç Boyutlu Haritacılık Uygulamaları", III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11-13 Ekim 2010, Kocaeli, 197-204.
- [29] Fadai, K. ve Kresse, W., (2004). "ISO Standards for Geographic Information", Springer, Germany.
- [30] Aras İ. ve Yıldız F., (2011). "İnternet Tabanlı CBS'nin Sivil ve Askerî Amaçlı Acil Durum Uygulamalarında Kullanılmasında Yeni Bir Yaklaşım", Harita Dergisi, 141:38-51.
- [31] Open GIS Concurcium, (2010). <http://www.opengeospatial.org>, 31 Ağustos 2010.
- [32] Ueffing, C.M., (2001). "Wavelet based ECW image compression", Proceedings of Photogrammetric Week '01. Heidelberg, Almanya, 299-306.
- [33] Ottoson, P., (2001). "Compressing Digital Elevation Models with Wavelet Decomposition". Proceedings ScanGIS, 25th - 27th June 2001, Norway, 15-31.
- [34] Turan F., Gürçay H. ve Sever H., (2007). "Web Servisleri Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri", TMMOB Harita ve Kadastro Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim - 02 Kasım 2007, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- [35] Geoserver Web sayfası, WMS reference, <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/services/wms/reference.html>, 05 Ağustos 2011.
- [36] Varol M.B., (2011). Open Geospatial Consortium (OGC) Web Detay Servisinin (Web Feature Service, WFS) incelenmesi ve açık kaynaklı ücretsiz yazılımlar kullanarak örnek bir WFS servisinin yapılması, Harita Yüksek Teknik Okulu Araştırma Çalışması, Ankara
- [37] Sari, M., Murat, Y.S. ve Kirabali, M., (2005). "Fuzzy Logic Modelling Approach and Applications", Dumlupınar University Journal of Institute of Sciences, 9: 77-92.
- [38] Zadeh, L.A., (1965). "Fuzzy Sets", Information and Control 8 (3): 338-353
- [39] Yapay-Zeka.org, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic), <http://www.yapay-zeka.org/modules/wiwimod/index.php?page=Fuzzy+Logic>, 05 Ağustos 2011.
- [40] Işıklı Ş, (2008). "Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler", Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi, 19: 105-126.
- [41] Kıyak E ve Kahvecioğlu A., (2003). "Bulanık Mantık Ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1 (2):91-97.
- [42] Seattle Robotics, Fuzzy logic – An Introduction, http://www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/fl_part1.html#INTRODUCTION, 05 Ağustos 2011.
- [43] Dokuz Eylül Üniversitesi, Bulanık Mantık, www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul_man.doc, 05 Ağustos 2011.
- [44] Elmas Ç, (2003). Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kurami Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık), Seçkin Yayıncılık, Ankara.

- [45] Baykal N. ve Beyan T., (2004). Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Bıçaklar Kitapevi, Ankara.
- [46] Altaş İ.H., (1999). Bulanık Mantık : Bulanıklık Kavramı, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Bileşim yayıncılık A.Ş., İstanbul.
- [47] Wikipedia, Bulanık Mantık, http://tr.wikipedia.org/wiki/Bulanık_mantık, 05 Ağustos 2011.
- [48] Zimmerman, H.J., (1990). Fuzzy Set Theory and Its Applications, Kluwer Ac. Publishing, Dordrecht.
- [49] Ross, T., (1995). Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley & Sons Ltd., England.
- [50] Şen Z., (2001). Bulanık (Fuzzy) Mantık Ve Modelleme İlkeleri, Bilge Sanat Yapım Yayınevi, İstanbul.
- [51] Jan Jantzen, (2004). Tutorial On Fuzzy Logic, Technical University of Denmark, Denmark.
- [52] Yılmaz E., (2010). Massive Crowd Simulation With Paralel Processing, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilişim Sistemleri Bölümü, Ankara.
- [53] Piegat A., (2001). Fuzzy Modeling and Control, Physica-Verlag Press, New York.
- [54] Aras İ., (2010). İnternet Tabanlı CBS'nin Sivil ve Askeri Amaçlı Acil Durum Uygulamalarında Kullanılmasında Yeni Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [55] Temel İnşaatı Statik Hesabı, <http://www.scribd.com/doc/50956757/>, 03 Nisan 2012.
- [56] Bendat J.S ve Piersol A.G, (2006). "Environmental Handbook for Defence Materiel Part 5 Induced Mechanical Environments", Ministry of Defence, Defence Standard 00-35 Issue 4, Glasgow.
- [57] Virrantaus K., (2003). "Analysis of the uncertainty and imprecision of the source data sets for a military terrain analysis application", Helsinki University of Technology, Finland.
- [58] Dönmez, C., (2008). Envisat Meris Uydu Verileri Kullanılarak Seyhan Yukarı Havzası Ormanlarında Meşcere Kapalılığının Haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.
- [59] Cihlar, J., Justice, C.O., Malingreau, J.P., Ruttenberg, S., Sadowski, F., Skole, D., Teillet, P., ve Townshend, J.R.G., (1994). "The 1 Km Resolution Global Data Set: Needs of the International Geosphere – Biosphere Programme", International Journal Of Remote Sensing, 15 (17):3417-3441.
- [60] Dong, J., Hughes, M.K., Kaufmann, R.K., Kauppi, P.E., Liski, J., Myneni, R.B., Tucker, C.J., Zhou, L. ve Alexeyev, V., (2001). "A Large Carbon Sink In the

- Woody Biomass of Northern Forests”, Proc. Of The Nat. Acad. Sci., 98 (26):14784-14789.
- [61] Betts, A.K., Dickinson, R.E., Field, C.B., Hall, F.G., Henderson-Sellers, A., Mooney, H.A., Nobre, A., Sato, Randall, D.A. ve Sellers, P.J., N., (1997). “Modeling the Exchanges of Energy, Water and Carbon Between Continents and the Atmosphere”, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 275 (5299): 502 – 509
- [62] Yastıklı, E., (2009). Ortofoto Ders Notları Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Fotogrametri Anabilim Dalı, İstanbul.
- [63] ESRI, ArcGIS Explorer, <http://www.esri.com/software/arcgis/explorer/>, 01 Temmuz 2011.
- [64] ESRI, ArcGIS Desktop Help, [http://webhelp.esri.com/arcgisDesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Project Raster \(Data Management\)](http://webhelp.esri.com/arcgisDesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Project Raster (Data Management)), 01 Ağustos 2011.
- [65] <http://www.turkishworld.multiservers.com/equipment.html>, 05 Mart 2011.
- [66] Wikipedia, Leopard 1, http://tr.wikipedia.org/wiki/Leopard_1, 05 Mart 2011.
- [67] Wikipedia, Leopard 2, http://tr.wikipedia.org/wiki/Leopard_2A4, 05 Mart 2011.
- [68] Wikipedia, M1 Abrams, http://en.wikipedia.org/wiki/M1_Abrams, 05 Mart 2011.
- [69] Global Security, M1 Abrams Main Battle Tank, <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/m1-specs.htm>, 05 Mart 2011.
- [70] Wikipedia, T-90, <http://en.wikipedia.org/wiki/T-90>, 05 Mart 2011.
- [71] Wikipedia, Unimog, <http://en.wikipedia.org/Unimog>, 05 Mart 2011.
- [72] P. Baillie-De Byl, (2004). Programming Believable Characters for Computer Games, Charles River Media Inc., Hingham, Massachusetts.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet ERBAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 19.10.1978 / Samsun
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : merbas@kho.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.Lisans	Jeodezi ve Fotogrametri Müh	Yıldız Teknik Ünivertisesi	2005
Lisans	Jeodezi ve Fotogrametri Müh.	Harita Yüksek Teknik Okulu	2002
Lisans	Sistem Müh.	Kara Harp Okulu	2000
Lise	-	Işıklar Askeri Lisesi	1996

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011	Kara Harp Okulu	Topoğrafya Öğretim Görevlisi
2010	Harita Genel Komutanlığı Askerî Coğrafya Raster Veritabanı Subayı Dairesi Başkanlığı	
2005	Harita Genel Komutanlığı Bilgi Sistem ve Destek Dairesi Başkanlığı	Sistem Analiz ve Tasarım Subayı
2002	Harita Genel Komutanlığı Harita Yüksek Teknik Okulu Komutanlığı	Araştırma Yayın ve Koordinasyon Subayı

YAYINLARI

Makale

1. Erbaş M., Taştan H., (2003), "Sayısal Haritaların İnternet-İntranet Ortamında Sunumu ve Kullanımı", Harita Dergisi, 129:32-49.
2. Erbaş M., Alkış Z., (2005), "Web Tabanlı Veri Düzenleme ve Etkileşimli Harita Sunumu Uygulaması", Harita Dergisi, 133:43-52.
3. Erbaş M., Şahin H., Kantar F., Alkış Z., (2012), "Sanal Küre Üzerinde Askeri Uygulamalar", Harita Dergisi, 147:43-52.

Bildiri

1. Yılmaz E., Erbaş M., Taştan H., (2008), "Konumsal Bilgi Görsel Sunumu ve Örnek Bir Uygulama", IV. Savunma Teknolojileri Kongresi, SAVTEK 2008, ODTÜ, Ankara,381-389.
2. Yılmaz E., Kantar F., Erbaş M., (2009), "Harita Genel Komutanlığının Coğrafi Veri Sunum Uygulamaları", 1. Bakanlıklar arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKP) Sempozyumu, ANKARA
3. Erbaş M., Şahin H., Alkış Z., (2010), "OGC Web Servisleri ile Üç Boyutlu Haritacılık Uygulamaları", III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Gebze - Kocaeli

4. Şahin H., Erbaş M., Arslanoğlu M., (2010), “Mühendislik Ölçmelerinde Sanal Küre Uygulamaları”, 5. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, ZKÜ – Zonguldak.
5. Erbaş M., Şahin H., Soyer E., Kantar F., Alkış Z., (2011), “Sanal Küre Üzerinde Yürüyüş Analizi”, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.