

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ve UZAKTAN ALGIMA UYGULAMALARI

COĞRAFYALİSANS PROGRAMI

DOÇ. DR. HASAN ÖZDEMİR

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ AÇIK VE UZAKTAN EĞİTİM FAKÜLTESİ

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ AÇIK VE UZAKTAN EĞİTİM FAKÜLTESİ

COĞRAFYA LİSANS PROGRAMI



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ve UZAKTAN ALGILAMA UYGULAMALARI

Doç. Dr. Hasan ÖZDEMİR

ÖNSÖZ

Gelişen bilgisayar teknolojilerine bağlı olarak coğrafyanın da bu dijital dünyada yerini alması ve adaptasyonunun sağlanması Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Ağılama (UZAL) sayesinde gerçekleştirilmiştir. CBS ve UZAL'ın birçok bilimsel çalışmaya ait uygulamaları mevcuttur. Bu sistemler mekânsal verinin üretildiği bütün alanlarda kullanılabilmektedir. Bu ders notları içerisinde CBS ve UZAL'ın birlikte veya ayrı olarak değişik bilimsel çalışılardaki kullanımları üzerinde durulmuştur. Bu uygulamalar nihai son uygulama alanları değildir.

14 bölümden oluşan ders notları CBS ve UZAL'ın değişik uygulamalardak rolleri üzerinde durmaktadır. 14 bölüm içerisinde birçok uygulamaların işlendiği bu ders notlarının dersi alan bütün öğrenci arkadaşlarımıza CBS ve UZAL'ın nerelerde ve nasıl kullanıldığını anlamalı bakımından faydası olacağı kanaatindeyim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
İÇİNDEKİLER.....	2
KISALTMALAR	5
YAZAR NOTU	7
1. CBS JEOMORFOLOJİ UYGULAMALARI	8
1.1. CBS ile Bazı Jeomorfoloji Uygulamaları.....	14
1.1.1. SYM (DEM) Üretimi	15
1.1.2. Topografyanın Görselleştirilmesi ve Haritalama	17
1.1.3. Jeomorfolojik Analizler.....	20
2. UZAL JEOMORFOLOJİ UYGULAMALARI	29
2.1. Uzaktan Algılama ile Jeomorfoloji Uygulamaları	35
2.1.1. Çizgiselliklerin Analizi ve Haritalanması	36
2.1.2. SYM (DEM) Üretimi.....	37
2.1.3. Kayaç ve Mineral Analizleri	40
3. CBS KLİMATOLOJİ UYGULAMALARI.....	47
3.1. CBS ile Klimatoloji Çalışmaları	53
2.1.1. İstasyon Verilerinin CBS’de İşlenmesi	53
2.1.2. Dağılım Haritalarının Oluşturulması	55
4. UZAL KLİMATOLOJİ UYGULAMALARI.....	65
4.1. UZAL ile Klimatoloji Çalışmaları	70
4.1.1. Kara Yüzeyi Sıcaklıklarının Belirlenmesi	71
4.1.2. İklim Değişikliği Çalışmalarında Kullanımı.....	74
4.1.3. Meteorolojik Çalışmalardaki Kullanımı	77
5. CBS HİDROLOJİ UYGULAMALARI.....	85
5.1. CBS ile Hidroloji Çalışmaları	91
5.1.1. Akarsu Ağlarının Üretilmesi.....	91
5.1.2. Akarsu Havzalarının Üretilmesi	95
5.1.3. Akarsu Dizinlerinin Üretilmesi.....	97
6. UZAL HİDROLOJİ UYGULAMALARI.....	104
6.2. UZAL ile Hidroloji Çalışmaları	110
6.1.1. Toprak Nemliliği ve Yüzeysel Sular.....	111
6.1.2. Kar ve Buzul Çalışmaları.....	114

6.1.3. Taşkınların Haritalanması	115
7. BİTKİ ÖRTÜSÜ UYGULAMALARI.....	125
7.1. UZAL Bitki Örtüsü Çalışmaları	131
7.1.1. Bitki Örtüsünün Spektral Yansımaya Özelliği	131
7.1.2. Bitki İndeksleri.....	134
7.2. CBS Bitki Örtüsü Çalışmaları	136
8. TOPRAK UYGULAMALARI	144
8.1. UZAL Toprak Çalışmaları	150
8.1.1. Toprak Yansımaya Özellikleri	151
8.1.2. Toprak Haritalaması	152
8.1.3. Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi	154
8.2. CBS Toprak Uygulamaları.....	156
9. UZAL ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜSÜ UYGULAMALARI.....	164
9.1. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Tanımı.....	170
9.2. Arazi Örtüsü Sınıflama Sistemleri	171
9.3. Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişimi Çalışmaları.....	173
10. CBS ARAZİ KULLANIMI ve PLANLAMA UYGULAMALARI.....	1822
10.1. Arazi Kullanım Haritalarının Üretilmesi.....	1822
10.2. Arazi Kullanımı Değişiminin Belirlenmesi.....	1881
10.3. Arazi Potansiyelinin Belirlenmesi.....	1914
11. RADAR GÖRÜNTÜSÜ UYGULAMALARI.....	204
11.1. Zemin Deformasyonlarının Haritalanması.....	210
11.2. Hava ve Uydu SAR Görüntüleri ile Hızlı Haritalama.....	214
12. DEPREM ÇALIŞMALARINDAKİ UYGULAMALAR	224
12.1. UZAL Deprem Uygulamaları	230
12.1.1. Hasarlı Bina Tespiti	231
12.1.2. Zemin Deformasyonu Belirleme.....	234
12.1.3. Sıcaklık-Deprem İlişkisi	235
12.2. CBS Deprem Uygulamaları	236
13. SEL-TAŞKIN AFETLERİNDEKİ KULLANIMI.....	246
13.1. CBS ve UZAL'ın Sel-Taşkınlardaki Kullanım Nedenleri	252
13.1.1. Taşkın Tahmini ve Risk Analizinde Takip Edilen Yöntem.....	253
13.2. CBS'nin Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı	255

13.3. UZAL'nın Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı	256
13.4. Hidrolik Modellemenin Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı	259
13.5. CBS-UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu.....	261
14. HEYELAN AFETİNDEKİ KULLANIMI.....	268
14.1. Heyelan ve Türlerinin Belirlenmesi	274
14.2. Heyelan Duyarlılık Analizi ve Yaklaşımlar	278
14.3. CBS ve UZAL'nın Heyelan Duyarlılık Analizinde Kullanımı	279
14.3.1. Heyelan Duyarlılık Analizi (HDA).....	284
14.3.2. İndeks Metodu (İM).....	284
14.4. Heyelan Duyarlılık Haritalaması ve Doğruluk Analizi.....	286

KISALTMALAR

- CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri
- UZAL: Uzaktan Algılama
- SYM: Sayısal Yükselti Modeli
- DEM: Digital Elevaiton Model
- ANUDEM: Australian National University Digital Elevation Model
- IDW: Inverse Distance Weight
- GPS: Global Positioning System
- DGPS: Differencial Global Positioning System
- LiDAR: Light Detection and Ranging
- SWIR: Short Wave Infrared
- EM: Elektromanyetik
- SMOS: Soil Moisture and Ocean Salinity
- SMAP: Soil Moisture aCtive Passive
- NDVI: Normalized Difference Vegetation Index
- EVI: Enhanced Vegetation Index
- SR: Simple Ratio
- VIS: Vegetation Information System
- GIS: Geographical Information System
- NDWI: Normalized Difference Water Index
- ED50: European Datum 1950
- PS: Persistent Scatteres
- SBAS: Small BASeline
- InSAR: Interferometrik Syntetic Aperature Radar

- SAM: Sayısal Arazi Modeli
- BİA: Bivariate İstatistiksel Analiz
- İM: İndeks Metodu
- DA: Duyarlılık Analizi
- HTG: Hidrolojik Toprak Grupları

YAZAR NOTU

CBS ve UZAL Uygulamaları dersi için bir dönem boyunca işlenecek konular sırasıyla şu şekildedir; CBS ve UZAL'ın jeomorfloji, kilmatoloji, hidroloji, arazi kullanımı/örtüsü üzerine uygulamaları ayrı ayrı olarak ele alınmıştır. Bunun haricinde toprak, bitki örtüsü, deprem, sel-taşkın ve heyelan üzerinde çalışmalar ise birlikte ele alınmıştır. Bunların haricinde radar uygulamalar ile ilgili olarak bir bölüm ayrılmıştır.

Bu ders içerisinde uzaktan algılama ilgili yukarıdaki kavramlara ait konular 14 haftalık 14 bölüm içerisinde sunulmuştur. Herbir bölümün öncesinde bölüm içerisindeki konulara ait ilgi uyandıran sorular, bu bölümden elde edilecek kazanımlar ve konulara ait anahtar kavramlar verilmiştir. Bölüm sonlarında da yine konuyla ilgili yapılabilecek uygulamalar ve bu uygulamalara ait sorularla birlikte, bölümün kısa özeti ve örnek sorular verilmiştir. Bölüm sonundaki çoktan seçmeli ve boşluk doldurma soruları, bölümdeki konuların anlaşılıp anlaşılmadığını kavramanız için hazırlanmış olup, sınavlara da hazırlık olması bakımından çözmeniz tavsiye edilmektedir.

1.CBS JEOMORFOLOJİ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 1.1.** CBS ile Bazı Jeomorfoloji Uygulamaları
 - 1.1.1.** SYM (DEM) Üretimi
 - 1.1.2.** Topografyanın Görselleştirilmesi ve Haritalama
 - 1.1.3.** Jeomorfolojik Analizler

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- CBS'nin Jeomorfolojinin hangi alanında uygulamaya sahiptir?
- 2- SYM üretimi jeomorfoloji çalışmalarına nasıl katkı sağlar?
- 3- CBS yazılımlarındaki 3 boyutlu görüntüleme jeomorfoloji çalışmalarında kullanılabilir mi?
- 4- Eğim, bakı ve havza analizleri CBS'de nasıl gerçekleştirilir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
SYM üretimi	SYM üretimi ve jeomorfoloji çalışmalarına katkısı hakkında bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Toporagrafyanın görselleştirilmesi ve haritalama	Topografyanın görselleştirilmesi ve haritalamada CBS'nin kullanım kolaylığı hakkında bilgi sahibi olmak.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Jeomorfolojik analizler	Bazı jeomorfolojik analizlerin CBS'de nasıl gerçekleştirildiğinin kavranması.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

- **Anahtar Kavramlar**
- Coğrafi bilgi sistemleri
- Jeomorfoloji
- SYM
- Görselleştirme
- Eğitim,
- Bakı,
- Havza Analizi

Giriş

Bu bölümde, CBS'nin birçok uygulama alanlarından jeomorfoloji alanındaki uygulamaları üzerinde durulacaktır. Jeomorfoloji yerşekil bilimi olmasından özellikle yerin ve özelliklerinin araştırılmasında ve birçok faktörün bu özelliklerde rol oynamasından veri yoğunluğu ve analiz gerekliliğini ihtiyaç duyar. CBS bu imkanları sağlayan bir sistem olarak jeomorfolojinin birçok alanında uygulama alanı vardır. Bu bölümde ise SYM, topografyanın görselleştirilmesi ve bazı jeomorfolojik analizler üzerinde durulacaktır.

1.1. CBS ile Bazı Jeomorfoloji Uygulamaları

Kelime anlamı yerşekilleri bilimi (geo: yer, morpho: şekil, logos: bilim) olan jeomorfoloji, yer kabuğu üzerinde, iç ve dış etmen ve süreçler tarafından meydana getirilen yerşekillerini inceleyen bilim dalıdır. Jeomorfolojide yerşekillerini tasvir, onların oluşum ve gelişimlerinin nedenlerini açıklama ve coğrafi dağılımlarını ortaya koyma vardır.

Jeomorfoloji, konusu gereği olarak, başta jeoloji olmak üzere birçok bilimle sıkı bir ilişki içerisinde (mineroloji, petrografi, sedimentoloji, stratigrafi, tektonik, paleontoloji, hidrojeoloji, klimatoloji, jeofizik, jeokimya, pedoloji, oseonografya ve kartografya v.b.). Jeomorfoloji bu bilim dallarından aldığı verileri kendi prensipleri çerçevesinde değerlendirdikten sonra yeryüzünün oluşum ve gelişimi hakkında bilgi sahibi olmaya çalışır. Dolayısıyla bu derece kompleks verilerin birarada değerlendirilmesi ve sonuç olarak jeomorfolojik bilginin üretilmesi oldukça zordur.

Jeomorfolojide yeryüzü şekillerini anlamaya yönelik oluşturulan bilgileri şu şekilde sıralayabiliriz (Meleli vd. 2012);

- Topografik, hidrografik ve morfometrik veriler
- Litolojik ve yapısal veriler
- Morfojenetik süreçler
- Yapısal ve volkanik yüzey şekilleri
- Aşındırma şekilleri
- Biriktirme şekilleri
- Karstik şekiller
- Kumul şekilleri
- Buzul şekilleri
- Denizel, lagün ve göl ortamlarına ait şekiller
- Antropejenik şekiller
- Morfo-kronolojik veriler
- Morfo-gelişim verileri

Bu tür veri yoğunluğu ve farklılığı olan jeomorfolojide analog (kağıt) ortamdaki veri ve haritalar her zaman okunabilen ve anlaşılabilen özelliklerden uzak olmaktadır. Bu verilerin ve haritaların dijital ortama aktarılması gerek verilerin bireysel kullanımı ve güncellenmesinde, gerekse diğer veriler ile ilişkilendirilip birtakım analiz ve sonuçlara gitmede oldukça kolay bir hale dönüşür. Bundan dolayı birçok verinin girilebildiği, depolanabildiği, güncellenebildiği, analiz ve haritalanabildiği bir sistem olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) vazgeçilmez bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

CBS'nin jeomorfoloji ile ilgili bütün ana ve alt başlıklarına ait uygulamalarına bu başlık altında değinmek elbette mümkün değildir. Burada bazı jeomorfoloji çalışmalarında kullanılan ve temel altlık verilerin üretilmesi ile bunlarla ilgili yapılmış çalışmalara yer

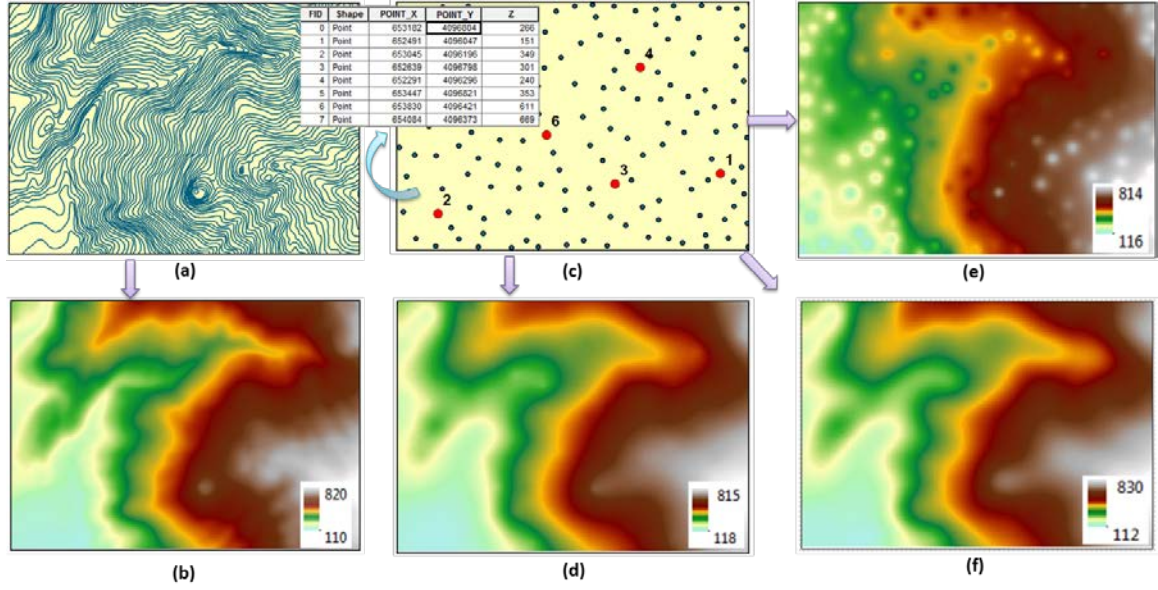
verilecektir. Bundan dolayı, SYM üretimi, topografyanın görselleştirilmesi ve haritalama ve bazı morfometrik analizler üzerinde durulacaktır.

1.1.1. SYM (DEM) Üretimi

Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verilerinin üretilmesi ve birçok kaynaktan elde edilmesi jeomorfoloji çalışmalarından kullanılma sıklığını arttırmıştır. Nitekim en küçük ölçekten büyük ölçeğe kadar farklı çözünürlüklerde SYM verisini üretilmesi SYM lerin jeomorfolojinin birçok alanında kullanımına imkân sağlamıştır.

SYM üretilmesi, yüzeyi temsil eden nokta, çizgi ve alan objelerinin sahip olduğu x, y ve z değerleri kullanılarak belirli algoritmalar çerçevesinde bu objelerin sürekli alan verileri haline dönüştürülme işlemidir. Burada mekânsal verilerin var olan x ve y koordinatları yanında z (yükseklik) değerinin de olması şarttır. Nitekim var olan veriler arasındaki bilinmeyen z değerleri, bilinen z değerleri yardımıyla üretilmektedir. TIN modelleri bunun en basit örneklerini oluşturur ve kısmen vektör temelli yüzey gösterim modelleridirler. Fakat burada daha çok raster SYM verileri üzerinde durulacaktır.

Örnek olarak Şekil 1.1’de aynı alanının hem çizgi verilerinden oluşan 10m aralıklı eşyüksekti eğrileri, hemde rastgele oluşturulmuş nokta verileri SYM üretmek için girdi verileri olarak kullanılmıştır. Öncelikle eşyüksekti eğrileri ve nokta verilerinden ANUDEM (Australian National University Digital Elevation Model) temelinde SYM üretilmiştir (Şekil 1.1b ve d). Burada nokta ve çizgilerin bilinenlerden bilinmeyişi üretmek için kullandığı enterpolasyon tekniği sonlu farklar enterpolasyon tekniğidir. Bu metot, lokal ve global enterpolasyon metotlarının birleştirildiği ve hidrolojik olarak da doğru sonuçların elde edildiği bir metottur. Bunun yanında nokta verilerden IDW (Inverse Distance Weight- Ters Ağırlıklı Mesafe) (Şekil 1.1e) ve Spline (Eğri) (Şekil 1.1f) enterpolasyon tekniklerine bağlı olarak da SYM üretilmiştir. Bu enterpolasyon tekniklerinin detaylarına burada girilmeyecek olup, sadece değişik enterpolasyon teknikleriyle üretilen SYM’ler arasındaki farkları vurgulamak açısından değinilmiştir.



Şekil 1.1: ANUDEM, IDW ve Spline enterpolasyon teknilerine göre üretilmiş SYM'ler.

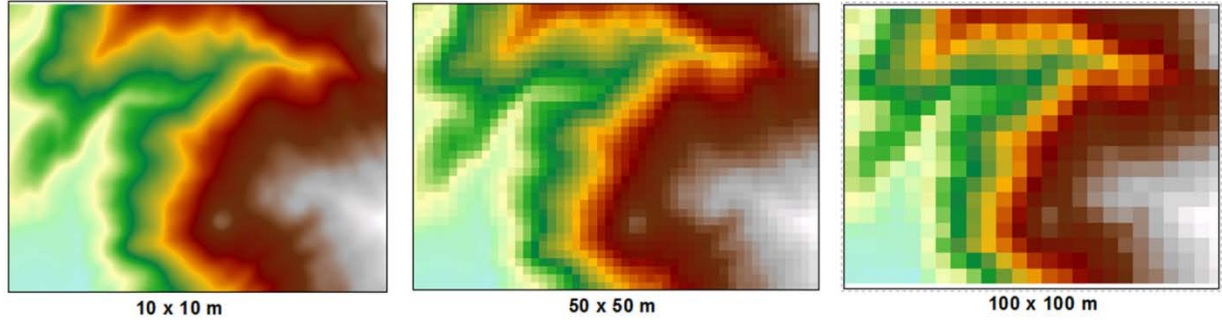
Aynı alana ait farklı veri ve metotlarla üretilmiş 4 SYM verisi karşılaştırıldığında, öncelikle lejantlarındaki maksimum ve minimum yükseltilerin farklılık gösterdiği dikkati çeker. Aynı zamanda yüzeyi temsil kabiliyetlerinde de farklılık olduğu net bir şekilde görülmektedir (Şekil 1.1). Ayrıca Şekil 1.1c'de verilen 6 kontrol noktası ile üretilen 4 SYM verisinden yükseklik verisi elde edildiğinde ortaya çıkan sonuçların birbirinden oldukça farklı olduğu açık bir şekilde ortaya konmaktadır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: 4 Farklı SYM verisinden kontrol noktaları bazında elde edilen yükseklik verileri.

Nokta	Eşyüksekti ANUDEM	Nokta ANUDEM	IDW SYM	Spline SYM
1	747.88	766.20	697.25	762.13
2	136.85	128.17	212.24	136.25
3	600.62	631.20	545.66	641.61
4	465.29	431.26	464.02	433.20
5	364.35	366.50	350.78	374.02
6	376.50	391.86	387.50	387.72

Burada şunu belirtmek gerekirken, sürekli alan verisi olarak SYM'lerin üretilmesinde kullanılan girdi verisi ve enterpolasyon teknikleri, sonuçları doğrudan etkilemektedir. Bundan dolayı, çalışma amacına uygun olarak verinin üretilmesi ve uygun tekniğin seçilmesi önemlidir. Ayrıca üretilecek SYM verisinin hücre çözünürlüğü de yüzeyi temsil kabiliyeti açısından önemlidir. Çözünürlüğün yüksek olduğu SYM'lerde yüzey daha iyi temsil edilebilirken, çözünürlüğün düşük olduğu SYM'lerde yüzeyi temsil zorlaşır (Şekil 1.2).

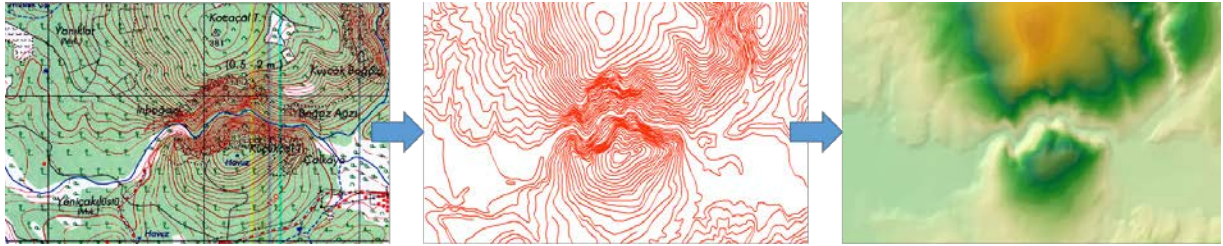
Çözünürlüğün yüksekveya düşük olması tamamen girdi verilerinin yoğunluk ve hassasiyetine bağlı olarak değişkenlik gösterir.



Şekil 1.2: Farklı çözünürlükteki SYM'lerin yüzeyi temsil kabiliyetleri.

SYM birçok kaynaktan farklı şekillerde elde edilebilmektedir (Nelson vd. 2009):

- Var olan topografik haritaların vektörizasyonu ile elde edilen izohips ve nokta yükseklik verileri kullanılarak değişik enterpolasyonlar ile SYM verisinin üretilmesi şeklindedir (Şekil 1.2.). Bu yöntemi yukarıda detaylı olarak açıkladık. Bu yöntemde şu unutulmamalıdır ki, üretilen SYM'nin kalitesi tamamen orijinal haritanın kalitesine ve veri elde edilme yöntemine bağlılık göstermektedir.



Şekil 1.2: Topografya haritasından SYM üretme

- GPS ve DGPS gibi arazi ölçüm aletleriyle sahadan veri toplama yöntemiyle elde edilen nokta verilerinden üretilen SYM verileridir. Yüksek hassasiyet ve doğrulukta toplanan bu veriler ile çok büyük alanların çalışılması oldukça zordur. Çünkü zaman ve maliyet gerektirmektedir. Ancak doğrulukları diğerlerine göre daha fazladır.
- Aktif ve pasif sensörler ile Uzaktan algılama yöntemleridir. Bu yöntem daha büyük alanlar için hem yatay hem de dikey yönde yüksek doğruluk ve kalitede SYM üretimi sağlar. Dolayısıyla günümüzde uzaktan algılama ile elde edilen SYM ler ve kalitelerinde hergeçen gün artış göstermektedir.

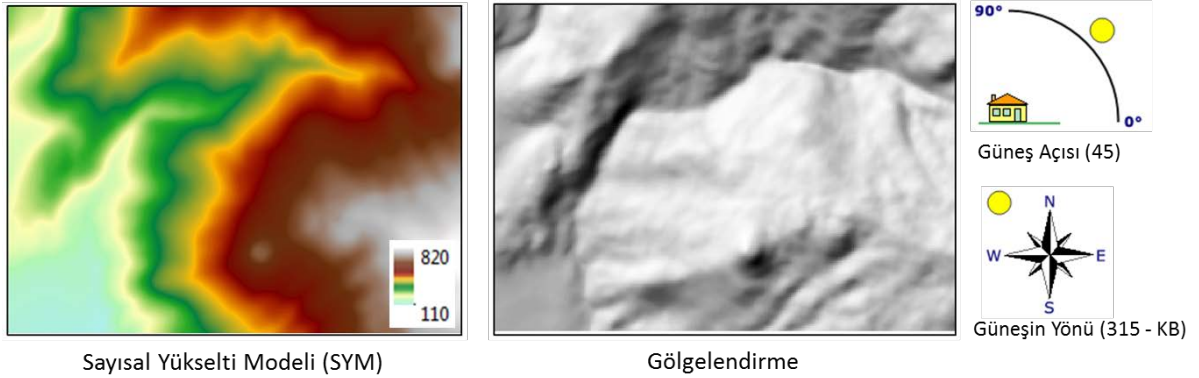
1.1.2. Topografyanın Görselleştirilmesi ve Haritalama

Topografyanın görselleştirilmesi özellikle jeomorfoloji çalışmaları açısından önemlidir. Bunun en iyi örneklerinden birisi de günümüzde CBS içerisinde SYM verileri kullanılarak topografya yüzeylerine ait gölgelendirme haritalarının oluşturulmasıdır.

Gölgelendirme, dağlık ve enbelilik alanlarda yükselti farklılıklarını ve yüzey morfolojilerini tasvir etmek için kullanılır. Raster SYM verisinin girdi olarak kullanıldığı gölgelendirmenin renk tonları, herbir lokasyonun yönüne göre ışığı yansıtma miktarını ifade eder. Açık ve beyaz renkler ışığın fazla yansıtıldığı yüzeyleri, koyu ve siyah renkler ışığın yansıtılmadığı yüzeyleri gösterir. Burada ışık kaynağının varsayılan bakış açısı 45°, bakış yönü ise 315° ile Kuzeybatıdır (Şekil 1.3). Işık kaynağının açısı ve yönü çalışmaların içeriğine bağlı olarak kullanıcı tarafından değiştirilebilir. Gölgelendirme örneği Şekil 1.3'te verilmiştir. Burada varsayılan güneş ışının bakış açısı 45 derece, bakış yönünde 315 derece alınmıştır. Buna bağlı olarak güneşi gören yüzeyler parlak renklerde görmeyene veya daha az gören yüzeyler gittikçe siyahlaşan renklerde görülmektedir.

Arazi yüzeylerine ait bu gölgelendirme verisi sahalara ait birçok jeomorfolojik özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır; fay hatlarının belirlenmesi, kütle hareketlerinin belirlenmesi, buzul jeomorfolojisi, akarsu ve karst jeomorfoloji uygulamaları bunların başlıcalarıdır.

CBS'nin topografyanın görselleştirilmesin kullanıldığı bir yöntem ise 3 boyutlu gösterimlerdir. Bu gösterimlerde özellikle SYM verileri kullanılarak uydu görüntüleri ve/veya hava fotolarına bindirilmesi suretiyle yüzeylere ait 3 boyutlu modeller elde edilmektedir (Şekil 1.4). Google earth 3 boyutlu uygulaması buna örnek olarak verilebilir.



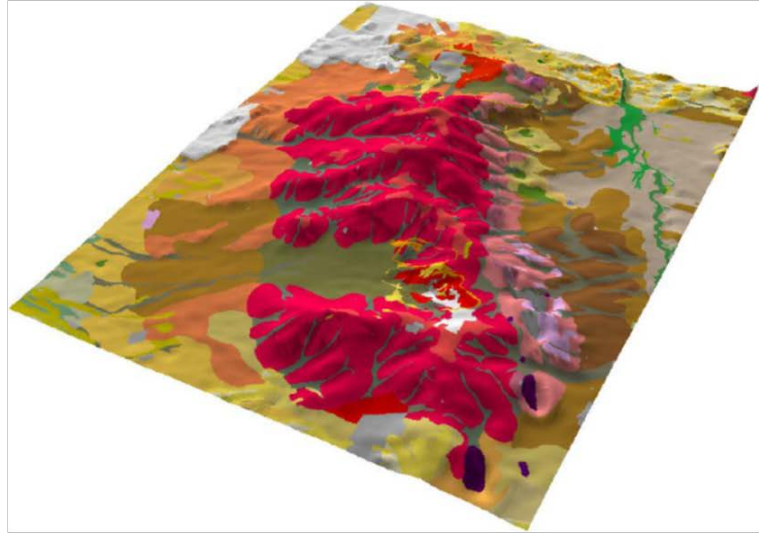
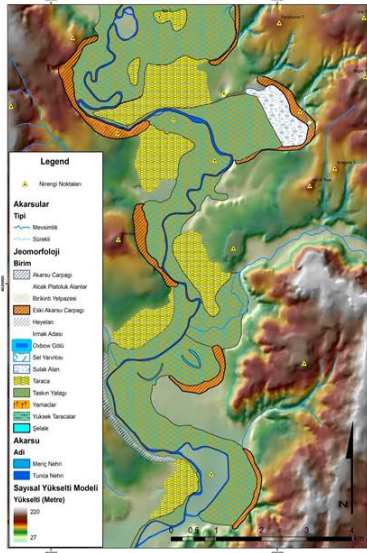
Şekil 1.3: SYM girdi verisi ve gölgelendirme çıktı verisi.



Şekil 1.4. Hava fotosunun SYM modeli üzerinde bindirilmesiyle elde edilmiş bir 3 boyutlu görüntü.

CBS'nin yayın bir şekilde kullanılması ve sunduğu imkanlar, jeomorfoloji haritalarının da bu sistem ile birlikte kullanılmaya başlamasına neden olmuştur. Özellikle koordinatlı veri girişleri ve SYM ve gölgelendirme verilerinin üretilmesi, birçok verinin depolanma özelliğinin olması ve ayrıca güncellenebiliyor olması jeomorfoloji alanındaki kullanımını yaygınlaşmasına neden olmuştur. Ayrıca CBS ile eğim ve bakı analizlerinin yapılabilmesi, yine koordinatlı veri olması nedeni ile birbirine komşu iki ayrı paftayı kalitesi bozulmadan birleştirilebilmesi, jeomorfoloji veri tabanından belirli bir amaç için verinin çağırılması ve amaca özel haritalamaların yapılabilmesi CBS'nin jeomorfoloji çalışmalarına ve haritalamalarına yaptığı katkılar olarak karşımıza çıkar.

Jeomorfoloji haritalamalarında herhangi bir topografyanın jeomorfolojik özellikleri, CBS içerisinde piksel tabanlı raster veri olarak, nokta, çizgi ve alansal vektör veri olarak ve sahip oldukları öz nitelik verileri de öznitelik tablolarında kolaylıkla depolanabilir (Şekil 1.5). Böylece amaca yönelik jeomorfoloji haritaları üretilir.

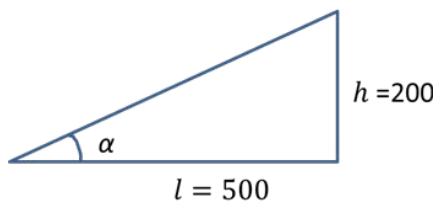


Şekil 1.5: Bazı jeomorfoloji harita örnekleri, tunca nehri yatağına ait jeomorfoloji haritası (solda), jeomorfoloji haritasının SYM üzerinde bindirilmesi (sağda) (<http://www.aardkunde.nl/>).

1.1.3. Jeomorfolojik Analizler

CBS yukarıda bahsedilen özellikleri yanından birtakım jeomorfolojik analizlerin de kolay bir şekilde yapılabildiği bir sistem olarak karşımıza çıkar. Literatürde birçok analiz olmasına karşın burada bazılarını değinilecektir. Bunlar; eğim analizi, bakı analizi, havza analizi konularıdır.

Eğim Analizi: Topografya yüzeyinin yatayla yaptığı açının ifadesi bize eğimi tanımlar. Hertürlü aşındırma etmen ve süreçlerde eğimin önemli bir rolü vardır. Bundan dolayı jeomorfoloji çalışmalarından topografyanın eğim analizi önemlidir. Eğim hesaplamaları raster yükseklik verisi (SYM) kullanılarak yapılır, yüzdelik ve derece cinsinden ifade edilirler. Raster veriler üzerindeki eğim hesaplaması her pikselin değeriyle çevre 8 pikselin yükseklik değerleri arasında yatay ve dikey yöndeki değişim farklarına bağlı olarak gerçekleştirilir. Eğim hesaplaması için kullanılan formüller aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekilde dikey yöndeki yükselti farkı h , yatay uzaklık l olarak verilmiştir. Eğer eğim yüzde olarak hesaplanmak istenirse çıkan oranın 100 ile çarpımı yapılır. Derece cinsinden eğim elde etmek için çıkan oranın arctanjantı (atanjant) alınır. Aşağıdaki şekilde h değerinin 200 ve l değerinin 500 olduğu iki nokta arasında %40'lık veya 21.80° lik bir eğim değerinin olduğunu söyleyebiliriz.

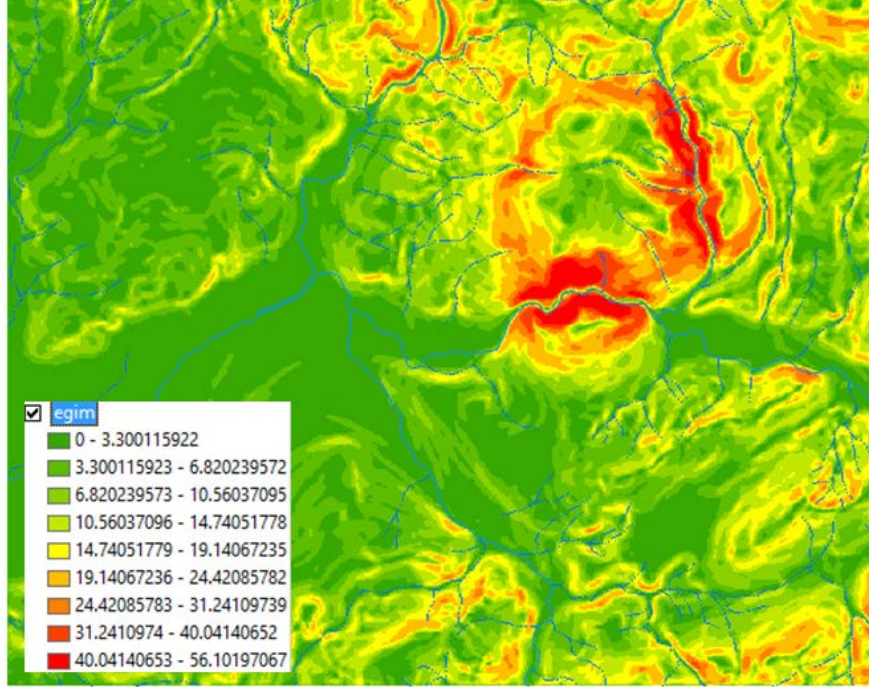


$$\text{Eğim Yüzde} = \frac{h}{l} * 100 = \frac{200}{500} * 100 = 40$$

$$\text{Eğim Derece} = \arctan \frac{h}{l} = \arctan \frac{200}{500} = 21.80$$

Şekil 1.6. Eğimin yüzde ve derece cinsinden hesaplanmasına örnek.

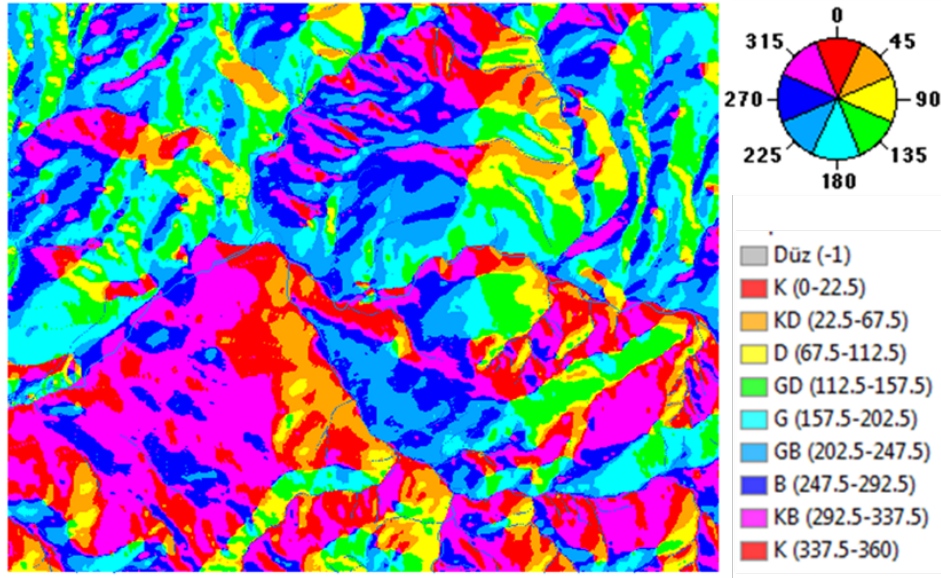
Şekil 1.7 İnboğazı ve çevresinin (Havran-Balıkesir) derece cinsinden eğim verisini göstermektedir. Lejanda baktığımızda eğim değerlerinin 0-56.10 derece arasında olduğu anlaşılır. CBS’de lejand kısmı istenen aralık ve sınıfta ayarlanabilir ve yapılacak jeomorfolojik çalışmalarda altlık olarak kullanılabilir.



Şekil 1.7. CBS’de üretilmiş raster tabanlı eğim verisi.

Bakı Analizi: Topografik bir yüzeyin konumsal yöneliminin derece (kuzeyden itibaren saat yönünde tanımlanan açı, 0- 360 derece) olarak ifadesidir. Bakının etkisiyle kuzey ve güney yamaçlardaki jeomorfik süreçler üzerinde bazı farklılıklar ortaya çıkar. Bunlar, kuzey yarımküre için kuzeye bakanlara göre daha fazla radyasyon alan güneye bakan yamaçlarda, evapotranspirasyon oranı fazlalaşır ve yağmurdan sonra bitki örtüsünde ani bir su ihtiyacı doğar. Bunun sonucu olarak bitki örtüsü daha seyrek olup ve kuraklığa dayanıklı türlerden oluşur. Seyrek bitki örtüsünün olduğu yerlerde yüzeysel akış daha fazla olmakla birlikte erozif faaliyetlerde artış gösterir. Kuzeye bakan yamaçlar ise toprak nemliliğini yağıştan sonrada uzun bir süre muhafaza eder, böylelikle nemliliği seven bitki örtüsü gelişir. Bu da toprak oluşumu için uygun şartlar sunar. Bu özellik infiltrasyonu artırıcı ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmasına karşın derin toprak oluşumu ve yüksek nemlilik içeriğinden dolayı kütle hareketleri için uygun şartlar sağlar. Görüldüğü gibi bakı faktörü topografya yüzeylerinde birçok jeomorfolojik özelliğe etkide bulunur.

Genellikle CBS yazılımlarında bakı yönleri 4 ana ve 4 ara yön ile düz alanların gösterildiği 9 sınıfta gösterilir. Bu yön ve açı değerleri Şekil 1.8’de gösterilmiştir. Bakı verisi girdi olarak raster SYM verisine ihtiyaç duyar.

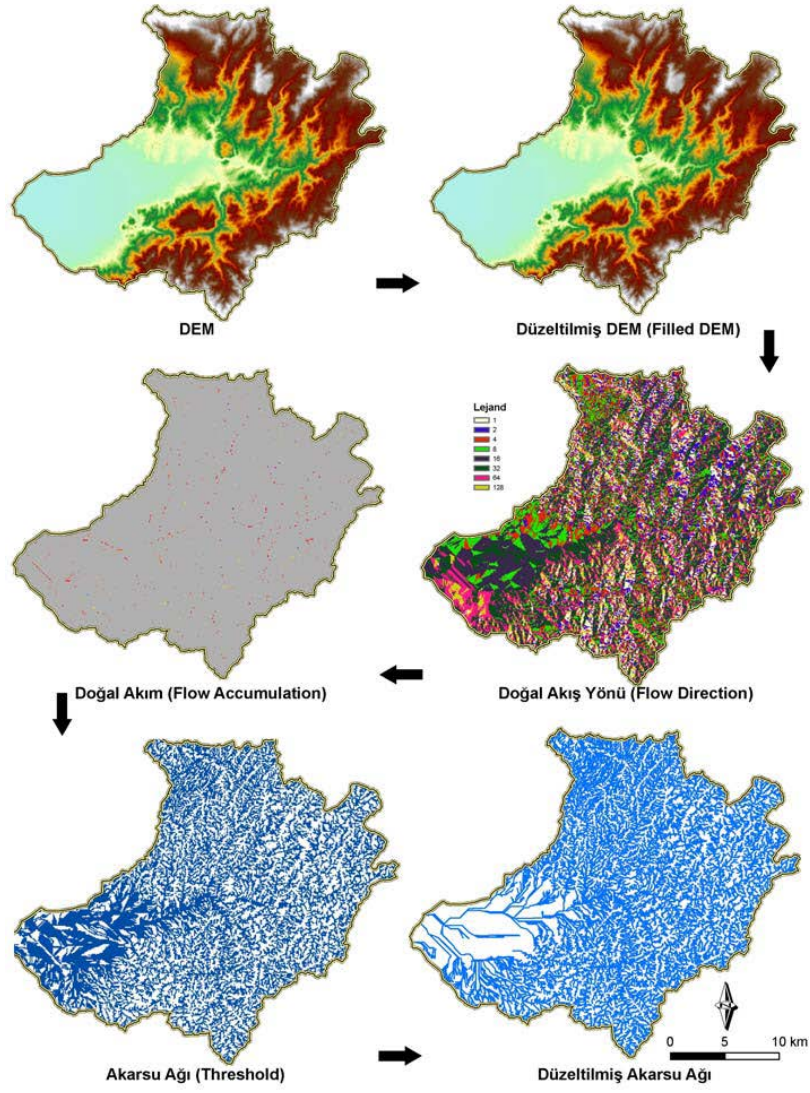


Şekil 1.7. CBS’de üretilmiş raster tabanlı bakı verisi.

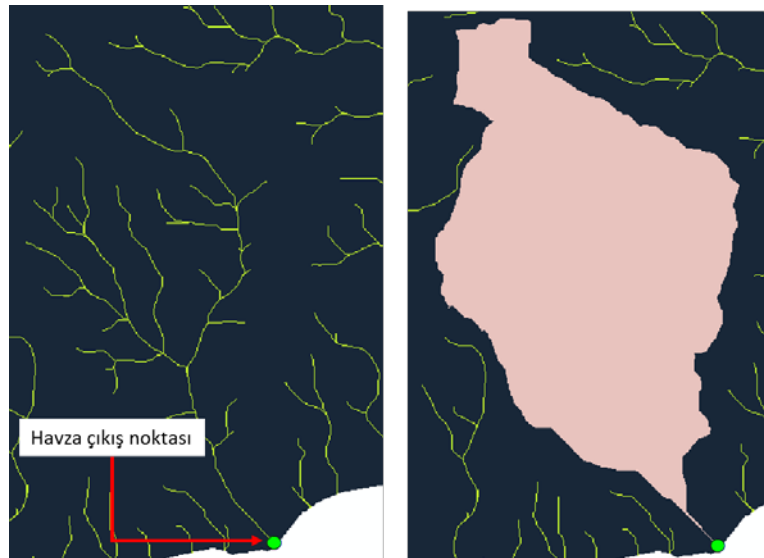
Havza Analizi: CBS’nin havza analizleri için birçok uygulaması mevcuttur. Hava akarsu ağının çıkartılması ve havza sınırlarının belirlenmesi bunlardan bazılarıdır. Havzalara ait akarsu ağları topografya haritalarından üretilebildiği gibi SYM verileri kullanılarak da üretilebilmektedir. Bu üretimde topografya haritalarından farklı olarak bütün kuru vadiler de havzalara ait potansiyel akarsu ağları olarak alınabilir ve çalışmalarda kullanılabilir. Bunun için SYM verileri içerisinde bazı eksikliklerin giderilmesi için doldurma (fill) işlemine tabi tutulur. Daha sonra doğal akış yönleri (flow direction) belirlenir. Akış yönlerinin toplanmasıyla doğal akım toplanması (flow accumulation) verisi üretilir. Son olarak da akım toplanma verisine bir eşik değeri verilerek akarsu ağı üretilir. Burada eşik değeri havzadaki veya çalışılan bölgedeki en küçük kuru vadiden de suyun akışa geçtiği varsayılacak şekilde vadi içerisindeki akım toplanma değeri verilerek akarsu ağı üretilir. Böylelikle çalışılan alanın potansiyel akarsu ağı üretilmiş olur (Şekil 1.8).

Akarsu havzalarının çıkartılması ise akarsu ağı üretilirken oluşturulan akış yönleri verisi ve havzası oluşturulmak istenen akarsuyun son çıkış noktasının belirlenmesi işlemiyle havza sınırının belirlenmesi yapılabilir. Burada belirlenen havza çıkış noktası gerisindeki aynı akış yönüne sahip piksel değerleri kullanılarak havza sınırı belirlenebilmektedir. Bu işlem gerek ana havzaların gerekse bu havzalar altındaki alt havzaların sınırlarının belirlenmesinde ve sonrasındaki jeomorfoloji çalışmalarına katkısı bakımından önemlidir.

Gerek SYM verileri, gerekse üretilen akarsu ağı ve havza verileri ile birtakım morfometrik analizler yapılabilmekte, havzaların jeomorfolojik özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Bunlardan bazıları Tablo 1.1. de verilmiştir. Tabloya bağlı olarak bir havzanın ve alt havzalarının önemli morfometrik parametreleri olan çatallanma oranları, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, tekstür oranı, havza reliefi ve engebelilik değeri gibi özellikleri belirlenmiştir.



Şekil 1.8. SYM (DEM) den akarsu ağı üretme aşamaları.



Şekil 1.9. Akarsuya ait havzasının üretilmesi.

	Dizin Çatallanma Oranı	Drenaj Yoğunluğu	Akarsu Sıklığı	Tekstür Oranı	Havza Reliefi	Engebelilik Değeri
	$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	$F_u = \frac{\sum N_u}{A}$	$T = N_{DI}(1/P)$	$Bh = H_{max} - H_{min}$	$R_n = B_n \times D_d$
1 Küçükçay	4.5, 4.5, 4.7, 4.6, 3, 4.2	7.1	40.7	30.3	1255	8.9
2 Karahayıt	4.7, 3.0, 2.0, 9, 4.6	7.5	43	20.6	299	2.2
3 Bent	4.3, 3.4, 6.6, 4.6, 2.5, 2, 3.9	6.9	41.2	45.2	1200	8.2
4 Gelin	4.4, 3.6, 5.4, 5.5, 2.8, 5, 4.4	6.8	46.7	86.3	914	6.2
5 Kışla	4.7, 3.4, 8.0, 3.1, 7, 1, 4.5	6.8	44.5	59.4	1050	7.1
6 Değirmen	4.7, 4.5, 5.1, 7, 5.3	6.5	45.9	30.8	740	4.8
7 Kızıklı	4.7, 4.5, 3.4, 4.5, 4.2	6.7	40.9	29.7	665	4.4
8 Havran Çayı	3.5, 4.0, 3.3, 2.4, 14, 0.5, 2, 4.2	4.5	17.7	20.2	611	2.7
9 Havza Genel	4.4, 3.7, 5.2, 4.4, 4.3, 5, 2, 4.1	6.4	38.3	121.1	1290	8.2

Tablo 1.1. Akarsu ağı, havza ve SYM verisine bağlı bazı morfometrik analizler.

Uygulamalar

- 1- CBS'nin jeomorfoloji alanındaki başka uygulamalarını araştırınız.
- 2- SYM üretme yöntemleri ve enterpolasyonlar hakkında araştırma yapınız.
- 3- 3 boyutlu gösterimlerin jeomorfolojinin hangi değişik analarında kullandılığı hakkında araştırma yapınız.

Uygulama Soruları

- 1- CBS'nin jeomorfoloji uygulamaları daha çok hangi alanlar üzerinde yoğunlaşmaktadır?
- 2- SYM üretiminin bu uygulamalardaki rolü nedir?
- 3- Jeomorfoloji çalışmalarında CBS'nin kullanım alanı ne kadardır?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Bu bölümde CBS'nin jeomorfolojinin hangi alanlarda kullanım imkânı olduğu genel hatlarıyla verilmiştir. Ancak özellikle SYM üretimi, topografyaların görselleştirilmesi ve haritalaması ve jeomorfolojik analizler üzerinde uygulamalarından daha detaylı bilgi verilmiştir.

SYM üretilmesi, yüzeyi temsil eden nokta, çizgi ve alan objelerinin sahip olduğu x, y ve z değerleri kullanılarak belirli algoritmalar çerçevesinde bu objelerin sürekli alan verileri haline dönüştürülme işlemidir. Burada mekânsal verilerin var olan x ve y koordinatları yanında z (yükseklik) değerinin de olması şarttır. Nitekim var olan veriler arasındaki bilinmeyen z değerleri, bilinen z değerleri yardımıyla üretilmektedir. Burada şunu belirtmek gerekirken, sürekli alan verisi olarak SYM'lerin üretilmesinde kullanılan girdi verisi ve enterpolasyon teknikleri, sonuçları doğrudan etkilemektedir. Bundan dolayı, çalışma amacına uygun olarak verinin üretilmesi ve uygun tekniğin seçilmesi önemlidir. Ayrıca üretilecek SYM verisinin hücre çözünürlüğü de yüzeyi temsil kabiliyeti açısından önemlidir.

Topografyanın görselleştirilmesi başlığı altında ise gölgelendirme ve haritalama konularında durulmuştur. Gölgelendirme, dağlık ve enbelilik alanlarda yükselti farklılıklarını ve yüzey morfolojilerini tasvir etmek için kullanılır. Raster SYM verisinin girdi olarak kullanıldığı gölgelendirmenin renk tonları, her bir lokasyonun yönüne göre ışığı yansıtma miktarını ifade eder. Arazi yüzeylerine ait bu gölgelendirme verisi sahalara ait birçok jeomorfolojik özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır; fay hatlarının belirlenmesi, kütle hareketlerinin belirlenmesi, buzul jeomorfolojisi, akarsu ve karst jeomorfoloji uygulamaları bunların başlıcalarıdır. Jeomorfoloji haritalamalarında herhangi bir topografyanın jeomorfolojik özellikleri, CBS içerisinde piksel tabanlı raster veri olarak, nokta, çizgi ve alansal vektör veri olarak ve sahip oldukları öz nitelik verileri de öz nitelik tablolarında kolaylıkla depolanabilir. Böylece amaca yönelik jeomorfoloji haritaları üretilebilir.

Jeomorfolojik analizler başlığı altında eğim, bakı ve havza analizi konuları üzerinde durulmuştur. Bunlardan eğim hesaplamaları raster yükseklik verisi (SYM) kullanılarak yapılır, yüzdelik ve derece cinsinden ifade edilirler. Raster veriler üzerindeki eğim hesaplaması her pikselin değeriyle çevre 8 pikselin yükseklik değerleri arasında yatay ve dikey yöndeki değişim farklarına bağlı olarak gerçekleştirilir. Bakı'da raster yükseklik verisine bağlı olarak gerçekleştirilir. Bakı, topografik bir yüzeyin konumsal yöneliminin derece (kuzeyden itibaren saat yönünde tanımlanan açı, 0- 360 derece) olarak ifadesidir. Genellikle CBS yazılımlarında bakı yönleri 4 ana ve 4 ara yön ile düz alanların gösterildiği 9 sınıfta gösterilir. Son olarak havza analizinde akarsu ağı ve havzasının üretimi ile bunların yapılan bazı analizler üzerinde bilgiler verilmiştir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi yeryüzü şekillerini anlamaya yönelik oluşturulan bilgilerden değildir?

- a) Morfojenetik süreçler
- b) Aşındırma şekilleri
- c) Buzul şekilleri
- d) Sanayileşme
- e) Antropojenik şekiller

2. Aşağıda SYM ile verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

- a) Jeomorfolojide fazla uygulama alanına sahip değildir
- b) x, y ve z değerine sahip verilerden üretilir
- c) TIN modeli en basit örneğidir
- d) Sayısal Yükselti Modelinin kısaltılmışıdır
- e) ANUDEM SYM üretiminde kullanılan enterpolasyonlardan birisidir.

3. Aşağıdakilerden hangisi jeomorfoloji çalışmaları için SYM ile üretilen verilerden birisi değildir?

- a) Eğim
- b) Bakı
- c) Havza sınırının belirlenmesi
- d) Gölgeleme
- e) Akarsu ağı üretme

4. SYM çözünürlüğü ile ilgili olarak aşağıdaki bilgilerden hangisi doğrudur?

- a) Çözünürlük arttıkça detay artar.
- b) Yüksek çözünürlükte piksel boyutu büyüktür
- c) Düşük çözünürlükte piksel boyutu küçüktür
- d) Yüksek çözünürlükte verinin detayları azalır
- e) Düşük çözünürlükte verinin detayları artar

5. Aşağıdakilerden hangisi akarsu ağı üretiminde kullanılan aşamalardan birisi değildir?

- a) Eşik değeri belirleme
- b) Görünürlük belirleme
- c) SYM doldurma işlemi
- d) Akış yönleri
- e) Akım toplanma

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Topografik bir yüzeyin konumsal yöneliminin derece (kuzeyden itibaren saat yönünde tanımlanan açı, 0- 360 derece) olarak ifadesinedenir.

7. Topografya yüzeyinin yatayla yaptığı açıyadenir.

8., dağlık ve enbelilik alanlarda yükselti farklılıklarını ve yüzey morfolojilerini tasvir etmek için kullanılır.

9. ANUDEM'in nokta ve çizgilerin bilinenlerden bilinmeyeni üretmek için kullandığı enterpolasyon tekniği enterpolasyon tekniğidir.

10. Çözünürlüğün yüksek veya düşük olması tamamen girdi verilerinin veine bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Cevaplar

1)d, 2)a, 3)c, 4)a, 5)b, 6)Bakı, 7) Eğim, 8)Gölgelendirme, 9)Sonlu farklar, 10)Yoğunluk – hassasiyet.

2. UZAL JEOMORFOLOJİ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 1.2.** UZAL ile Jeomorfoloji Uygulamaları
 - 1.2.1.** Çizgiselliklerin Analizi ve Haritalanması
 - 1.2.2.** SYM (DEM) Üretimi
 - 1.2.3.** Kayaç ve Mineral Analizleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- UZAL ile ne tür jeomorfoloji çalışmaları yapılmaktadır?
- 2- Çizgiselliklerin belirlenmesinde hangi uzaktan algılama verileri kullanılır?
- 3- SYM verilerinin üretilmesi hangi uzaktan algılama ürünleri mümkündür?
- 4- UZAL kayaç ve mineral analizinde ne tür imkânlar sunar?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
Uzaktan algılama ile jeomorfoloji uygulamaları	Uzaktan algılama jeomorfoloji çalışmalarında ne tür imkânlar sunduğu hakkında bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Çizgiselliklerin analizi ve haritalanması	Çizgisellik analizi ve uzaktan algılama uygulaması hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
SYM üretimi	SYM üretmedeki uzaktan algılama ürünlerinin neler olduğu hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Kayaç ve mineral analizi	Kayaç ve mineral belirlemede uzaktan algılamanın ne tür avantajlar sağladığı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Uzaktan algılama
- Jeomorfoloji
- Çizgisellik
- SYM
- Kayaç - Mineral

Giriş

Uzaktan algılamanın birçok alanda uygulamaları bulunmakla birlikte coğrafya bilimimiz açısından önemli uygulama alanlarından birisi de jeomorfoloji çalışmalarıdır. Jeomorfoloji sahip olduğu kapsam ve içerik olarak ayrıca da ilişki içerisinde olduğu bilimler açısından çok geniş araştırma alanı vardır. Bu alanlardan birçoğunda uzaktan algılama sahip olduğu imkan ve olanaklar ölçüsünde jeomorfolojiye katkı sağlar. Bu bölümde jeomorfoloji çalışmaları içerisinde yaygın olarak kullanılan bazı uygulamalarına örnekler verilecektir. Bunlar; çizgiselliklerin belirlenmesi, SYM üretme ve kayaç mineroloji çalışmaları şeklindedir.

2.1.Uzaktan Algılama ile Jeomorfoloji Uygulamaları

Uzaktan algılamanın sunmuş olduğu imkânlar dâhilinde jeomorfolojik çalışmalarda birçok alanda uydu görüntülerinin kullanımı gerçekleştirilmektedir. Uzaktan algılama verilerinin;

- En küçük alandan en büyük alana kadar değişik çözünürlüklerde görüntü üretmesi,
- Stereo görüntü imkânı sunmasıyla sahalara ait sayısal arazi modellerinin üretilabiliyor olması,
- Geniş bir veri arşivinin bulunması

gibi özelliklere bağlı olarak jeomorfolojik çalışmalarda geniş kullanım imkanı bulur. Uzaktan algılama direkt jeomorfolojik birimler ve özellikler üzerinde çalışma imkanı sunmakla birlikte jeomorfolojinin gelişmesinde katısı olan arazi kullanım şekilleri, toprak, bitki örtüsü ve topografyalar üzerinde yapılacak çalışmalarla da dolaylı olarak jeomorfolojiye destek sağlar. Uzaktan algılamanın jeomorfoloji çalışmalarındaki genel uygulamalarını şu şekilde maddeleyebiliriz;

- a- Kayaç tiplerinin analizi ve belirlenmesi,
- b- Çizgiselliklerin analizi ve haritalanması
- c- Jeomorfolojik haritalama
- d- Mineral çalışmaları
- e- Sayısal Yükselti Modeli üretimi
- f- Uygulamalı jeomorfoloji çalışmaları şeklindedir.

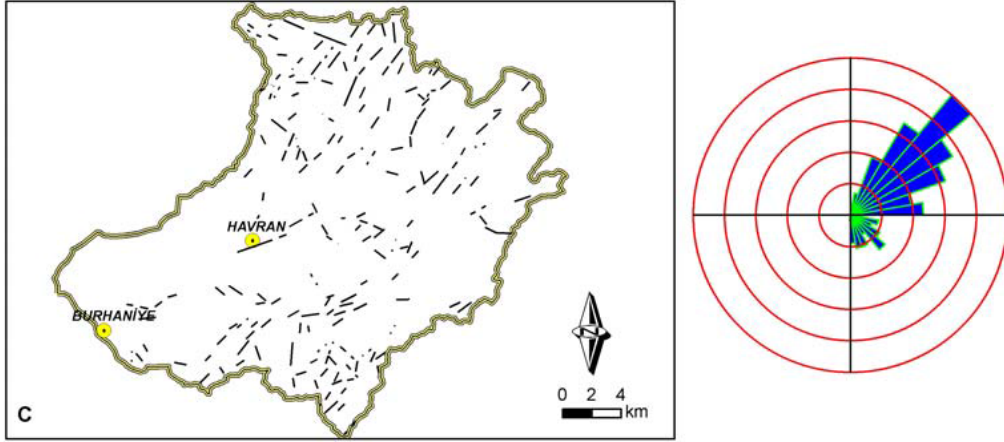
Bu başlık altından yukarıda verilen kullanım alanlarından bazıları üzerinde durulacaktır.

2.1.1. Çizgiselliklerin Analizi ve Haritalanması

Çizgisellik şekil itibari ile çevresinde bulunan yapılardan kolayca ayrılabilen ve muhtemelen yer altı yapılarını temsil eden haritalanabilir yüzey özellikleridir. Çizgiselliklerin tanımlanması farklı disiplinlerde çeşitli problemlerin çözülmesinde önem teşkil etmektedir. Mühendislik çalışmalarında baraj ve köprü inşaa sahalarının belirlenmesinde, jeolojik formasyon sınırlarının belirlenmesinde fay ve kırık zonlarının belirlenmesinde çizgiselliklerin belirlenmesi önem teşkil etmektedir. Genellikle çizgiler hava fotoğraflarından, uydu görüntülerinden, jeofizik verilerden, jeolojik ve topoğrafik haritalardan çıkartılır.

Çizgisellik haritalarının yapılmasında geniş alanları kapsaması, aynı koşullar altında geniş alanlarda analiz yapılmasına imkân sağlaması sebebiyle uydu görüntüleri sıklıkla kullanılır. Çalışmalarda kullanılacak uydu görüntüsünün çözünürlüğü yapılacak çalışmanın amacına ve detayına bağlı olarak değişmektedir. Uydu görüntülerinden elde edilen çizgisellikler daha önceden yapılmış aynı bölgeye ait fay haritaları ile karşılaştırılarak bu fayların doğruluğu kesinleştirilir veya yeni fay zonları belirlenir. Buna bağlı olarak fay, çizgisellik ve kırıkların belirlenmesinde sık olarak kullanılan Landsat uydu görüntüleridir. Özellikle Landsat bantlarından 4, 5 ve 7. bantlar sahip oldukları yansıma özelliklerine bağlı

olarak en fazla kullanılırlar. Bunlardan 4. Bant, jeolojik çizgiselliği diğer bantlardan daha fazla göstermesi, 5. Bandın litolojik ve yapısal haritalamada kullanışlı olması ve 7. Bandın ise atmosferik püskürtme dolayısıyla nemlilik etkisi ve kontrast kaybının minimum olmasından dolayı en fazla kullanılan bant olma özelliklerine sahiptirler. Çizgisellik çıkartımında belirtilen bantlar dışından başka bantlara da uygulamalar mevcuttur. Bantlara uygulanan tekstür analizleri sonucunda sahalara ait çizgisellikler çıkartılabilmektedir (Şekil 2.1). Bu çizgiselliklerin yönleri daha önce belirlenmiş saha üzerindeki fayların yönleriyle ve dağılımıyla örtüştüğü oranda yapılan çalışmanın doğruluğunu belirlenebilmektedir.

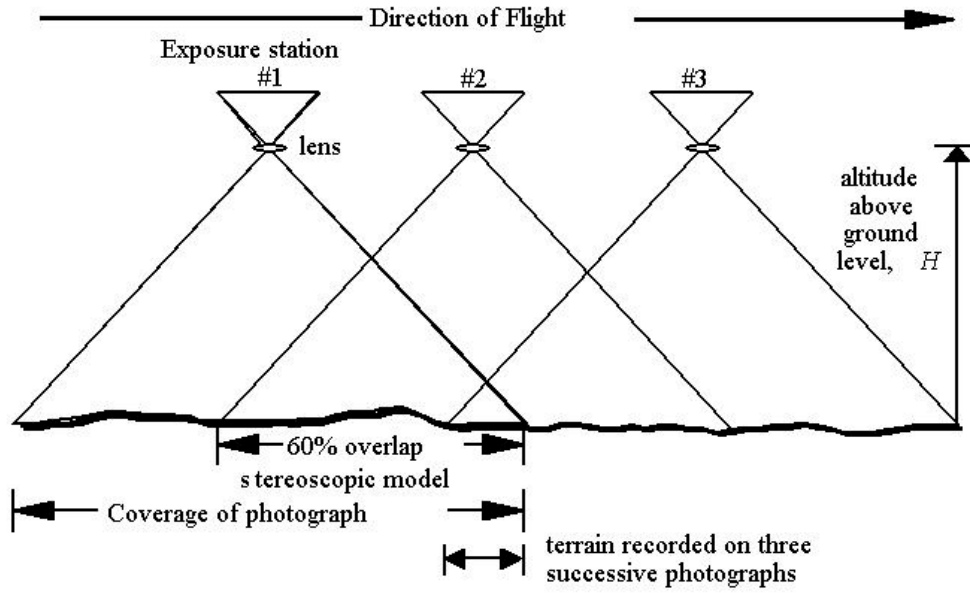


Şekil 2.1. Havran Çayı havzasında Landsat uydu görüntüsünden üretilmiş çizgisellikler ve yönleri.

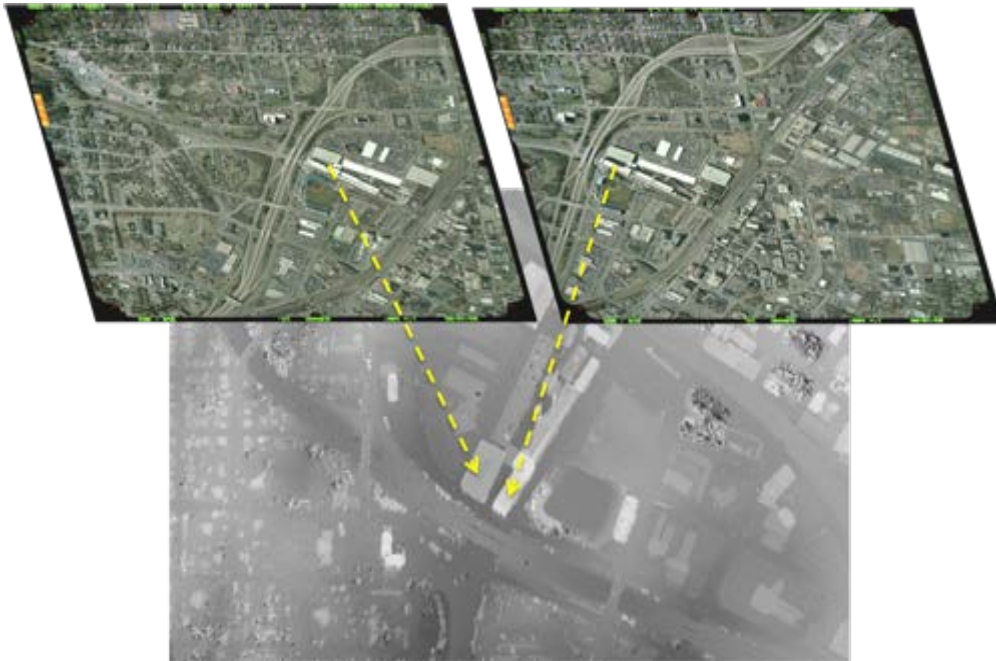
2.1.2. SYM (DEM) Üretimi

Uzaktan algılama geniş alanlara ait SYM verilerinin üretilmesi bakımından büyük kolaylıklar sunar. SYM verileri uzay platformlarından (uydulardan), hava platformlarından ve yer platformlarından üretilmektedir. Dolayısıyla SYM verisi kaynaklarını hava fotoları, LİDAR (hava ve yersel) ve RADAR olarak üç grupta ele alabiliriz.

Hava fotoları, yüksek çözünürlüklü ve yüksek kaliteli olarak hava platformlarından çekilen fotoğraflardır. Bu fotoğraflar genellikle renkli, siyah-beyaz ve bazen de kızıl ötesi bantlardan oluşmaktadır. Arazi ölçümleri ve Yer Kontrol Noktalarının (YKN) kullanımıyla bu fotoğraflar jeoreferanslandırılır ve arazilerin görüntüleri elde edilirler. Ancak bu görüntüler tek başına arazilere ait yükseklik verilerini bünyesinde barındırmazlar. Farklı bir bakış açısından aynı bölgenin çekilmiş diğer hava fotolarında kullanılarak arazilere ait yükseklik çıkartımları gerçekleştirilir. Bu yanyana çekilmiş hava fotolarının %60 oranından bindirmeye sahip olması gerekmektedir (Şekil 2.2,3). Bu şekilde üretilmiş stereo hava fotolarıyla YKN ve fotogrametrik yöntemlerle arazilere ait yükseklik verilerinin çıkartımı yapılmaktadır. Sonuç görüntülere ortofoto görüntü denir ve böylece fotoğraf üzerindeki objelerin lokasyonları doğru olarak gösterilmiş olur.



Şekil 2.2. SYM üretilen hava fotolarının çekilişi.

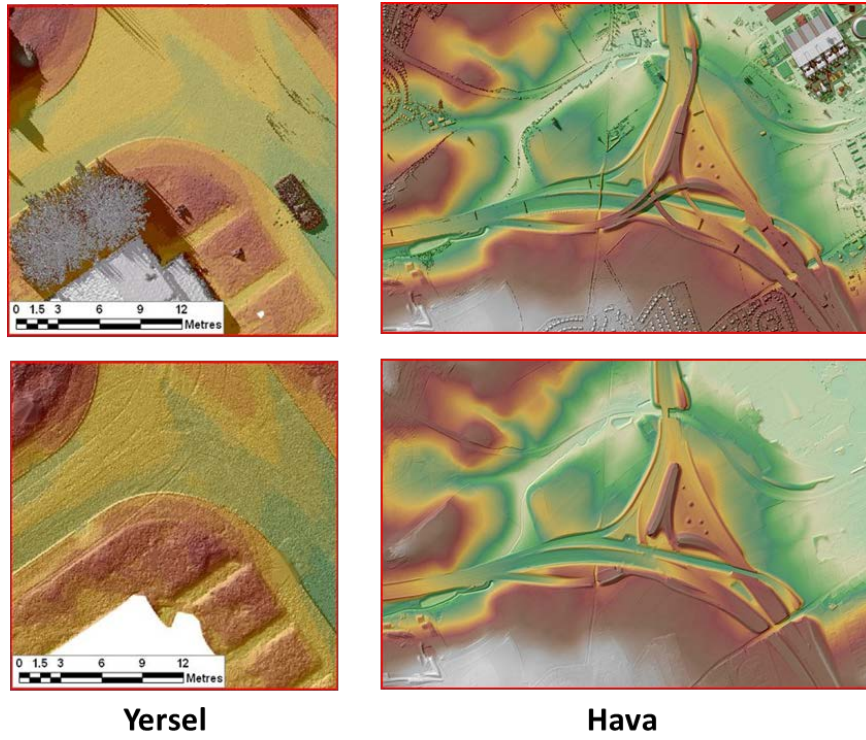


Şekil 2.3. %60 bindirme ile çekilmiş hava fotoları ve üretilen SYM (www.omnidem.us).

LiDAR (Light Detection and Ranging), 1990 lı yıllarda ortaya çıkmış ilk ticari topografik haritalama sistemidir. LiDAR aktif bir sensör olup yakın kızılötesi veya bazen yeşil dalga boylarını yüzeye göndermesi ve sinyallerin geri yansımalarını kaydetmesiyle çalışır. Sinyalin gidişi ve dönüşündeki zaman farkıyla sensör ile zemin arasındaki mesafe belirlenir. Genel olarak her bir saniyede 5000 – 100000 arasında x, y ve z değerine sahip nokta verisi toplanır. LiDAR hava LiDAR ı ve yersel LiDAR olmak üzere iki şekildedir. Hava LiDAR verilerin doğruluk dikeyde 15 cm, 50-100cm yatay doğruluğa sahiptir (Smith, 2005). Yersel LiDAR verilerinde doğruluk $\pm 5\text{cm}$ verilmektedir (Özdemir vd. 2013). LiDAR ile üretilen SYM'lerin üretilme zamanı hava fotolarinkine oranlar daha kısadır.

LiDAR verilerin dezavantajı, çok yoğun ve detaylı arazi yüzeylerini bünyelerinde barındırmasıdır. Veri içerisindeki bu gereksiz verilerin temizlenmesi, veri işleme aşamasında gerçekleştirilir ve çok zaman alıcıdır. Ayrıca çok dik yamaçlara ait bazı yanlış okumlarda gerçekleşebilmektedir.

Şekil 2.4'te hava ve yersel LiDAR verileriyle üretilmiş SYM'ler verilmiştir. Burada yersel ile hava LiDARı arasındaki fark net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Yersel lidar verisi daha detaylı veri yoğunluğuna bağlı olarak cadde üzerindeki kaldırımlara kadar net bir şekilde görülebilmekte, ancak hava lidarı verisinde bu detay kaybolmaktadır. Ayrıca iki LiDAR verisinde üstte bulunan SYM ler salt topografya yüzeyini göstermeyip binalar, ağaçlar, araçlar gibi yüzeyde diğer objelerin de yükseklik bilgilerini içermektedirler. Ancak alttaki SYM de ise topografya üzerindeki bu bilgiler elimine edilmiş salt yüzeye ait yükseklik verisi haline getirilmiştir.

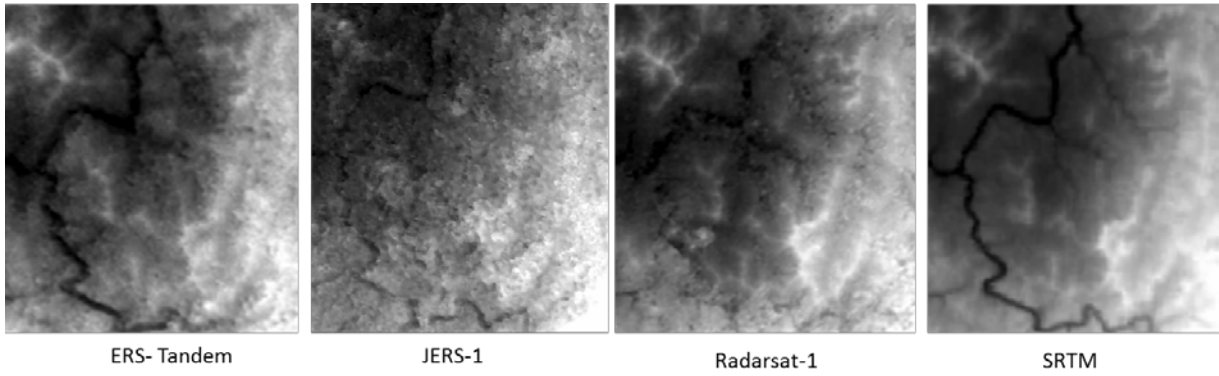


Şekil 2.4. Yersel ve Hava LiDAR ile üretilmiş ait SYM verileri.

RADAR'larda hava ve uzay platformlarında olabilmektedirler. Uzay platformlarında daha geniş alanları algılamaları, hava koşullarından etkilenmemeleri ile ön plana çıkarlar. Radar verileriyle SYM üretimi Repeat-pass (örneğin ERS 1/2 tandem verisi) ve Single-pass Interferometrik görüntülerle (örneğin SRTM) mümkün olmaktadır. SYM'nin interferometri ile üretilmesi çekilen iki radar görüntü arasındaki faz farkına bağlı olarak oluşturulur. Üretilen SYM verisinin kalitesi ise;

- İki radar görüntü arasındaki faz farkına
- Yükseltisi fazla olan alanlara
- Bitki örtüsüne bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Radarların daha geniş alanları daha hızlı bir şekilde görüntüsünü sağlaması, uzun radar dalgaları sayesinde atmosferdeki her türlü paraziti geçerek veri sağlayabildikleri için SYM üretiminde önemlidirler. Ancak topografya haritalarından üretilen SYM verileriyle karşılaştırıldıklarında, RADAR SYM ler üzerinde birtakım gürültünün (bozuklukların) olduğunu ve bazı lokasyonu kesin olan objelerin radarların çekiş açılarına bağlı olarak yerlerinde kaymalar olduğunu görürüz. Topografyanın fazla engeli olduğu alanlarda gölge etkisi de verinin sağlam elde edilmesinde büyük engel olarak karşımıza çıkar. SYM verilerinin doğrulukları ve çözünürlükleri sensörlere göre değişkenlik gösterir. Şekil 2.5'te değişik sensörlere ait SYM verileri verilmiştir. Buna göre ERS en kötü çözünürlüğe sahipken SRTM verisi daha net bir görüntü sunar.



Şekil 2.5. Radar Interferometri ile üretilmiş SYM verileri.

1.2.3. Kayaç ve Mineral Analizleri

Kayaçların içerisinde yer alan minerallerin belirli bir yansıma değeri vardır. Bu yansıma değeri o mineral ya da kayacın tayfsal imzası olarak nitelendirilir. Kayaç ya da mineral, belirli dalga boyundaki enerjiyi soğurur ya da yansıtır. Buna göre aranacak madenintayfsal özelliğine göre görüntü ve band seçimi yapılır ve madenin yoğunlaştığı yerler belirlenmeye çalışılır.

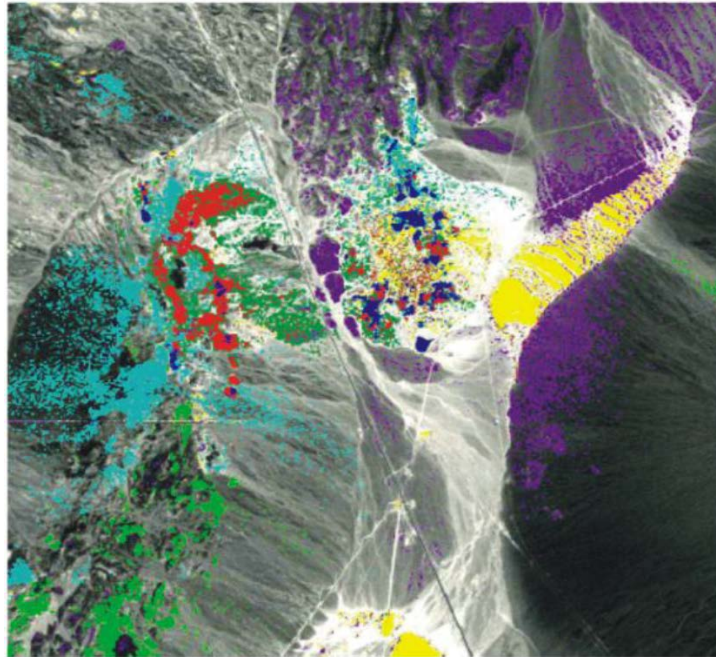
Mineral zonlarının belirlenmesi ve kayaç tiplerinin analizinde Landsat ETM ve ASTER (Görünür ve Kızılötesi dalga boyu) uydu görüntüleri ve ayrıca yüksek çözünürlükte olan Quickbird uydu görüntüleri de kullanılmaktadır.

Landsat uydu görüntüleri ile yapılabilen mineral araştırmalarında demiroksit/hidroksit minerallerini (hematit, götit vb.) belirlemek için 3/1 bant oranlaması ve hidroksit iyonu (OH-) içeren mineralleri (kilmineralleri) belirlemek için 5/7 bant oranlaması kullanılabilmektedir. Yine Landsat görüntüsünde 7-4-2 kombinasyonu kayaç türlerinin belirlenmesinde kullanışlıdır. Burada 7. Bant (kısa dalga boyu kızıl-ötesi) kırmızı renk kanalına, 4. Bant (yakın kızılötesi) yeşil renk kanalına ve 2. Bant (görünür yeşil) da mavi renk kanalına atanır. Böylece doğal olmayan renge sahip bir görüntü elde edilir. Bu görüntü aracılığıyla görünür dalga boylarında ayırt edilemeyen- görünemeyen farklılıklar ayrıntılar görünür hale gelir. İhtiyaca ve nesnelerin (bitkiler, kayalar, yerleşim yerleri vs) özelliklerine göre değişik bant kombinasyonları kullanılabilir (4,3,2 - 4,5,3 - 7,5,3).

Yine **ASTER uydu görüntüleri** ile demiroksit/hidroksit (hematit, götit vb.), alunit/kaolinit, Alüminyum-hidroksit (Al-OH) içeren mineraller (kilmineralleri, muskovit, serizit vb.), çeşitli minerallerin (opal ve jarosit) belirlemek amacıyla da çeşitli bant kombinasyonları yapılmaktadır. Öyleki biz bu mineralleri belirlemek amacıyla demiroksit/hidroksit mineralleri için 2/1, alunit/kaolinit için 4/5, Al-OH içeren mineralleri için 5+7/6, opal için 4+5/7 ve jarosit minerali için 8/7 bant oranlamaları ile mineral analiz çalışmaları yapabilmekteyiz. Bilindiği gibi ASTER uydusu 14 banttan oluşmaktadır. Bu bantlardan Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) 6 adet bant genellikle yer bilimleri çalışmalarında birim ayırtılmasında direk olarak ya da dolaylı olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.6). Yine ASTER 3N ve 3B bantlarından elde edilen stereoskopik görüntüler yeryüzü yapısal özelliklerinin ortaya çıkarılmasında kullanıldığı gibi kaya türlerinin tayininde de etkin olarak kullanılabilir. Özellikle akarsu drenaj ağının tespit edilmesiyle, bu drenaj ağının magmatik, metamorfik veya sedimanter gibi hangi kaya türüne ait olabileceği konusunda bilgiler edinmemize yardımcı olabilmektedir.

Quickbird uydu görüntüleri ile de mineral çalışmaları yapılmaktadır. Bu uydu görüntülerinde çeşitli bant kombinasyonları uygulanarak farklı renk tonlarında tanımlanan kayaç cinsi ve buna mukabil mineral belirlemesi yapılabilir. Ancak Quickbird uydusunun 4 banda sahip olması nedeniyle Landsat'a kıyasla mineral çalışmada daha az tercih edilmekte; buna karşın dar alanlı çalışmada yüksek çözünürlüğü nedeniyle daha hassas ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Özellikle demir ve demiroksit analizleri Quickbird çalışmalarında çok hassas sonuçlar vermiştir.

Sonuç olarak mineral çalışmada çeşitli bant kombinasyonlarıyla sık sık ASTER, Landsat ve Quickbird uydu görüntülerinden faydalanılabilmektedir.



Şekil 2.6. ASTER uydu görüntüsü kullanılarak yapılmış mineral sınıflaması örneği

Uygulamalar

- 1- Uzaktan algılamanın jeomorfloji alanındaki diğer uygulamalarını araştırınız.
- 2- Hangi spektral aralıklar jeomorfoloji çalışmalarında daha fazla kullanılmaktadır araştırınız.
- 3- CBS ve UZAL ile üretilen SYM verilerini karşılaştırınız.

Uygulama Soruları

- 1- UZAL'ın jeomorfoloji uygulamaları daha çok hangi alanlar üzerinde yoğunlaşmaktadır?
- 2- UZAL ile SYM üretiminin bu uygulamalardaki rolü nedir?
- 3- Jeomorfoloji çalışmalarında UZAL'ın kullanım alanı ne kadardır?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Uzaktan algılamanın jeomorfoloji çalışmalarındaki genel uygulamalarını şu şekilde maddeleyebiliriz; kayaç tiplerinin analizi ve belirlenmesi, çizgiselliklerin analizi ve haritalanması, jeomorfolojik haritalama, mineral çalışmaları, Sayısal Yükselti Modeli üretimi, uygulamalı jeomorfoloji çalışmaları şeklindedir.

Çizgisellik şekil itibari ile çevresinde bulunan yapılardan kolayca ayrılabilen ve muhtemelen yer altı yapılarını temsil eden haritalanabilir yüzey özellikleridir. Mühendislik çalışmalarında baraj ve köprü inşaa sahalarının belirlenmesinde, jeolojik formasyon sınırlarının belirlenmesinde fay ve kırık zonlarının belirlenmesinde çizgiselliklerin belirlenmesi önem teşkil etmektedir. Fay, çizgisellik ve kırıkların belirlenmesinde sık olarak kullanılan Landsat uydu görüntüleridir. Özellikle Landsat bantlarından 4, 5 ve 7. bantlar sahip oldukları yansıma özelliklerine bağlı olarak en fazla kullanılırlar.

SYM verileri uzay platformlarından (uydulardan), hava platformlarından ve yer platformlarından üretilebilmektedir. Dolayısıyla SYM verisi kaynaklarını hava fotoları, LİDAR (hava ve yersel) ve RADAR olarak üç grupta ele alabiliriz. Burada farklı bir bakış açısından aynı bölgenin çekilmiş diğer hava fotolarıda kullanılarak arazilere ait yükseklik çıkarımları gerçekleştirilir. Bunun için yanyana çekilmiş hava fotolarının %60 oranından bindirmeye sahip olması gerekmektedir Bu şekilde üretilmiş stereo hava fotolarıyla YKN ve fotogrametrik yöntemlerle arazilere ait yükseklik verilerinin çıkartımı yapılmaktadır.

Mineral zonlarının belirlenmesi ve kayaç tiplerinin analizinde Landsat ETM ve ASTER (Görünür ve Kızılötesi dalga boyu) uydu görüntüleri ve ayrıca yüksek çözünürlükte olan Quickbird uydu görüntüleri de kullanılmaktadır.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi jeomorfoloji çalışmalarında hem CBS hem de UZAL ile gerçekleştirilebilen çalışmalardan birisidir?

- a) SYM üretimi
- b) Çizgisellik çıkarımı
- c) Mineral belirleme
- d) Enterpolasyonlar
- e) Kayaç analizleri

2. Aşağıdakilerden hangisi UZAL'ın jeomorfoloji çalışmalarındaki genel uygulama alanlarından değildir?

- a) Kayaç tiplerinin analizi
- b) Bitki türlerinin belirlenmesi
- c) Mineral çalışmaları
- d) Çizgisellikler analizi
- e) SYM üretimi

3. – Landsat uydu görüntüleri sıklıkla kullanılır,

- 4, 5, ve 7. Bantlar daha çok ön plana çıkar
- Elde edilen veriler faylar ve yönleriyle karşılaştırılır

Yukarıda verilen özellikler UZAL'ın jeomorfoloji alanındaki hangi uygulamasına ait özelliklerdir.

- a) Kayaç analizi
- b) Mineral analizi
- c) SYM üretme
- d) Eğim analizi
- e) Çizgisellik analizi

4. UZAL ile SYM üretme ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

- a) Stereo hava fotoları kullanılır
- b) LiDAR verileri ile SYM üretilebilir
- c) Radar veriler ile SYM üretilebilir
- d) Landsat görüntüsünün 4,5 ve 7. Bandı ile SYM üretilir
- e) Yersel LiDAR verilerinin çözünürlüğü yüksektir.

5.– Landsat uydusunda 3/1 bant oranlaması hidroksit iyonu belirlenebilir

- Yüksek çözünürlüklü Quickbird uydusu dar alanlı çalışmalara katkısı fazladır
- ASTER uydusunda 4+5/7 bant oranlaması ile opal belirlenebilir.

Yukarıda verilen analizler UZAL'ın jeomorfoloji çalışmalarından hangisini tanımlar?

- a) Kayaç analizi
- b) SYM üretme

c) Mineral analizi

d) Eğim analizi

e) Çizgisellik analizi

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Yersel LiDAR verilerinde doğrulukverilmektedir.

7. Bu yanyana çekilmiş hava fotolarınınoranından bindirmeye sahip olması gerekmektedir

8. Landsat görüntüsündekombinasyonu kayaç türlerinin belirlenmesinde kullanışlıdır.

9. Quickbird uydusunun 4 banda sahip olması nedeniyle Landsat'a kıyaslaçalışmalarında daha az tercih edilmektedir.

10. Landsat görüntülerindeki, jeolojik çizgiselliği diğer bantlardan daha fazla göstermektedir.

Cevaplar

1)a, 2)b, 3)e, 4)d, 5)c, 6) $\pm 5\text{cm}$, 7) %60, 8) 7-4-2, 9)Landsat, 10) 4. Bant

3. CBS KLİMATOLOJİ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

3.1. CBS ile Klimatoloji Çalışmaları

3.1.1. İstasyon Verilerinin CBS’de İşlenmesi

3.1.2. Dağılışı Haritalarının Oluşturulması

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- CBS'nin klimatoloji çalışmalarında ne tür uygulamalara sahiptir?
- 2- Klimatoloji çalışmalarında kullanılan enterpolasyon teknikleri nelerdir?
- 3- CBS'de klima elemanları ile ilgili veri tabanı nasıl oluşturulur?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
CBS ile klimatoloji çalışmaları	CBS'nin klimatoloji çalışmalarına katkısı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
İstasyon verilerinin CBS'de işlenmesi	İstasyon verilerinin CBS'de veritabanı oluşturulması hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Dağılım haritalarının oluşturulması	Klimatoloji çalışmalarındaki enterpolasyonların neler olduğu ve özellikleri hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Coğrafi Bilgi Sistemleri
- Klimatoloji
- İstasyon verisi
- Enterpolasyon
- IDW
- Spline
- Kriging

Giriş

CBS'nin önemli uygulama alanlarından birisi de klimatolojidir. Özellikle geçmiş iklim verileri ve günümüz iklim verilerinin veritabanlarını tutulabildiği, bunların analiz edilebildiği ve değişimlerin ortaya konabildiği bir sistem olarak CBS yoğun olarak kullanılır. Bu bölümde özellikle klimatoloji çalışmalarına aitlik olması bakımından istasyon verilerinin CBS'de nasıl işlendiği ve bu verilerin nasıl dağılış haritalarına dönüştürüldüğü ile ilgili bilgi verilecektir.

3.1. CBS ile Klimatoloji Çalışmaları

İklim, bir yerdeki hava şartlarının uzun yıllar ortalamasını bize gösterir. Klimatoloji ise atmosfer içerisinde meydana gelen hava olayları ile yeryüzünde görülen iklim tiplerini inceleyen bilim dalıdır.

İklim ve iklim elemanları (sıcaklık, nem, rüzgâr vb.) canlıların yaşamında önemli bir rol oynamaktadır. İklim verilerinin haritalanması ve bu haritaların analizi ile şehir içi ve şehir dışında yaşayan insanların günlük ve orta vadeli yaşamlarının önceden planlanması ve olası risklere karşı önlem alınması günümüzde insanlar için hayati önem taşıyabilmektedir. Ayrıca, iklim elemanlarının digital formda mekansal iklim verisi olarak ortaya konma ihtiyacı ve CBS ile ilişkili olarak hidrolojik, ekolojik, doğal kaynak ve diğer modellerin ortaya konmasındaki önemi son yıllarda artmıştır.

CBS'nin sunduğu imkanlar iklimatoloji ve meteoroloji çalışmalarında kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bu kapsamda sadece güncel verilerin CBS'de işlenmesi ve analiz edilmesi değil, uzun yıllara ait ortalama değerlerin işlenmesi ve analiz edilmesi de CBS ile mümkün olmaktadır. Dolayısıyla geçmişten günümüze iklimde meydana gelen değişimler de CBS'de analiz edilebilir ve geleceğe yönelik perspektifler çizilebilmektedir.

CBS'nin iklim çalışmaları ile ilgili birçok alanda uygulaması bulunmakla birlikte burada sadece iklim elemanlarına ait verilerin CBS veri tabanına aktarılması ve oluşturulan bu veritabanlarına enterpolasyon teknikleri kullanarak bazı dağılış haritalarının üretilmesi konularında durulacaktır.

2.1.1. İstasyon Verilerinin CBS'de İşlenmesi

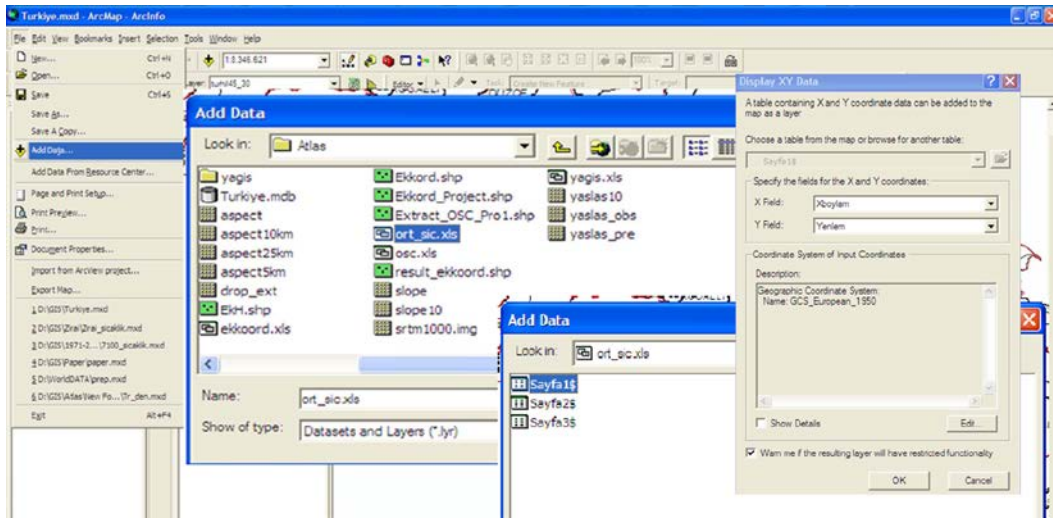
İklim elemanlarına ait günlük meteorolojik kayıtlar meteoroloji istasyonları tarafından ölçülüp kaydedilmektedir. Dolayısıyla bu veriler bir alanı temsil etmesinden çok verinin ölçüldüğü noktayı temsil ederler. Bu nedenle .txt veya .xls formatında tutulan veya elde edilen bu istasyon verileri nokta bazlı olarak CBS yazılımlarına işlenir. Bu da istasyonların bulunduğu koordinata bağlı olarak gerçekleştirilir.

CBS'de istasyon verilerinin işlenmesi için gerçekleştirilen adımlar şu şekildedir;

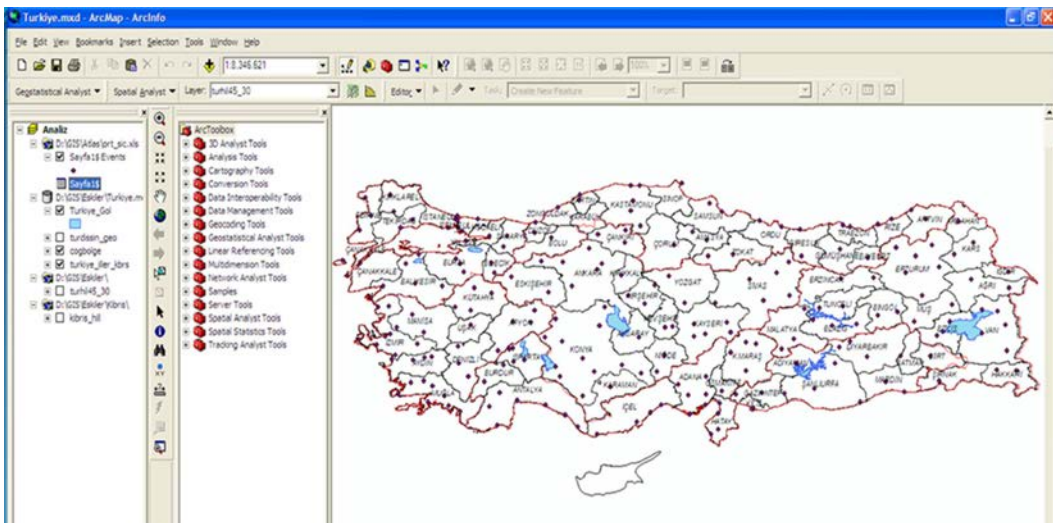
- Verisi girilecek iklim elemanına ait noktasal verilerin koordinatlı veriler dosyası Access veya Excel olarak hazırlanır (Şekil 3.1.). Şekilde illere ait sıcaklık verileri ay bazında koordinatları da girilerek excel'de kaydedilmiştir.
- Hazırlanan excel formatındaki veriler CBS yazılımında koordinatları baz alınarak çağırılır (Şekil 3.2).
- Son olarak excelde oluşturulan nokta bazlı istasyon verileri CBS yazılımına nokta veri olarak aktarılmış olur (Şekil 3.3). Bu veriler CBS derslerinde işlendiği üzere obje verileridir ve sadece nokta üzerinde ölçüm yapan istasyonlara ait değerler bulunur.

YB	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Xboyam	Yenlem	ISTASYON	Yukseklik	OCK	SBT	MRT	NIS	MAY	HAZ	TEM	AGST	EYL	EKIM	KAS	ARA	YIL	KIS	ILKB	YAZ	SON
2	29,35	37,43	ACIPAYAM	941	1,9	3,0	6,2	11,0	15,9	20,6	24,0	23,6	19,4	13,6	7,2	3,4	12,5	2,7	11,1	22,7	1
3	35,34	37,0	ADANA	25	9,6	10,4														27,3	2
4	38,28	37,76	ADIYAMAN	664	4,3	5,6														29,2	1
5	36,91	38,24	AFSIN	1220	-3,7	-1,7														21,6	1
6	30,56	38,74	AFYON	1034	0,0	1,4															
7	43,06	39,73	AGRI	1644	-11,2	-9,9															
8	42,48	38,75	AHLAT	1694	-2,7	-2,6															
9	39,56	41,02	AKCAABAT	9	6,5	6,3															
10	31,17	41,08	AKCAKOCA	10	5,0	5,1															
11	27,82	38,91	AKHISAR	93	5,9	6,9															
12	34,00	38,37	AKSARAY	962	0,0	1,6															
13	31,43	38,37	AKSEHIR	1003	0,8	2,2															
14	31,98	36,55	ALANYA	6	11,4	11,5															
15	34,32	36,61	ALATA-ERDEMLI	9	9,6	10,1															
16	32,39	41,74	AMASRA	73	0,0	5,6															
17	35,83	40,67	ANASYA	401	3,1	5,1															

Şekil 3.1. İstasyon verilerinin Excel’de koordinat ve iklim elemanlarına ait verilerin girilmesi.



Şekil 3.2. İstasyon verilerinin Excel’den CBS yazılımına çağırılması.



Şekil 3.3. CBS yazılımında nokta verilerin oluşturulması.

CBS'ye bu şekilde sadece sıcaklık verileri değil, iklim elemanlarına ait bütün veriler aktarılabilmektedir. Bunlar ayrıca yıl yıl değerlendirilerek geniş bir veritabanı tutulabilmekte ve geçmiş yıllardan günümüze iklimde meydana gelen değişimler izlenebilmektedir. Ayrıca bu veriler CBS ortamında güncellenebilmektedir.

2.1.2. Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Bir önceki başlıkta değinildiği üzere istasyon verileri noktasal bazlı verilerdir. Bu verileri alansal olarak değerlendirebilmek ve birtakım iklim ve iklimin etkilediği çalışmalarda kullanabilmek için noktasal bazlı bu verilerin çalışma alanlarına dağıtılması gerekmektedir. Günümüzde bu işlem CBS teknolojilerinde birtakım enterpolasyonlarla kolaylıkla yapılabilmektedir. Enterpolasyon, bilinen değerleri kullanarak bu değerler arasındaki bilinmeyen değerlerin tahmini işlemidir. Genel olarak iki farklı enterpolasyon tekniği bulunmaktadır. Bunlar deterministik ve stokastik yöntemlerdir.

Her iki teknikte başka bir konuma ait değerlerin hesaplanmasında çevredeki örnekleme noktalarına ait ölçülen değerleri kullanmaktadır. Deterministik teknikler enterpolasyon işleminde matematiksel fonksiyonları kullanırken, Stokastik (geostatistical) yöntemler tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları da ortaya koyabilecek şekilde hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları dikkate alarak işlem yapmaktadır. İklim çalışmalarında en fazla kullanılan enterpolasyon tekniklerinden IDW ve Spline deterministik yöntemlere, Kriging ise stokastik yöntemlere örnek olarak verilebilir.

IDW (Inverse Distance Weighted): Ters Mesafe Ağırlıklı enterpolasyon tekniği olan IDW, örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir. IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar.

IDW de kullanılan formül (1)'de gösterilmiştir (By, 2004).

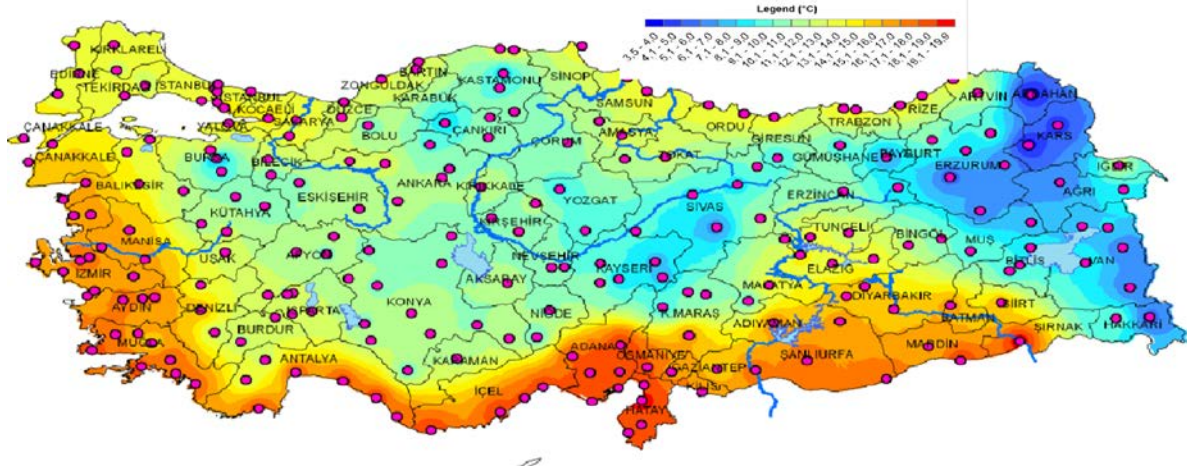
$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{d_i^2} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}$$

Formülde yer alan;

m_i : nokta verisi

d_i : noktalar arası mesafe'dir.

Şekil 3.4'te IDW yöntemine göre üretilmiş Türkiye ortalama sıcaklık dağılışı verilmiştir. Böylece noktasal olarak girilen verilerin alansal olarak dağılışı yapılmış ve ölçüm olmayan alanların da tahmini değerleri üretilmiştir.



Şekil 3.4. IDW yöntemiyle üretilmiş Türkiye Ortalama Sıcaklık dağılışı.

Spline: Matematik fonksiyon kullanarak yüzey eğriselliğini minize eder ve daha yumuşak yüzeylerin oluşmasını sağlar. Bu yöntemde oluşan yumuşak yüzeyler doğrudan girdi noktalarının tam üzerinden geçerek gerçekleştirilir. Bu metot yavaşça değişen yüzeyler için en iyi kullanılabilecek yöntemlerden birisidir. Bu yöntem verilerdeki çıkış ve inişleri tahmin edebilir ve sıcaklık gibi yavaşça değişen coğrafi olayların en iyi gösterildiği metottur. tahmin edilebilir Spline metodunda Regularized ve Tension olmak üzere iki yöntem mevcuttur. Bunlardan Regularized daha yumuşak ve yavaş değişen yüzeyler üretirken, Tension ise modellenen olayın karakterine bağlı olarak yüzeyin sertliğini kontrol eder. Spline için kullanılan formül;

$$S(x,y) = T(x,y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j)$$

şeklindedir. Formülde yer alan

J: 1, 2,, N

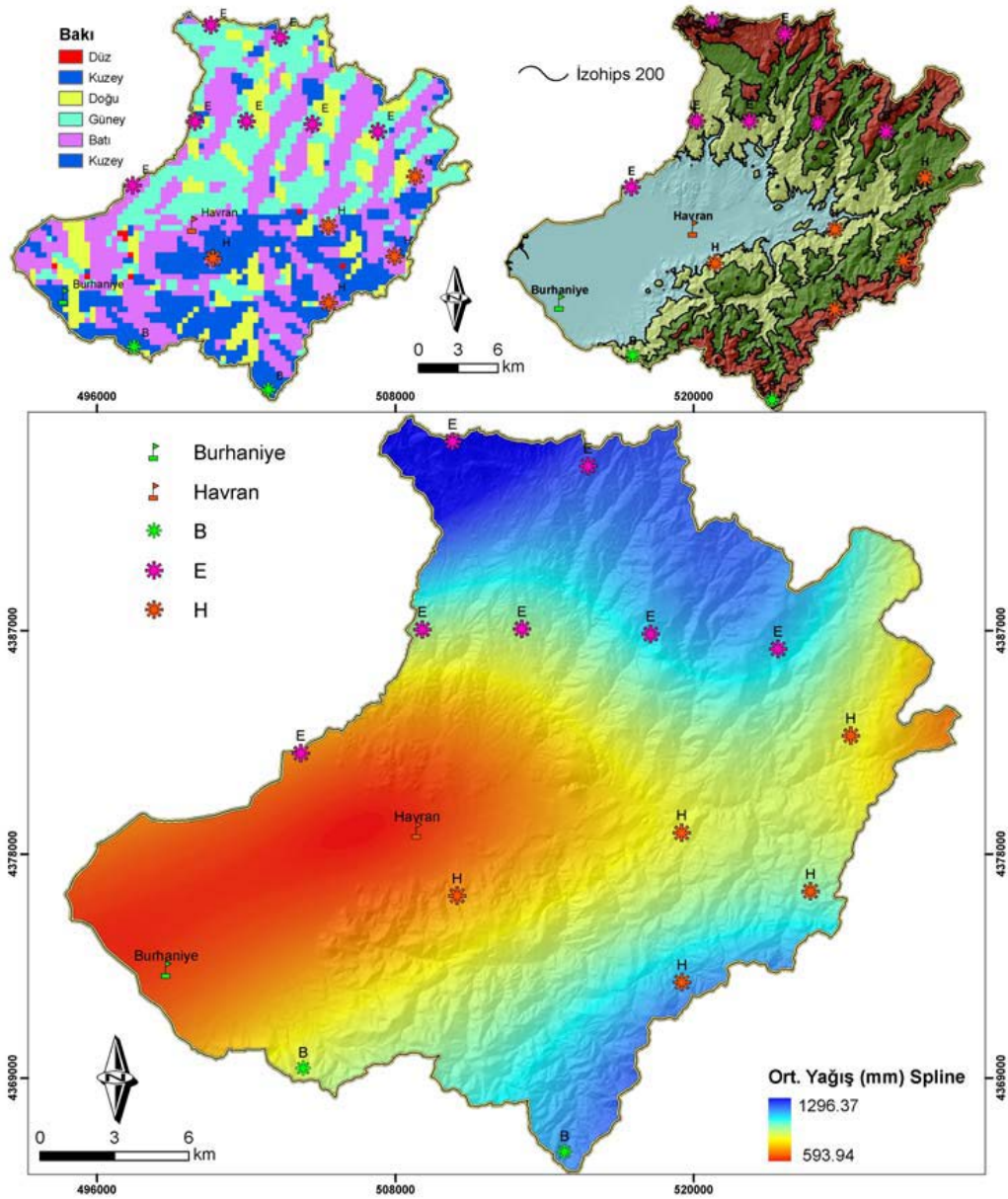
N: Nokta sayısı

λ_j : lineer formül için elde edilen katsayı

r_j : nokta (x,y) jth noktasına olan uzaklığı

T (x,y) ve R (x,y) seçilen noktalara göre farklı olarak tanımlanır.

Şekil 3.5'te Spline metoduyla üretilmiş Havran Çayı havzasına ait ortalama yağış dağılışı haritası verilmiştir. Bu haritada havza içinde ve kenarında bulunan meteoroloji istasyonlarına ait ortalama yağış verileri, havza içerisinde bakı ve yüksekliğe bağlı olarak atılan ekstra noktalara yeni yağış verileri atanmış ve son olarak spline metoduyla nokta veriler arasında bilinmeyen alanların tahmini yağış verileri üretilmiştir.



Şekil 3.5. Havran Çayı havzasında yağış verilerinin Spline yöntemiyle üretilmiş dağılış haritası.

Kriging:Kriging enterpolasyon teknikleri arasında en karmaşık algoritmaya sahip olanıdır. Kriging yöntemi bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir enterpolasyon metodudur (İnal vd. 2002). Kriging enterpolasyon, yarıvariogram yapısal özellikleri kullanılarak örneklenmemiş noktalardaki konumsal değişikliklerin yansız tahmininin optimal şekilde yapıldığı bir tekniktir (Başkan, 2004; Yaprak ve Arslan, 2008). Kriging yöntemini diğerlerinden ayıran en önemli özellik, tahmini edilen herbir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmini edilen değerin güven derecesinin bir ölçüsüdür (Başkan, 2004).

Kriging yöntemleri; Simple Kriging, Ordinary Kriging, Universal Kriging, Indicator Kriging, Probablity Kriging, Disjunctive Kriging ve Cokriging olmak üzere alt başlıklara ayrılmaktadır. Her biri değişik uygulamalar yapmakla birlikte cokriging dışındakiler ikinci bir

değişkeni uygulamaya dâhil edememektedir İklim verilerinin alansal dağılımlarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda özellikle son dönemlerde Kriging yöntemleri de ele alınmış, diğer yöntemlerle karşılaştırmaları yapılmıştır ve genel itibarı ile en uygun sonuçları vermişlerdir (Güler ve Kara, 2007).

Kriging enterpolasyon için kullanılan genel formül;

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Formülde yer alan;

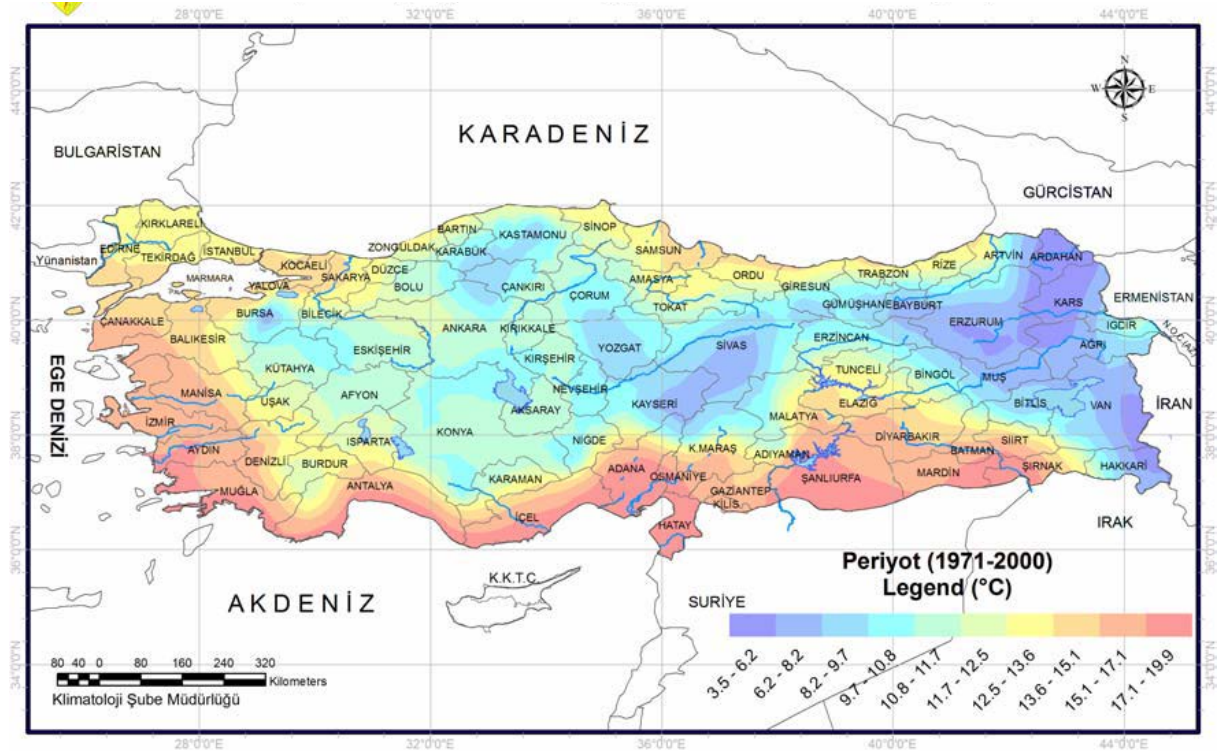
$Z(s_i)$ = i lokasyonundaki ölçülen veri

λ_i = i lokasyonundaki ölçülen verinin bilinmeyen ağırlığı

s_0 = tahmin edilen lokasyon

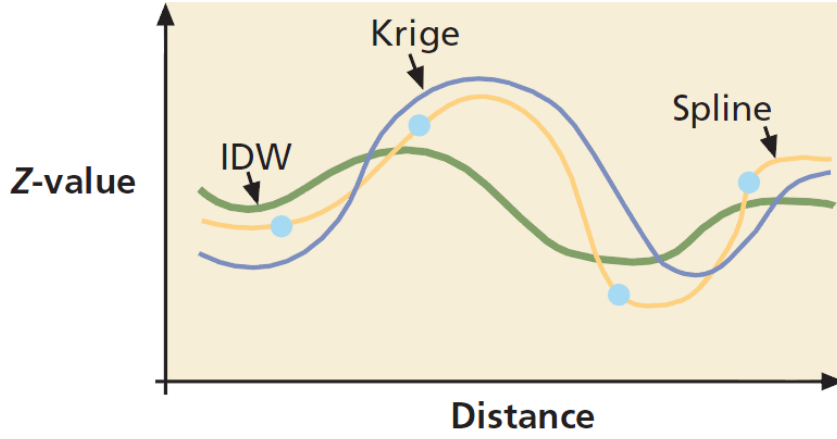
N = ölçülen değer sayısıdır.

Şekil 3.6'da Türkiye'nin uzun yıllar (1971-2000) ortalama sıcaklık değerlerinin meteoroloji istasyonları baz alınarak Kriging yöntemiyle hazırlanmış dağılış haritası verilmiştir. Buna göre ortalama sıcaklık değerleri 3.5 ile 19.9 arasında değişmekte olup Türkiye'nin enlem, karasallık ve yükseklik özelliklerine bağlı olarak bir dağılış sergiler.



Şekil 3.6. Kriging yöntemi ile üretilmiş Türkiye uzun yıllar ortalama sıcaklık haritası (Sensoy vd. 2008.).

Bu bölüm altında verilen enterpolasyon teknikleri arasındaki ilişki Şekil 2.7’de gösterilmiştir. Buna göre bu metotlardan IDW ve Spline deterministik metot olup noktaların benzerliklerine ve yumuşatma derecesine bağlı olarak yüzeyler üretir. Ancak Spline yöntemine göre üretilen yüzeyler tamamen örneklem noktalarının üstünden geçerken IDW noktaların tam üstünden geçmez. Kriging ise jeoistatistik metot olup güçlü istatistik teknikler kullanır. Örneklem noktaları arasındaki ilişkiye bağlı olarak sofistike ağırlıklı ortalama tekniğiyle yüzeyleri üretir.



Şekil 2.7. IDW, Spline ve Kriging yöntemlerinin karşılaştırılması.

Uygulamalar

- 1- CBS'nin klimatoloji çalışmalarındaki diğer uygulamaları hakkında araştırma yapınız?
- 2- İklim çalışmalarında başka hangi enterpolasyon teknikleri kullanıldığını araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1- CBS klimatoloji uygulamaları daha çok hangi alanlar üzerinde yoğunlaşmaktadır?
- 2- En yaygın olarak iklim çalışmalarında hangi enterpolasyon teknikleri kullanılmaktadır?
- 3- Enterpolasyonların iklim çalışmalarındaki kullanım amacını nedir açıklayınız?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

CBS'nin sunduğu imkânlar klimatoloji ve meteoroloji çalışmalarında kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Bu kapsamda sadece güncel verilerin CBS'de işlenmesi ve analiz edilmesi değil, uzun yıllara ait ortalama değerlerin işlenmesi ve analiz edilmesi de CBS ile mümkün olmaktadır. Dolayısıyla geçmişten günümüze iklimde meydana gelen değişimler de CBS'de analiz edilebilir ve geleceğe yönelik perspektifler çizilebilmektedir.

İklim elemanlarına ait günlük meteorolojik kayıtlar meteoroloji istasyonları tarafından ölçülüp kaydedilmektedir. Dolayısıyla bu veriler bir alanı temsil etmesinden çok verinin ölçüldüğü noktayı temsil ederler. Bu nedenle .txt veya .xls formatında tutulan veya elde edilen bu istasyon verileri nokta bazlı olarak CBS yazılımlarına işlenir. Bu da istasyonların bulunduğu koordinata bağlı olarak gerçekleştirilir.

İstasyon verilerine ait noktasal veriler iklim çalışmalarında, alanların içine dağıtılması gerekmektedir. Günümüzde bu işlem CBS teknolojilerinde birtakım enterpolasyonlarla kolaylıkla yapılabilmektedir. Enterpolasyon, bilinen değerleri kullanarak bu değerler arasındaki bilinmeyen değerlerin tahmini işlemidir. Genel olarak iki farklı enterpolasyon tekniği bulunmaktadır. Bunlar deterministik ve stokastik yöntemlerdir. Bu bölüm altında deterministik yöntem olan IDW ve Spline ile stokastik yöntem olan Kriging teknikleri üzerinde detaylı bilgi verilmiştir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi CBS'nin klimatoloji çalışmalarındaki kullanım nedenlerinden olamaz?

- a) İstasyon verilerinin işlenmesine imkan sağlaması
- b) Noktasal verileri alansal verilere dönüştürebilmesi
- c) İklim verilerinin ölçümünün yapılabilmesi
- d) Değişik enterpolasyon yöntemlerini barındırması
- e) Veriler arası analiz kabiliyetinin olması

2. Aşağıdakilerden hangisi istasyon verilerinin CBS'de işleme adımlarından değildir?

- a) İstasyonlara ait nokta koordinatları girilir
- b) Nokta verileriden SYM verisi üretilir.
- c) Nokta koordinatlara ait iklim verileri girilir
- d) CBS yazılımına iklim verileri aktarılır
- e) Enterpolasyon ile nokta verilerden dağılış haritaları üretilir

3. - Matematik fonksiyon kullanarak yüzey eğriselliğini minize eder,
- Daha yumuşak yüzeylerin oluşmasını sağlar,
- Bu yöntemde oluşan yumuşak yüzeyler doğrudan girdi noktalarının tam üzerinden geçerek gerçekleştirilir.

Yukarıda verilen özellikler aşağıdaki enterpolasyon yöntemlerinden hangisini tanımlar?

- a) IDW
- b) Kriging
- c) ANUDEM
- d) En yakın komşuluk
- e) Spline

4. Aşağıdakilerden hangisi IDW enterpolasyonu ile ilgili değildir?

- a) Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniğidir
- b) Çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir
- c) Yakındaki noktalar uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahiptir
- d) Yavaşça değişen yüzeyler için en iyi kullanılabilecek yöntemdir
- e) Enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlık azalır

5.-En karmaşık algoritmaya sahiptir

İklim verilerinin dağılışının belirlenmesinde en doğru sonuçları verir

Tahmin edilen herbir nokta veya alan için bir varyans değeri hesaplanır

Yukarıda verilen özellikler aşağıdaki enterpolasyon yöntemlerinden hangisini tanımlar?

- a) IDW

- b)** Kriging
- c)** ANUDEM
- d)** En yakın komşuluk
- e)** Spline

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6.Enterpolasyon teknikleri arasında en karmaşık algoritmayayöntemi sahiptir.

7. Üretilen yüzeylerin tamamen örneklem noktalarının üstünden geçen yöntem dir

8. Verisi girilecek iklime emelanına ait noktasal verilerin koordinatlı veriler dosyası veyaolarak hazırlanır.

9. Bir yerdeki hava şartlarının uzun yıllar ortalamasınadenir.

10. Bilinen değerleri kullanarak bu değerler arasındaki bilinmeyen değerlerin tahmini işleminedenir.

Cevaplar

1)c, 2)b, 3)e, 4)d, 5)e, 6)Kriging, 7)Spline, 8) Access- Excel, 9)İklim, 10)Enterpolasyon

4. UZAL KLİMATOLOJİ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 4.1.** UZAL ile Klimatoloji Çalışmaları
 - 4.1.1.** Kara Yüzeyi Sıcaklıklarının Belirlenmesi
 - 4.1.2.** İklim Değişikliği Çalışmalarında Kullanımı
 - 4.1.3.** Meteorolojik Çalışmalardaki Kullanımı

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- UZAL klimatoloji çalışmalarına ne tür katkılar sağlar?
- 2- Kara yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesinde hangi uydu görüntüleri kullanılır?
- 3- İklim değişikliği çalışmalarında UZAL ne çalışmalar yapılabilir?
- 4- Meteorolojik çalışmalardan UZAL'dan nasıl faydalanılır?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
UZAL ile klimatoloji çalışmaları	UZAL'ın klimatoloji çalışmalarına katkısı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Kara yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi	Kara yüzeyi sıcaklıklarının ne tür uydu görüntüleriyle çalışıldığı ve nasıl çalışmalar yapıldığını kavrar.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
İklim değişikliği çalışmalarında kullanımı	İklim değişikliği çalışmalarında UZAL'ın katkılarının neler olduğunu hakkında bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Meteoroloji çalışmalarında kullanımı	Meteorolojik çalışmalarında kullanılan UZAL ürünleri hakkında bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Uzaktan algılama
- Klimatoloji
- Kara yüzeyi sıcaklıkları
- İklim değışikliğı
- Meteoroloji

Giriş

Uzaktan algılamanın önemli kullanılan alanlarından birisi de klimatoloji alanıdır. UZAL dünya üzerindeki değişik iklim elemanlarının ölçülmesi ve tahmininde kullanılabildiği gibi iklimi etkileyen veya iklimden etkilenen unsurları da içine kapsayan bir alanda uygulama imkânı vardır. İklimlerde meydana gelen değişimler de koaly bir şekilde birçok uzaktan algılama ürünleriyle elde edilebilmektedir. Bu bölümde, UZAL'ın klimatoloji alanındaki çok geniş olan bu hareket sahasından sadece kara yüzeylerinin sıcaklarının belirlenmesi, iklim değişikliği ve meteoroloji çalışmalarındaki kullanımlara örnekler verilecektir.

4.1. UZAL ile Klimatoloji Çalışmaları

Uzaktan Algılama verileri sahip oldukları spektral, radyometrik, mekânsal ve zamansal çözünürlüklerine bağlı olarak klimatoloji ve meteoroloji çalışmalarında çok geniş kullanım alanına sahiptir. Uzaktan Algılamanın iklim ve meteoroloji çalışmalarındaki kullanım alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

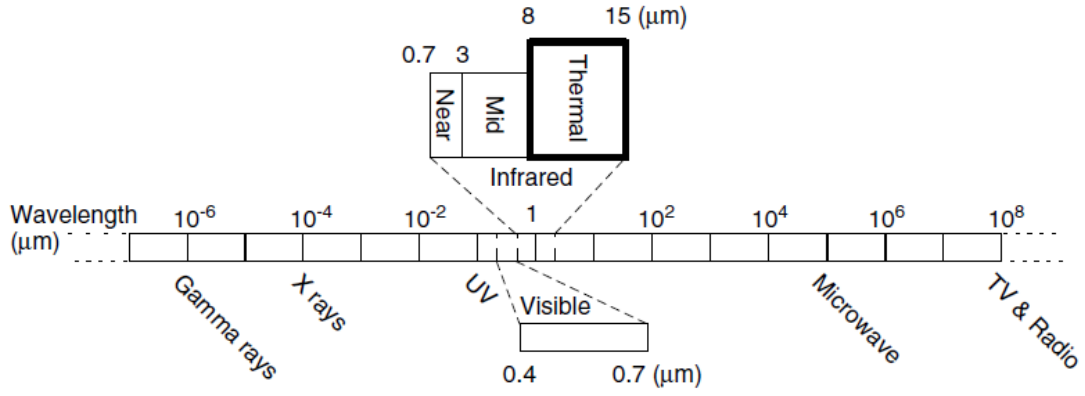
- Kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi
- İklim değişimleri
- Küresel ısınma
- Atmosferik içerik gözlemi
- Bulutlar ve subuharî içeriği gözlemleri
- Hava tahmini
- Fırtına ve kasırga tahmini ve gözlemi
- Genel atmosfer döngüsü ile ilgili çalışmalar şeklindedir.

Hava durumu ve tahminleri uzaktan algılamanın askeri olmayan ilk uygulamasıdır. İlk meteoroloji uydusu olan Vanguard 2, 17 Şubat 1959'da fırlatılmıştır. Uydunun amacı bulutların yoğunluğunu ve rezistansını ölçmektir ancak çok sınırlı bilgi edinilmiştir. İlk başarılı uydu 1 Nisan 1960'da NASA tarafından fırlatılan TIROS-1 olarak kabul edilir. Meteorolojik bilgilerin önemini benimseyen ülkeler, uzaya bu amaca yönelik birçok uydu göndermişlerdir. Daha sonra ABD; 1975-1994 yılları arasında GOES-1, GOES-7, GOES-8 ve NOAA AVHRR uydularını uzaya göndermiştir.

Bu başlık altında UZAL'ın iklim ve meteorolojideki yukarıda verilen uygulama alanlarından bazıları üzerinde durulacaktır.

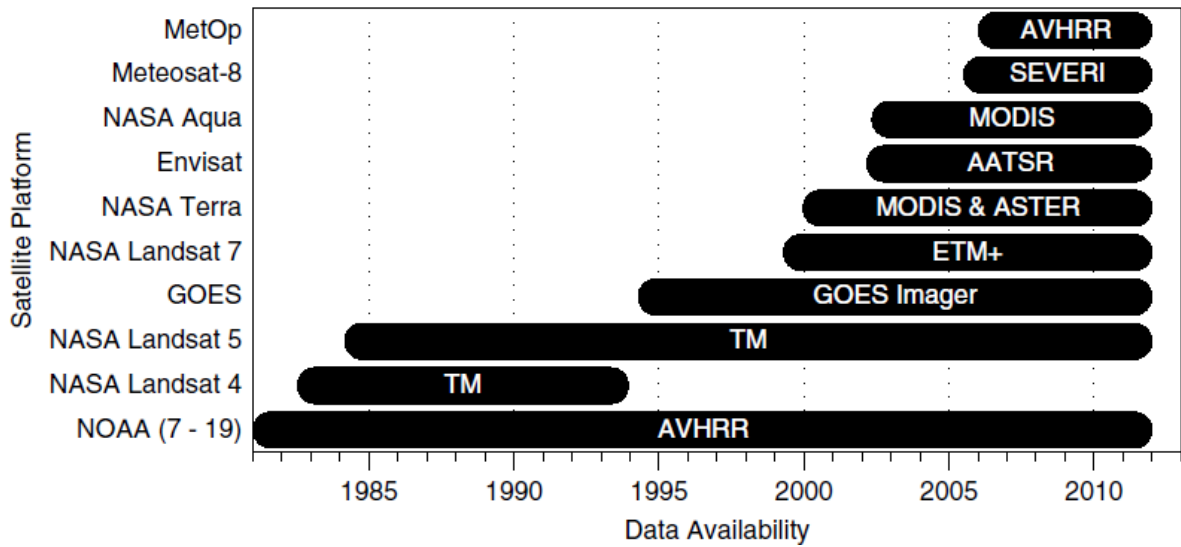
4.1.1. Kara Yüzeyi Sıcaklıklarının Belirlenmesi

Kara yüzeyleri üzerindeki sıcaklıklarının belirlenmesinde UZAL verileri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle kara yüzeyleri üzerinde kentsel bölgelerde oluşan ısı adacıkları uzaktan algılama verilerinin en fazla kullanım potansiyeline sahip alanlarını oluşturur. Çünkü bu alanlar çevredeki kırsal alanlara göre sıcaklık değişiminin çok net gözlemlenebildiği alanlar olarak karşımıza çıkarlar. Uzaktan algılama dersinde de işlendiği gibi uzaktan algılama çalışmalarındaki en önemli bileşen sensörler ve platformlar tarafından kaydedilen elektromanyetik (EM) spektrumlarıdır. EM spektrumları arasında kara yüzeyi sıcakları için kullanılan spektrum thermal kızılötesi bantı olup 8-15 µm arasında yer alır (Şekil 4.1). Ayrıca mikrodalgalarda kara yüzeyi sıcaklıkları için kullanılsa da bunların çözünürlükleri çok düşük olup ancak daha küresel ölçekteki çalışmalar için kullanışlıdır.



Şekil 4.1. EM sepektrumlar ve termal kızılötesi bandı (Tomlinson vd. 2011).

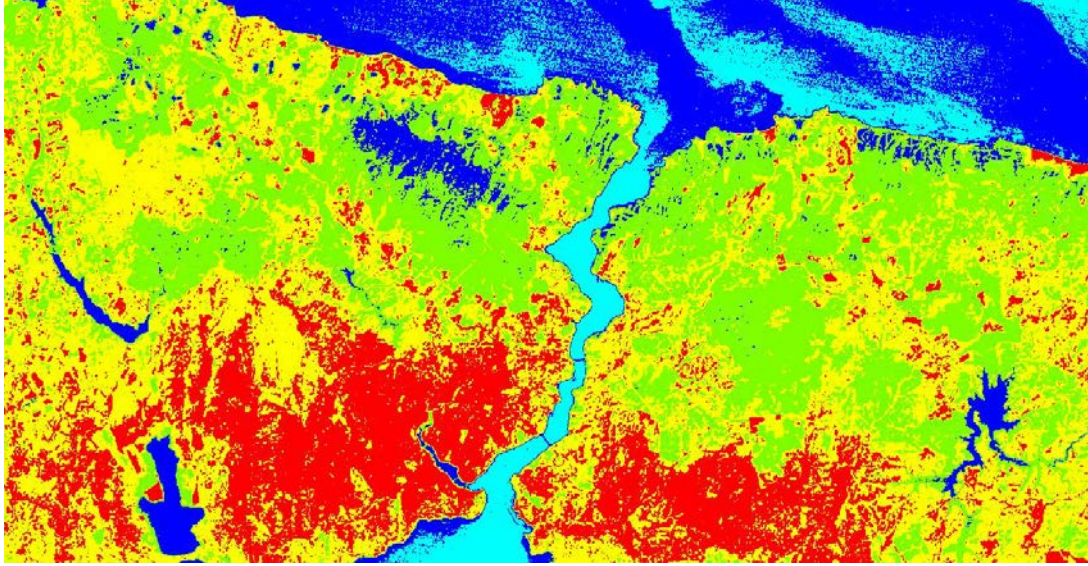
Termal kızılötesi bandını içeren birçok uzaktan algılama platformu ve sensörü vardır. Ayrıca bu platformların görüntü elde etmeye başladığı tarihten bu yana da arşiv görüntüleri mevcuttur. Bu amaçla kullanılan uydular ve verilerine ait bir grafik Şekil 4.2'de verilmiştir. Buna göre, termal kızılötesi bandı bakımından en fazla NOAA'nın AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) sensörü ve Landsat 5'in TM (Thematic Mapper) sensörü en fazla veri arşivine sahip uydular olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüze doğru özellikle 2000 li yılların sonrasında ise görüntü elde etmeye başlayan uyduların zamansal çözünürlüklerinin çok fazla olmasıyla farklı bir kullanım imkânını bize sunarlar. Örneğin Meteosat-8'e ait SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) sensörü 15 dk bir görüntü alma imkânına sahiptir.



Şekil 4.2. Termal kızılötesi bandına sahip platform ve sensörler.

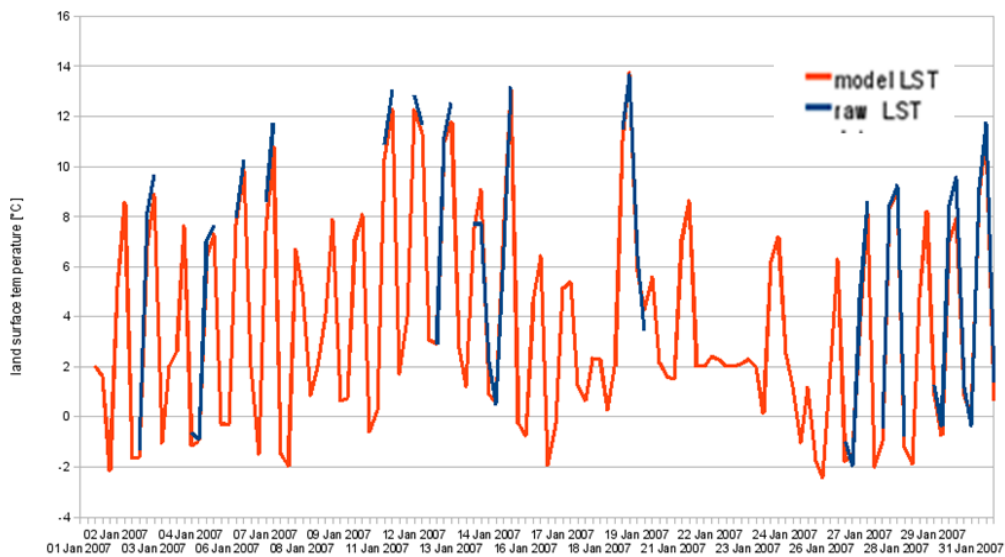
Şekil 4.3'te, 8 Mayıs 2003 tarihinde Landsat 7 ETM+ algılayıcısından elde edilmiş veriden termal bant kullanılarak oluşturulmuş olan sıcaklık dağılışı verilmektedir. Sıcaktan soğuğa doğru renkler sırasıyla: kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, camgöbeği şeklindedir. Yerleşim alanları ve açık alanlar en yüksek sıcaklık değerlerine (kırmızı), tarım alanları ve seyrek bitkili alanlar yüksek sıcaklık değerlerine (sarı), ormanlar daha serin (yeşil ve mavi) ve

su ile kaplı alanlar ise en düşük (mavi ve camgöbeği) yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Kuzey kısımda yer alan ormanlar, toprağı derin ve nemli yetiştirme ortamlarında yetişen boylu veya gölge ağaçlardan oluştuğu için diğer orman alanlarına göre daha soğuk çıkmıştır (Sertel ve Örmeci, 2009).



Şekil 4.3. 8 Mayıs 2003 tarihli İstanbul yüzey sıcaklığının dağılışı.

Termal kızılötesi bantlar kullanılarak üretilen kara yüzeyi sıcaklıkları gerçek ölçülmüş sıcaklık verileriyle karşılaştırıldığında elde edilecek maksimum tutarlılık çalışmanın doğruluğunu bize gösterir. Şekil 4.4.. İtalya’da MODIS verileri kullanılarak üretilmiş kara yüzeyi sıcaklıkları ile ölçülen sıcaklıklar arasındaki grafiksel dağılışı vermektedir. Burada kırmızı renkler MODIS verileriyle üretilen sıcaklık değerlerini mavi renkler ise ölçülen sıcaklık değerlerini göstermektedir. Buna göre iki veri arasında maksimum düzeyde bir örtüşmenin olduğunu görmek mümkündür.

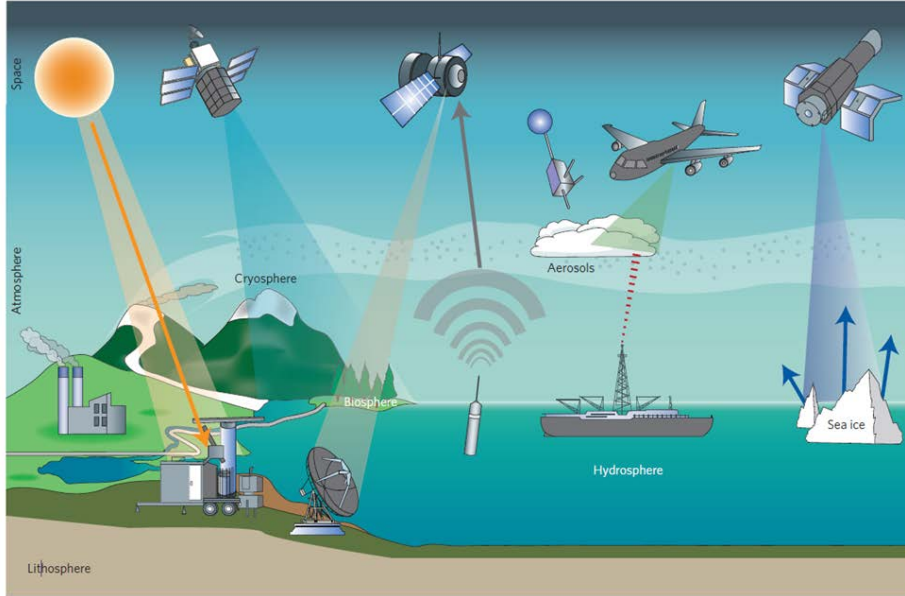


Şekil 4.4. MODIS verileri ile ölçülen sıcaklık verilerinin karşılaştırılması (<http://gis.cri.fmach.it/modis-lst/>).

4.1.2. İklim Değişikliği Çalışmalarında Kullanımı

Uzaktan algılama sistemlerinin iklim sistemleri ve bunun değişimleri üzerinde bize atmosfer, kara ve okyanuslar açısından değişik mekânsal ve zamansal çözünürlükte veri sunması bakımından önemi büyüktür. Yeryüzü üzerinde gözlemlenen veriler ve simülasyon modelleri iklim sistemlerini anlamak için kullanılan temel bileşenlerdir. Uyduların kullanımı atmosfer, kara ve okyanuslar üzerindeki oluşum ve gelişimleri gözlemleme imkanı sunar. Bu bakımdan Küresel İklim Gözlemleme Sistemi (Global Climate Observing System-GCOS) 50 iklimik değişkenden 26'sının uzaktan algılama ile belirlenebileceğini belirtmiştir. İklim değişikliği çalışmaları kalibrasyonu /doğrulaması yapılmış, tutarlı ve uzun dönem yeterli düzeydeki zamansal ve mekânsal gözlemleri bünyesinde barındırır.

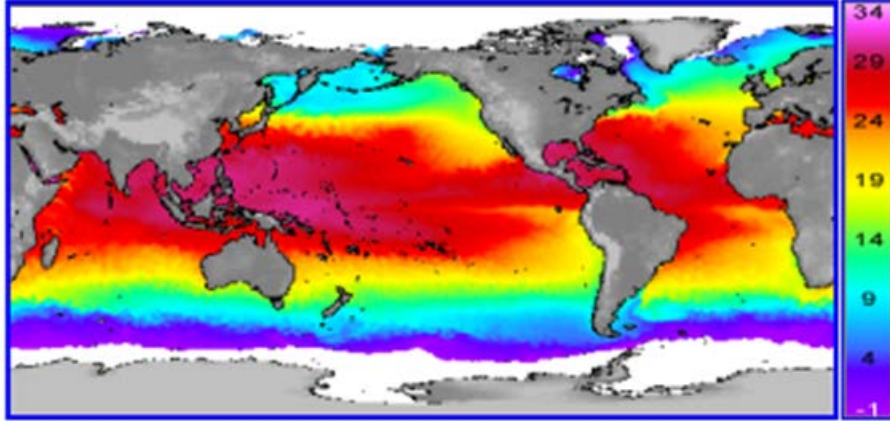
Geleneksel yer-temelli gözlemler, tipik olarak belirli bir zaman aralığında ve mekânda verileri toplarken, uzaktan algılama ise küresel ölçeğe kadar sürekli bir gözlem imkanı sunar (Şekil 4.5). Bu da bizim iklim sistemleri ve bunun değişkenliği konusundaki bilgilerimizin gelişmesini sağlamıştır. İklim değişimlerinin anlaşılmasında önemli yeri olan küresel ısınma, kar ve buzullar, deniz seviyesi değişimleri, güneş radyasyonu, bulutlar, su buharı ve yağışlar gibi birçok özellik üzerinde durulabilir. Ancak burada bazılarına değinilecektir.



Şekil 4.5. Birçok platform tarafından elde edilen uzaktan algılama elemanları (R. He, Hainan University).

Küresel Isınma: Küresel iklim üzerinde özellikle antropojenik etkilerin önemi 19. Yy sonundan günümüze giderek artmaktadır. Bu ısınma trendi ilk olarak yüzeye yakın hava sıcaklıklarını ölçen istasyonlara ait verilerdeki anomaliler kullanılarak yapılmıştır. Fakat günümüzde uzaktan algılama ürünlerinin kullanılması ile bu işlem daha kolay hale gelmiş küresel sıcaklık eğilimlerinin ve özellikle de okyanus yüzeyi ve atmosferdeki trendlerin belirlenmesi kolaylaşmıştır.

Atmosfer ve okyanuslar arasındaki ısı transferiyle ilişkisi olan deniz yüzeyi sıcaklıkları (DYS), iklim sisteminin belirlenmesinde önemli bir belirleyicidir. NOAA'ya ait AVHRR sensörü küresel olarak DYS belirlemede kullanılan önemli bir uydudur. Bu uydu verileri kullanılarak bütün dünya okyanuslarında 1970'li yıllardan günümüze DYS'nda bir artış olduğu tespit edilmiştir (Large ve Yeager, 2012). Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda okyanuslardaki ısınma trendi iki yarım kürenin de orta enlemlerinde en yüksek düzeydedir. Bundan daha şiddetlisi doğu-batı zonunda pasifik ekvatorial okyanusta belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Deniz yüzeyi sıcaklıklarının dağılışı (°C).

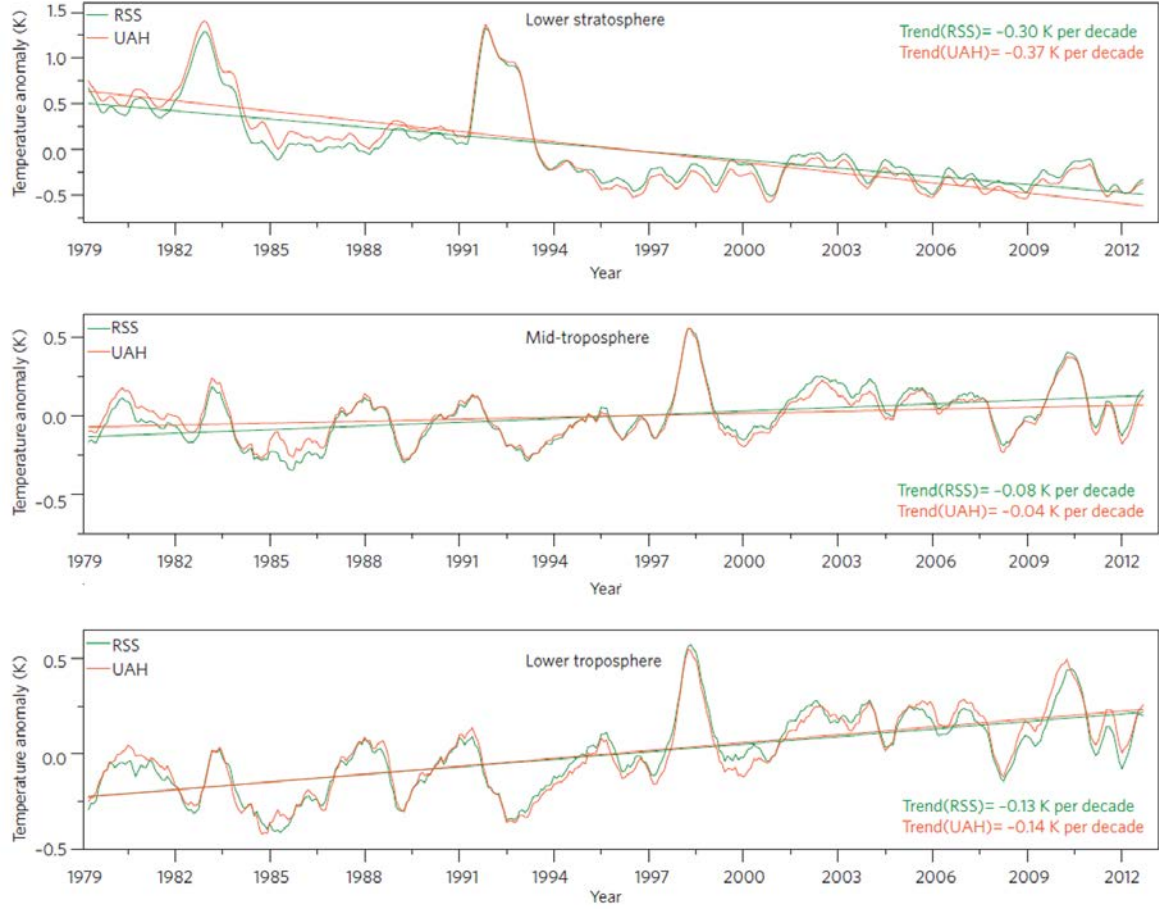
Yüzey ve troposferdeki ısınma, sera gazlarının artış göstermesiyle iklim sisteminde meydana gelecek temel tepkileri gösterir. Yapılan uydu görüntüsü zaman serileri analizlerine bağlı olarak Antartik bölge hariç troposferde ısınma trendi elde edilmiştir (Xu ve Powel, 2011; Yang vd. 2013) (Şekil 4.7). Bu ısınma alt troposferde üst troposfere göre daha fazla olarak gözükmemektedir.

Deniz Seviyesi Değişimleri: Deniz seviyesi, iklim değişimi ve kararsızlıklarında değişim gösteren önemli göstergelerden birisidir. Deniz seviyesi yükselimleri 1961 yılından günümüze iyi kaliteli gelgit ölçen istasyon verilerine bağlı olarak küresel deniz seviyesi yükselimi yılda 1.9 ± 0.4 mm olarak tahmin edilmiştir. NASA ve CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) tarafından fırlatılan TOPEX/Poseidon uydusu 1992 den 2006'ya kadar aralıkta okyanus yüzeyi topografyasını haritalamıştır. Gerek bu uydu gerekse diğer uyduların verileri birlikte değerlendirilerek 1992-2010 yılları arasında ortalama deniz seviyesi yükselimi yılda 3.2 ± 0.8 mm olarak elde edilmiştir (Şekil 4.8) (Leuliette ve Willis, 2011). Uzaktan algılama ile elde edilen bu verilerin mutlaka sahadaki gerçek ölçüm istasyon verileri ile mutlaka karşılaştırılması ve doğruluğunun test edilmesi gerekmektedir.

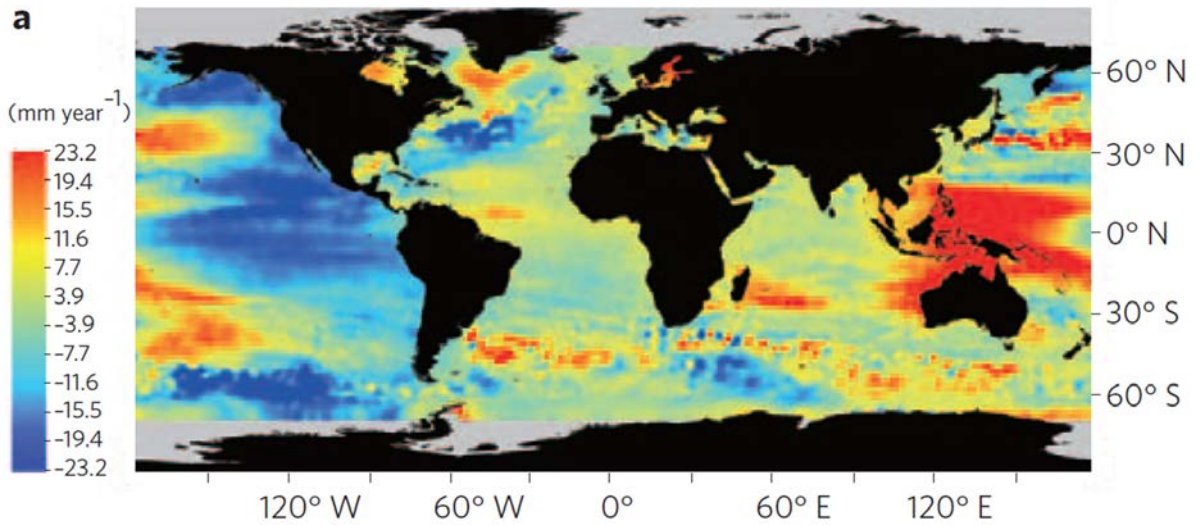
İklim değişimleri ile ilgili uzaktan algılamanın yukarıda verilen örnek katkılarının yanında birtakım sınırlamalardan da bahsetmek mümkündür. Bunlar;

- Uydu veri setleri arasındaki kısa zaman aralığı,
- Uydudaki sensörlere ait bazı belirsizlikler,

■ Uydu sensörünün kaydettiği elektromanyetik sinyalleri iklimik değişkenlere dönüştüren algoritmalarındaki belirsizlikler olarak sıralayabiliriz.



Şekil 4.7. Uzaktan Algılama (RSS) ve UAH (University of Alabama at Huntsville) verilerine bağlı troposferdeki ısınma trendi (Yand vd. 2013'ten)



Şekil 4.8. Deniz yüzeyi değişimi TOPEX/Poseidon, Jason-1 ve Jason-2 veri setleri birleştirilerek elde edilmiştir (<http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/SeaLevelRise>).

4.1.3. Meteorolojik Çalışmalardaki Kullanımı

Meteorolojik çalışmalarda uzaktan algılama görüntüleme sistemlerinden Radarlar önemli bir yere sahiptir. Radarlar meteoroloji alanında ilk kez 1950 yılında kullanılmaya başlanmıştır. 1970’li yıllardan itibaren Doppler radar teknolojisine geçilerek radarlardan dijital formda bilgiler alınmaya başlanmıştır.

Meteorolojik radarlar, kısa vadeli hava tahmini ve erken uyarı amaçlı olmak üzere iki farklı şekilde kullanılır. Kısa vadeli hava tahmini 0-4 saatlik zaman dilimini kapsayan tahminlerdir. Erken uyarı ise doğal afetlere sebep olabilecek hava olaylarının yerinin ve şiddetinin belirlenmesi, izlenmesi ve yetkililerin uyarılması şeklinde olur. Radar ile tespiti mümkün olan meteorolojik hadiseler:

- Kuvvetli orajlar
- Dolu
- Soğuk cephe fırtına hatları
- Mikropatlama ve makropatlama
- Rüzgâr burulması
- Kuvvetli yer rüzgârları
- Türbülans
- Fırtınalar, hortum ve tornadolar
- Sel ve taşkınlardır.

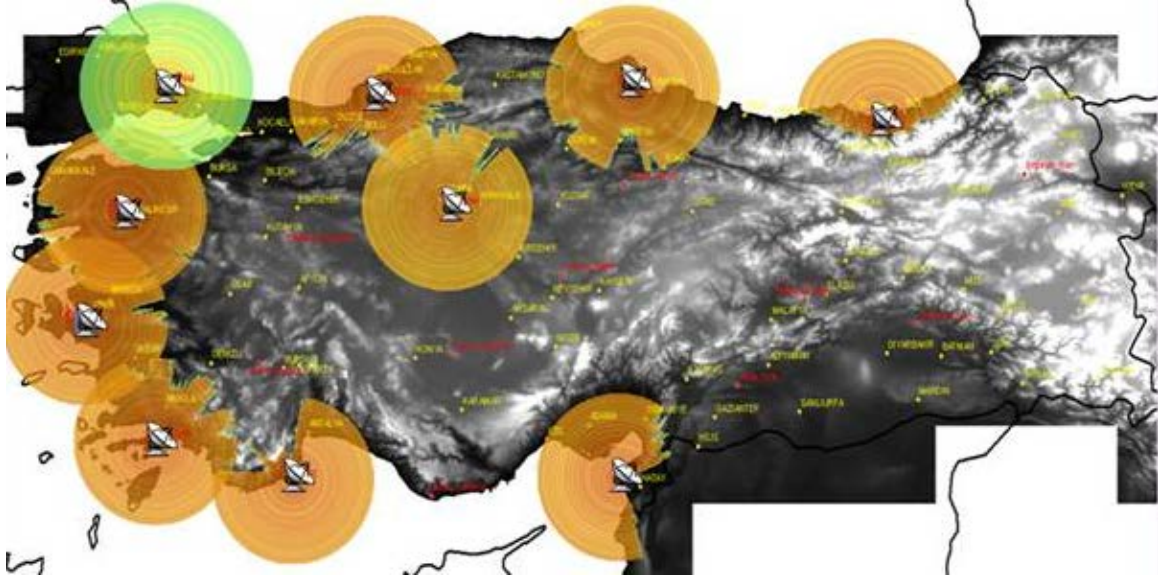
Hortum, mikropatlama ve makropatlamalar gibi yere yakın bölgelerde gerçekleşen hadiselerin tespit edilmesinde radarın bulunduğu konum çok önemlidir. Topoğrafik yapı nedeniyle oluşabilecek yer ekolarından kaçınma ve kapsama alanının geniş tutulabilmesi amacıyla radar yüksek bölgelerde konuşlandırılmış ise bu hadiselerin tespiti oldukça zor olabilir.

Aktif bir uzaktan algılama sistemi olan meteorolojik radarlar ile meteorolojik hedefin konumu, hızı, hareket yönü belirlenerek, meteorolojik hadisenin tipi, şiddeti ve miktarı hakkında bilgi sahibi olunabilir. Radardan gönderilen elektromanyetik sinyal yağmur zerrecikleri, kar taneleri, dolu gibi hidrometeorlarla temas ettiğinde elektromanyetik saçılmaya maruz kalır. Saçılan bu elektromanyetik dalgalar, radarların hassas alıcıları tarafından algılanıp işlenerek, yazılımlar vasıtasıyla kullanıcıya görsel bir ürün olarak sunulurlar.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, kısa vadeli hava tahmini uygulamaları ve erken uyarı amacıyla ilk meteoroloji radarını 22 Haziran 2000’de Ankara-Elmadağ’da hizmete almıştır. Bunun devamı olarak 1999 yılında başlatılan TEFER projesi (Türkiye Acil Sel ve Deprem İyileştirme Projesi) kapsamında 2003’de İstanbul, Zonguldak ve Balıkesir radarlarının da hizmete girmesiyle Türkiye Radar Şebekesi kurulmuştur. Radar şebekesinin kapsama sahasını daha da genişletebilmek amacıyla, 2007 Haziran ayında yapılan fizibilite çalışması

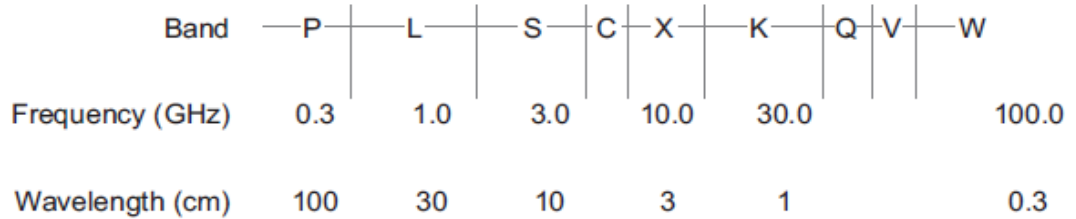
neticesinde Ege, Akdeniz, Doğu Karadeniz Bölgelerinde İzmir, Muğla, Antalya, Adana, Samsun ve Trabzon'da 6 adet meteoroloji radarının daha kurulması için ihaleye çıkılmış ve 30 Aralık 2008 tarihinde yüklenici firma ile sözleşme imzalanarak proje başlatılmıştır. Günümüz itibariyle bu radarların yapımı tamamlanmış olup 10 radar çalışır vaziyettedir. (Şekil 4.9).

Her bir radarın kapsama alanı tarama modunda 370 km, Doppler modunda 120 km yarıçapa kadar çıkabilmektedir. Bu meteoroloji radarlarının, bir tam tarayış periyodu 8 dakikadır ve 125 metre mekânsal çözünürlüğe sahiptirler.



Şekil 4.9. DMİ mevcut radar ağları.

Radarlar, Şekil 4.10'da gösterilen EM spektrumunda yer alan radar bandlarını kullanırlar.



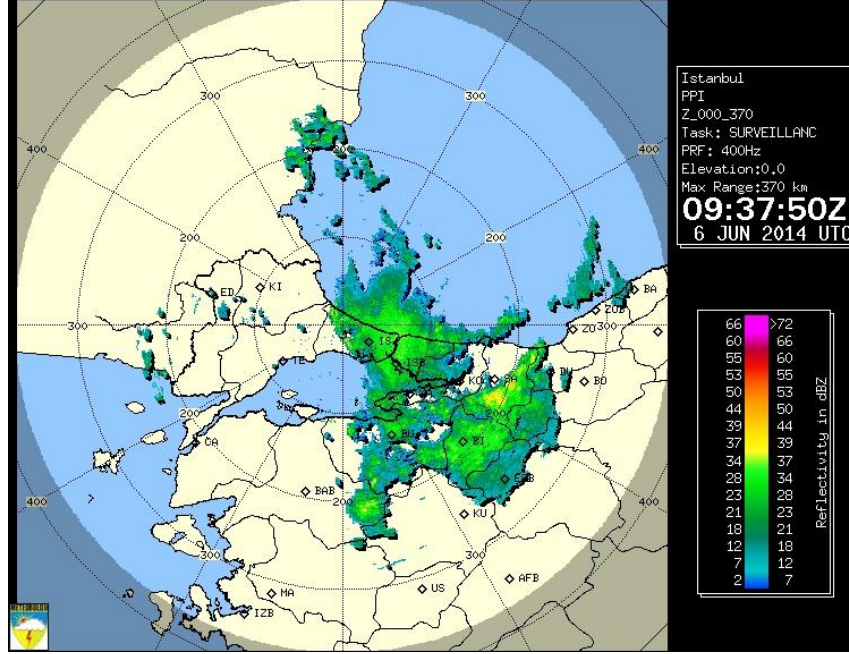
Şekil 4.10. Radarlarda kullanılan elektromanyetik spektrum aralıkları.

Bunlardan;

L Bandı: 15-30 cm dalga boylu mikrodalga yayar. Askeri ve sivil amaçlı olarak uçakların algılanmasında kullanılır.**S Bandı:** Dalga boyları 8-15 cm. arasındadır. Meteorolojik amaçlı olarak kullanılan S Band radarlar genelde 10 cm dalga boyunda olup, daha büyük çaplı anten gerektirdiklerinden oldukça pahalıdırlar. Uzun menzildeki hava olaylarını ve büyük okyanus kıyılarındaki hava olaylarını gözlemlemek için kullanılırlar.**C Bandı:** Dalga boyları 4-8 cm arasındadır. Meteorolojik radarlar genelde 5 cm dalga boyunu

kullanır. Bu radarlarla hem rüzgâr bilgileri hem de yağış bilgilerini elde etmek mümkündür. **X Band:** Dalga boyları 4-2,5 cm dir. **K Band:** Dalga boyları 1,7-1,2 cm dir.

Şekil 4.11’de İstanbul Radar verisine bağlı yağmur bulutlarının yayılımı gösterilmektedir. Bu veriye bağlı olarak sahaya düşecek yağış miktarı ve hava hareketine bağlı olarak da nerelere düşeceği belirlenebilmektedir.



Şekil 2.18. İstanbul Radarı verisi (<http://www.mgm.gov.tr/>).

Uygulamalar

- 1- UZAL'ın klimatoloji çalışmalarına ait diğer uygulamaları araştırınız.
- 2- Meteorolojik amaçlı kullanılan uyduları ve özelliklerini araştırınız.
- 3- Meteoroloji İşlerin Genel Müdürlüğü web sayfasına girerek uydu görüntülerinin kullanım alanlarını araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1- UZAL klimatoloji çalışmalarında daha çok hangi alanlarda yoğun bir şekilde kullanıma sahiptir?
- 2- Ülkemizde meteoroloji amaçlı olarak kullanılan kaç radar vardır özellikleri nelerdir?
- 3- UZAL ile elde edilen iklim verilerinin doğrulanması için yapılması gerekenler nelerdir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Uzaktan Agılamanın iklim ve meteoroloji çalışmalarındaki kullanım alanlarını şu şekilde sılayabiliriz; kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi, iklim değışimleri, küresel ısınma, atmosferik içerik gözlemi, bulutlar ve subuharı içeriğı gözlemleri, hava tahmini, fırtına ve kasırğa tahmini ve gözlemi, genel atmosfer döngüsü ile ilgili çalışmalar şeklindedir.

Kara yüzeyleri üzerindeki sıcaklıklarının belirlenmesinde UZAL verileri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle kara yüzeyleri üzerinde kentsel bölgelerde oluşan ısı adacıkları uzaktan algılama verilerinin en fazla kullanım potansiyeline sahip alanlarını oluşturur. EM spektrumları arasında kara yüzeyi sıcakları için kullanılan spektrum thermal kızılötesi bantı olup 8-15 µm arasında yer alır. Ayrıca mikrodalgalar da kara yüzeyi sıcaklıkları için kullanılsa da bunların çözünürlükleri çok düşük olup ancak daha küresel ölçekteki çalışmalar için kullanışlıdır. Termal kızılötesi bandı bakımından en fazla NOAA'nın AVHRR (Advance Veri High Resoluiton Radiometer) sensörü ve Landsat 5'in TM (Thematic Mapper) sensörü en fazla veri arşivine sahip uydulardır.

Yeryüzü üzerinde gözlemlenen veriler ve simülasyon modelleri iklim sistemlerini anlamak için kullanılan temel bileşenlerdir. Uyduların kullanımı atmosfer, kara ve okyanuslar üzerindeki oluşum ve gelişimleri gözlemlene imkanı sunar. Bu bakımdan Küresel İklim Gözlemlene Sistemi (Global Climate Observing System-GCOS) 50 iklimik değışkenden 26'sının uzaktan algılama ile belirlenebileceğini belirtmiştir. İklim değışikliği çalışmaları kalibrasyonu /doğrulaması yapılmış, tutarlı ve uzun dönem yeterli düzeydeki zamansal ve mekânsal gözlemleri bünyesinde barındırır. İklim değışimlerinin anlaşılmasında önemli yeri olan küresel ısınma, deniz seviyesi değışimleri, kar ve buzullar, güneş radyasyonu, bulutlar, su buharı ve yağışlar gibi birçok özellik vardır. Burada sadece küresel ısınma ve deniz seviyesi değışimleri üzerinde detaylı bilgi verilmiştir.

Meteorolojik radarlar, kısa vadeli hava tahmini ve erken uyarı amaçlı olmak üzere iki farklı şekilde kullanılır. Kısa vadeli hava tahmini 0-4 saatlik zaman dilimini kapsayan tahminlerdir. Erken uyarı ise doğal afetlere sebep olabilecek hava olaylarının yerinin ve şiddetinin belirlenmesi, izlenmesi ve yetkililerin uyarılması şeklinde olur. Radar ile tespiti mümkün olan meteorolojik hadiseler: kuvvetli orajlar, dolu, soğuk cephe fırtına hatları, mikropatlama ve makropatlama, rüzgâr burulması, kuvvetli yer rüzgârları, türbülans, Fırtınalar, hortum ve tornadolar, sel ve taşkınlardır.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi UZAL'ın klimatoloji alanındaki uygulamalarından birisi değildir?

- a) İklim değişimleri
- b) Küresel ısınma
- c) Mineraloji çalışmaları
- d) Kara yüzeyi sıcaklıkları
- e) Fırtına ve kasırga tahminleri

2. Kara yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesiyle ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a) Bütün elektromanyetik dalgalarla çalışmalar yapılabilir
- b) Termal kızıl ötesi band kullanılır
- c) Spektral aralık daha çok 8-15 mikrometre arasındadır
- d) Kentsel alanlardaki ısı adacıkları en fazla çalışması yapılan konulardandır
- e) Mikrodalgalarda kara yüzeyi sıcaklığının belirlenmesinde kullanılır

3. Kara yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesinde mekânsal çözünürlüğü en fazla olan ve aynı zamanda veri arşivi oldukça zengin olan uydu aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Terra - ASTER
- b) NOAA-AVHRR
- c) Spot-XS
- d) Landsat - TM
- e) Meteosat 8- SEVERI

4. UZAL'ın iklim değişikliği çalışmalarındaki kullanımı ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a) Küresel ısınma çalışmalarında NOAA uydusu önemli veri sağlar
- b) TOPEX/Poseidon uydusu deniz yüzeyi seviyeleri ile ilgili veri sağlar
- c) UZAL küresel ölçeğe kadar sürekli bir gözlem imkânı sunar
- d) 50 iklimik değişkenden 26'sı UZAL ile belirlenebilmektedir
- e) UZAL iklim değişikliği çalışmalarından hiçbir kısıtlama olmadan kullanılabilir

5. Küresel ısınma çalışmalarında kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesin önemli rol oynayan uydu sensör eşleştirmesi aşağıdakilerden hangisinden doğru olarak verilmiştir?

- a) Landsat - TM

- b) NOAA-AVHRR**
- c) Spot-XS**
- d) Terra - ASTER**
- e) Meteosat 8- SEVERI**

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. İlk meteoroloji uydusu olan, 17 Şubat 1959'da fırlatılmıştır.

7. EM spektrumları arasında kara yüzeyi sıcakları için kullanılan spektrumbantıdır

8. Termal kızılötesi bantlar kullanılarak üretilen kara yüzeyi sıcaklıkları gerçek ölçülmüş sıcaklık verileriyle karşılaştırıldığında çalışmanınelde ederiz.

9. 1992-2010 yılları arasında ortalama deniz seviyesi yükselimi yıldaolarak elde edilmiştir.

10. 1999 yılında başlatılanile 2003'de İstanbul, Zonguldak ve Balıkesir radarlarının da hizmete girmesiyle Türkiye Radar Şebekesi kurulmuştur.

Cevaplar

1)c, 2)a, 3)d, 4)e, 5)b, 6) Vanguard 2, 7) thermal kızılötesi, 8) doğruluğunu, 9) 3.2 ± 0.8 mm, 10) TEFER projesi.

5. CBS HİDROLOJİ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

5.1. CBS ile Hidroloji Çalışmaları

5.1.1. Akarsu Ağının Üretilmesi

5.1.2. Akarsu Havzalarının Üretilmesi

5.1.3. Akarsu Dizinlerinin Üretilmesi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- CBS'nin hidroloji alanında ne tür uygulamaları vardır?
- 2- Akarsular ve ağlarının belirlenmesi CBS ile nasıl gerçekleştirilir?
- 3- Akarsu havzalarının üretilmesi CBS ile nasıl gerçekleştirilir?
- 4- Akarsu dizinlerinin belirlenmesi ve analizinde CBS'nin rolü nedir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
CBS ile hidroloji çalışmaları	Hidroloji alanındaki bazı temel konularda CBS'nin kullanım potansiyelinin kavranması	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Akarsu ağlarının üretilmesi Akarsu havzalarının üretilmesi	Akarsu ağı ve havzalarını üretilmesinde CBS'nin nasıl kullandığının anlaşılması	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Akarsu dizinlerinin üretilmesi	Akarsu dizinlerinin belirlenmesi ve analizinde CBS'nin kullanımının kavranması.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Coğrafi bilgi sistemleri
- Hidroloji
- Akarsu ağı
- Akarsu havzası
- Akarsu dizinleri

Giriş

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin birçok uygulama alanlarından birisi de hidrolojidir. Özellikle CBS'nin raster veriler kullanılarak yapılan analizlerinden birisi olan bu hidroloji uygulamaları SYM temelli akarsu ağlarının, bu ağlara ait havzalarının belirlenmesi ve ayrıca akarsu dizinlerinin tespitinde ve analizinde kullanılmaktadır. Bu bölüm içerisinde bu bhasi geçen özellikler ve bunların CBS'de belirlenmesi hakkında detaylı bilgiler verilecektir.

5.1. CBS ile Hidroloji Çalışmaları

Su canlıların yaşamı açısından önemli ve temel ihtiyaçlardan birisidir. Suyun yeryüzündeki döngüsüne kısa şekilde ele alacak olursak, su birikim alanları olan okyanuslar, denizler ve göllerin ısınma ile buharlaşması ve bitkilerin ısınma ile terlemesi ile buharlaşan suyun yükselerek yoğunlaşması, yoğunlaşan havanın taşınarak belirli bölgelerde koşullar oluştuğunda yağmur veya kar şeklinde yağışlarla yeryüzüne ulaşması şeklinde devam eder. Yeryüzüne ulaşan yağışların bir kısmı bitkiler tarafından tutulur, bir kısmı yeraltına sızarak yeraltı suyunu oluşturur, bir kısmı da yüzeysel akışa geçer ve tekrardan su birikim alanlarına ulaşırlar (Şekil .3.1.).



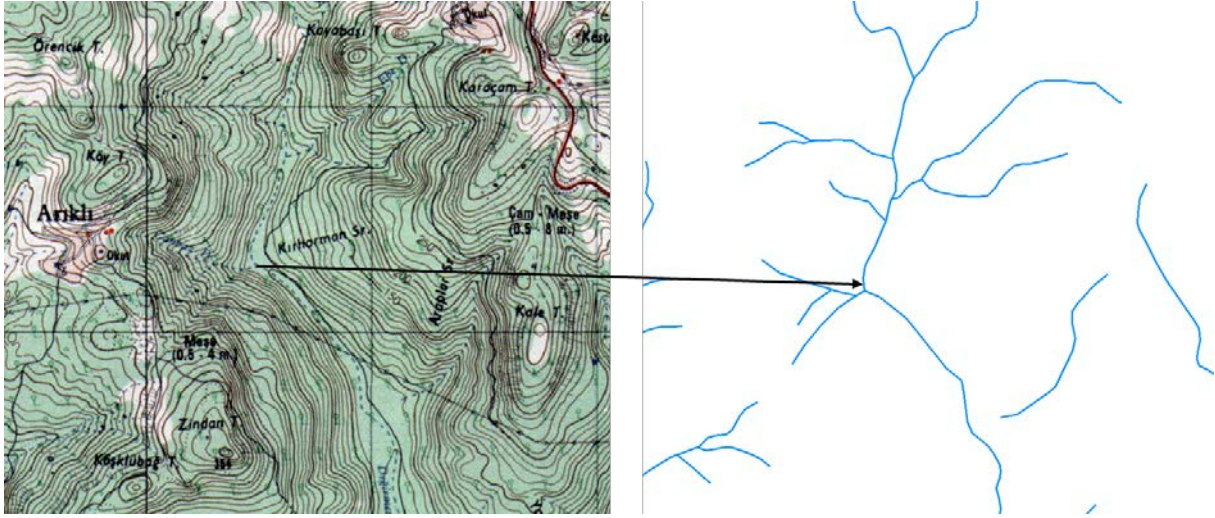
Şekil 5.1. Yeryüzündeki hidrolojik döngü.

Şekil 5.1. deki suyun bu dolaşımındaki her bir evresinde suyun modellenmesinde CBS'nin kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle de suyun yeryüzüne düştükten sonraki aşamasında yüzey suları ve yeraltı sularının modellenmesi bunun yanında yağışların akışa geçmesindeki bazı parametrelere bağlı modelleme çalışmalarında CBS yoğunlukla kullanılmaktadır. Bu başlık altında daha önce jeomorfoloji başlığı altında kısaca değinilmiş olan yüzeylere ait akarsu ve ağlarının üretilmesi ve bu akarsulara ait havzaların ve alt havzaların belirlenmesi, akarsu dizinleri konularında durulacaktır.

5.1.1. Akarsu Ağlarının Üretilmesi

Akarsular yüksek kesimlerden eğim yönünde çizgisel akış gösteren su kütleleridir. Bu nedenle akarsular doğadaki hidrolojik döngünün bir parçasıdır. Akarsuların CBS veritabanında oluşturulabilmesi için genelde topografik haritalar kullanılır. Değişik ölçekteki bu haritalar üzerinde mavi renkle çizilen akarsular sayısallaştırılarak akarsulara ait veritabanı oluşturulur. Bu işlem özellikle büyük alanlar için zor ve zaman alıcı olmakla birlikte, bu

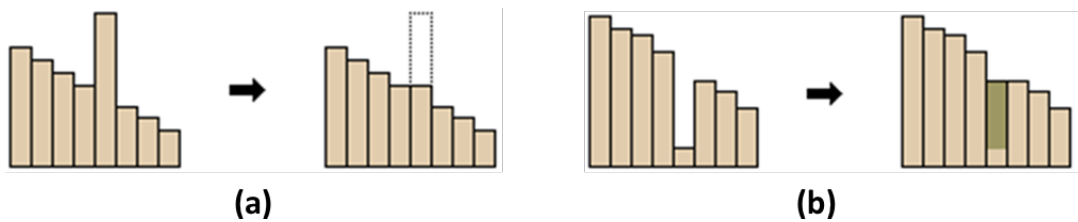
akarsular da her zaman yüzeylerin akarsu potansiyellerini tam olarak yansıtmazlar (Şekil 5.2.).



Şekil 5.2. Topografya haritası üzerindeki mavi çizgilerin sayısallaştırılmasıyla oluşturulmuş akarsu akarsu ağı.

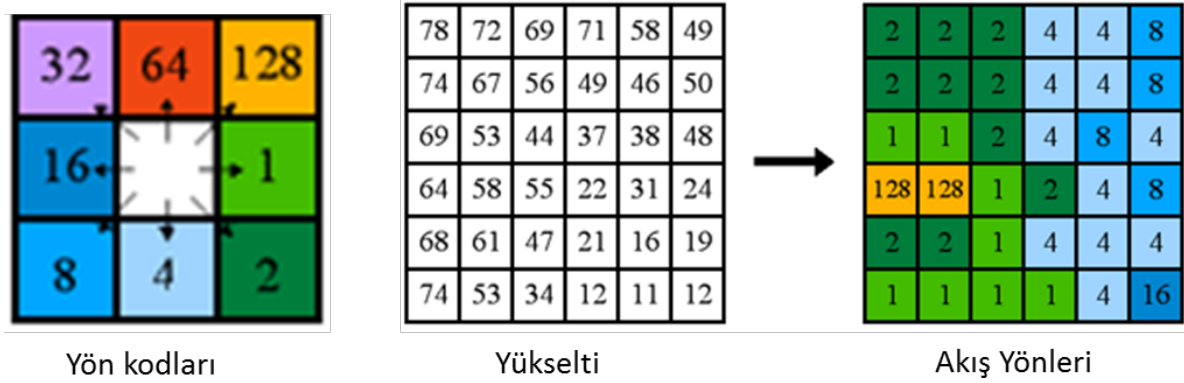
CBS gerek bu haritalar üzerindeki mavi çizgilerin belirlenmesi gerekse yüzey üzerinde düşen yağışların yüzeyel akışa geçmesiyle hangi potansiyel oluşabilecek akarsu ağını belirlemede büyük kolaylıklar sunar. Bu konu ile ilgili olarak CBS'nin jeomorfoloji uygulamaları başlığı altındaki havza analizleri bahsinde kısmen açıklama yapılmıştır. Ancak burada daha detaylı üzerinde durulacaktır.

CBS'de yüzeyel akışa geçen sular olan akarsular ve kollarının belirlenmesi işlemi SYM verileri üzerinden gerçekleşmektedir. Hücre tabanlı SYM'ler en fazla kullanılan ve yeryüzünün şeklini en iyi temsil edebilen verilerdir. Bu verilerin doğruluğu çözünürlüğe ve SYM üretirken kullanılan verilere bağlılık gösterir. SYM verilerinden akarsu ağı üretmeden önce SYM'lerdeki olabilecek muhtemel hataların giderilmesi gerekmektedir. Bu hatalar genellikle çukurluk ve yükseklikler olarak karşımıza çıkarlar. Bu hataların SYM verisinde olması, yüzeyler üzerinde akarsu akışlarının hatalı sonuçlar vermesine neden olur. Bu nedenle SYM verileri üzerindeki bu fazlalık yükseltilerin temizlenmesi ve gereksiz çukurlukların doldurularak düzeltilmesi gerekmektedir (Şekil 5.3). Bu nedenle SYM verilerine doldurma (Fill) işlemi uygulanır.



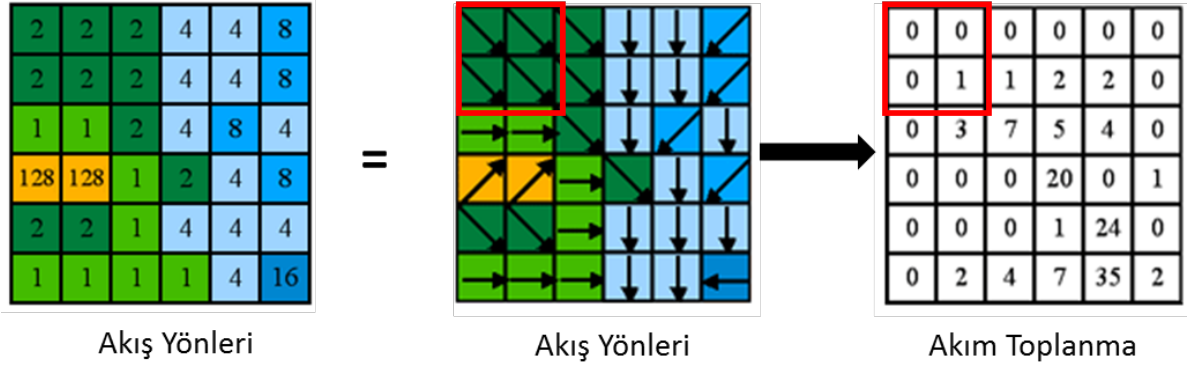
Şekil 5.3. SYM'lerdeki hatalar ve düzeltilmesi (temizleme (a) ve doldurma (b) işlemi).

Yüzeyin hidrolojik karakterini ortaya koyan özelliklerden birisi olan akış yönü (flow direction) özellikleri SYM verileri kullanılarak oluşturulurlar. SYM verisinde merkez piksel baz alınarak çevre piksellerin yükseklik ve uzaklıklarına bağlı olarak akış yönleri oluşturulur. Buna göre merkez pikseldeki su çevresindeki 8 yöne hareket etme kabiliyeti olduğu için herbir yöne değer ataması yapılır. Bu değerler doğuda 1'den başlar, güneydoğu 2, güney, 4, güneybatı 8, batı 16, kuzeybatı 32, kuzey 64 ve kuzeydoğuda 128'e kadar devam eder (Şekil 5.4). Böylelikle herbir piksele çevre 8 piksele göre yükseklik ve mesafe parametresi kullanılarak akış yön kodları atanır. Örneğin Şekil 5.4'teki yükselti verisinde sol üst köşedeki 78 piksel değerini ele alalım. Bu piksel kenar piksel olduğu için çevresinde 8 piksel olmayıp sadece 72, 67 ve 74 pikselleri bulunur. Su doğal olarak yükseltisi fazla olan noktadan az olan noktaya doğru akış göstereceği için burada başlangıç noktası olan 78 pikselindeki su çevresinde en düşük değer olan 67 pikseline geçiş yapacaktır. Dolayısıyla yönü güneydoğu olduğu için yön kodlarından güneydoğuya ait kod olan 2 numarası 78 pikseline atanır (Şekil 5.4.). Diğer piksel değerlerini de bu şekilde ele alabilirsiniz. Böylelikle girdi SYM verisindeki yükselti ve mesafeye bağlı olarak akış yönleri verisi üretilmiş olur (Şekil 5.6.).

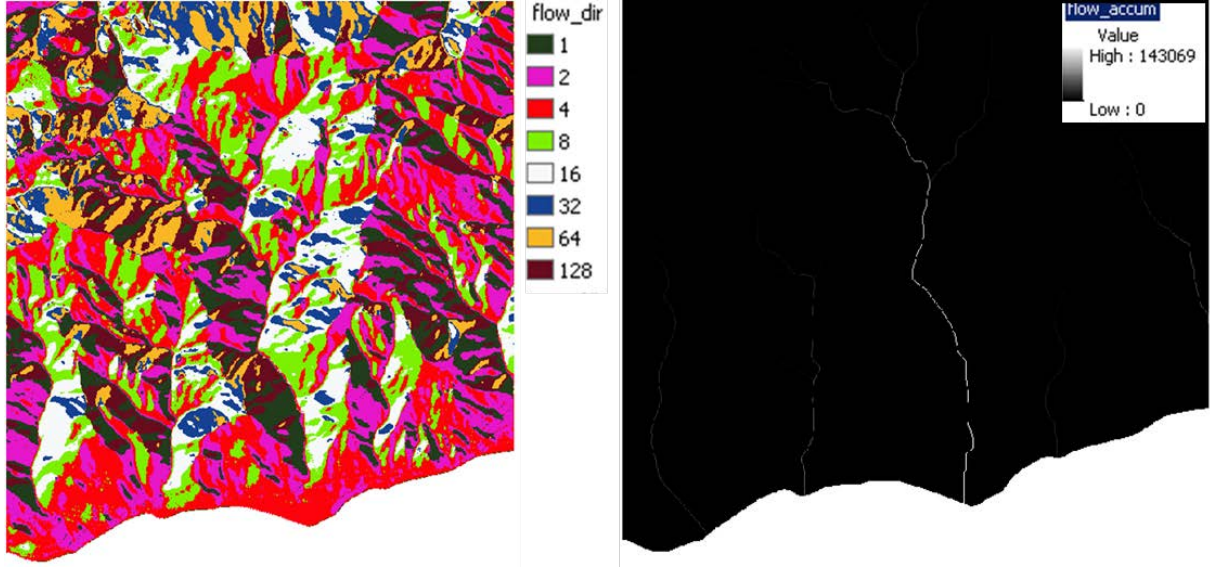


Şekil 5.4. Akış yönlerine ait kodlar.

SYM verisine akış yönleri verisi atandıktan sonra yönler bağli olarak yüzeysel akışın toplanma (flow accumulation) verisi elde edilir. Bu veride bir önceki akış yönlerine ait veriler toplanır ve çalışılan alandaki toplamdaki akım değeri elde edilir (Şekil 5.5). Daha iyi anlayabilmek için Şekilde 5.4'te üretilen akış yönlerine bakalım buradaki rakamlar akış yönlerine ait kodları veriyordu. Bu kodlara göre akış yönleri piksellere işaretlendiğinde suyun hangi pikselde ne kadar toplandığını elde etmek mümkündür. Örneğin Şekil 5.5.'te kırmızı çerçeve içerisinde gösterilen piksellere bakacak olursak, dört piksel de akış yönü olarak güneydoğu yani 2 akış yönü koduna sahiptir. Sınır piksel değeri her zaman akış sözkonusu değil ise 0 olarak akım toplanmada ele alınır. Bu açıdan sadece sağ alt köşedeki piksele sol üst köşedeki piksel akış gösterdiği için değeri akım toplanmada 1 olarak girilir. Burada bir piksele çevre piksellerin yönelimi ve değerine bağli olarak bir akım toplanma değeri atanır. Bu şekilde değeri bütün akış yönlerine uygulanır ve çalışılan saha için toplamdaki akım toplanma değeri elde edilir. Bu değeri büyüklüğü çalışılan sahanın büyüklüğü ve yüksekliğine göre değişiklik gösterir (Şekil 5.6). Şekil 5.6'daki akım toplanma verisinde sahadaki akım toplanma verileri 0 ile 143069 değeri arasında değişmektedir.



Şekil 5.5. Akım toplanma verisinin üretilmesi

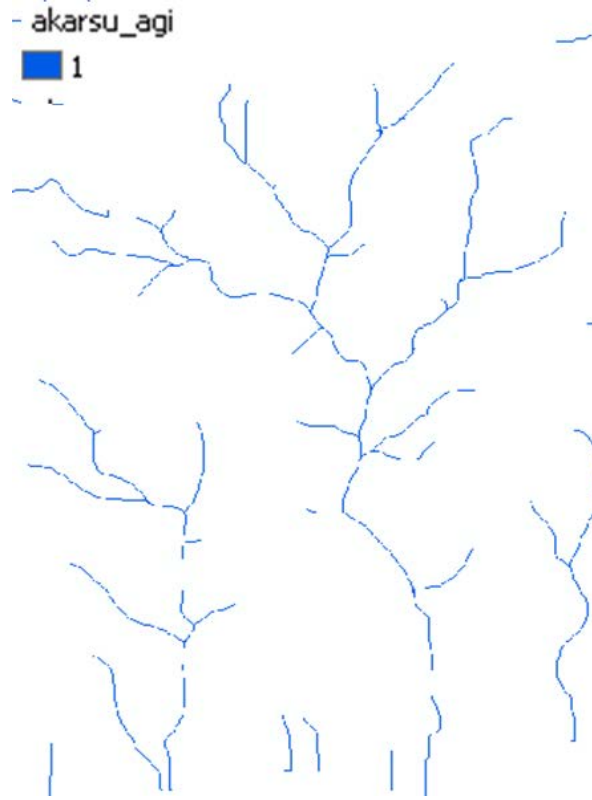


Şekil 5.6. Girdi SYM verisine bağlı üretilen akış yönleri ve akım toplanma verisi.

Akım toplanma verisi girdi akış yönleri verisi üzerindeki bütün akım toplanma değerlerini verir. Bu veriden istenen ve sahayı temsil eden akarsu ağı çıkartmak için bir eşik değeri belirlenir. Bu belirleme işleminde saha için çıkartılmak istenen akarsu ağının detayı önemlidir. Sadece ana akarsu kolları üretilecekse eşik değerinin yüksek tutulması, bütün alt kollar ve hatta kuru vadiler de akarsu ağında gösterilmek isteniyorsa eşik değerinin bu akarsu kollarını da temsil eden küçük bir eşik değerinin belirlenmesi gerekir. Eşik değeri belirleme işleminden sonra akım toplanma verisine bu eşik değere bağlı sorgulama yaptırılarak bu değerlerin üzerindeki akım toplanma değerlerinin akarsu ağı olarak belirlenmesi sağlanmış olur. ArcGIS yazılımında bu işlem için uygulanan koşul cümlesi;

`streamnetwork=Con("akımtoplanmaverisi>eşikdeğer,1)`

şeklinde. Örneğin Şekil 5.6'da verilen akım toplanma verisine 1500 eşik değeri verildiğinde Şekil 5.7'deki akarsu ağı üretilmiştir. Eşik değeri 1500 ün altına düştüğü oranda bu akarsu dağılışı artış gösterecektir. 1500 değerinin üstüne çıktığı oranda da akarsu ağı daha çok ana kollarla temsil edilecektir.

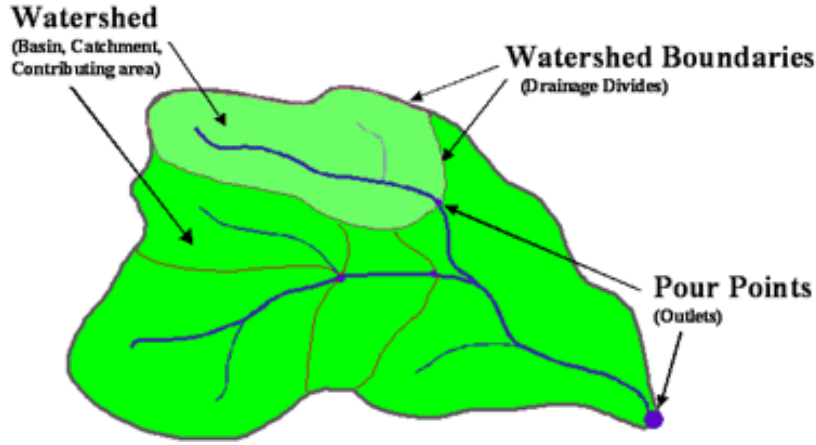


Şekil 5.7. SYM verisinde üretilmiş akarsu ağı (1500 eşik değeriyle).

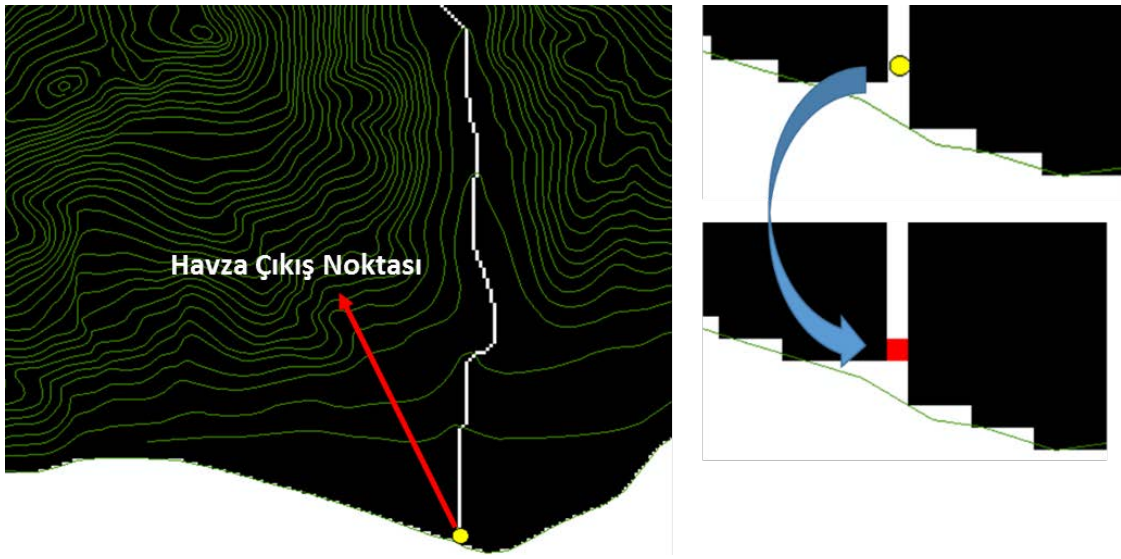
5.1.2. Akarsu Havzalarının Üretilmesi

Akarsu havzası, bir akarsuyun kollarıyla birlikte yayılmış olduğu sahaya veya bir akarsu tarafından suları boşaltılan sahaya denir. İki akarsu havzasını birbirinden ayıran sınır havza sınırı veya su bölümü çizgisi olarak adlandırılır. Akarsulara ait genel havzaların veya bu havzaların altındaki alt kollara ait alt havzaların belirlenmesi geleneksel yöntemde topografya haritalarındaki izohipsler (eşyüksekti eğrileri) kullanılarak sırt, tepe, zirve ve boyunlardan geçirilmek üzere manuel belirlenmektedir. Bu işlem özellikle çok büyük havzalarda yanlışlıkların oluşmasına neden olmaktadır. Fakat CBS nin bu alandaki kullanımıyla bu işlemler daha hızlı ve güvenilir olarak belirlenebilmekte, havza ve althavza çıkartımları daha kolaylaşmıştır.

Bunun için daha önce üretilen akım toplanma ve akış yönleri verileri kullanılmaktadır. Bunlardan akım toplanma verisinde havzası üretilecek akarsuyun havza çıkış noktasının belirlenmesi gerçekleştirilir. Havza çıkış noktasına (pour point) göre nokta gerisindeki suyun toplandığı alan havza olarak belirlenir (Şekil 5.8). Bu çıkış noktası eğer ana kolun ağzında olursa genel havza, alt akarsu kollarının ana kola bağlanma noktasında olursa alt havzaların sınırları belirlenir. Havza çıkış noktası akım toplanma verisinin tam üzerinde olmasına dikkat edilir (Şekil 5.9). Çünkü, bu noktanın kayması durumunda akarsu kenarındaki akım toplanma değeri daha küçük olan bir havza alanının çıkartımı gerçekleştirilir.

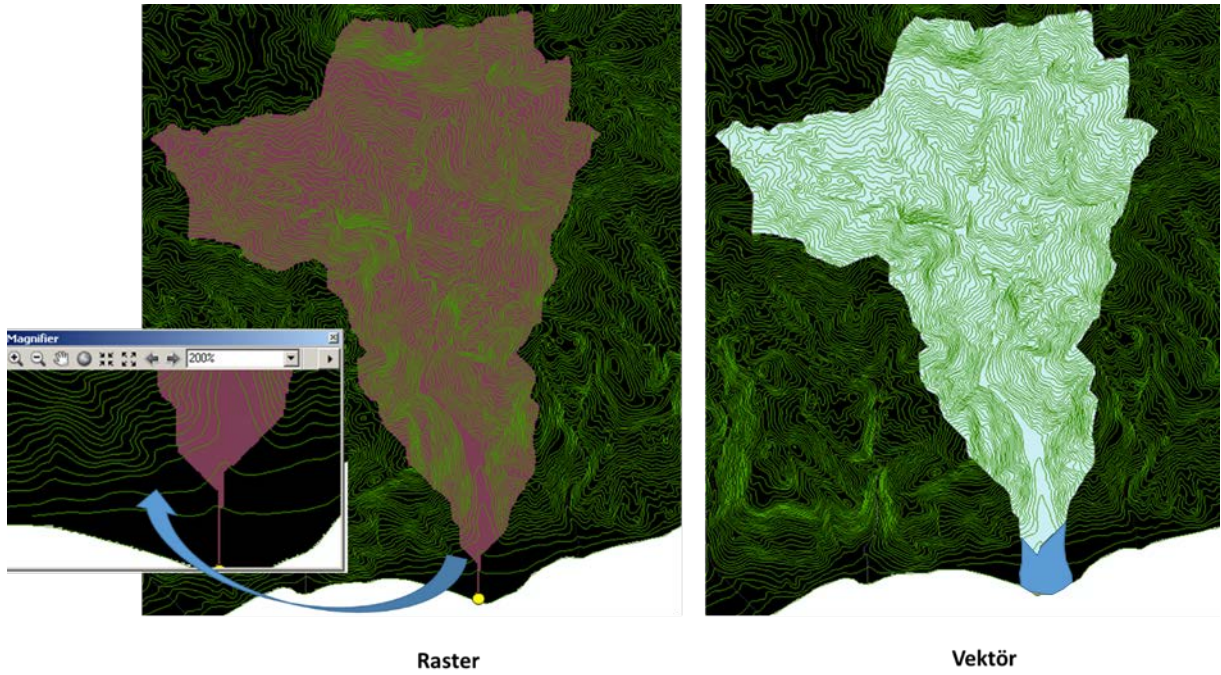


Şekil 5.8. Havza çıkış noktası ve gerisindeki havza ilişkisi.



Şekil 5.9. Akım toplanma verisinden havza çıkış noktasının belirlenmesi.

Belirlenen havza çıkış noktası ile SYM verisinden üretilmiş akış yönleri verisi kullanılarak havza çıkış noktası gerisindeki havzanın belirleme işlemi gerçekleştirilmiş olur (Şekil 5.10). Bu havza belirlemesi özellikle eğim değerinin ve yükseltinin fazla olduğu topografyalarda çok fazla hata içermeyen SYM çözünürlüğüne bağlı olarak havza belirleme gerçekleşir. Ancak topografyanın daha silik olduğu düz ve düze yakın alanlarda havza sınırlarında bir takım hatalar olabilmektedir. Bu hatalar üretilen raster havza verilerinin vektör veriye dönüştürülmesi ile düzeltilmesiyle ortadan kaldırılabilir (Şekil 5.10). Daha öncede belirtildiği gibi bu işlem alt havzaların belirlenmesinde de kullanılabilir. Sadece bu işlemde tek bir havza çıkışı olamayıp alt havzaların sayısı adedince havza çıkış nokta verisi üretilir. Ancak bunları herbirinin farklı katmanlarda değil aynı katman içerisinde ve herbir alt havza çıkış noktasına ID değeri atanarak gerçekleştirilir.

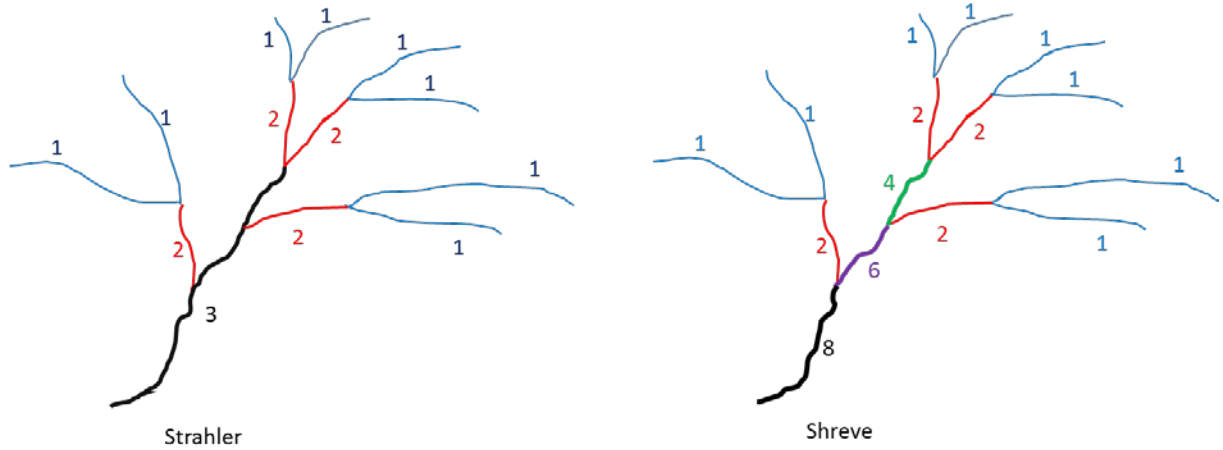


Şekil 5.10. CBS ile üretilen akarsu havzası.

5.1.3. Akarsu Dizinlerinin Üretilmesi

Bir akarsu havzasına bakıldığında ilk dikkati çeken özellikler, havza içindeki akarsu ve kolları, havzanın şekilsel özellikleri ve minimum-maksimum yükseklikleridir. Sadece bu özelliklerine bağlı olarak havzaların genel morfolojik karakterleri hakkında bilgi sahibi olmamız mümkündür. Örneğin, akarsu ağının çok fazla olması, havzanın geçirimsiz bir zemine sahip olduğu, eğiminin fazla olduğunu veya bitki örtüsünden yoksun olduğunu; havza şeklinin dairesel olması, ana akarsu koluna yan kollardan suların daha geç bir sürede katılacağı çıkarımında bulunmak gibi. Havzalardaki bu şekilsel özelliklere bağlı olarak, Horton ilk defa akarsu ağlarının morfometrik özelliklerini sayısal olarak incelemiş ve “drenaj kompozisyonu” olarak isimlendirilen farklı büyüklükteki dereler arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilebileceğini göstermiştir (Horton, 1945).

Horton’un ortaya atmış olduğu metodu daha sonra Strahler (1952) tekrar düzenlemiş, böylece bütün derelerden çok derelerin segmentlerini (en küçük kollarını) sıralamıştır. Strahler yönteminde, yan kol olmayan fakat küçükte olsa akışa sahip bir segment 1. dizin olarak isimlendirilmiştir. İki tane 1. dizin birleşince 2. dizini, iki tane 2. dizin birleşince 3. dizini oluşturur vs.(Şekil 5.11). Bu sistemde daha küçük bir dizin kendisinden büyük bir dizinle birleşince dizin değerinde bir artış olmaz. Ancak iki eşdeğer dizin birleşirse dizin sıralamasında bir artış olabilmektedir. Bundan da anlaşılabileceği gibi Strahler yönteminde küçük dizinlerin (kolların) etkisi gözardı edilmiştir. Fakat bu etki daha sonra Shreve (1966, 1967) tarafından kullanılmış ve “Shreve Magnitude” olarak isimlendirilen yeni yöntem ortaya konmuştur. Bu yöntemde bir dizin kendisinden önceki dizinlerin toplamı şeklinde bir dizilişe sahiptir. Dolayısıyla havzanın aşağı kesimindeki 1. dizindeki bir segment, birleştiği yukarı havzalardan toplanarak gelmiş bir n büyüklüğündeki dizine katılarak bu dizinin değerini $n+1$ yapar ve büyütür (Şekil 5.11) (Özdemir, 2011).



Şekil 5.11. Akarsu ağlarına uygulanan dizinleme sistemleri.

Havzalara ait taşkın hidrograflarının belirlenmesi ve tahmininde (Şekil 5.12) ve ayrıca yağış-akış arasındaki ilişkinin araştırılmasında Strahler ve Shreve dizinleri kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu yöntemlere ait akarsu dizin üretimi hidrolojik uygulamalar açısından önem arz eder. Örneğin bu dizinler kullanılarak havzalardaki akarsuların çatallanma oranları belirlenir. Çatallanma oranı (Bifurcation Ratio-Rb), Strahler yöntemine bağlı olarak belirli bir dizinin havzadaki toplam sayısının, bir üst dizinin havzadaki toplam sayısına oranıyla elde edilir. Bunun için kullanılan formül;

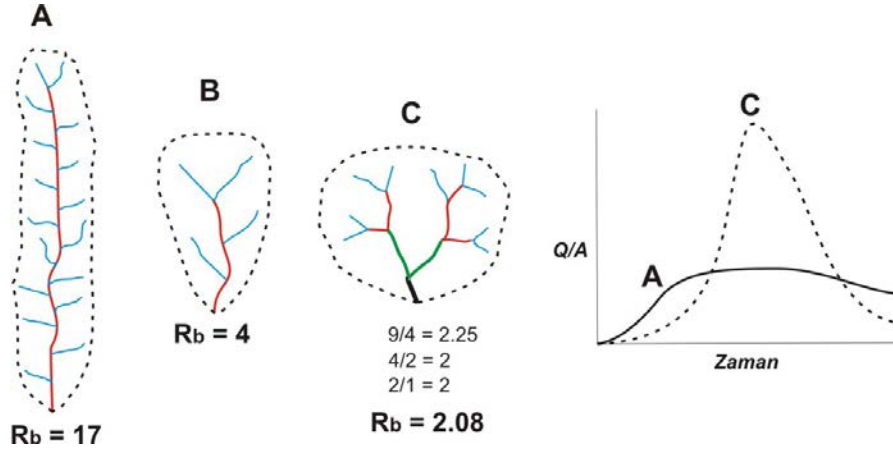
$$R_b = N_u / N_{u+1}$$

şeklindedir. Formülde yer alan;

N_u : Dizin sayısı,

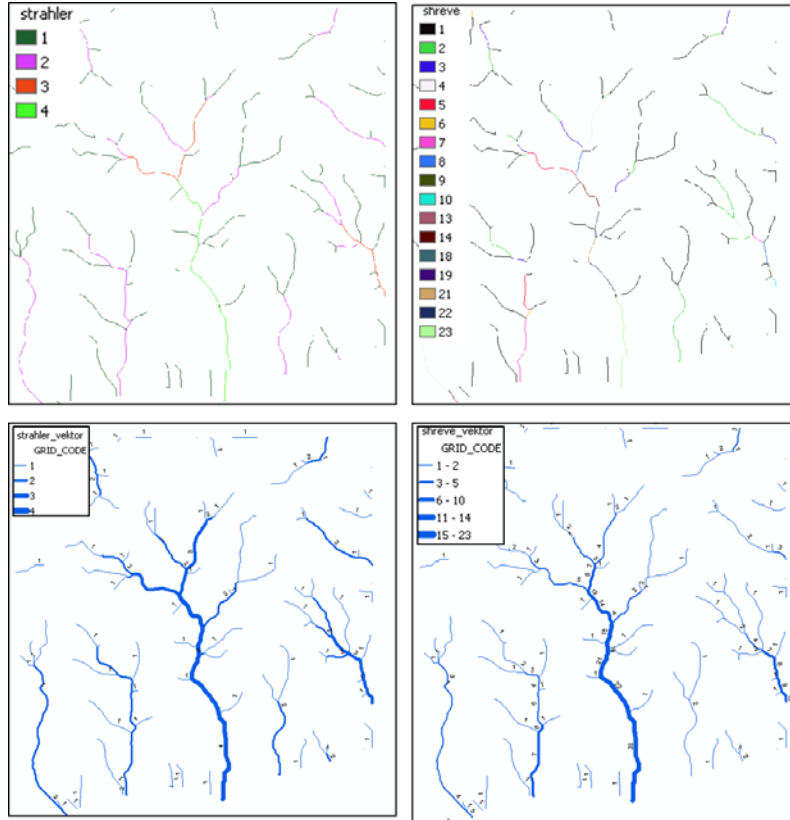
N_{u+1} : Bir sonraki dizin sayısı'dır.

Havzadaki her bir dizin arasında R_b değeri elde edildikten sonra, bu değerlerin ortalaması alınarak havzanın R_b değeri bulunur. Şekil 5. 12'de Strahler yöntemine göre farklı havzaların çatallanma oranları (R_b) verilmiştir. Bu havzalardan A havzasının çatallanma oranı 17 olarak bulunmuştur. Bu bize 17 tane birinci dizin (mavi) ve bir tane de 2. Dizin (kırmızı) olduğunu gösterir. Formüle konduğunda $17/1=17$ olarak bulunur. C havzasında ise 9 tane 1. Dizin, 4 tane 2. Dizin, 2 tane 3. Dizin ve 1 tane 4. Dizin bulunmaktadır. Bir üst dizin ile alt dizin arasındaki çatallanma oranı ilişkisi hesaplandığında havzanın ortalama çatallanma oranı 2.08 olarak elde edilir (Şekil 5.12). A ve C havzalarına ait akarsuların akım hidrograflarına bakıldığında R_b değeri yüksek olan A havzasında daha yumuşak ve pik akımların görülmediği bir dağılım sergiler. Bunda 1. Dizinlerin herbirisinin farklı lokasyonlardan 2. Dizine katılması da etkilidir. C havzasına ait hidrografta anlık olarak akım değerlerinin yükselmesi görülmektedir. Bunda çatallanma oranının düşük olması yani çevre akarsuların kollarının birden ve aynı yerde ana kola katılması etkili olmaktadır. B havzası da bu iki havzas arasında orta değerler gösterir.



Şekil 5.12. Strahler dizinlemesine bağlı olarak havzalara ait çatallanma oranları ve akım hidrografi ilişkileri.

Görüldüğü gibi akarsu dizinleri ve yapılan değerlendirmeler havzaların hidrolojik karakterleri üzerinde birtakım çıkarımlarda bulunmamazı sağlar. CBS içerisinde üretilen akarsu ağı ve akış yönleri verileri kullanılarak gerek Strahler ve gerekse Shreve akarsu dizinlemesi otomatik olarak üretilebilmektedir. Daha önce üretilen akarsu ağı ve akış yönleri verileri kullanılarak üretilen Strahler ve Shreve dizinleri Şekil 5.13'te verilmiştir. Buna göre sahada Strahler dizinlerine göre 4. Dizine kadar Shreve yöntemine göre de 23. Dizine kadar akarsu dizini belirlenmiştir. Bu veriler raster formatta üretildiğinden vektöre dönüştürülüp herbir dizinin sahip olduğu sayıya bağlı olarak çatallanma oranları hesaplanabilir.



Şekil 5.13. Strahler ve Shreve dizinleri ve vektör gösterimleri.

Uygulamalar

- 1- CBS'nin hidroloji alanındaki diğer uygulamalarının neler olduğunu araştırınız?
- 2- Hidrolojik özelliklerin belirlenmesi ve SYM ler arasındaki ilişkiyi araştırınız?
- 3- Devlet Su İşleri (DSİ) web sayfasını inceleyerek CBS ile ilgili yapılan çalışmaların neler olduğunu araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1- CBS uygulamaları hidrolojide hangi alanlarda yoğunluk kazanmıştır?
- 2- Hidroloji çalışmalarında SYM çözünürlüklerinin önemi nedir?
- 3- Ülkemizde CBS ile gerçekleştirilen hidroloji çalışmaları nelerdir, maddeleyiniz?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Suyun dolaşımındaki herbir evresinde suyun modellenmesinde CBS'nin kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle de suyun yeryüzüne düştükten sonraki aşamasında yüzey suları ve yeraltı sularının modellenmesi bunun yanında yağışların akışa geçmesindeki bazı parametrelere bağlı modelleme çalışmalarında CBS yoğunlukla kullanılmaktadır. Burada akarsu ağı üretme, havza belirleme ve akarsu dizinlerinin belirlenmesi çalışmaları detaylı olarak ele alınmıştır.

Havzalardaki akarsu ağlarının belirlenmesinde CBS gerek bu verilerin haritalar üzerindeki mavi çizgilerin belirlenmesi gerekse yüzey üzerinde düşen yağışların yüzeysel akışa geçmesiyle potansiyel oluşabilecek akarsu ağını belirleme işlemlerinde büyük kolaylıklar sunar. Bu analiz için düzeltilmiş SYM verileri temel alınarak suyun piksel yükseklik ve mesafelerine bağlı olarak akış yönleri, akım toplanma ve eşik belirleme işlemlerinden sonra akarsu ağı üretimi yapılabilmektedir.

Gerek ana akarsu havzaları gerekse alt havzaların üretilmesinde ise akarsu havzası çıkartılacak bir akarsuyun çıkış noktasının belirlenmesi ve havzaya ait akış yönlerinin üretilmesi gerekmektedir. Bu iki veri kullanılarak çıkış noktası gerisindeki suyun toplanma alanı belirlenir.

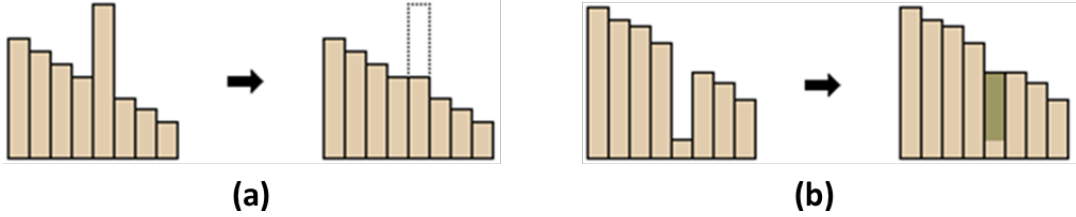
Akarsu dizinleri de havzadaki akarsu kolllarını sıralanma şeklini verir. Bunun için iki yöntem olan Strahler ve Shreve yöntemleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Bu iki akarsu dizinleri bağlı olarak akarsu havzalarının genel özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi akarsu ağı üretmede kullanılan aşamalardan birisi değildir?

- a) SYM üretme
- b) Doldurma işlemi
- c) TIN modeli üretme
- d) Akış yönlerini üretme
- e) Akım toplanma verisini üretme

2.



Yukarıda verilen a ve b şekillerindeki işlemler sırasıyla aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Temizle - doldurma
- b) Doldurma - temizleme
- c) Temizle – akış yönü
- d) Akış yönü – akım toplanma
- e) Temizleme – eşik belirleme

3. SYM verisinde merkez piksel baz alınarak çevre piksellerin yükseklik ve uzaklıklarına bağlı olarak oluşturulur.

Yukarıdaki bilgisi verilen işlem aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Akım toplanma
- b) Eşik belirleme
- c) Temizleme
- d) Doldurma
- e) Akış yönü belirleme

4. Akış yönleri ile grid kodu eşleştirmelerinden hangisi yanlıştır?

- a) Doğu - 1
- b) Kuzey - 64
- c) Batı- 16
- d) Güney - 4
- e) Güneybatı - 32



5.

Yukarıda verilen akış yönleri verisinin akım toplanması verisi aşağıdakilerden hangisidir?

0	0
2	0

a)

4	0
0	1

b)

0	20
0	1

c)

0	1
24	0

d)

0	0
0	2

e)

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Havza çıkış noktasına (pour point) göre nokta gerisindeki suyun toplandığı alanolarak belirlenir

7. Strahler yöntemine bağlı olarak belirli bir dizinin havzadaki toplam sayısının, bir üst dizinin havzadaki toplam sayısına oranınadenir.

8. SYM verisine akış yönleri verisi atandıktan sonra yönlere bağlı olarakverisi elde edilir.

9. İki akarsu havzasını birbirinden ayıran sınırolarak adlandırılır.

10. Belirlenen havza çıkış noktası ile SYM verisinden üretilmişverisi kullanılarak havza çıkış noktası gerisindeki havzanın belirleme işlemi gerçekleştirilmiş olur

Cevaplar

1)c, 2)a, 3)e, 4)e, 5)a, 6) havza, 7) çatallanma oranı, 8)akım toplanma, 9) su bölümü çizgisi, 10) akış yönleri

6. UZAL HİDROLOJİ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 6.1.** UZAL ile Hidroloji Çalışmaları
 - 6.1.1.** Toprak Nemliliği ve Yüzeysel Sular
 - 6.1.2.** Kar ve Buzul Çalışmaları
 - 6.1.3.** Taşkınların Haritalanması

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- UZAL ile yapılabilecek hidroloji çalışmaları nelerdir?
- 2- Toprak nemliliği ve yüzeysel suların belirlenmesinde UZAL'ın katkıları nelerdir?
- 3- Kar ve buzul çalışmalarından UZAL ne gibi faydalar sağlar?
- 4- UZAL ile yapılabilecek taşkın çalışmaları nelerdir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
UZAL ile hidroloji çalışmaları	UZAL'ın genel hidroloji uygulamalarının neler olduğu hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Toprak nemliliği ve yüzeysel sular	Toprak nemliliği ve yüzeysel suların belirlenmesinde UZAL'ın sağladığı kolaylıklar hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Kar ve buzul çalışmaları	Kar ve buzul çalışmalarındaki UZAL'ın katkısı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Taşkınların haritalanması	Taşkın çalışmalarında UZAL'ın sağladığı avantajlar hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Uzaktan algılama
- Hidroloji
- Toprak nemliliği
- Yüzeysel sular
- Kar ve buzul
- Taşkınlar

Giriş

Uzaktan algılama sahip olduğu çözünürlük özelliklerine bağlı olarak birçok alana uygulama imkanına sahiptir. Bunlardan birtanesi de hidroloji alanıdır. Daha önce bahsi geçen suyun dünya içindeki döngüsünün her aşamasında uzaktan algılama çalışmalarıyla birtakım araştırmalar yapmak mümkündür. Bu nedenle uygulama alanı diğer bütün alanlarda olduğu gibi oldukça geniştir. Ancak bu bölümde, toprak nemliliği ve yüzeysel suların belirlenmesi, kar ve buzul çalışmalarındaki kullanımı ve son olarak da taşkınların haritalanmasındaki kullanımları üzerine durulacaktır.

6.2. UZAL ile Hidroloji Çalışmaları

Uzaktan Algılaman'ın hidrolojik çalışmalardaki kullanımı 5. Bölümde bahsedilen hidrolojik döngü genelinde incelencek olursa, yeryüzünden suyun evapotranspirasyonla buharlaşması ve yoğunlaşmasından başlayarak yağmur bulutlarının takibi, bu bulutların bünyesindeki su miktarları, olası yağış miktarları, yüzey üzerinde karların belirlenmesi, yağışın arazi kullanım özelliklerine bağlı olarak nekadarının akış olarak yüzeysel sulara katılabileceği, topraklardaki nemlilik, arazi kullanımı özellikleri, yeraltı suyu özellikleri gibi birçok hidrolojik alanda UZAL uygulamalarını görmek mümkündür.

UZAL'ın sunmuş olduğu imkânlar ve hidrolojinin bilimsel içeriği bakımından birçok alanda UZAL uygulamalarını görmek mümkündür. Ancak burada bazı alanlardaki uygulamaları üzerinde durulacaktır.

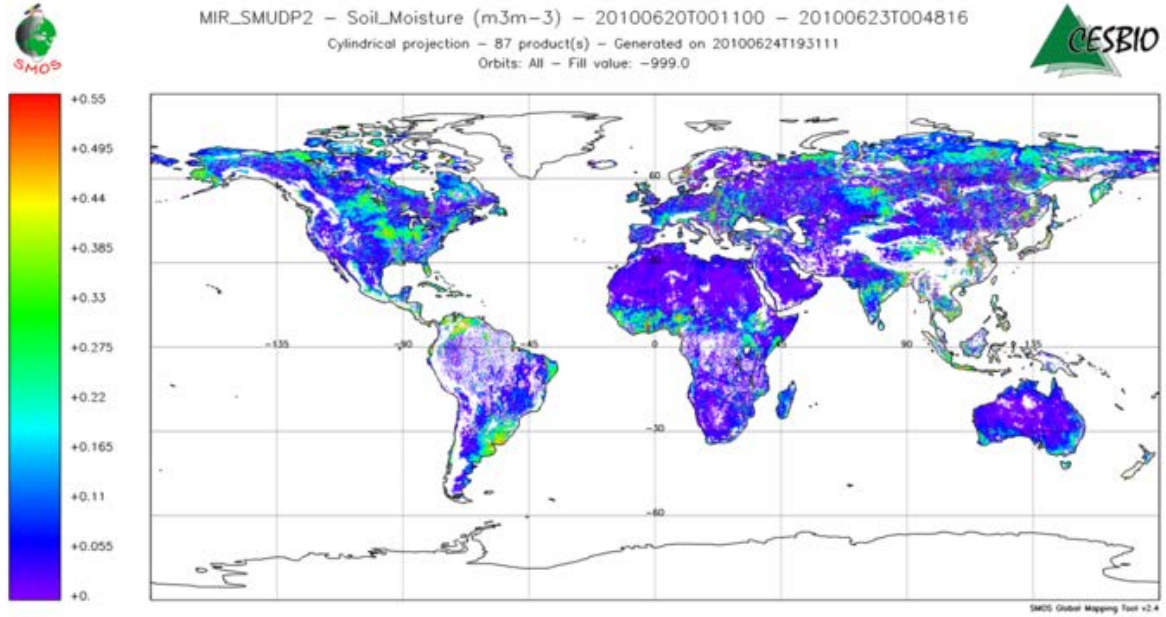
6.1.1. Toprak Nemliliği ve Yüzeysel Sular

Bir bölgedeki toprak içerisindeki nemlilik buharlaşma ve yağış oranlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Toprak yüzeyindeki nemliliğin belirlenmesi kısa ve orta vadedeki meteorolojik modellemelerin geliştirilmesinde, hidrolojik modellemelerde, bitkileri büyümesinin gözlenmesinde ve ayrıca taşkınların tahmininde büyük önemi vardır.

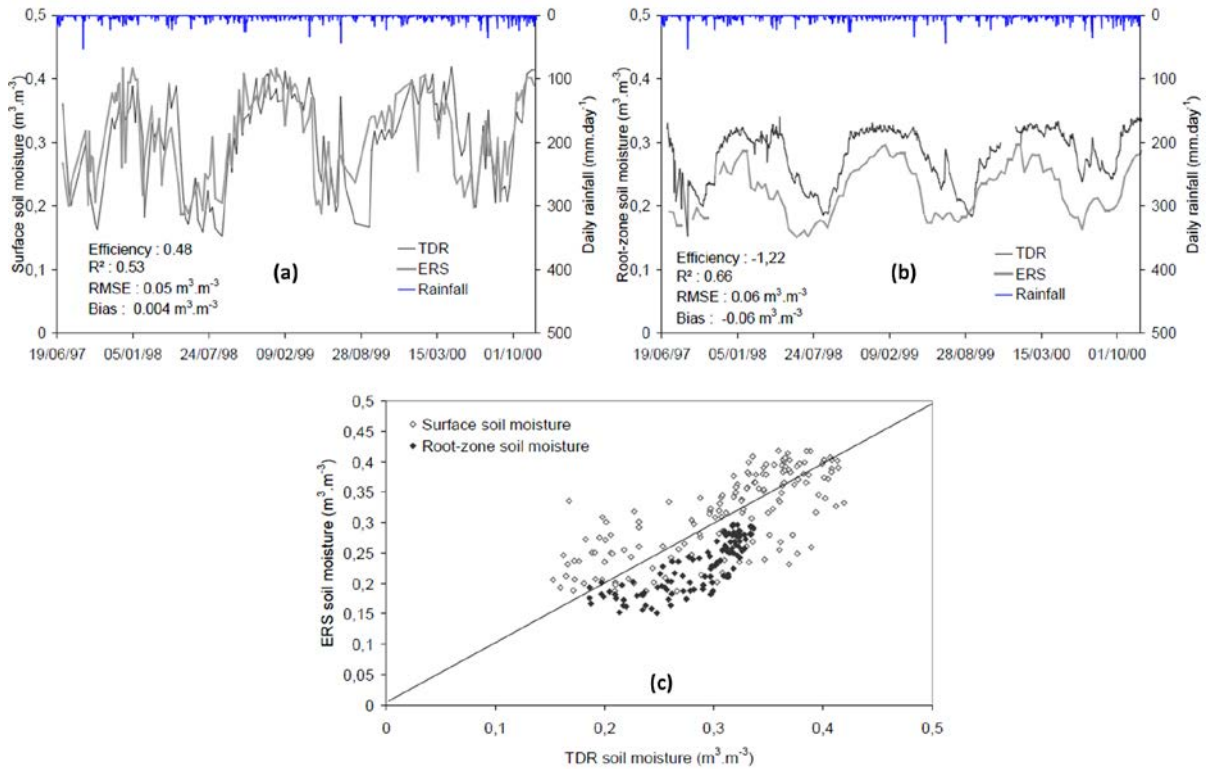
Topraktaki nemlilik her nekadar birincil düzeydeki üretimler için önem arzetsede, bunun yanında hava ve iklim olayları içinde önem arzeder. Bundan dolayı toprak nemliliği, kara ve atmosfer arasındaki su ve ısı enerjisinin değişiminin kontrolünde ana parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle toprak nemliliklerini, aktif ve pasif mikrodalgalara ait verilerden elde etme son zamanlarda yoğun olarak çalışılan konulardan birisidir. Bu çalışmalar özellikle yakın geçmişte planlanan iki uydunun SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) ve SMAP (Soil Moisture Active Passive) varlığıyla ilgilidir. Özellikle bu uydulardan SMOS programına bağlı olarak ilk görüntüler alınmaya başlanmıştır (Şekil 6.1). SMOS uydusunun toprak içerisinde %4'lük nemliliğe kadar tespit etme kapasitesi vardır. Mekansal çözünürlüğü 35-50 km arasında değişmekle birlikte görüntü tekrarlama aralığı 1-3 gün arasındadır. SMAP ise 2014 yılı içerisinde fırlatılacak olup henüz görüntü elde etmeye başlamamıştır. Bu uydunun özellikleri SMOS'a göre biraz daha geliştirilmiştir. L Bant Radiometre'de mekânsal çözünürlük toprak nemliliği için 40 km, L Band Radar da ise 10 km'ye kadar düşmektedir.

Bu uydu görüntülerinde elde edilen toprak nemliliği verilerinin elbette her uzaktan algılama çalışmasında yapıldığı gibi yersel doğrulamasının gerçekleştirilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Buda uydu görüntüleriyle çalışılmış olan bölgedeki yerinde yapılmış ölçümler ve simülasyonlarla mümkündür. Bu tür çalışmalar literatürde çoğunluktadır. Ancak burada birtanesine örnek verilecektir. Paris Anguela ve arkadaşları Paris'in (Fransa) 35 km doğusunda Grand Morin havzasında ERS (Eropean Remote Sensings satellite) görüntülerine dayalı olarak elde ettikleri toprak nemliliği verilerini doğrulamasını yapmışlardır. 1997-2000 yılları arası için elde edilen hata miktarı yüzeydeki toprak için $0.08 \text{ m}^3/\text{m}^3$ olurken 1.5 m

derinlikte toprak için ise $0.02-0.06 \text{ m}^3/\text{m}^3$ arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 6.2.) (Paris Anguela vd. 2008).



Şekil 6.1. SMOS uydusuna ait ilk toprak nemliliği verisi (<http://www.esa.int/>.)



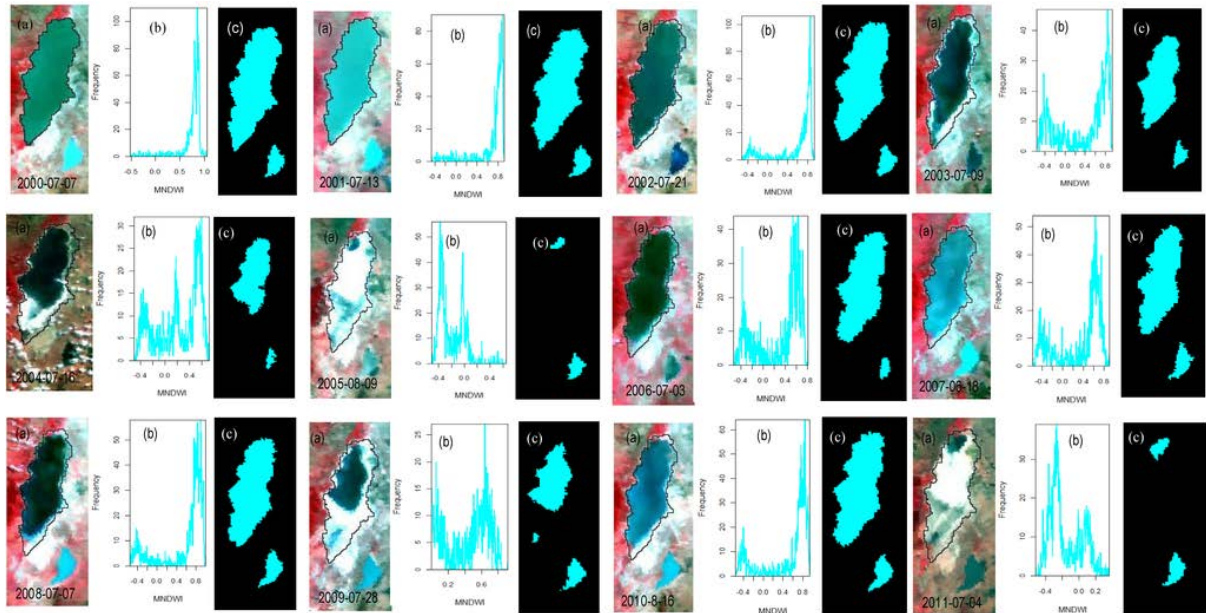
Şekil 6.2. (a) yüzeydeki toprak nemliliği (b) 1.5 m derinlikteki toprak nemliliği (c) ikisinin değerlendirilmesi (Paris Anguela vd. 2008).

Yüzeysel suların belirlenmesi çalışmaları belkide uzaktan algılamanın en iyi bilinen ve uygulanan alanlarından birtanesidir. Dolayısıyla yüzeysel su kütlelerinin özellikle akarsu, göl

ve bataklıkların belirleme çalışmaları önemli kullanım alanlarıdır. Suyun ve su kütlelerinin belirlenmesi işlemi, suyun EM spektrumlar etkileşimiyle kolay belirlenmesi sayesinde birçok uzaktan algılama ürünüyle mümkün olabilmektedir. Özellikle ormanlık ve ağaç örtüsü olmayan alanlarda bu belirleme işlemi daha kolay yapılırken ormanlık ve bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda oldukça zordur. Burada aynı zamanda taşkınlarla ortaya çıkan su kütlelerinin de belirlenmesi de gerçekleştirilmektedir.

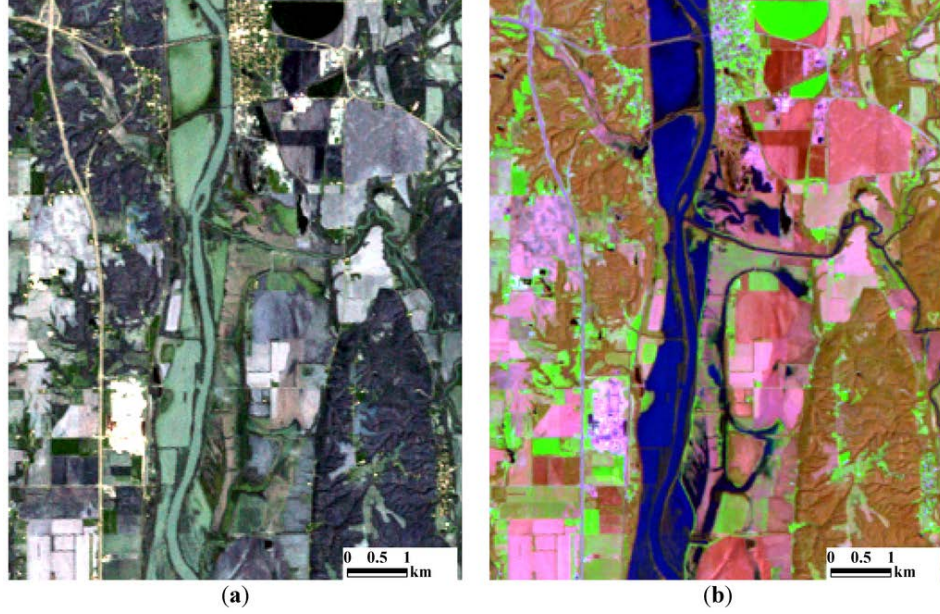
Yüzeysel sulara ait uzaktan algılama 3 tür elektromanyetik enerji kaynağı ile gerçekleştirilebilir. Bunlar aktif mikrodalga, görünür ve kızılötesi dalgalar ve son olarak da termal infrared ve pasif mikrodalgalardır. Sular genellikle yakın kızılötesi (0.7-1.3 μm) ve orta kızılötesi (1.3-3.0 μm) arasındaki dalga boylarını absorbe ederler. Görünür dalga boylarından da çok az bir kısmını absorbe eder ve yansıtırlar. Bu nedenle yüzeysel suları belirleme çalışmaları özellikle kara ve su ayrımlarında kızılötesi spektrumdan özellikle yakın kızılötesi ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu dalga boylarını vejetasyon ve toprak genellikle daha fazla yansıtırlar. Sonuç olarak su kütleleri daha koyu ve siyah olarak yansıma verirler. Böylelikle su kütlelerinin belirlenmesi daha kolay hale gelmektedir. Mikrodalgalara ait görüntüler de yüzeysel sulara ait çalışmaların yapıldığı diğer uzaktan algılama ürünleridir. Aktif radar algılayıcılar olan ERS 1-2, JERS 1-2 ve Radarsat-1-2 uyduları radar dalgalarının su kütleleri tarafından absorbe edilmesinden dolayı kolay bir şekilde belirlenebilmektedir.

Şekil 6.3'te kuzey Tanzanya'daki Manyara Gölü'nün 2000-2011 yılları arasındaki alansal değişikliği uzaktan algılama verileri ile belirlenmiştir (Deus ve Gloaguen, 2013). Bu işlem MODIS görüntülerinde 4 (yakın kızılötesi), 3 (kırmızı), ve 2 (yeşil) bantları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak gölün alansal değişimi 2000 yılında 520 km^2 den 2011 yılında 30.5 km^2 'ye düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 6.3. Manyara Gölü'nün 2000-2011 yılları arası yüzeysel değişimi.

Şekil 6.4'te de yine optik uydu görüntüsünde bulunan taşkın alanının belirlenmesi yapılmıştır. Amerikadaki Missisipi nehrinin kollarından birisi olan Montezuma kolundaki 2008'de meydana gelmiş taşkınını Landsat görüntüsü üzerinde 7, 4, 1 band kombinasyonu ile taşkın alanının sınırları belirlenmiştir (Jung vd. 2014).



Şekil 6.4. Montezuma taşkın yayılım alanının 7,4,1 band kombinasyonu ile belirlenmesi.

Görüldüğü gibi yüzeydeki su kütlelerinin belirlenmesi çalışmalarında uzaktan algılama halen aktif olarak kullanılmaktadır. Bunlarla ilgili örnekler çoğaltılabilir.

6.1.2. Kar ve Buzul Çalışmaları

Uzaktan algılama kar erimeleri neticesinde ortaya çıkabilecek yüzeysel akışları tahmini ve iklim çalışmalarında kullanılmak üzere kar verilerinin elde edilmesinde kullanılan önemli bir araç olarak karşımıza çıkar. Günümüzde kar ve kar örtüsü uzaktan algılamadaki görünür bantlar ile kolay bir şekilde tanımlanabilmekte ve haritalanabilmektedir. Özellikle Landsat TM (Thematic Mapper) ve Spot-HRV (High Resolution Visible Imaging System) kar ve buzulların haritalanmasında kullanılmaktadır. Ancak bu uyduların tekrarlama aralıklarının uzun olması birtakım problemleri beraberinde getirmektedir. NOAA-AVHRR ve MODIS uyduları gün içinde birkaç kez görüntü almalarından dolayı yoğun olarak kullanılırlar. Bu uydulardan NOAA özellikle haftalık olarak kuzey yarımküredeki kar örtüsünü 1966'dan bu yana değişik sensörleri kullanarak ölçümünü yapmaktadır. 2000'li yıllardan günümüzde bu veriler günlük olarak ölçülmektedir. Bu uyduların haricindeki diğer optik uydularda kar ve buzulların haritalama çalışmalarında kullanılabilmektedir. Ancak optik uydularda özellikle bulutluluk oranları fazla olduğunda kar ve buzul çalışmaları mümkün olmamaktadır.

Optik uydulardaki kar ve buzul çalışmalarında kullanılan spektral aralıkları şu şekilde özetleyebiliriz;

a- Gama ışınları: Bazı kar örtülerinin su içerikleri alçaktan uçan uçaklardaki gama ışını spektrometresiyle belirlenebilmektedir. Uçakların karların biriktiği alanlarda özellikle kar öncesi ve sırasında uçuş yapımlarıyla da biriken kar kalınlıklarını belirlenebilir.

b- Görünür dalga boyları: Kar örtüsü uyduların görünür dalga boylarına ait yansıma özelliklerine bağlı olarak diğer yüzeylere göre daha rahat bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu görünür dalga boylarında özellikle kızılötesi bölgeye yakın olanların tercih edilmesi daha kolay haritalama işlemlerinin gerçekleşmesine neden olur. Mavi dalga boyuna yakın spektrumlar, kar örtüsü olan ve olmayan alanlara ait bilgilerin kaybolmasına neden olabilir.

c- Mikrodalga boyları: Elektromanyetik enerjinin bu dalga boyları özellikle kar ve buzul örtüsünün yayılımı, derinlik, içerisindeki potansiyel su içeriği gibi özellikleri belirleme çalışmalarından büyük kolaylıklar sunar.

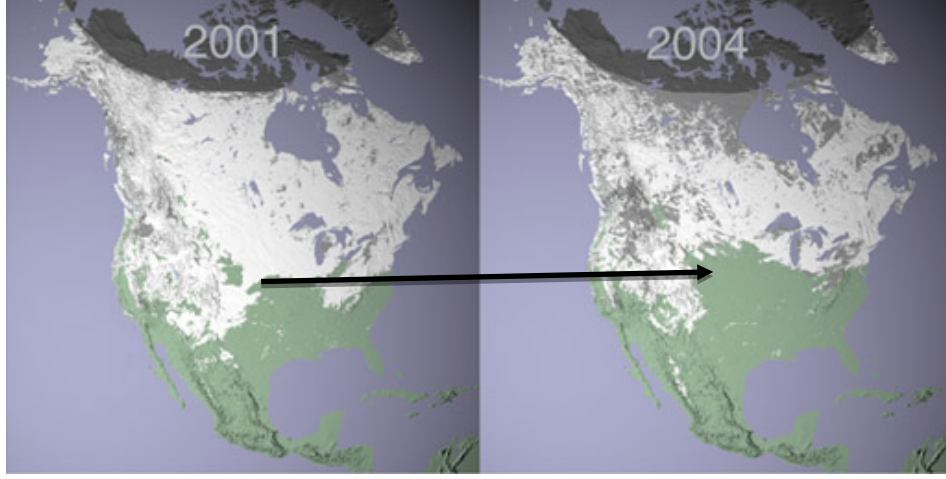
Uzaktan algılama çalışmalarından kar ve buzulların haritalamasında karşılaşılan birtakım güçlükler bulunmaktadır. Bunlar; görüntülerdeki bulutluluk, orman örtüsü, topografyalara ait gölge etkisi ve çıplak kayalıklardır. Bulutluluk daha öncede belirtildiği gibi gerek kar ve buzulları örtmesi nedeniyle gerekse kar ve buzullarla aynı yansıma değerleri vermesinden dolayı karşılaşılan en büyük problemlerden birisidir. Bu zorluğu aşmak için bazı analiz yöntemleri mevcut olsa da yine de tam aşılabilmiş bir konu değildir. Orman örtüsü de kar örtüsünün belirlenmesinde önemli engellerden birisidir. Özellikle kar örtüsünün sık ormanlık alanların içlerine kadar girdiği alanlarda belirleme işlemi oldukça zordur. Gölge faktörü de kar örtüsünün haritalanmasında karşılaşılan güçlüklerden bir tanesidir. Özellikle kış mevsiminde kuzey yarımkürede güneş ışınlarının geliş açısının düşmesi neticesinde topografyalara ait gölgeler uydu görüntülerinde belirgin hale gelir ve bu yerler siyah olarak kaydedilir. Ancak aynı zamanda bu alanların karla kaplı olduğunu düşünürsek birtakım yanlış haritalamalar gerçekleşir. Böyle yerler için topografya haritaları, aynı bölgenin yaz uydu görüntüleri kullanılabilir. Çıplak kayalık alanlar özellikle karların erime dönemlerinde verdikleri yansıma değerleriyle eski karların yansıma değerlerinin benzerlik göstermesi kar ve kaya ayrımını güçleştirir. Bunda da yine topografya haritası, yaz uydu görüntüleri ve bitki örtüsü yayılımı haritaları bu problemin azaltılmasında yardımcı olabilir.

Şekil 6.4'te Kuzey Amerika'daki 2001 ve 2004 yıllarındaki maksimum kar örtüsü yayılımının dağılışı gösterilmektedir. MODIS verilerine bağlı olarak üretilen bu görüntüde 2001 yılına göre 2004 yılındaki azalma net bir şekilde dikkat çekmektedir (Collins vd. 2007). Yine aynı şekilde Şekil 6.5'te Ocak 2006 yılında meydana gelen şiddetli kar yağışlarına bağlı olarak Türkiye'nin hemen hemen tamamı (Ege, Akdeniz kıyıları ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi hariç) yoğun kar altında kaldığı MODIS görüntüsünden anlaşılabilmektedir.

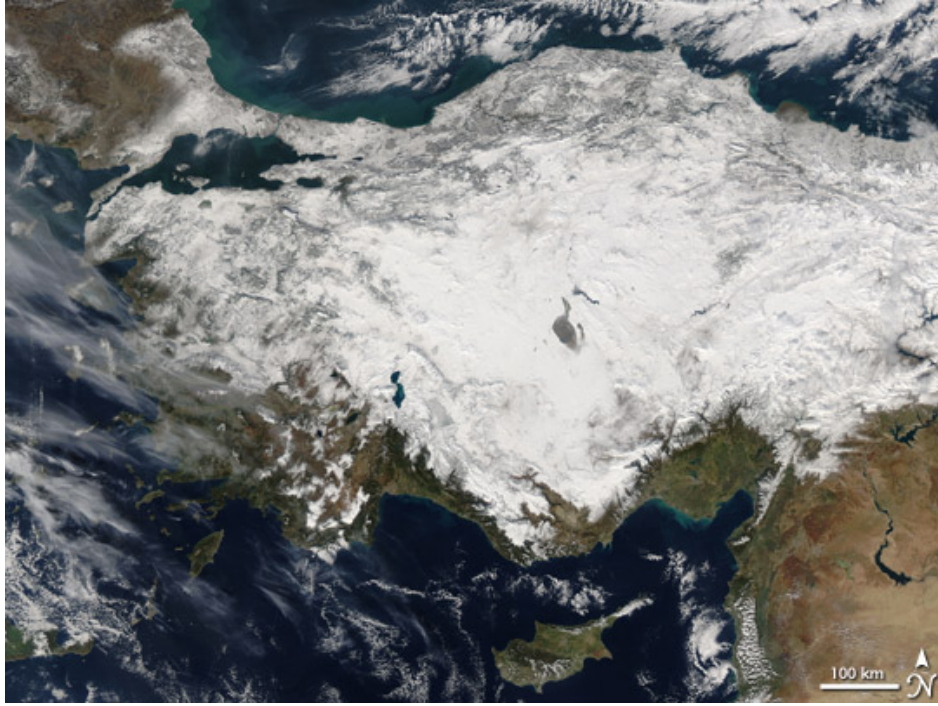
6.1.3. Taşkınların Haritalanması

Taşkınların haritalanması, sel ve taşkın afetleri karşısında afet yönetiminin yapılandırılması hem de taşkınların meydana geldiği alanlarda yapılacak taşkın modelleme çalışmaları için doğrulamanın yapılmasına katkı sağlaması bakımından önemlidir. Uzaktan algılamanın taşkın haritalamalarındaki kullanımı hem pasif hem de aktif algılayıcı ürünleri ile

mümkün olmaktadır. Ancak pasif uydular özellikle taşkınların meydana geldiği zamanda hava şartlarının uygun olmaması ve bulutluluğun çok fazla olmasından dolayı bazen taşkınların



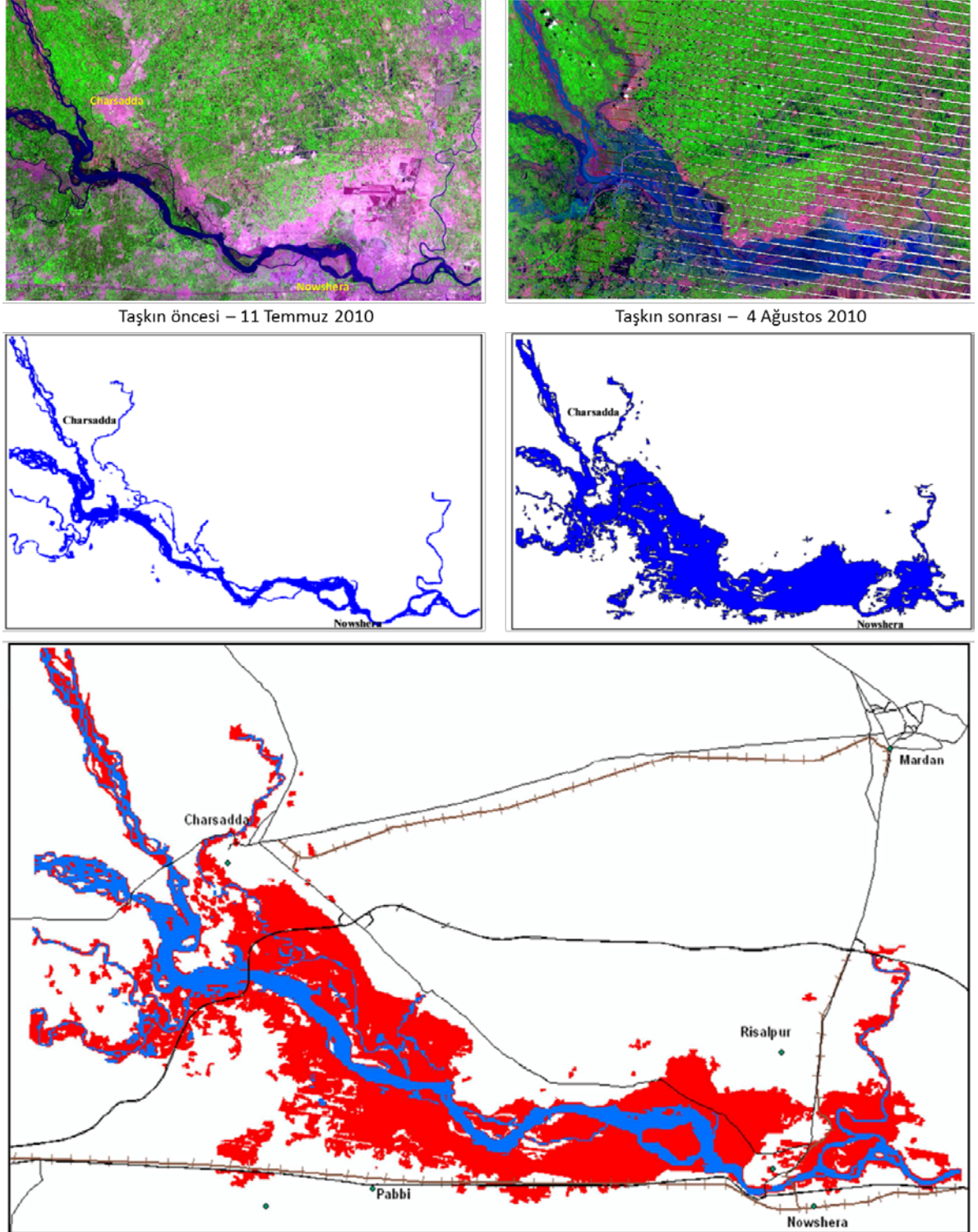
Şekil 6.4. Kuzey Amerika kar örtüsünün 2001 ve 2004 karşılaştırması (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/heatrf.html>).



Şekil 6.5. 29 Ocak 2006 MODIS görüntüsü (<http://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov>).

görüntülenebilmesine imkan vermemektedir. Bu durumlarda aktif uydular daha kullanışlı hale gelmektedir. Eğer taşkın anı veya hemen sonrasında o bölge üzerinde uydu çekim yapıyorsa her iki uydunun da kullanılamadığı durum da ortaya çıkabilmektedir. Her iki uydunun kullanıldığı ve taşkınların haritalandığı birçok çalışma mevcuttur.

Şekil 6.6'da Pakistan da 2010 yılında meydana gelen taşkın Landsat uydu görüntüleri kullanarak haritalanması gösterilmektedir (Hussain vd. 2011). Uydu görüntülerinde su kütleleri obje temelli sınıflamaya tabi tutulmuştur. Burada taşkın öncesi ve sonrasında Kabul Nehri taşkınını belirlemek yapılmıştır. Daha sonra taşkın alanında Kabul nehrinin akarsu yatağı çıkartılarak taşkın yayılım alanı (kırmızı renk) belirlenmiştir.



Şekil 6.6. 2010 Pakistan'daki Kabul nehri taşkın alanının Landsat uydusu ile belirlenmesi.

Optik uydular hava koşullarının temiz olduğu yerlerde taşkın alanlarının belirlenmesi için kullanılabilirler. Radar veriler ise hertürlü hava koşulunda görüntü elde edebilirler. Bu açıdan radar uydularında günümüz itibariyle taşkın haritalaması çalışmaları Tablo 6.1’de verilen uydulara bağlı olarak gerçekleştirilmektedir.

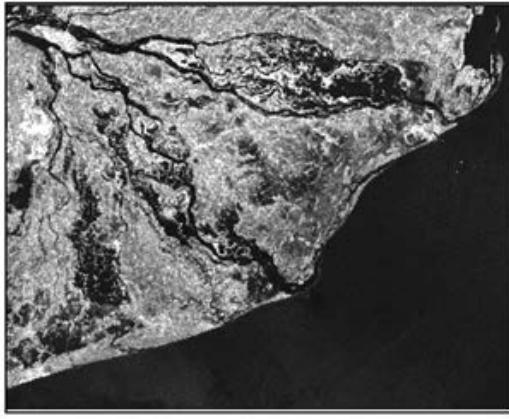
Tablo 6.1. Taşkın haritalamasında kullanılan radar uyduları ve özellikleri (Schumann vd. 2010).

Mission (Agency: Year of launch)	Spatial resolution (m)	Repeat cycle (days)	Band (GHz)	Polarization
ERS-2 (ESA: 1995)	25	35	5.3	VV
RADARSAT-1 (CSA: 1995)	8–100	24	5.3	HH
ENVISAT (ESA: 2002)	12.5–1000	35	5.3	VV-VH, VV-HV
ALOS (JAXA: 2006)	7–100	46	1.3	Full
COSMO-SkyMed (ASI: 2007)	15–100	16	9.6	Dual
TerraSAR-X (DLR: 2007)	1–16	11	9.6	Full
RADARSAT-2 (MDA: 2007)	3–100	24	5.3	Full

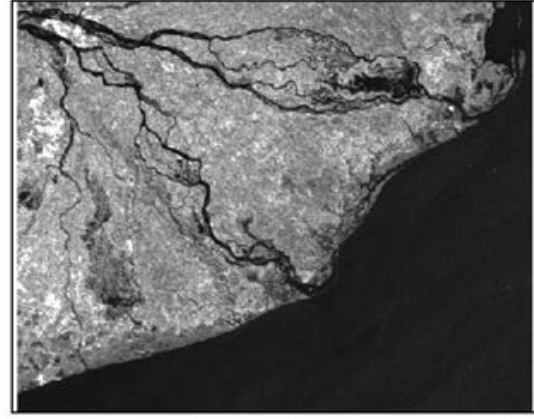
Radar görüntüleri kullanılarak taşkın alanlarının belirlenmesinde birçok yöntem bulunmaktadır. Burada sadece otomatik sınıflama ve histogram sınıflamasına örnek verilmiştir. Şekil 6.7’de Özdemir (2007) tarafından Hindistan’taki Mahanadi Nehri’ne ait taşkın Radarsat verileri kullanılarak belirlenmesi verilmiştir. Burada taşkın sırasında ve sonrasındaki Radarsat görüntüleri iki farklı yöntem olan otomatik sınıflama ve histogram değerlerine bağlı sınıflama kullanılarak taşkınların yayılış alanları belirlenmiştir. Otomatik sınıflamada kontrolsüz sınıflama yapılarak görüntü Kara, Deniz-Taşkın Alanı ve Bataklık alan olmak üzere 3 grupta sınıflanmıştır. Histogram değerlerine bağlı olarak taşkın alanlarından çıkartılan profiller yardımıyla taşkın suyunun piksel değerleri elde edilmiştir. Daha sonra bu piksel değerlerine ait yoğunluk sınıflaması yapılarak radar görüntüsü 3 grupta sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak iki yöntem ile elde edilen taşkın yayılış alanları karşılaştırılmış ve arasındaki farklar ortaya konmuştur (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Farklı yöntemlerle üretilen taşkın yayılış alanı karşılaştırması (Özdemir, 2007)

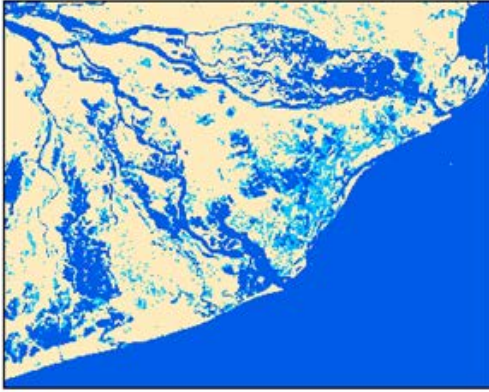
Teknik	Katmanlar	Mahanadi Akarsuyu	
		04.09.03	20.09.03
Density Slicing	<i>Taşkın Alanı (km²)</i>	1623.82	855.81
	Bataklık- Nemli Alanlar (km ²)	853.74	369.56
	Karasal Alanlar (km ²)	4142.34	5467.85
		04.09.03	20.09.03
ISODATA Sınıflama	<i>Taşkın Alanı (km²)</i>	1786.39	736.08
	Bataklık- Nemli Alanlar (km ²)	673.37	339.23
	Karasal Alanlar (km ²)	4118.64	5497.34
<i>Taşkın Alanlarındaki Fark (km²)</i>		<i>162.57</i>	<i>119.73</i>



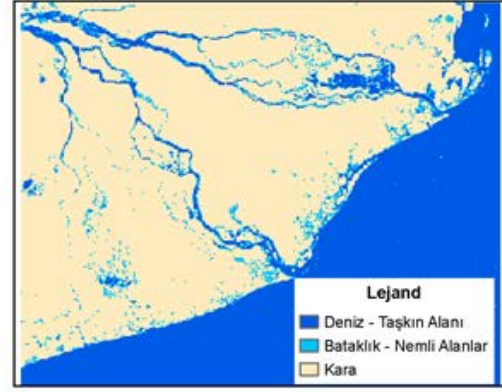
Radarsat 04.09.2003



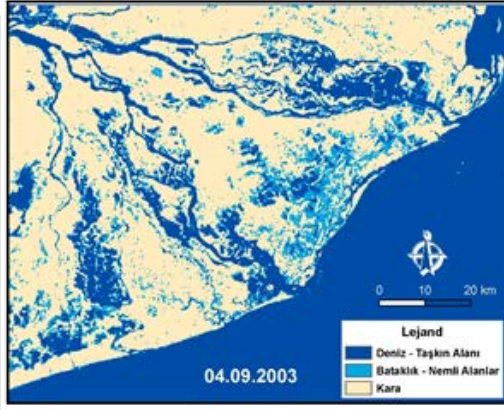
Radarsat 20.09.2003



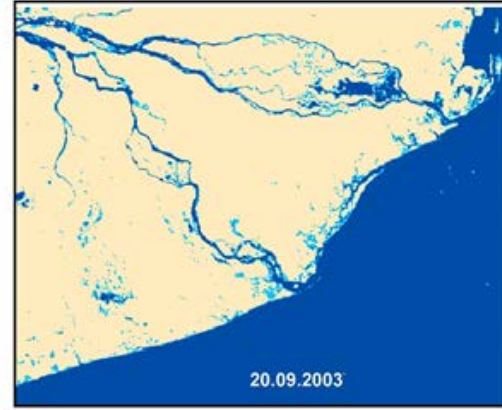
Unsupervised (ISODATA) Sınıflama



Unsupervised (ISODATA) Sınıflama



Histogram sınıflaması



Histogram sınıflaması

Şekil 6.7. 2003 Mahanadi Taşkınının radar görüntülerinden belirlenmesi (Özdemir, 2007).

Uygulamalar

- 1- UZAL'ın hidroloji alanındaki diğer uygulamaları hakkında araştırma yapınız.
- 2- UZAL'ın hidroloji uygulaması ile bir ulusal veya uluslararası yayını internetten araştırarak okuyunuz.
- 3- Google earth ı açarak ülkemizdeki yüzeysel suların belirlenmesi hakkında uygulama yapınız.

Uygulama Soruları

- 1- UZAL'ın hdiroloji alanındaki uygulamaları daha çok hangi konular üzerinde yoğunluk kazanmaktadır?
- 2- UZAL'ın bu çalışmalardaki rolü hakkında bilgi veriniz?
- 3- Google earth uygulamasında en kolay ve hızlı belirleyebildiğiniz yüzeysel sular nelerdir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Yeryüzünden suyun evapotranspirasyonla buharlaşması ve yoğunlaşmasından başlayarak yağmur bulutlarının takibi, bu bulutların bünyesindeki su miktarları, olası yağış miktarları, yüzey üzerinde karların belirlenmesi, yağışın arazi kullanım özelliklerine bağlı olarak nekadarının akış olarak yüzeysel sulara katılabileceği, topraklardaki nemlilik, arazi kullanımı özellikleri, yeraltı suyu özellikleri gibi birçok hidrolojik alanda UZAL uygulamalarını görmek mümkündür.

Toprak nemliliklerini, aktif ve pasif mikrodalgalarla ait verilerden elde etme yoğun olarak çalışılan konulardan birisidir. Bu çalışmalar özellikle yakın geçmişte planlanan iki uydunun SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) ve SMAP (Soil Moisture Active Passive) varlığıyla ilgilidir. Yüzeysel sulara ait uzaktan algılama 3 tür elektromanyetik enerji kaynağı ile gerçekleştirilebilir. Bunlar aktif mikrodalga, görünür ve kızılötesi dalgalar ve son olarak da termal infrared ve pasif mikrodalgalar.

Uzaktan algılama kar erimeleri neticesinde ortaya çıkabilecek yüzeysel akışları tahmin ve iklim çalışmalarında kullanılmak üzere kar verilerinin elde edilmesinde kullanılan önemli bir araç olarak karşımıza çıkar. Günümüzde kar ve kar örtüsü uzaktan algılamadaki görünür bantlar ile kolay bir şekilde tanımlanabilmekte ve haritalanabilmektedir. Optik uydulardaki kar ve buzul çalışmalarında kullanılan spektral aralıkları, gama ışınları, görünür dalga boyları ve mikrodalgalar olarak üç grupta toplayabiliriz.

Uzaktan algılamanın taşkın haritalamalarındaki kullanımı hem pasif hem de aktif algılayıcı ürünleri ile mümkün olmaktadır. Ancak pasif uydular özellikle taşkınların meydana geldiği zamanda hava şartlarının uygun olmaması ve bulutluluğun çok fazla olmasından dolayı bazen taşkınların görüntülenebilmesine imkan vermemektedir. Bu durumlarda aktif uydular daha kullanışlı hale gelmektedir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi UZAL'ın hidroloji alanındaki uygulamalarından birisi değildir?

- a) Topraklardaki nemlilik
- b) Yüzeysel sular
- c) Kar ve buzullar
- d) Taşkın çalışmaları
- e) Küresel ısınma

2. Toprak nemliliğinin belirlenmesi aşağıdaki hangi çalışmada katkı sağlamaz?

- a) Meteorolojik modellerin geliştirilmesi
- b) Deniz seviyesinin belirlenmesinde
- c) Hidrolojik modellemelerde
- d) Bitkilerin büyümesinin gözlenmesi
- e) Taşkınların tahmininde

3. Aşağıdakilerden hangisi yüzeysel suların belirlenmesinde kullanılan elektromanyetik spektrum aralığı değildir?

- a) Gama ışını
- b) Aktif mikrodalga
- c) Görünür dalga
- d) Kızılötesi dalga
- e) Termal kızılötesi

4. Bir çalışmada MODIS verileri kullanılarak Tanzanya'daki Manyara gölünün 2000-2011 yılları arasında 520 km² den 30.5 km² ye değiştiği tespit edilmiştir.

Yukarıdaki bu bilgiye bağlı olarak UZAL ile hangi tür çalışmanın yapıldığı söylenebilir?

- a) Toprak nemliliği
- b) Taşkın haritalama
- c) Kar çalışması
- d) Buzul çalışması
- e) Yüzeysel sulara ait çalışma

5. UZAL ile taşkınların haritalanması ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- a) Sadece görünür dalga boylarıyla çalışmalar yapılır
- b) Pasif uyduların taşkınların haritalanmasında daha kullanışlıdır
- c) Aktif uydular taşkınların haritalanmasında daha kullanışlıdır

d) Taşkın haritalamada kullanılan en yüksek çözünürlüklü uydu ENVISAT tır.

e) Pasif uydular taşkınları her zaman algılayabilirler

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6.Uzaktan algılamanın kar ve buzul çalışmalarındakar ve buzulları örtmesi nedeniyle ve kar ve buzullarla aynı yansıma değerleri vermesinden dolayı karşılaşılan en büyük problemlerden birisidir.

7. Elektromanyetik enerjininözellikle kar ve buzul örtüsünün yayılış, derinlik, içerisindeki potansiyel su içeriği gibi özellikleri belirleme çalışmalarından büyük kolaylıklar sunar.

8. Bazı kar örtülerinin su içerikleri alçaktan uçan uçaklardakibelirlenebilmektedir.

9. Kar ve buzul çalışmalarında..... veuyduları gün içinde birkaç kez görüntü almalarından dolayı yoğun olarak kullanılırlar.

10. Sular genellikle vearasındaki dalga boylarını absorbe ederler.

Cevaplar

1)e, 2)b, 3)a, 4)d, 5)c, 6) Bulutluluk, 7) Mikrodalga boyları, 8) Gama ışını spektrometresiyle, 9) NOAA-AVHRR- MODIS, 10) yakın kızılötesi - orta kızılötesi.

7.BİTKİ ÖRTÜSÜ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 7.1.** UZAL Bitki Örtüsü Çalışmaları
 - 7.1.1.** Bitki Örtüsünün Spektral Yansıma Özelliği
 - 7.1.2.** Bitki İndeksleri
 - 7.1.2.1.** Basit Oranlama İndeksi
 - 7.1.2.2.** Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI)
 - 7.1.2.3.** Geliştirilmiş Bitki İndeksi
- 7.2.** CBS Bitki Örtüsü Çalışmaları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1-** UZAL'ın bitki örtüsü çalışmalarındaki kullanım alanları nelerdir?
- 2-** Bitki örtüsünün spektral yansıma özellikleri nelerdir?
- 3-** Bitki çalışmalarında kullanılan başlıca bitki indeksleri nelerdir?
- 4-** CBS'nin bitki çalışmalarındaki kullanımı alanları nelerdir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
UZAL bitki örtüsü çalışmaları	UZAL'ın bitki örtüsü çalışmaları hakkında bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Bitki örtüsünün spektral yansıma özelliği	Bitki örtüsünün spektral yansıma özelliklerinin nasıl olduğunu kavrar.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Bitki indeksleri	UZAL'ın bitki indeks uygulamaları hakkında bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
CBS bitki örtüsü çalışmaları	CBS'nin bitki çalışmalarındaki kullanım alanları hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- 1- Uzaktan Algılama
- 2- Coğrafi Bilgi Sistemleri
- 3- Bitki Örtüsü
- 4- Bitki Yansıma Özellikleri
- 5- Bitki İndeksleri
- 6- NDVI

Giriş

Karalar yüzeyinde geniş yer kaplayan bitki örtüsü uzaktan algılamanın başlıca çalışma alanlarından birisidir. Yansıma özelliklerine bağlı olarak birçok uzaktan algılama ürünü ile kolay bir şekilde algılanabilen bitkiler üzerinde birçok alanda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bölümde özellikle bitkilerin farklı spektral yansıma özellikleri ve bitki örtüsü çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bitki indeksleri konusu üzerinde durulacaktır. Daha sonra da CBS'nin bitki örtüsü çalışmalarındaki katkısı ve uygulama alanları üzerinde bilgi verilecektir.

7.1. UZAL Bitki Örtüsü Çalışmaları

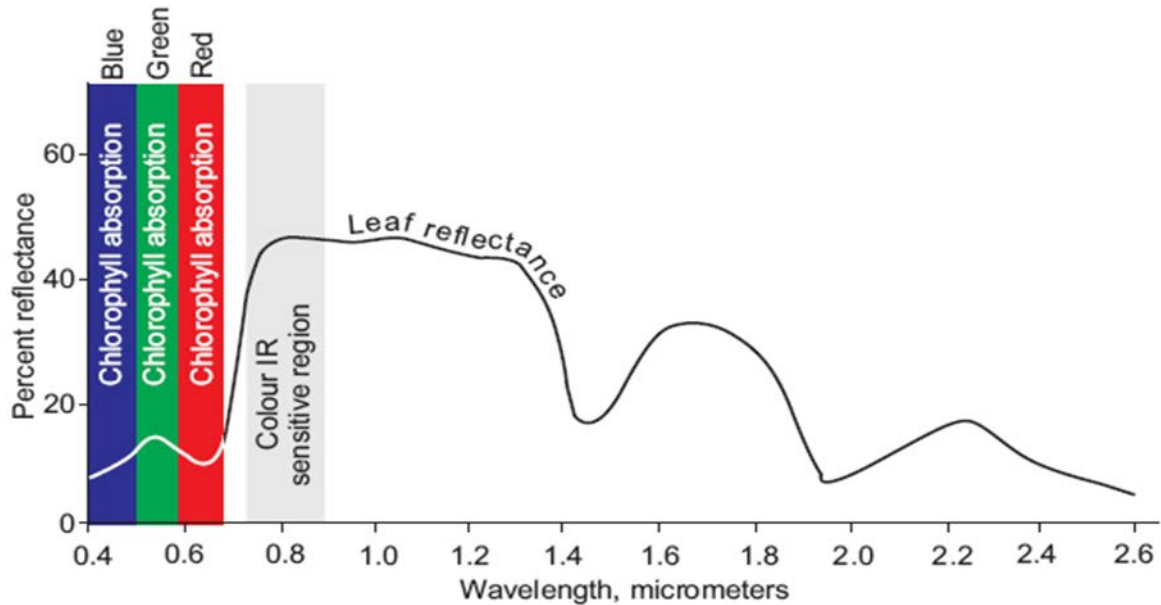
Yeryüzü üzerindeki fiziki yapı dinamik bir nitelik gösterir. Yeryüzü üzerindeki bitki örtüsü ile ilgili değişimin yersel yöntemlerle tespiti ve izlenmesi özellikle dağlık bölgelerde bulunan çok farklı jeomorfolojik birimlerin oluşturduğu sahalarda, zaman alıcı ve hatta çoğu kez olanaksızdır. Böyle durumlarda bitki örtüsü analizlerinde, değişimin tespiti ve incelenmesinde uydu görüntüleri ve uzaktan algılama yöntemlerini kullanmak büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

7.1.1. Bitki Örtüsünün Spektral Yansımaya Özelliği

Yeryüzü objeleri içinde bitki örtüsü, uzaktan algılama yöntemiyle en kolay ve sağlıklı olarak tanımlanıp, incelenmesi mümkün olanıdır. Bunun en önemli nedeni algılayıcı ile bitki örtüsü arasında görüntü kalitesini etkileyebilecek herhangi bir nesnenin yer almamasıdır. Ayrıca önemli bir faktör de, bitki türlerinin kendine özgü tipik yansımaya göstermesidir.

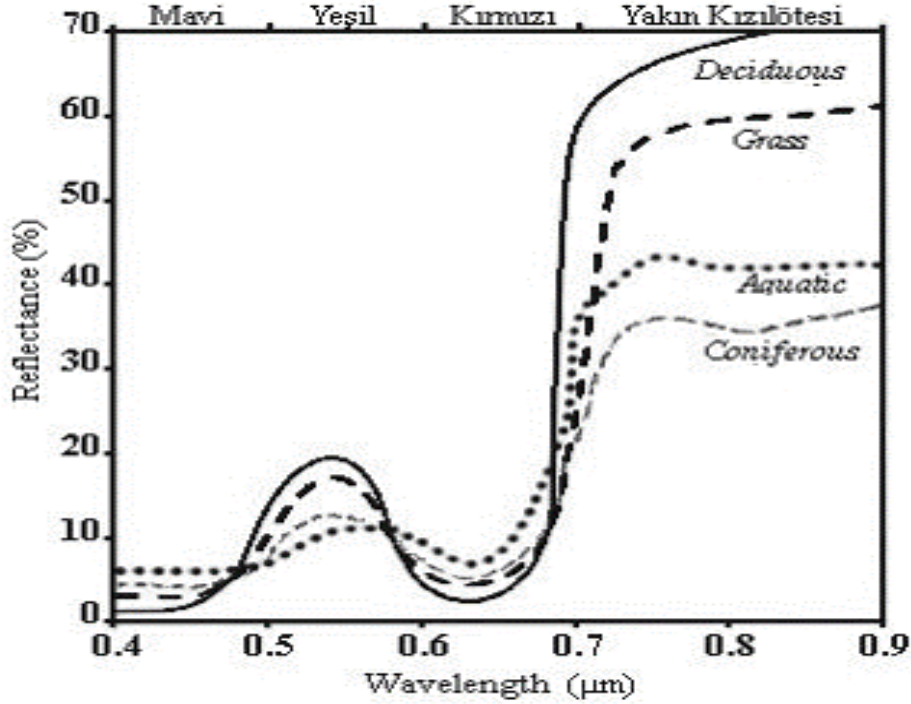
Bitkiler hücre yapılarına, yaprak ve yüzey genişliğine, yapılarında bulundurdıkları su miktarına ve doğal ortamlarındaki ışınları kendilerine özgü bir şekilde absorbe eder yâda yansıtırlar. Her bir bitki türü kendine özgü hücre yapısı ve doğadaki duruş şekline sahiptir. Böylece bitki türlerini birbirinden ayırt edilebilmeleri mümkün olmaktadır.

Genel olarak bitkiler görünür bölge olan 0,4-0,7 mikron dalga boyundaki ışınları absorbe ederler. Kızılötesi ışınlar ise çok düşük oranda absorbe ederlerken çok büyük bir bölümünü yansıtırlar (Şekil 7.1). Görünür dalga boyları içerisinde yeşil dalga boyu olan 0.5-0.6 μm dalga boyu arasını daha az absorbe ettikleri, dolayısıyla daha fazla yansıttıkları için biz bitkileri yeşil renkte görürüz. Bitkiler kızılötesi ışınları daha fazla yansıtırlar ancak bu spektral aralığı biz gözümüzle göremeyiz ancak uzaktan algılama verileriyle görebiliriz.



Şekil 7.1. Sağlıklı bir bitkinin yansımaya eğrisi.

Kızılötesi dalga boyunun bitkilerce güçlü fakat farklı oranlarda yansıtılmaları, algılanması ve analiz edilmesi açısından çok büyük kolaylık sağlar. Örneğin; iğne yapraklı (coniferous) türlerden oluşan bitki örtüsü, geniş yapraklı (deciduous) türler ve yoğun çayırılık veya sucul bitki türlerine göre kızılötesi dalga boyunu daha düşük oranda yansıtır (Şekil 7.2). Bu yansıma değerleri görünür dalga boylarında da benzer özellikler gösterir.

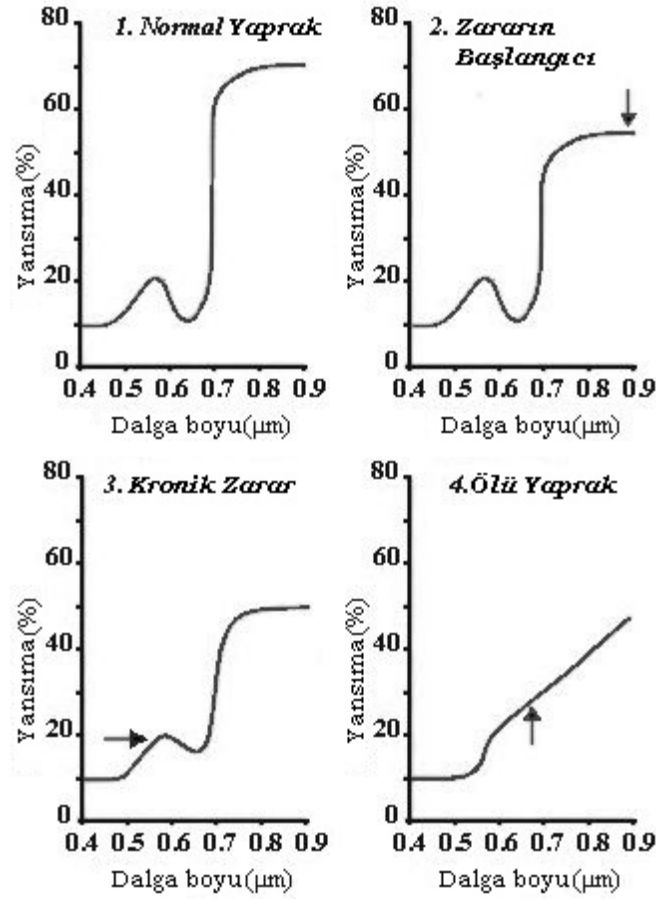


Şekil 7.2. Dört farklı bitki türünün spektral yansıma eğrileri.

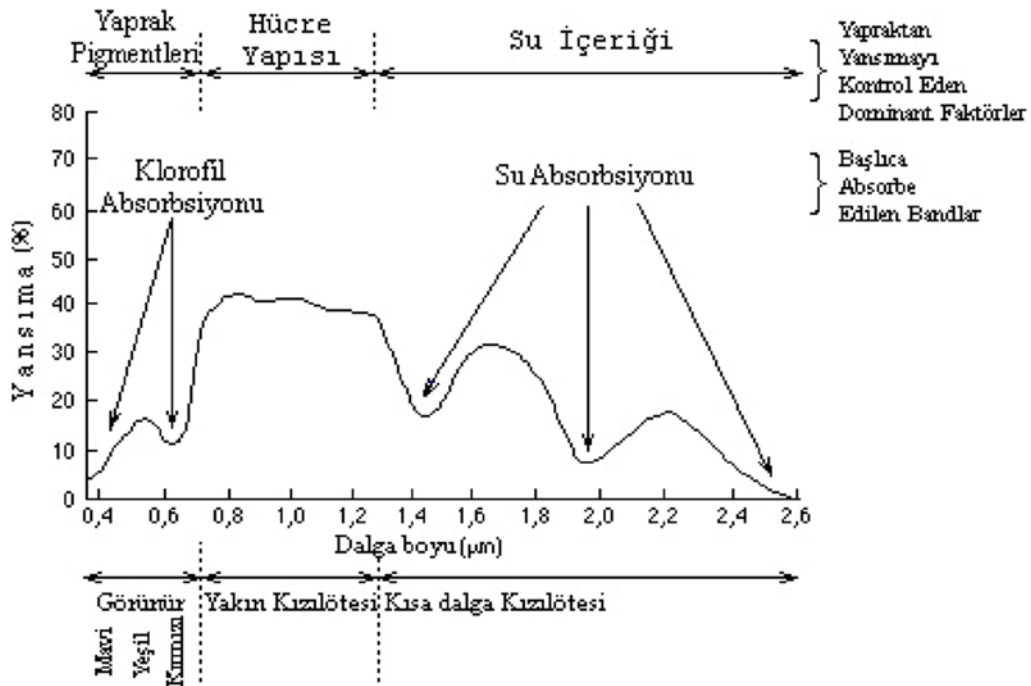
Yaprak yapısı bitki türleri için çok farklılık gösterdiğinden, buna bağlı yansımadaki farklılıklardan yararlanılarak türleri ayırt etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca hücre yapısındaki herhangi bir bozulma veya değişiklik yansıma özelliğini de değiştirdiğinden bitki hastalıklarını da saptamak kolaylaşmaktadır (Şekil 7.3). Bu şekilde yaprağın normal sağlıklı durumundan ölü yaprak durumuna kadarki aralıkta meydana gelen yansımadaki değişiklikler verilmiştir. Burada sağlıklı yaprak normal bitkinin yansıma eğrisine sahipken, zararın başlaması aşamasında kızılötesi bölgedeki yansıma değeri düşmektedir. Kronik zarar aşamasında kızılötesi bölgedeki yansıma önceki şekilde dururken kırmızı dalga boyunu absorbe etme özelliği kaybolmuş ve yansıma artışı başlamıştır. Dolayısıyla bu aşamada biz yaprak renklerini kırmızımsı görürüz. Ölü yaprak yansımasında mavi ve yeşil dalga boyunun absorbe edildiği kırmızı ve kızılötesi yansımanın artış gösterdiği bir yansıma eğrisi ile karşılaşırız.

Bir yaprakta yansımayı etkileyen faktörleri iç faktörler (morfolojik yapı), dış faktörler, su kayıpları, bitki besin elementlerinin noksanlığı olarak sıralayabiliriz (Şekil 7.4). Yaprığın morfolojik yapısı, yakın kızılötesi bölgesinde bitki örtüsünden yansımayı etkileyen esas faktördür. Bu bölgede çok az soğurulma meydana gelir. Bunun nedeni, bu dalga boyunda soğurulacak enerji, yaprak sıcaklığının proteinlerin zarar görebileceği düzeye kadar

yükselmesine neden olacaktır. Nitekim bitki enerjiye ihtiyacı olduğu yerde soğurulma yapmakta, buna karşılık aşırı ısınmayı önlemek için yakın kızılötesi dalga boylarını



Şekil 7.3. Bitki yaprağının zarar göreme aşamalarındaki yansımaya eğrisi (Duran, 2007).



Şekil 7.4. Bir yaprakta yansımayı etkileyen faktörlerin gösterimi (Duran, 2007).

yansıtılmaktadır. Aynı bitki üzerinde farklı derecede yansıma gösteren yaprakların morfolojik yapısı da farklıdır. Bitkinin yaşlı alt yaprakları, genç yapraklara göre daha az yansıma yapmaktadır. Yaprak yüzeyinin parlak, mat veya tüylü olması da yansımayı etkilemektedir. Vegetasyon türlerinin farklı morfoloji, su içeriği, yaprak yüzeyi ve pigmentleri olduğundan birbirinden bağımsız olarak farklı tipte spektral yansıma tipleri vardır (Duran, 2007).

7.1.2. Bitki İndeksleri

Bitki indeksleri genellikle yüzey yansıma dalga boylarını kaydeden bantların iki veya daha fazlasını kullanarak bitkilerin belirli özellikleri hakkında bilgi almak için geliştirilmiş olan matematiksel işlemlerdir. Bilimsel literatürde yayınlanmış 150 den fazla bitki örtüsü indeksi mevcuttur. Ancak bunlardan bir kısmı tam olarak test edilmiş ve uygulama alanların daha yaygınlaşmıştır. Bazı uzaktan algılama yazılımları bu bitki indekslerini otomatik olarak yazılım içerisinde yerleştirmiş olup sadece bantların seçimiyle işlemler kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu başlık altında birçok bitki indeksinden en yaygın olanlarından bazıları açıklanacaktır.

7.1.2.1. Basit Oranlama İndeksi (Simple Ratio Index)

Bitki indeksleri içerisinde en basit olanıdır. Multispektral tarayıcılar tarafından elde edilen değişik dalga boylarından yakın kızılötesi (NIR) band ile kırmızı (R) bandın oranlamasıyla elde edilir. Bu oranlama yöntemi ile bitki örtüsünün genel sağlığı, toplam biyokütle, klorofil içeriği, arazi yüzeyini kaplayan vejetasyonun oranı gibi vejetasyon karakteristiklerini değerlendirilmesi mümkündür. Basit oranlama (SR) indeksinin formülü;

$$SR = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_{RED}}$$

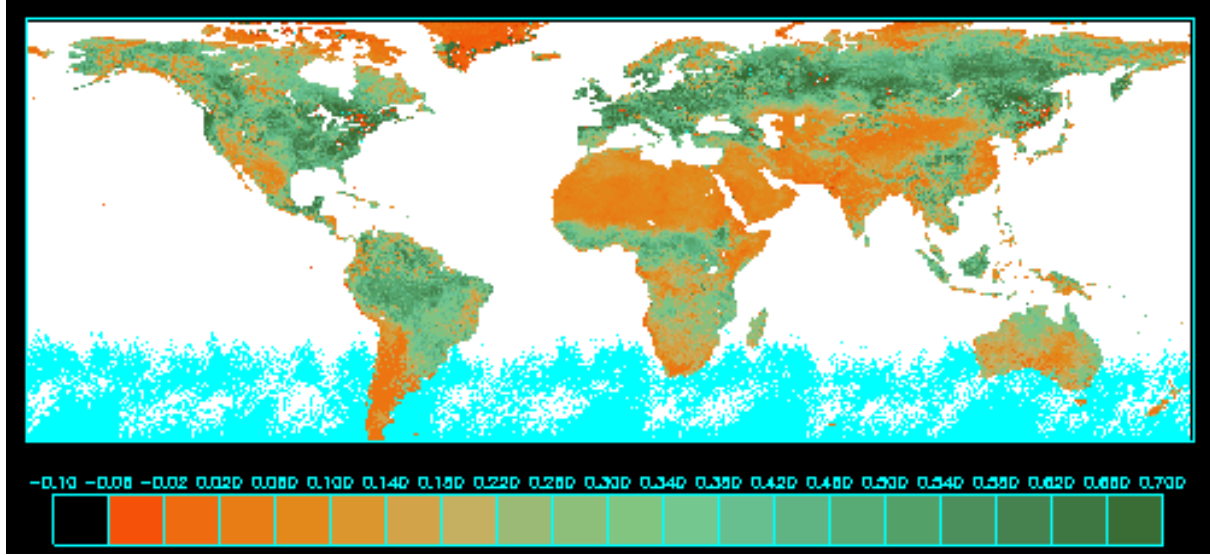
şeklindedir. Bu indeks sonucunda değerler 0-30 arasında değişiklik göstermektedir. Yeşil bitki örtüsünün genel aralığı ise 2-8 arasında değişiklik gösterir. Sağlıklı bitkilerin belirlenmesinde kullanıldığı için ormancılık ve ziraat çalışmalarında kullanılmaktadır.

7.1.2.2. Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI)

NDVI en eski ve en iyi bilinen bitki indekslerinden birisidir. Basit oranlama indeksi gibi çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu indeks sayesinde uydu görüntülerindeki topografik ve atmosferik etkiler minimize edilmiş olurlar. Yakın kızılötesi (NIR) ve görünür kırmızı (R) bantları arasındaki zıtlığı artırmak veya iki banttaki bilgiyi tek banda toplayarak, bitki varlığını incelemek üzere geliştirilmiştir. NDVI için kullanılan formül;

$$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED})}$$

şeklindedir. Normalize edilmiş bitki indeksi değerleri veya yakın kızılötesi bandı, kırmızı bantla oranlayarak elde edilen sonuçlar, yeşil bitki örtüsüyle ilgili bilgiyi verdiği gibi bitkinin zayıf olduğu veya bitkisiz boş alanları da belirlemektedir. Ayrıca bitki indisi 1 değerine ne kadar yakın olursa bitkinin kuvvetli olduğunu, 0 değerine yaklaştıkça bitki örtüsünün yok olduğunu, negatif olduğunda ise alanların kesinlikle bitkisiz olduğunu göstermektedir. Nehir, göl gibi su yüzeylerinde bitki indisi değerlerinin çok düşük olacağı kesindir. Aynı durum, yerleşim alanları, sanayi alanları, yol ağları gibi yapay alanlar içinde geçerlidir. 22 Haziran 2014 tarihine ait Dünya genelindeki NDVI verisi şekil 7.5’te verilmiştir.



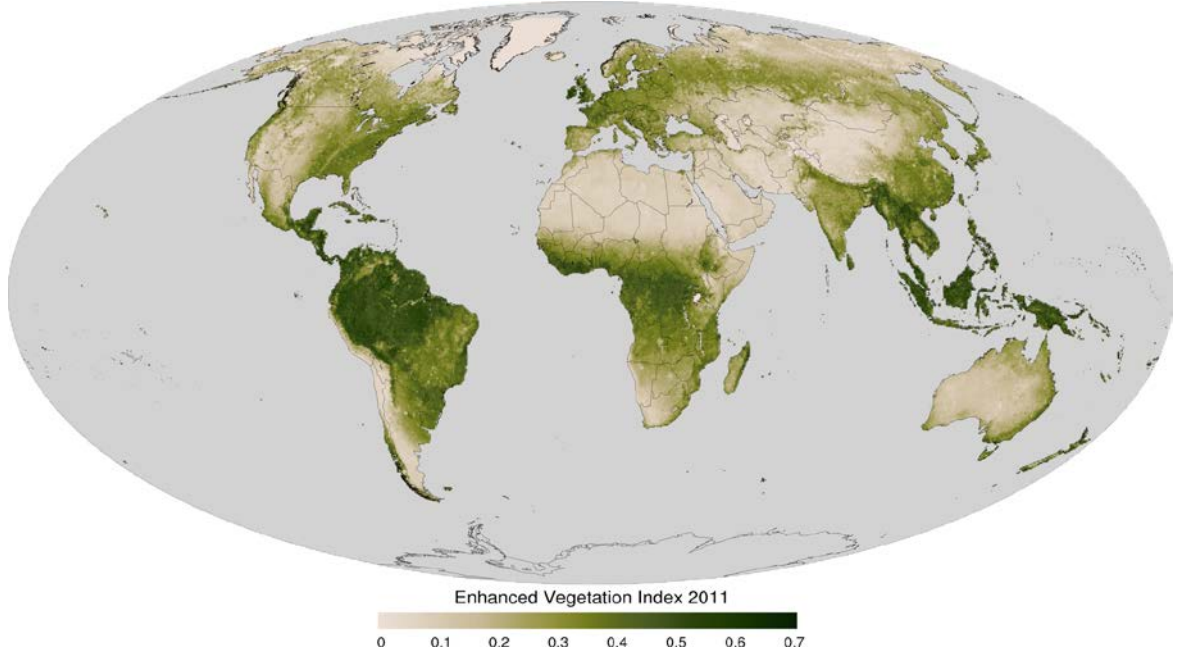
Şekil 7.5.22 Haziran 2014 tarihli NDVI verisi
(<http://www.ospo.noaa.gov/Products/land/gvi/NDVI.html>)

7.1.2.3. Geliştirilmiş Bitki İndeksi (Enhanced Vegetation Index)

NDVI geliştirmek için üretilmiş olan bu indekste mavi dalga boyu kullanılarak atmosferik etkiler minimize edilmiş ve bitki sinyalleri iyileştirilmiştir. NDVI bitkilerdeki klorofil özelliklerine daha duyarlı iken EVI ise daha çok bitkilerin dış özelliklerine duyarlıdır. EVI için üretilen formül;

$$EVI = 2.5 \left(\frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + 6 \times \rho_{RED} - 7.5 \times \rho_{BLUE} + 1} \right)$$

şeklindedir. Bu indeks sonucunda elde edilen veri değeri -1 ile +1 arasında değişiklik gösterir. Yeşil bitkiler için genellikle 0.2-0.8 arasındaki aralık kullanılmaktadır. Şekil 7.6 USGS tarafından 2011 yılı verisiyle üretilmiş Dünya EVI haritası verilmiştir.



Şekil 7.6. Dünya EVI verisi (<https://lpdaac.usgs.gov/content/view/full/6665>)

7.2. CBS Bitki Örtüsü Çalışmaları

CBS mekânsal verilerin işlenebildiği, depolanabildiği, analiz edilebildiği ve son olarak da haritalanabildiği sistem olarak karşımıza çıkar. Bitki örtüsü çalışmaları açısından CBS son derece kullanışlı bir araçtır. Bitki türlerinin bu şekilde CBS içerisinde veri tabanlarının tutulması ve haritalanması özellikle coğrafya, orman, çevre ve tarım alanlarında çalışanlar için büyük kolaylıklar sunar. Bitki örtüsüne ait detaylı bilgilerin CBS ve haritalarda bulundurulması özellikle peyzaj planlama, doğal koruma ve ormancılık alanlarında öneme sahiptir.

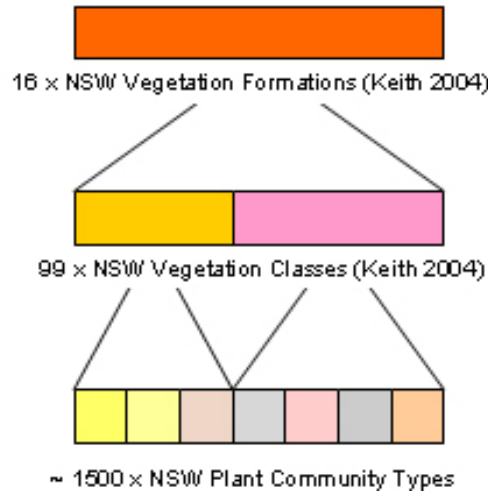
CBS, orman kaynaklarının yönetiminde önemli bir araç olarak kullanılır. Sürdürülebilir orman yönetimini gerçekleştirebilmek için orman kaynakları hakkında daha yoğun, doğruluğu daha fazla olan bilgi ve belgelere ihtiyaç duyulur. Bu şekilde bilgiler CBS yoluyla üretilebilirler ve bu alanlarda kullanılabilir. Bütün bunlar karşısında CBS'nin bitki örtüsü çalışmalarında katkı sağladığı noktaları şu şekilde özetleyebiliriz;

- Uzaktan Algılama yöntemleriyle üretilen bitki türlerinin CBS veri tabanında tutulması,
- GPS ile araziden toplanan bitki türleri ile ilgili bilgilerin CBS ortamına aktarılıp depolanması,
- Daha önce hazırlanmış bitki örtüsü dağılışı haritalarının taranması, sayısallaştırılması yoluyla CBS'de veri tabanının oluşturulması,
- Detaylı bitki türlerinin ve bunlara ait öznitelik verilerinin CBS ortamına aktarılması,
- Veri tabanı oluşturulmuş bütün bitki türlerine ait verilerin zaman içerisinde güncellenebilmesi.

- CBS’de bitki örtüsü dağılışıyla bu dağılışı etkileyen diğer fiziki coğrafya parametreleri (eğim, bakı, yükseklik, iklim elemanları, canlılar) arasındaki ilişkinin araştırılması,
- CBS’ye girilen geometrik ve sözel verileri kullanarak amaca yönelik bitki örtüsü dağılışı haritalarının üretilmesi,

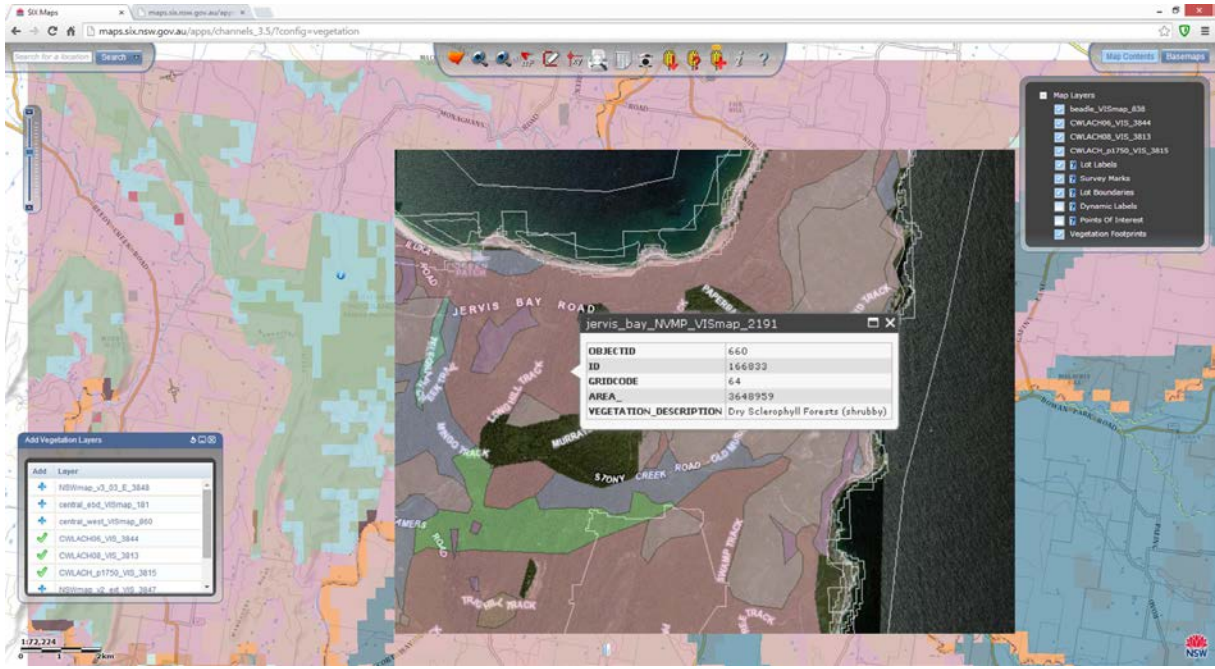
CBS’nin sunmuş olduğu bu imkânlardan dolayı bazı yerel yönetimler sahip oldukları bitki türlerine ait Bitki Bilgi Sistemi’ni (Vegetation Information System-VIS) bünyelerinde kurmuşlardır. Bunlardan bir tanesi Avustralya’da New South Wales (NSW) eyaleti yönetimidir (<http://www.environment.nsw.gov.au>). Bu yönetim içinde bitki örtüsü hakkında bilgiler birçok alanda yoğun olarak kullanıldığı için böyle bir bilgi sistemi kurulmuştur. Bu kullanım alanları; değerlendirmeler için çevresel danışmanlıklar, yangın yönetimi için kırsal alanlardaki yangın hizmetleri, havza yönetim birimleri için en etkili arazi kullanımı ve planlamanın yapılması, yerel yönetimler için de çevresel yönetim ve planlamalardır.

Bitki Bilgi Sistemi (VIS) üç alt başlık altında toplanmıştır. Bunlar; sınıflama, bitki araştırmaları ve haritalardır. Bunlardan sınıflamada üç ana grup genel bitki sınıflaması için kullanılmıştır. Bunlar Şekil 7.7’de gösterildiği şekilde bitki formasyonları, bunların altında bitki sınıfları ve en alt kısımda da bitki sınıflarına ait alt bitki toplulukları şeklindedir.



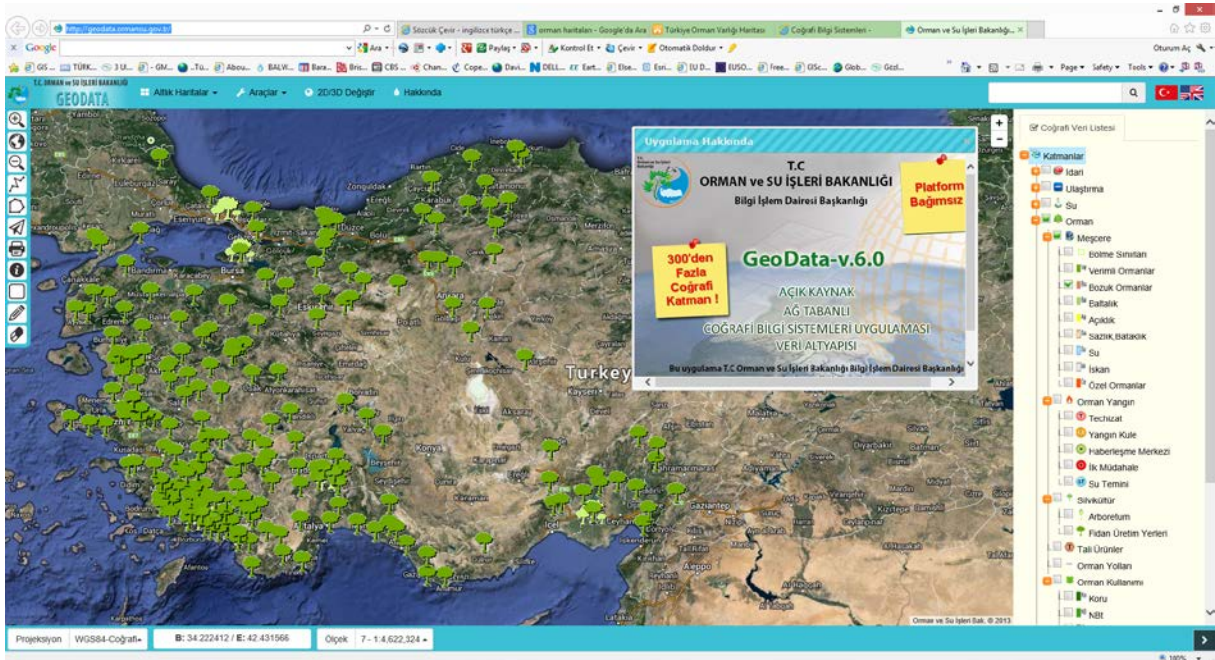
Şekil 7.7. NSW’de kullanılan bitki sınıflama hiyerarşisi.

Flora araştırmaları kısmında ise bitki sınıfları ve haritalarıyla ilişkili olarak yapılan tam teşekküllü floristik araştırmalar, arazi doğrulması ve bitki tiplerinin haritalaması için arazi çalışmaları, arazi kullanım verileri ilişkilendirme gibi çalışmaları bünyesinde barındırır. Haritalama işlemleri ise CBS veri tabanının oluşturulması, metadata ve teknik raporların hazırlanması, görüntü ve kartografik haritaların temini ve işlenmesi gibi çalışmaları barındırır. Haritalama işlemleri web GIS ile internet üzerinden erişim sağlanmakta ve böylece halkın hizmetine sunulmaktadır (Şekil 7.8.).



Şekil 7.8. VIS' ait web GIS uygulaması
(http://maps.six.nsw.gov.au/apps/channels_3.5/?config=vegetation)

Ülkemizde Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesindeki CBS birimince hazırlanan CBS portalında (GeoData v.6.0) Türkiye ile ilgili birçok verinin web GIS ile aktarımı gerçekleştirilmiştir (<http://geodata.ormansu.gov.tr/>). Bununla ilgili çalışmalar halen sürmektedir. Bitki örtüsü ile ilgili olarak Oman katmanı altında Meşcere (ağaç türleri), Orman yangınları, Silvi Kültür, Tali Ürünler ve Orman Kullanımı katmanları yer almaktadır. Ancak bu verileri oldukça genel verilerdir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nda hazırlanmış GeoData portalı.

Uygulamalar

- 1-** UZAL'ın bitki örtüsü çalışmaları üzerinde farklı örnekler araştırınız.
- 2-** Bitki indeksleri hakkında araştırma yapınız.
- 3-** Google earth ı kullanarak ülkemizdeki herhangi bir yerin (doğduğunuz il olabilir) bitki örtüsü özelliklerini ve türlerini belirlemeye çalışınız.
- 4-** CBS'nin bitki örtüsün konularındaki diğer uygulama alanlarını araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1- Kaç tür bitki indeksi vardır?
- 2- UZAL'ın bitki örtüsü konusunda hangi uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır?
- 3- Google earth te bitki örtüsünün spektral yansıma değerleri nedir?
- 4- CBS'nin bitki örtüsü uygulamalarına başka hangi örnekler verilebilir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Bu bölümde, bitki örtüsü konusu üzerinde hem UZAL hemde CBS'nin uygulama alanları üzerinde durulmuştur.

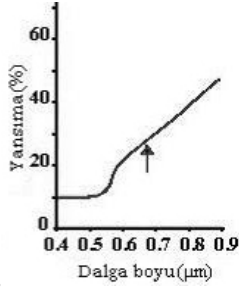
Yeryüzü objeleri içinde bitki örtüsü, uzaktan algılama yöntemiyle en kolay ve sağlıklı olarak tanımlanıp, incelenmesi mümkün olanıdır. Bunun en önemli nedeni algılayıcı ile bitki örtüsü arasında görüntü kalitesini etkileyebilecek herhangi bir nesnenin yer almamasıdır. Ayrıca önemli bir faktör de, bitki türlerinin kendine özgü tipik yansıma göstermesidir. Genel olarak bitkiler görünür bölge olan 0.4-0.7 mikron dalga boyundaki ışınları absorbe ederler. Kızılötesi ışınlar ise çok düşük oranda absorbe ederlerken çok büyük bir bölümünü yansıtırlar. Bitki örtüsü tür özellikleri ve sağlık özelliklerine bağlı olarak farklı yansıma özellikleri gösterir.

Bitki indeksleri ise genellikle yüzey yansıma dalga boylarını kaydeden bantların iki veya daha fazlasını kullanarak bitkilerin belirli özellikleri hakkında bilgi almak için geliştirilmiş olan matematiksel işlemlerdir. Bilimsel literatürde yayınlanmış 150 den fazla bitki örtüsü indeksi mevcuttur. Ancak bunlardan birkısmı tam olarak test edilmiş ve uygulama alanların daha yaygınlaşmıştır. Bu bölüm altında basit oranlama, NDVI ve geliştirilmiş bitki indeksi üzerinde bilgi verilmiştir.

CBS'nin bitki örtüsü çalışmalarında katkı sağladığı noktaları şu şekilde özetleyebiliriz; Uzaktan Algılama yöntemleriyle üretilen bitki türlerinin CBS veri tabanında tutulması, GPS ile araziden toplanan bitki türleri ile ilgili bilgilerin CBS ortamına aktarılıp depolanması, Daha önce hazırlanmış bitki örtüsü dağılışı haritalarının taranması, sayısallaştırılması yoluyla CBS'de veri tabanının oluşturulması, Detaylı bitki türlerinin ve bunlara ait öznitelik verilerinin CBS ortamına aktarılması, Veri tabanı oluşturulmuş bütün bitki türlerine ait verilerin zaman içerisinde güncellenebilmesi, CBS'de bitki örtüsü dağılışıyla bu dağılışı etkileyen diğer fiziki coğrafya parametreleri (eğim, bakı, yükseklik, iklim elemanları, canlılar) arasındaki ilişkinin araştırılması, CBS'ye girilen geometrik ve sözel verileri kullanarak amaca yönelik bitki örtüsü dağılışı haritalarının üretilmesi,

Bölüm Soruları

1. Aşağıda verilen bitki örtüsü spektral yansımaya özelliklerinden hangisi yanlıştır?
- a) UZAL ile yeryüzü objeleri içerisinde en kolay ve sağlıklı belirlenebilen türdür.
 - b) 0.4-0.7 mikrometre dalga boyunu absorbe eder
 - c) Görünür dalga boylarından en fazla 0.5-0.6 mikrometre dalga boyunu yansıtırlar
 - d) Geniş ve iğne yapraklı bitkiler farklı yansımaya özelliği gösterirler
 - e) Görünür dalga boylarından en fazla yakın kızılötesini yansıtır



2.

Yukarıdaki şekilde yansımaya veren yaprak özellikleri hakkında aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- a) Normal yaprak
- b) Ölü yaprak
- c) Zararın başlangıcındaki yaprak
- d) Kronik zararlı yaprak
- e) Klorofil içeriği yüksek olan yaprak

3. Aşağıdakilerden hangisi bitki örtüsünde yansımaya etkileyen faktörlerden birisi değildir?

- a) Yaprak pigmentleri
- b) Hücre yapısı
- c) Su içeriği
- d) Renk özelliği
- e) Klorofil içeriği

4.

$$\frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED})}$$

Yukarıda verilen formülle elde edilen özellik aşağıdakilerden hangisidir?

- a) NDVI
- b) Basit oranlama indeksi
- c) Geliştirilmiş bitki indeksi
- d) Zeminin kil içeriği
- e) Toprağın nemlilik içeriği

5. Aşağıdakilerden hangisi CBS'nin bitki örtüsü çalışmalarına sağladığı katkılardan değildir?

- a) Uzaktan Algılama yöntemleriyle üretilen bitki türlerinin CBS veri tabanında b) tutulması
- b) GPS ile araziden toplanan bitki türleri ile ilgili bilgilerin CBS ortamına aktarılıp depolanması,

- c) Nokta enterpolasyon tekniği ile bitki örtüsü dağılışı haritalarının üretilmesi
d) Detaylı bitki türlerinin ve bunlara ait öznitelik verilerinin CBS ortamına aktarılması,
e) Veri tabanı oluşturulmuş bütün bitki türlerine ait verilerin zaman içerisinde güncellenebilmesi.

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

- 6.Ülkemizde Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesindeki CBS birimince hazırlanan Türkiye ile ilgili birçok verinin web GIS ile aktarımı gerçekleşmiştir
7.bitkilerdeki klorofil özelliklerine daha duyarlı ikenise daha çok bitkilerin dış özelliklerine duyarlıdır.
8. Dalga boylarından yakın kızılötesi (NIR) band ile kırmızı (R) bandın oranlamasıyla elde edilen bitki indkisidir.
9. Yakın kızılötesi bölgesinde bitki örtüsünden yansımayı etkileyen esas faktördır.
10. Bitkilerdaha fazla yansıtırlar ancak bu spektral aralığı biz gözümüzle göremeyiz ancak uzaktan algılama verileriyle görebiliriz

Cevaplar

- 1)e, 2)b, 3)d, 4)a, 5)c,6) CBS portalında, 7) NDVI- EVI, 8)Basit oranlama indeksi, 9) yaprağın morfolojik yapısı, 10) kızılötesi ışınları.

8. TOPRAK UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

8.1. UZAL Toprak Çalışmaları

8.1.1. Toprak Yansıma Özellikleri

8.1.2. Toprak Haritalaması

8.1.3. Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi

8.2. CBS Toprak Uygulamaları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- UZAL'ın toprak çalışmalarındaki kullanım alanları nelerdir?
- 2- Toprağın yansıma özellikleri nasıldır ve bunu etkileyen faktörler nelerdir?
- 3- UZAL ile toprak haritalamasında ne tür çalışmalar yapılmaktadır?
- 4- Toprak tuzluluğunun belirlenmesinde UZAL'ın rolü nedir?
- 5- CBS ile ne tür toprak çalışmaları yapılmaktadır?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
UZAL toprak çalışmaları	UZAL'ın genel toprak çalışmalarına katkısının ne olduğu hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Toprak yansıma özellikleri	Toprağın yansıma özellikleri ve nedenleri hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Toprak haritalaması	Toprak haritalamasının UZAL ile nasıl yapıldığını kavrar.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Toprak tuzluluğunun belirlenmesi	Toprak tuzluluğunun UZAL ile nasıl belirlendiği konusunda bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
CBS toprak uygulamaları	CBS'nin toprak uygulamalarının neler olduğunu kavrar.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Coğrafi Bilgi Sistemleri
- Uzaktan Algılama
- Toprak
- Tuzluluk
- Toprak yansıma eğrisi

Giriş

Bu bölümde, yeryüzünün önemli kaynaklarından birisi olan topraklar üzerinde UZAL ve CBS'nin kullanım alanları ve bunlara ait bazı örnekler üzerinde durulmuştur. Toprak özellikleri UZAL çalışmalarında özellikle gösterdikleri yansımadaki çeşitlilikler bakımından ayrı bir inceleme konusudur. Toprağın sahip olduğu fiziki özellikler, güneş ışınlarının farklı yansıma vermesine neden olmaktadır. Bu nedenle öncelikle toprak yansıma özellikleri üzerinde durulacaktır. Bundan sonra yansıma özelliklerine bağlı olarak toprak türlerinin haritalanması ve son olarak da topraktaki tuzluluk probleminin uzaktan algılama verileriyle tespiti çalışmaları üzerinde durulacaktır. Son olarak da CBS'nin toprak çalışmalarındaki bazı uygulamalarına örnekler verilecektir.

8.1. UZAL Toprak Çalışmaları

Son birkaç on yıldır, dünya yüzeyi özellikle arazi kullanımları bakımından büyük değişiklikler göstermiştir. Bu değişimler, insan nüfusunun artması veya iklimik değişikliklere bağlı olarak devam etmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir bir ekolojinin devamlılığı için toprakların korunmasının sağlanması ve su kaynaklarının yönetiminin yapılması gerekmektedir. Bunun için de bu değerlerin izlenmesi önem arz eder. Taşkınlar, yüzeysel sulardaki artışlar, toprak erozyonları, su ve karbon döngüsündeki düzensizlikler ve bunlar gibi diğer özellikler toprak özellikleri tarafından kontrol edilir ve etkilenirler. Tarımsal, hidrolojik ve çevresel yönetimlerin sürdürülebilirliği ancak toprağın en iyi şekilde anlaşılması sayesinde gerçekleştirilebilir. Geleneksel toprak örnekleme ve laboratuvar analizleri yavaş, pahalı, bütün zamansal ve mekânsal değişkenleri dikkat edememesinden dolayı bu konularda faydalı bilgi sağlayamamaktadırlar.

Bu açıdan uzaktan algılama toprak karakterlerini ortaya koymadan özellikle son 30 yılda büyük imkanlar sunmuştur. Topraklara ait değişik parametrelerin tahmini için aktif ve pasif uydulara ait ürünler kullanılarak değişik metotlar önerilmiştir. Bunlardan pasif uzaktan algılama için dört temel sensör üzerinde durulabilir;

- Sınırlı bant sayılarıyla optik uzaktan algılama (örneğin, SPOT, ASTER, LANDSAT vb.) bunlar genellikle bitki örtüsü ve arazi kullanımlarında kullanılırlar,
- Hiperspektral sensörlere bağlı optik uzaktan algılama, bunlarla daha çok toprak tekstürü üzerine çalışma yapılmakta,
- Termal kızılötesi bantlarla optik uzaktan algılama, bunlarla daha çok toprak sıcaklıkları belirlenmekte,
- Pasif mikrodalga uzaktan algılama, bunlarla da daha çok toprak nemliliği ve bitki örtüsü tahminleri yapılmaktadır.

Pasif uzaktan algılama dışındaki aktif uzaktan algılama da toprağın değişik parametrelerinin belirlenmesinde büyük potansiyele sahip olduğu birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Bu parametreleri toprak nemliliği, toprak pürüzlülüğü ve tekstürü olarak sıralayabiliriz. Aktif uzaktan algılama iki türlü sensöre bağlı olarak çalışmaktadır. Bunlardan birincisi; yerel ve bölgesel çalışmalarda kullanılan yüksek çözünürlüklü SAR (Synthetic Apertura Radar), ikincisi ise daha küresel çalışmalar için kullanılan Scatterometer sensörüdür.

Toprak parametrelerinin tahmininde üç tür metot kullanılmaktadır. Bunlar;

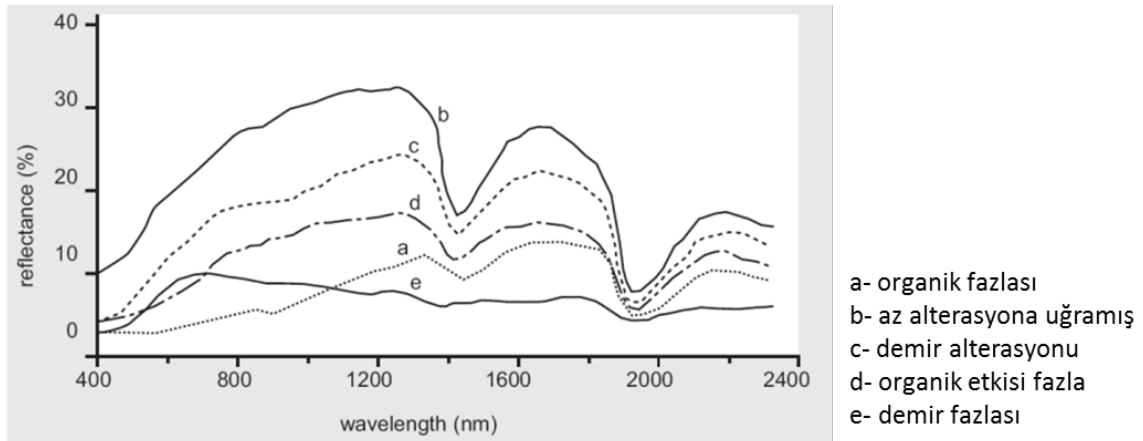
- 1- Ampirik modeller: Uydu ve zemin verilerine dayanır
- 2- Yarı-ampirik modeller: Fiziki model ve gerçek verilerin karşımından oluşur
- 3- Fiziki modeller: Uzaktan algılama sinyalleri ile toprak parametreleri arasındaki ilişkinin araştırılmasına dayanır.

Aktif uzaktan algılama çalışmaları daha çok toprağın dört tür özelliği olan nemlilik, pürüzlülük, sıcaklık ve dokusu özellikleri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Bunlardan toprak nemliliği, özellikle evapotranspirasyon, infiltrasyon ve yüzeysel akış olayları arasındaki yağmur suyunu etkilemesi açısından ana parametredir. Toprak yüzeyindeki pürüzlülük ise sızan ve yüzeysel olarak akan suyun ayrımında önemlidir. Ayrıca özellikle tarımsal alanlardak yüzey pürüzlülüğündeki değişiminin izlenmesi erozyon riskinin tahmininde önemlidir. Toprak tekstürü de fiziki, kimyasal ve biyolojik toprak prosesleri üzerinde etkilidir. Bundan dolayı da toprak yönetiminde anahtar rol oynamaktadır. Toprak sıcaklığı da evapotranspirasyon ve yüzey-atmosfer arasındaki proseslerin tanımlanmasında önemli rol oynar.

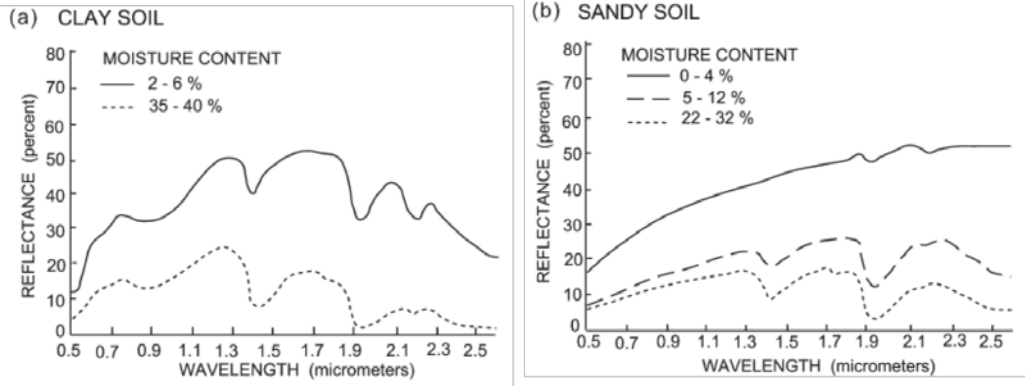
8.1.1. Toprak Yansımaya Özellikleri

Topraklara ait yansımaya özellikleri, toprağın birçok parametresine bağlı olduğu için tek tip bir yansımaya eğrisi vermek mümkün olmamaktadır. Topraklarda ışığın yansımaya özelliklerine yön veren özellikleri toprağın rengi, nem içeriği, karbonat varlığı ve demir oksit içeriği gibi özellikleridir. Şekil 8.1’de farklı özelliklere sahip toprakların yansımaya eğrilerini gösterilmektedir. Bu yansımaya eğrilerinden a, b, c ve d topraklarının yansımaya eğrilerinin genel trendi aynı iken e toprak tipinde (demir fazlası toprak) yansımaya eğrisi farklılık göstermektedir. Bunun nedeni demir ağırlıklı toprakların uzun dalga boylarını daha fazla absorbe etmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 8.1. Farklı özellikteki toprakların yansımaya eğrileri.

Toprağın yukarıda verilen birçok özelliği gibi nem içeriği de elektromanyetik dalganın yansımaya özellikleri üzerinde etkilidir. Özellikle nem içerikli topraklar spektrumun 1.4 μm , 1.9 μm ve 2.7 μm gibi dalga boylarını absorbe eder. Şekil 8.2 killi ve kumlu toprakların değişik nem içeriklerine bağlı olarak yansımaya özelliklerini göstermektedir. Buna göre her iki toprak türünde de nem içeriği arttığı oranda yansımaya değerleri düşmektedir. Nem içerikleri azalan toprakların yansımaları en yüksek düzeydedir. Ayrıca görünür dalga boylarında da her iki toprak türünde yansımaya değerleri oldukça düşüktür. Bu nedenle görünür dalga boylarında topraklar daha koyu renkli gözüktürler.

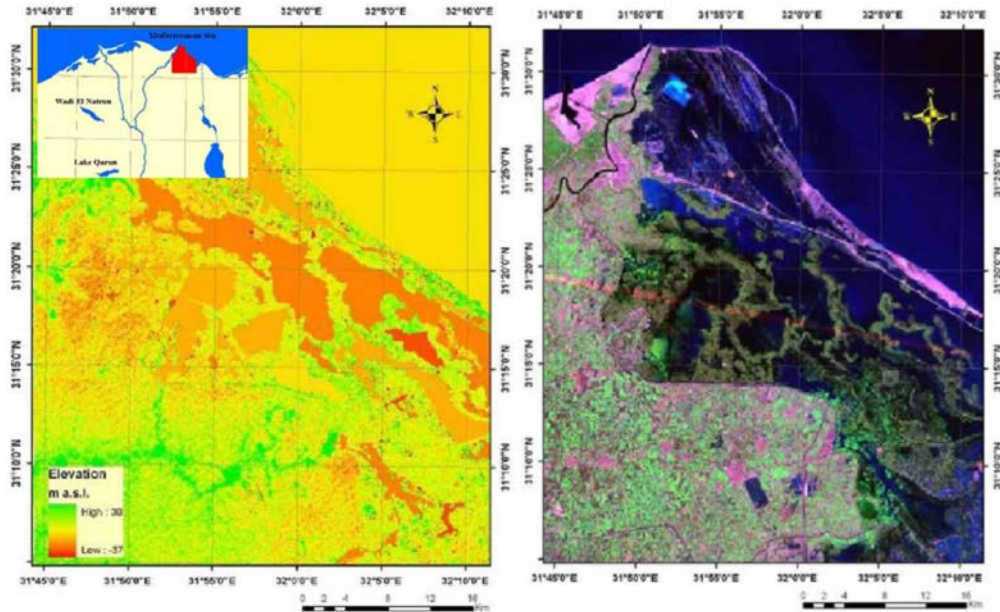


Şekil 8.2. (a) Killi ve (b) kumlu topraktaki nem içeriklerine göre yansıma eğrileri (McCoy, 2005).

8.1.2. Toprak Haritalaması

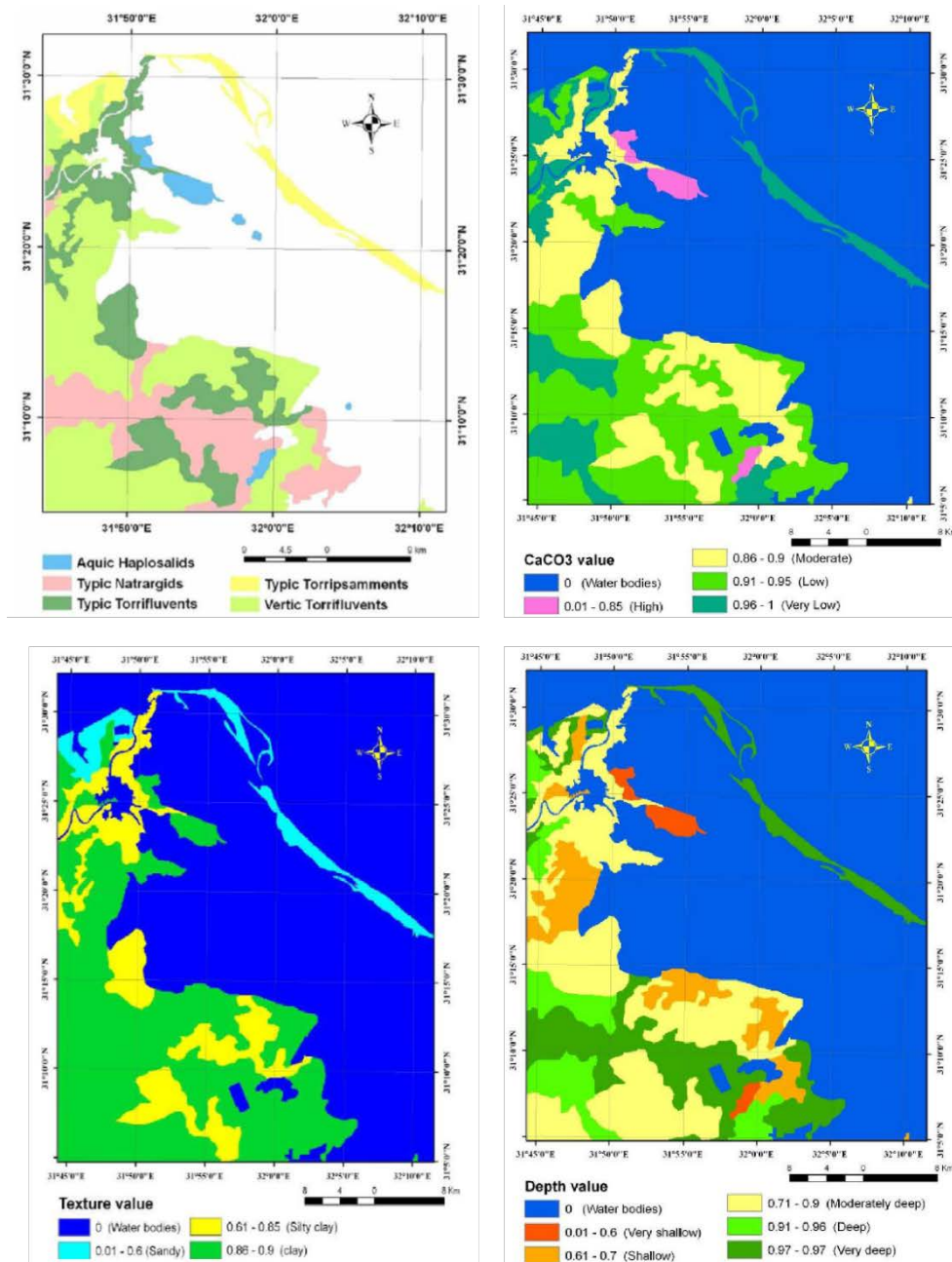
Yukarıda sayılan uzaktan algılamanın toprak çalışmalarındaki kullanımların yanında önemli bir kullanım alanı da toprakların haritalanmasıdır. Bu işlem özellikle uzaktan algılamanın sunmuş olduğu imkânlar sayesinde daha hızlı yapılabilmekte ve CBS’de diğer özellikler ile karşılaştırılabilmektedir.

Toprak haritalamasında Ali ve Kotb (2010) tarafından uzaktan algılama ve CBS kullanılarak Nil nehri deltasının doğusundaki bir alan üzerinde Landsat ETM+ ve SYM verileri kullanılarak (Şekil 8.3) yapılmış olduğu toprak ve özelliklerinin çalışması örnek olarak verilecektir. Landsat ETM+ uydu görüntüsünden gerekli olan veriler görüntü tekstürü, dokusu, şekil, büyüklük, renk vb. özellikleri kullanılarak üretilmiştir. Yüzeyin topografik özelliklerini daha iyi anlaşılabilmesi için SRTM verilerinden yükselti, eğim, bakı, gölgelendirme ve eğrisellik verileri üretilmiştir.



Şekil 8.3. Nil Deltası doğusundaki toprak haritalama alanına ait uydu görüntüsü ve SYM verisi.

Toprak depozitlerine ait veriler jeoloji haritalarından üretilmiş, sınır özellikleri de arazi çalışmalarıyla kontrol edilmiştir. Ayrıca yine SYM verileri ve Landsat uydu görüntüsü kullanılarak sahanın jeomorfolojik birimlerini gösteren verisi üretilmiştir. Bu jeomorfolojik birimler de yine arazi çalışmaları sırasında kontrol edilmiştir. Ayrıca yine bu arazi çalışmaları sırasında genel toprak özellikleriyle ilgili de bilgiler elde edilmiş ve temsili topraklardan örnekler alınmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen topraklar Amerikan Toprak Taksonomisine bağlı olarak gruplandırılmıştır. Jeomorfolojik harita baz alınarak sahanın toprak haritası ve toprağa ait CaCO_3 içeriği, toprak tekstürü, toprak derinliği, tuzluluğu ve alkaliliği gibi özellikleri haritalanmıştır (Şekil 8.4.).

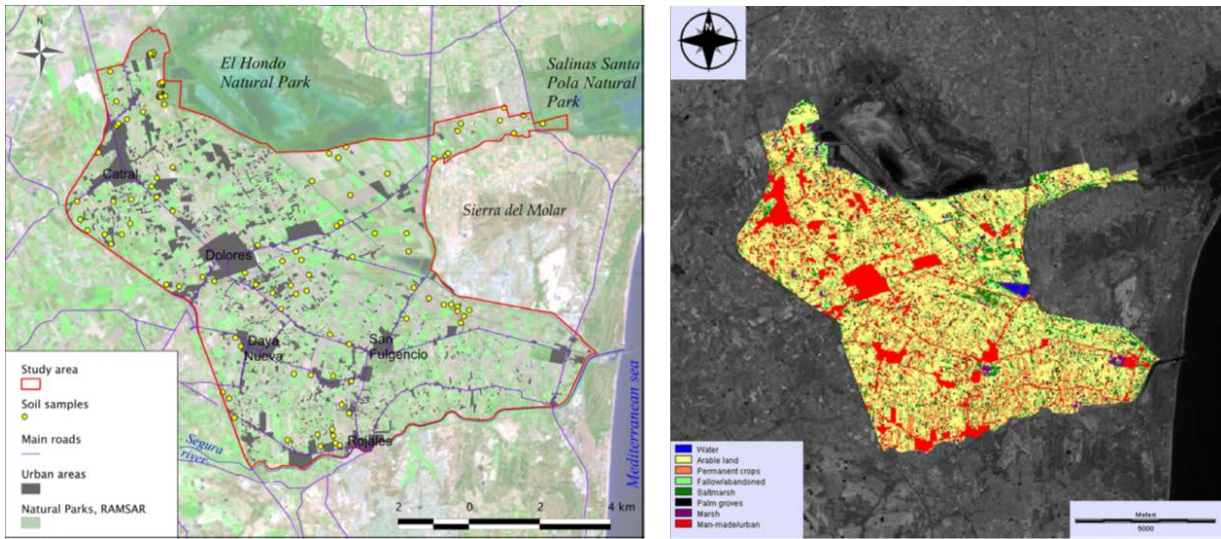


Şekil 8.4. Uzaktan Algılama ve CBS kullanılarak üretilen toprak türleri, CaCO_3 içeriği, tekstür ve toprak derinliği haritaları.

8.1.3. Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi

Toprak tuzluluğunun belirlenmesi ve haritalanmasında uzaktan algılama yoğun olarak kullanılmaktadır. Hava fotoları, optik, termal, mikrodalga veya jeofizik algılayıcıları kullanılmaktadır. Toprak tuzluluğu haritalamalarında daha çok çok bantlı tarayıcılar ile hiper spektral görüntüler kullanılır (Melendez-Pastor vd. 2010a; Ghrefat ve Goodell, 2011). Özellikle 1970 li yıllarda hava ve uydu kaynaklı çok bantlı tarayıcılar kullanılmıştır. Bunların kızılötesi bandları ve kısmende görünür bantlar toprak tuzluluğunu belirlemede kullanılmışlardır (Dalsted vd. 1979). Günümüzde ise görüntü spektrometre teknikleri özellikle otomatik toprak tuzluluğu belirleme çalışmalarında kullanılmaktadır.

Bu başlık altında Melendez-Pastor vd. (2012) tarafından İber yarımadasının güneydoğu kıyılarındaki tarımsal alanlardaki toprak tuzluluğunun uzaktan algılama ile belirlenmesi üzerinde durulacaktır (Şekil 8.5). Landsat TM uydu görüntülerine değişik farklı görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Özellikle çalışma sahasında bulunan yerleşmelerin yansıttığı spektral sinyallerden dolayı Landsat TM görüntünde veri elde etme zorlaşmıştır. Bundan dolayı tuzluluğun doğru bir şekilde elde edilebilmesi için değişik teknik ve metotlar uygulanmıştır.

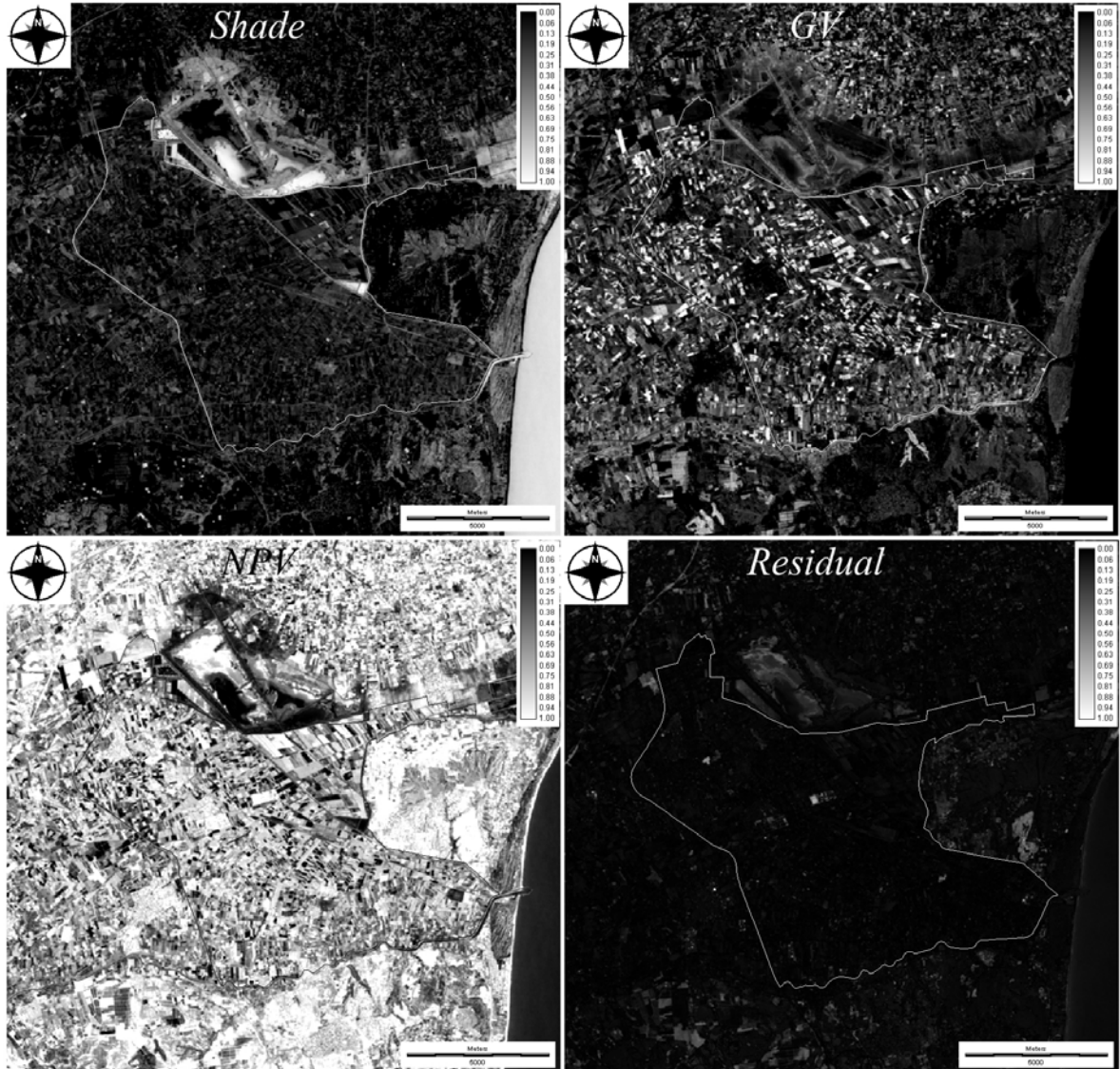


Şekil 8.5. İber yarımadası güneydoğusundaki tarım alanındaki tuzluluk belirleme çalışması yapılan saha ve arazi örtüsü haritası (Melendez-Pastor vd. 2012).

Bu çalışmanın yanında çalışma alanı içerisinde sahadaki toprakları tanımlayıcı olan örnekler alınmış ve bunların özellikleri laboratuvarında standart metotlarla belirlenmiştir. Sahanın ayrıca arazi örtüsü örneklerinin aldığı alanlarda sınıflandırılmış ve bunların doğrulamaları için değişik yerlerden doğrulama noktaları alınmıştır. Çünkü arazi örtüsü toprak özelliklerine etkilemesi bakımından önemlidir. Bu veriler CBS veri tabanına aktarılmış arazi örtüsünün toprak özellikleri üzerinde etkisi istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Daha

sonra uydu görüntüleri kontrollü olarak en yakın komşuluk sınıflamasına tabi tutulmuştur ve doğruluk belirlemesi yapılmıştır. Son olarak da arazi örtüsü sınıfları ile diğer veriler birlikte kullanılarak toprak özellikleri değişik istatistik yöntemlerle tahmin edilmiştir.

Şekil 8.6'da değişik spektral analizlerden gölge/su (Shade), yeşil bitki (GV), fotosentetik olmayan bitkiler (NPV) ve residual görüntüler verilmiştir. Bu analiz sonuçlarında 0 düşük üyelikleri (siyah renk), 1 yüksek üyelikleri (beyaz) göstermektedir. Yüksek gölge (shade) fraksiyon görüntüsü sulak alanları göstermektedir. Yüksek yeşil bitki fraksiyon değerleri çalışma alanı içerisinde dağınık olarak elde edilmiştir. Bu değerlerin yüksek olduğu alanlar (beyaz) görüntünün elde edildiği tarihteki güncel bitkileri göstermektedir. NPV görüntüsündeki beyaz alanlar çıplak toprak, bitkilerinin yaz döneminde oldukça kurak olduğu bataklıklar karmaşık şekilde yansıma vermektedirler. Burada ayrıca şehir alanları da bu görüntüde yer almaktadır. Son olarak yüksek değerdeki residual görüntü de endüstri alanlarını vermektedir. Bu alanlara ait spektral sinyaller diğer üç görüntüye göre oldukça farklılık göstermektedir. Elde edilen bu veriler ile sahada yapılan toprak özellikleri karşılaştırıldığında sahanın toprak ve tuzluluk karakteri üzerinde birtakım çıkarımlar yapılmıştır.



Şekil 8.6. Spektral analizlere ait değişik fraksiyon görüntüleri. Beyaz ve siyak poligon verisi çalışma alanını gösterir.

8.2. CBS Toprak Uygulamaları

Doğal toprak oluşumu ve insan aktivitelerinin farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde etkilerinin sonucu topraklar değişkenlik gösterirler. Bu değişkenlik toprak etüt ve haritalama çalışmaları ile üretilen değişik ölçeklerdeki haritalar ile yansıtılmaktadır. Basılmış temel toprak haritaları ve etüt raporları farklı alanlardaki kullanıcılar tarafından belli amaca yönelik hazırlanan yorum haritaları ve arazi kullanım uygulamalarında kullanılmaktadır.

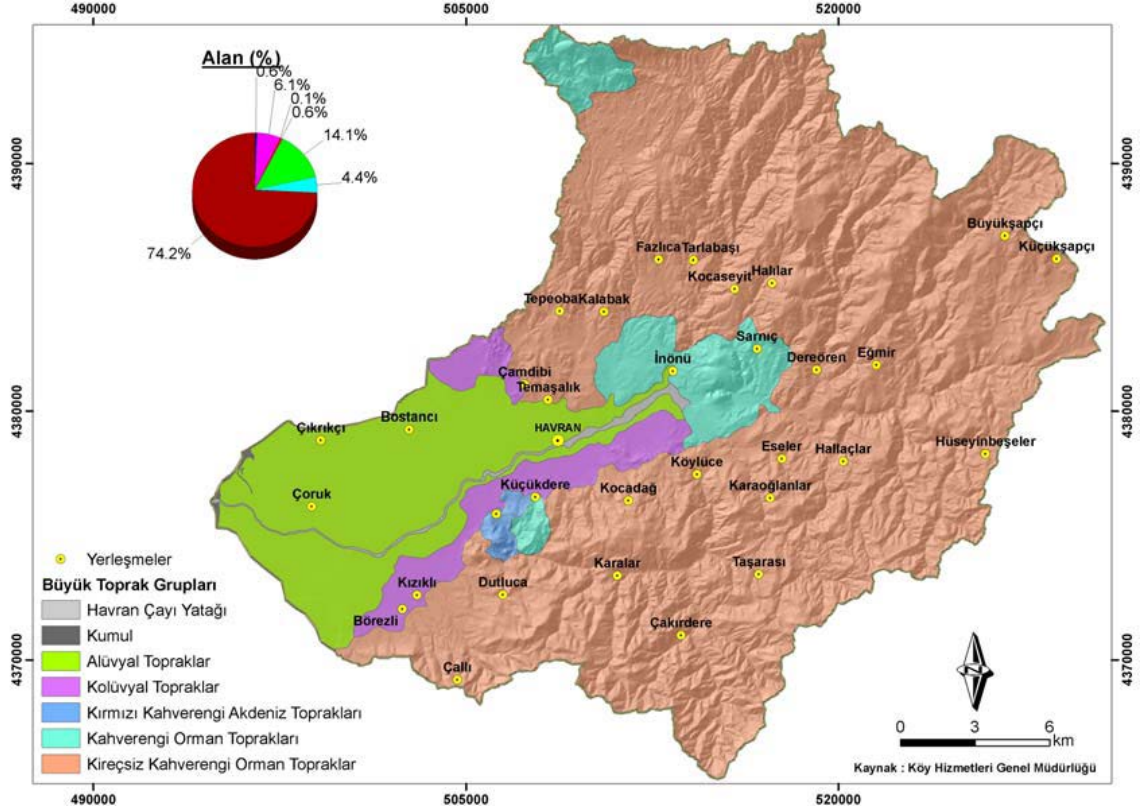
Son yıllarda CBS uygulamaları kamu kuruluşları ve belediyelere bağlı olan doğal kaynak, arazi kullanım planlayıcıları ve çevre koruma birimleri tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Toprak etütleri sonucu üretilen temel toprak haritaları ve sonuç raporları da CBS uygulamalarının sıklıkla kullanılan bir bileşenidir.

Toprak etüt ve haritalama çalışmaları sonucu üretilen toprak haritaları ve bununla ilişkili sunulan çizelgeler kullanıcılar için toprak veri tabanı oluşturmaktadır. Bu veri tabanı çevresel etkilerin modellenmesinde, değişik mühendislik dallarında ve doğal kaynakların planlanması ve korunması çalışmalarında kullanılmaktadır. Topraklara ait verileri genellikle toprak haritalarının sayısallaştırılması sonrası istenilen veri ile ilgili katmanlar oluşturulması yoluyla elektronik ortama aktarılmaktadır. Raporların doğruluğu, detay ve içerdiği ilave bilgilerin zenginliği, bu amaçla sonraki kullanımlar için geçerli sonuçlar alınmasını sağlamaktadır.

Ülkemiz ve diğer ülkelerdeki toprak haritalarının hazırlanmasındaki metot ve üretilen haritaların kaliteleri açısından da farklılıklar mevcuttur. ABD’de tarım yapılan alanların tamamında, özel alanların %91’inde ve tüm ülke için %76’lık kısmında toprak etütleri tamamlanmıştır. Yayınlanan raporlar genellikle 1:24000 ölçeğinde olup oldukça kapsamlı bilgiler içermektedir. Avrupa ülkelerinde de benzer durum söz konusudur. Ülkemizde ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünce belirli bölgeler için 1:100.000 ölçekli eski sınıflama sistemine göre hazırlanmış toprak haritaları (bazı küçük alanlarda yapılan çalışmalar ve birkaç büyük proje hariç) tek veri kaynağıdır. Bu haritalardan sadece toprak derinliği, eğim, erozyon derecesi, drenaj, tuzluluk, alkalilik, taşlılık, kayalılık, arazi kullanım kabiliyet sınıfı, alt sınıfı ve arazi kullanım durumu bilgileri sağlanabilmektedir. Bu haritalar sağladıkları bilgiler ile ve ölçekleri nedeniyle detaylı çalışmalar için kullanılamamaktadır. Bu önemli eksikliğin giderilmesi amacıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü 2002 yılında “Türkiye Toprak Veritabanı” adlı proje çalışması başlatılmıştır. Böylece yeni toprak haritaları, ölçülebilir ve gözlenebilir toprak özellikleri içeren, morфометrik esaslara dayalı ve dünyada gelişmiş ülkelerin kullandıkları yeni sınıflandırma sistemine göre oluşturulacaktı. Bu proje doğrultusunda bünyesinde bulundurduğu teknik personellerin eğitim çalışmaları yapmış, gerekli alt yapı donanımlarını oluşturmuştu. Fakat süreç içerisinde 5286 Sayılı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünün kaldırılması kanununun çıkmasının ardından kurum 2005 yılında kapatılmasıyla proje ülke çapında faaliyete geçmeden duraksamaya uğramıştır. Günümüzde toprak verileri Tagem (Toprak Su ve Gübre Merkez Araştırma Enstitüsü

Müdürlüğü) bünyesinde mevcut olup detay çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Halihazırda 1:100.000 temelli ve 1:25.000 ölçeğe indirgenmiş ülkemiz sayısal toprak haritaları mevcuttur.

Şekil 8.7. CBS’de mevcut 1:25000 ölçekli toprak verilerinin bir havza geneline applike edilmiş CBS çıktısı verilmiştir. Bu şekilde ülkemizin herhangi bir köşesindeki toprak verileri sayısal olarak haritalanabilmekte ve çalışmalarda kullanılabilmektedir.

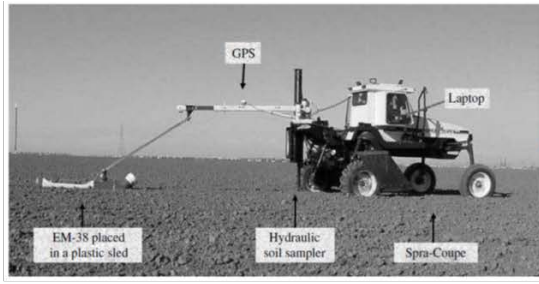


Şekil 8.7. Sayısal toprak haritalarının CBS ortamında görselleştirilmesi.

CBS’nin toprak çalışmalarında uygulamalarını sahip olduğu özellikleri bakımından oldukça fazladır. Biz bunları aşağıdaki şu şekilde sıralayabiliriz;

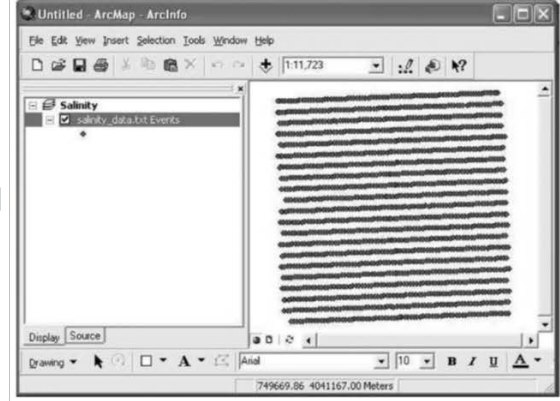
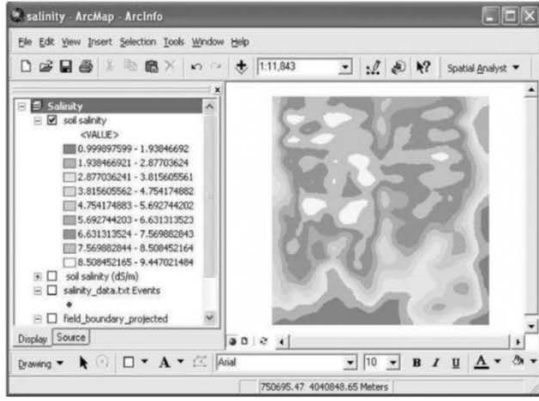
- Haritalama uygulamaları,
- Toprak veri tabanının oluşturulması,
- Toprak özelliklerinin (derinlik, tuzluluk, nemlilik, alkalilik, değişik mineral içerikleri, kirlilik vb) yayılış ve tahmin çalışmaları,
- Uzaktan algılama ürünlerinin CBS’de değerlendirilmesidir.

Bu uygulamalardan birisi olan toprak özelliklerine ait yayılış haritalarının üretilmesi üzerinde kısaca durulacaktır. Şekil 8.8 bununla ilgili Cassel F. (2007) tarafından gerçekleştirilen toprak tuzluluğunun CBS’de haritalanmasını göstermektedir. Burada yapılan işlem mobil iletkenlik belirleme sistemi tarafından tuzluluğu ölçülecek tarım alanında belirli rota dahilinde verileri nokta bazlı olarak elde edilmiştir. Bu veriler daha sonra excelde koordinat ve değerleri girilmiş ve kriging enpterpolasyon tekniği ile nokta verilerinin tuzluluk değerleri kullanılarak tuzluluk dağılış haritası üretilmiştir.



Microsoft Excel - salinity_data

	A	B	C	D	E	F
1	LONGITUDE	LATITUDE	EC_dS_M			
2	750526.6	4041611	3.62			
3	750520.2	4041611	3.62			
4	750513	4041611	3.98			
5	750505.7	4041610	4.52			
6	750498.1	4041610	3.71			
7	750489	4041610	4.78			
8	750479.9	4041609	6.18			
9	750470.7	4041609	7.17			
10	750461.6	4041608	6.96			



Şekil 8.8. Toprak tuzluluğu yayılım haritasının CBS ile üretilmesi.

Uygulamalar

- 1- UZAL'ın toprak uygulamalarına ait diğer örnekleri araştırınız.
- 2- Toprak çalışmalarında kullanılan uyduları araştırınız ve çözünürlük özelliklerini inceleyiniz.
- 3- Tuzlanmış topraklar ile normal sağlıklı topraklara ait yansıma özelliklerini araştırınız.
- 4- CBS ile toprak uygulamalarına ait diğer örnekleri araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1-** UZAL'ın toprak uygulamaları hangi alanlarda yoğunlaşmıştır?
- 2-** Toprak araştırmalarının gerçekleştirildiği uydu görüntülerini aktif ve pasif sistemler olarak sınıflandırınız?
- 3-** Tuzlu toprak yansıması ile normal toprak yansımasının benzer ve farklılıkları nelerdir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Topraklara ait değişik parametrelerin tahmini için aktif ve pasif uydulara ait ürünlere kullanılarak değişik metotlar önerilmiştir. Bunlardan pasif uzaktan algılama için dört temel sensör üzerinde durulabilir; sınırlı bant sayılarıyla optik uzaktan algılama (örneğin, SPOT, ASTER, LANDSAT vb.) bunlar genellikle bitki örtüsü ve arazi kullanımlarında kullanılırlar, hiperspektral sensörlere bağlı optik uzaktan algılama, bunlarla daha çok toprak tekstürü üzerine çalışma yapılmakta, termal kızılötesi bantlarla optik uzaktan algılama, bunlarla daha çok toprak sıcaklıkları belirlenmekte, pasif mikrodalga uzaktan algılama, bunlarla da daha çok toprak nemliliği ve bitki örtüsü tahminleri yapılmaktadır. Pasif uzaktan algılama dışındaki aktif uzaktan algılama da toprağın değişik parametrelerinin belirlenmesinde büyük potansiyele sahip olduğu birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Bu parametreleri toprak nemliliği, toprak pürüzlülüğü ve tekstürü olarak sıralayabiliriz. Aktif uzaktan algılama iki türlü sensöre bağlı olarak çalışmaktadır. Bunlardan birincisi; yerel ve bölgesel çalışmalarda kullanılan yüksek çözünürlüklü SAR (Synthetic Apertura Radar), ikincisi ise daha küresel çalışmalar için kullanılan Scatterometer sensörüdür.

Topraklara ait yansıma özellikleri, toprağın birçok parametresine bağlı olduğu için tek tip bir yansıma eğrisi vermek mümkün olmamaktadır. Topraklarda ışığın yansıma özelliklerine yön veren özellikleri toprağın rengi, nem içeriği, karbonat varlığı ve demir oksit içeriği gibi özellikleridir. Uzaktan algılamanın toprak çalışmalarındaki önemli bir kullanım alanı da toprakların haritalanmasıdır. Bu işlem özellikle uzaktan algılamanın sunmuş olduğu imkânlar sayesinde daha hızlı yapılabilmekte ve CBS’de diğer özellikler ile karşılaştırılabilmektedir.

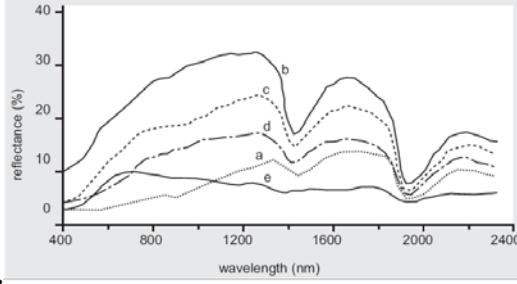
Toprak tuzluluğunun belirlenmesi ve haritalanmasında uzaktan algılama yoğun olarak kullanılmaktadır. Hava fotoları, optik, termal, mikrodalga veya jeofizik algılayıcıları kullanılmaktadır. Toprak tuzluluğu haritalamalarında araştırmacılar daha çok çok bantlı tarayıcılar ile hiper spektral görüntüler kullanmaktadır. Özellikle 1970 li yıllarda hava ve uydu kaynaklı çok bantlı tarayıcılar kullanılmış özellikle de bunların kızılötesi bantları ve kısmende görünür bantlar toprak tuzluluğunu belirlemede kullanılmışlardır. Günümüzde ise görüntü spektrometre teknikleri özellikle otomatik toprak tuzluluğu belirleme çalışmalarında kullanılmaktadır.

CBS’nin toprak çalışmalarında uygulamalarını sahip olduğu özellikleri bakımından oldukça fazladır. Biz bunları aşağıdaki şu şekilde sıralayabiliriz; haritalama uygulamaları, toprak veri tabanının oluşturulması, toprak özelliklerinin (derinlik, tuzluluk, nemlilik, alkalilik, değişik mineral içerikleri, kirlilik vb) yayılım ve tahmin çalışmaları, uzaktan algılama ürünlerinin CBS’de değerlendirilmesidir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıda pasif sensör-toprakla ilişkili çalışma eşlemelerinden hangisi yanlıştır?

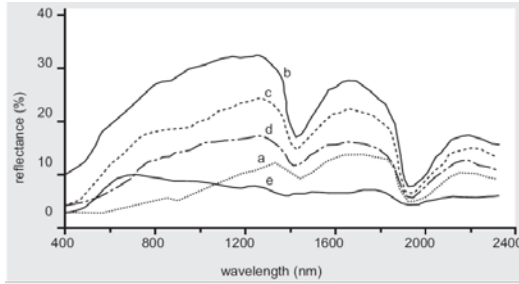
- a) Optik uzaktan algılama – bitki örtüsü ve arazi kullanımı
- b) Hiperspektral sensörler- toprak tekstürü
- c) Termal kızılötesi - toprak sıcaklığı
- d) Mikrodalga – toprak nemliliği
- e) LiDAR – SYM üretme



2.

Yukarıda verilen toprak yansımaya eğrilerinden “e” toprağının yansımaya eğrisinin diğerlerinden farklı olmasının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Organik fazlası toprak özelliği
- b) Az alterasyona uğramış toprak olması
- c) Demir fazlası toprak özelliği
- d) Demir alterasyonu fazla olan toprak özelliği
- e) Organik etkinin fazla olduğu toprak olması



3.

Yukarıda verilen toprak yansımaya eğrisi grafiğinde 1.4 ve 1.9 mikrometre dalga boyunu toprağın absorbe ettiği gözlenmektedir. Bunun nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Toprağın nem içeriğinden dolayı
- b) Toprağın tuzluluk içeriğinden dolayı
- c) Toprağın demir içeriğinden dolayı
- d) Toprağın organik madde içeriğinden dolayı
- e) Toprağın kil içeriğinden dolayı

4. Aşağıdakilerden hangisi toprak tuzluluğu çalışmalarında kullanılan algılayıcılardan değildir?

- a) Hava fotoları
- b) Yersel LiDAR algılayıcıları
- c) Optik algılayıcılar
- d) Termal algılayıcılar
- e) Mikrodalga algılayıcılar

5. Aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?
- a) Landsat TM uydusundan toprak tuzluluğu çalışması yapılabilmektedir
 - b) Landsat ETM uydusuyla toprak haritalamaları yapılabilmektedir
 - c) Toprak nemliliği belirli dalga boylarını absorbe eder
 - d) Bütün toprakların yansıma eğrileri aynıdır
 - e) Termal kızılötesi bantlarla toprak sıcaklıkları çalışılabilir

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Uzaktan algılama sinyalleri ile toprak parametreleri arasındaki ilişkinin araştırılmasına dayanan modeledenir.

7. Toprak tuzluluğu haritalamalarında araştırmacılar daha çokile..... kullanmaktadır

8. Günümüzdeteknikleri özellikle otomatik toprak tuzluluğu belirleme çalışmalarında kullanılmaktadır.

9. Ülkemizde ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünce belirli bölgeler içinölçekli eski sınıflama sistemine göre hazırlanmış toprak haritaları tek veri kaynağıdır.

10. Toprak haritalarının oluşturulmasındauydu görüntüleri kullanılabilir.

Cevaplar

1)e, 2)c, 3)a, 4)b, 5)d, 6)Fiziki model, 7) çok bantlı tarayıcılar - hiper spektral görüntüler, 8) görüntü spektrometre, 9) 1:100.000, 10)Landsat TM.

9. UZAL ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜSÜ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 9.1.** Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Tanımı
- 9.2.** Arazi Örtüsü Sınıflama Sistemleri
- 9.3.** Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişimi Çalışmaları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1-** Arazi örtüsü ve kullanımı ne demektir, arasındaki farklar nelerdir?
- 2-** UZAL ile belirlenen arazi örtüsü ve kullanımına ait geliştirilmiş sınıflama sistemleri nelerdir?
- 3-** UZAL arazi örtüsü/kullanımı değişim çalışmalarında ne tür imkânlar sunar?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
Arazi örtüsü ve arazi kullanımı tanımı	Arazi örtüsü ve kullanımı kavramlarının anlaşılması sağlar.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Arazi örtüsü sınıflama sistemleri	Arazi örtüsü ve kullanımına ait lejant birliği için geliştirilmiş sınıflama sistemlerinin neler olduğu hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Arazi örtüsü/kullanımı değişimi çalışmaları	UZAL'ın arazi örtüsü-kullanımı değişimlerine katkısı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Arazi örtüsü
- Araai kullanımı
- Sınıflama sistemleri
- Corine sınıflama sistemi
- Arazi örtüsü/kullanımı değışimi

Giriş

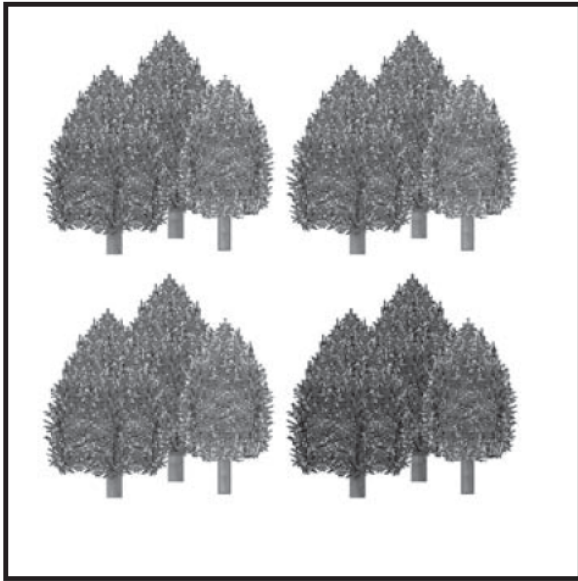
Uzaktan algılamanın yoğun olarak kullanıldığı ve birçok da akademik olarak yayına kolay birşekilde ulaşabileceğiniz konularından birisi de arazi örtüsü ve kullanımı çalışmalarıdır. Bu iki kavram genellikle karıştırıldığı için öncelikle bu kavramların tanımları üzerinde durulacaktır. Daha sonra dünya genelinde arazi örtüsü ve kullanımlarına ait lejand birliğin sağlanması ve karmaşıklıklara yol açamaması için geliştirilmiş olan sınıflama sistemleri üzerinde durulacaktır. Bu sistemlerden özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan Corine sınıflama sistemine ait detaylar üzerinde durulacaktır. Son olarak da UZAL'ın arazi kullanım/örtüsü değişimi çalışmalarına ne tür katkılar sağladığına değinilecektir.

9.1. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Tanımı

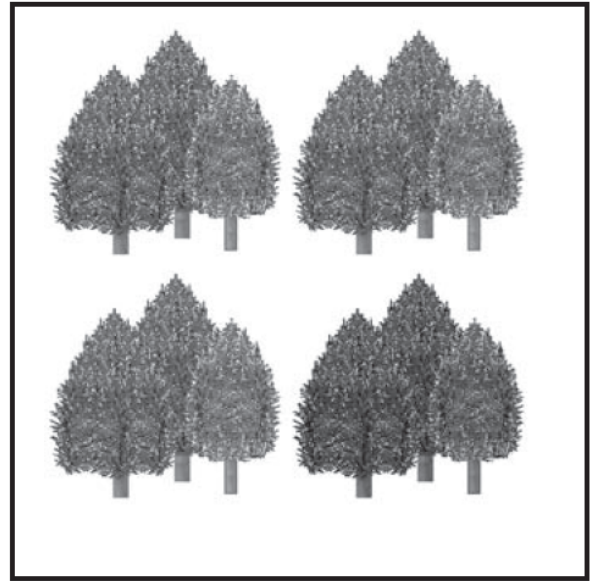
Arazi örtüsü ve kullanımı terimleri gerek literatürde gerekse günlük kullanımda karıştırılan tanımlar olarak karşımıza çıkarlar. Bu nedenle bu iki terimin ne anlama geldiğinin anlaşılması ve doğru kullanımlarda bulunulması açısından önemlidir. Özellikle uzaktan algılama çalışmaları veya CBS çalışmalarında bu iki terimin karıştırılmasıyla yanlış kullanımlar birtakım karışıklığa yol açacaktır.

Arazi örtüsü, dünya yüzeyi ve hemen altında gözlemlenen biyotik ve abiyotik canlıları temsil eder (Meyer ve Turner, 1992). Genel arazi örtüsüne örnekler verilecek olursa, ormanlar, fundalıklar, otlaklar, ekili araziler, çorak araziler, buzul ve karlar, kent alanları ve su kütleleridir (yeraltısuyu dahil). Tanım ve örneklerden anlaşılacağı üzere arazi örtüsü sadece arazi kaplayan bitki örtüsünden oluşmayıp, kent yapıları, yollar vb. insan yapılarının da içinde olduğu ve yeraltısuyu gibi yüzeyaltındaki özellikleri de içine alan bir tanımlaya sahiptir.

Arazi kullanımı ise arazinin insanlar tarafından kullanılmasının veya işlenmesinin tanımlandığı bir terimdir. Kısaca, arazi örtüsü arazi kullanımının görünür kanıtıdır. Ormanın kendisi arazi örtüsü olarak tanımlanırken, aynı orman üretim, rekreasyon, koruma ve dini amaçlar için kullanılabilir. Diğer bir deyişle, arazi örtüsü gözlemlenen fiziksel örtü olurken, arazi kullanımı da arazinin fonksiyon veya sosyoekonomik açıdan ne olarak kullanıldığıdır. Bir parça arazi tek bir arazi örtüsü ile kaplı olabilirken (örneğin orman) fakat birden fazla kullanıma sahip olabilir (örneğin, rekreasyon, eğitim ve koruma gibi).



Arazi örtüsü: Orman



Arazi kullanımı: Rekreasyon ormanı

Şekil 9.1. Arazi örtüsü ve arazi kullanımı.

Arazi örtüsündeki değişim arazi örtüsünün dönüşümü ve modifikasyonu olarak tanımlanabilir. Bu değişim arazinin bir örtüden diğer bir örtüye değişmesi şeklindedir. Fakat bu değişim yine arazi örtüsü kategorisi içinde gerçekleşmelidir. Örneğin, bir arazideki ekili arazilerin kentsel alana dönüşmesi veya orman örtüsünün degradasyona (bozulmaya)

uğraması gibi. Arazi kullanımı değişimi ise arazinin insan tarafından bir kullanım türünden diğerine değişmesi şeklinde tanımlayabiliriz. Arazi kullanımı değişimi, arazi örtüsü değişimi gerçekleşmeden de meydana gelebilir. Örneğin üretim orman alanı daha sonra sit alanı olarak ilan edilebilir.

Uzaktan algılama sahip olduğu özelliklere bağlı olarak birçok avantaj sunar. Uzaktan algılama ürünlerinin nispeten daha ucuz, hızlı ve güncel bilgileri özellikle büyük coğrafi alanlar için sağlanması kullanımını yaygınlaştırmıştır. Uzaktan algılama verileri yeryüzündeki objelerin elektromanyetik enerjiyi yansıtmaya özelliklerine bağlı olarak farklı spektral aralıkları kaydederler. Bu veriler arazi örtüsü/kullanımı için tarafsız verilerdir. Bu nedenle birçok uzaktan algılama verisi arazi örtüsünün değişiminin izlenmesi açısından kullanışlıdır. Tablo 9.1 arazi örtüsü ve kullanımın belirlenmesi ve değişimin izlenmesinde kullanılan uzaktan algılama sistemleri verilmiştir.

Tablo 9.1. Arazi örtüsü/kullanımı gözlemlenme ve izleme için kullanılan başlıca uzaktan algılama sistemleri.

Satellite	Web Site	Satellite	Web Site
<i>ALOS/AVNIR/PRISM</i>	http://www.jaxa.jp/projects/sat/alos/index_e.html	<i>MERIS (Envisat)</i>	http://envisat.esa.int/
<i>ASTER</i>	http://envisat.esa.int/	<i>MODIS</i>	http://modis.gsfc.nasa.gov/
<i>CARTOSAT-1</i>	http://www.isro.org/	<i>OrbView-3</i>	http://www.geoeye.com/
<i>CBERS-1, 2, 2B</i>	http://www.cbers.inpe.br/	<i>Quickbird</i>	http://www.digitalglobe.com
<i>DMC</i>	http://www.dmcii.com/	<i>RapidEye 1-5</i>	http://www.rapideye.de/
<i>EROS-A, EROS-B</i>	http://www.imagesatintl.com	<i>SPOT 1-5</i>	http://www.spotimage.fr
<i>FORMOSAT-2</i>	http://www.spotimage.fr	<i>THEOS</i>	http://new.gistda.or.th/en/
<i>GeoEye-1</i>	http://launch.geoeye.com/LaunchSite/	<i>WorldView-1</i>	http://www.digitalglobe.com/
<i>GOSAT</i>	http://www.jaxa.jp/projects/sat/gosat/index_e.html	<i>WorldView-2</i>	http://worldview2.digitalglobe.com/about/
<i>IKONOS</i>	http://www.geoeye.com	<i>ASAR(Envisat)</i>	http://envisat.esa.int/
<i>IRS-1A, 1B, 1C, 1D</i>	http://www.isro.org	<i>COSMO-SkyMed 1-3</i>	http://www.telespazio.it/cosmo.html
<i>IRS-P2, P3, P4</i>	http://www.isro.org	<i>ERS-1, ERS-2</i>	http://www.esa.int/esaCP/index.html
<i>KOMPSAT-1</i>	http://new.kari.re.kr/english/index.asp	<i>PALSAR</i>	http://www.jaxa.jp/index_e.html
<i>KOMPSAT-2</i>	http://earth.esa.int/object/index.cfm?fobjectid=5098	<i>RADARSAT-1, 2</i>	http://gs.mdacorporation.com/
<i>Landsat 1-5, 7</i>	http://landsat.gsfc.nasa.gov/	<i>TerraSAR-X</i>	http://www.astrum-geo.com/en/228-terrasar-x-technical-documents

9.2. Arazi Örtüsü Sınıflama Sistemleri

Arazi örtüsü ve kullanımlarını belirli gruplar altında toplayabilmek için 4 tür sınıflama ve lejant sistemi geliştirilmiştir. Bunlar;

- Anderson Sınıflama Sistemi,
- CORINE Arazi Örtüsü,
- IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) Discover
- UMD (University of Maryland) Sistemi

Ülkemizde bu arazi örtüsü lejantlama sistemlerinden CORINE sistemi Avrupa ülkeleriyle entegrasyonu için kullanılmaktadır. Bu nedenle bu sistem üzerinde durulacaktır.

CORINE Arazi Örtüsü: Avrupa Çevre Ajansı (EEA) ve Birleşik Araştırma Merkez (JRC) birleşimiyle oluşturulmuştur. Başlangıçta Avrupa'daki arazi örtüsü verisinin üretilmesi amacıyla üretilmiştir. CORINE arazi örtüsünde 3 seviye bulunmaktadır. Bunlardan seviye 1'de 5 sınıf, seviye 2'de 15 sınıf ve seviye 3'te 44 sınıf mevcuttur (Tablo 9.2).

Tablo 9.2. Corine arazi örtüsü sınıflama sistemi.

Seyive 1	Seviye 2	Seviye 3
1. YAPAY BÖLGELER	1.1 Şehir Yapısı	1.1.1 Sürekli Şehir Yapısı 1.1.2 Dağınık (Kesikli) Şehir Yapısı
	1.2 Endüstriyel, Ticari ve Ulaşım Birimleri	1.2.1 Endüstriyel veya Ticari Birimler 1.2.2 Karayolları, Demiryolları ve ilgili alanlar 1.2.3 Limanlar 1.2.4 Hava Alanları
	1.3 Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	1.3.1 Maden Çıkarma Sahaları 1.3.2 Boşaltım Sahaları 1.3.3 İnşaat Sahaları
	1.4 Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar	1.4.1 Yeşil Şehir Alanları 1.4.2 Spor ve Eğlence Alanları
2. TARIMSAL ALANLAR	2.1 Ekilebilir Alanlar	2.1.1 Sulanmayan Ekilebilir Alanlar 2.1.2 Sürekli Sulanan Alanlar 2.1.3 Pirinç Tarlaları
	2.2 Sürekli Ürünler	2.2.1 Üzüm Bağları 2.2.2 Meyve Bahçeleri 2.2.3 Zeytin Bahçeleri
	2.3 Meralar	2.3.1 Meralar
	2.4 Karışık Tarımsal Alanlar	2.4.1 Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler 2.4.2 Karışık Tarım Alanları 2.4.3 Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları 2.4.4 Ormanla Karışık Tarım Alanları
3. ORMAN YERİ VE YARI DOĞAL ALANLAR	3.1 Ormanlar	3.1.1 Geniş Yapraklı Ormanlar 3.1.2 İğne Yapraklı Ormanlar 3.1.3 Karışık Ormanlar
	3.2 Maki ve/veya Otsu Bitkilerin Birleşimi	3.2.1 Doğal Çayırliklar 3.2.2 Fundalıklar 3.2.3 Sklerofil Bitki Örtüsü 3.2.4 Bitki Değişim Alanları
	3.3 Bitki Örtüsü az yada hiç Olmayan Açık Alanlar	3.3.1 Sahiller, Kumsallar, Kumluklar 3.3.2 Çıplak Kayalıklar 3.3.3 Seyrek Bitkili Alanlar 3.3.4 Yanmış Alanlar 3.3.5 Buzul ve Kalıcı Kar
4. SULAK ALANLAR	4.1 Karasal Bataklıklar	4.1.1 Bataklıklar 4.1.2 Turbalıklar
	4.2 Denize Yakın Sulak Alanlar	4.2.1 Tuz Bataklığı 4.2.2 Tuzlalar 4.2.3 Gel-git Olayı ile Oluşan Düzlükler (Alanlar)
5. SU YAPILARI	5.1 Karasal Sular	5.1.1 Su Yolları 5.1.2 Su Kütelleri
	5.2 Deniz Suları	5.2.1 Kıyı Lagünleri 5.2.2 Nehir Ağzıları (Haliç gibi) 5.2.3 Deniz ve Okyanus

Bu kapsamda Corine arazi örtüsü çalışmaları ülkemizde 2001 yılında başlamıştır. 2000-2001 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak yapılan ilk arazi örtüsü çalışması 2005 yılı başında TÜİK tarafından tamamlanmıştır. Sonrasında bu çalışmanın sonuçları bir protokol kapsamında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na devredilmiş ve sonuçlar 2008 yılı ortasına kadar Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından revize edilmiştir. 2000-2006 yılları arasında arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin tespit edilmesine yönelik 2006 yılı uydu görüntülerinin kullanıldığı ikinci çalışma olan Corine 2006 Projesi Orman ve Su İşleri Bakanlığı Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı bünyesinde başlamış ve Kasım 2009 tarihinde tamamlanmıştır. Her iki proje sonucunda oluşturulan veritabanlarının analiz edilmesi ile de tüm ülke ve iller bazında 2000 ve 2006 yılları ile bu yıllar arası değişimleri gösteren çeşitli istatistiki veriler elde edilmiştir. Corine 2006 Projesi çalışması esnasında Avrupa Çevre Ajansı uzmanları ile 3 kez arazi kontrolüne çıkılmış ancak elde edilen sonuçların belirli bir istatistiki anlam düzeyinde doğruluğunun tespiti amacıyla yersel kontrol yapılamamıştır.

Ülkemizdeki yapılan Ulusal Arazi Örtüsü projelerinde, Avrupa Çevre Ajansının yukarıda geliştirmiş olduğu sınıflandırma sistemi temel alınmış, aynı zamanda 12 adet ülkemize özgü sınıf geliştirilmiştir. Ülkemiz bilindiği üzere coğrafi konumu nedeniyle çok farklı iklim ve bitki özelliklerine sahiptir. Bu nedenden dolayı 4. seviye kodlar olarak ülkemiz için ek arazi kullanımı sınıfları geliştirilmiştir (<http://aris.ormansu.gov.tr>).

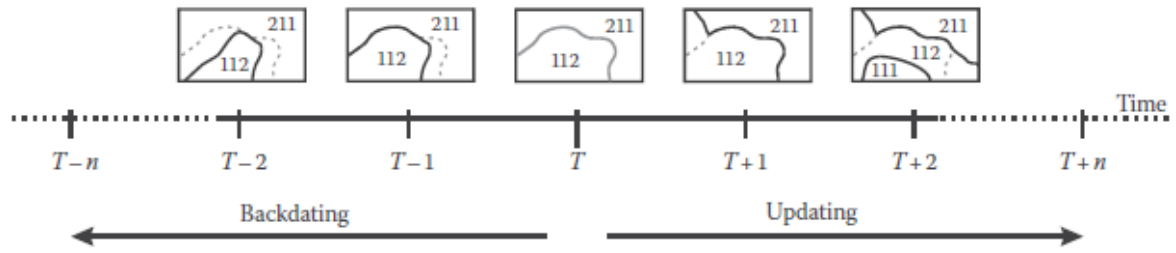
Türkiye Kodları;

- 1121. Sürekliliği Olmayan (Kesikli) Kentsel Yerleşim Alanları
- 1122. Sürekliliği Olmayan (Kesikli) Kırsal Yerleşim Alanları
- 2111. Kuru Tarım
- 2112. Kuru Tarım Alanı İçinde Seralar
- 2121. Sulu Tarım
- 2122. Sulu Tarım Alanı İçinde Seralar
- 2221. Sulanmayan Meyve Alanı
- 2222. Sulanan Meyve Alanı
- 2421. Sulanmayan Karışık Tarım Alanları
- 2422. Sulanan Karışık Tarım Alanları
- 3321. Çıplak Kayalık
- 3322. Tuz İçeriği Yüksek Çıplak Kayalık

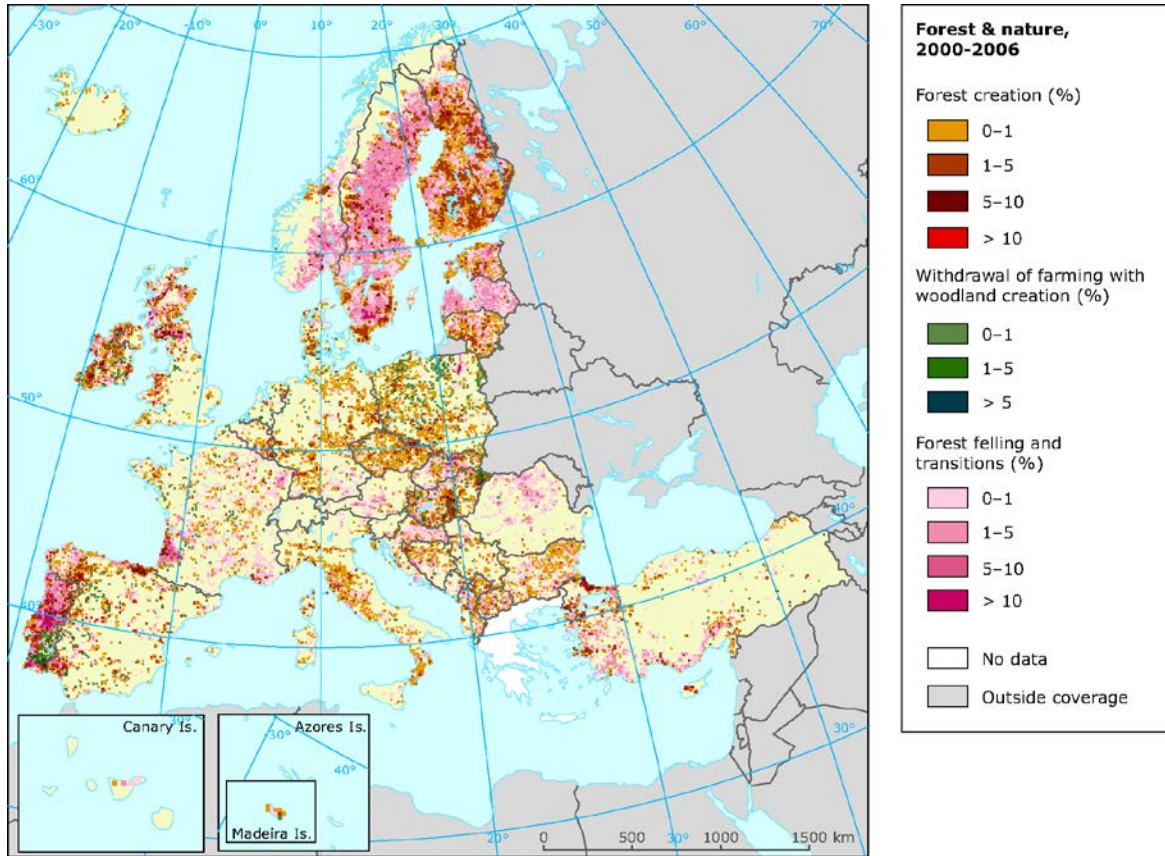
9.3. Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişimi Çalışmaları

Uzaktan algılama verileri kullanılarak araziler üzerindeki örtü veya kullanımların, sahip oldukları zamansal çözünürlüklerine bağlı olarak belirlenmesi mümkündür. Böylece iki veya daha fazla zaman aralığından mekânda meydana gelen değişimler belirlenebilir ve buna planlama ve önleme çalışmaları yapılabilir. Bunlarla ilgili çalışmalarda literatürde oldukça fazladır. Burada Avrupa Çevre Ajansı tarafından ülkemizi de içine alacak şekilde Avrupa ülkelerinin 2000 ve 2006 yılları arasındaki arazi örtüsünün belirlenmesi ve bunların değişimlerini ortaya konduğu çalışma üzerinde durulacaktır.

CORINE Arazi Örtüsü projesi 1990, 2000 ve 2006 yıllarındaki Avrupa genelindeki arazi örtüsü ve bunun ilgili tarihlerdeki değişimlerini ortaya çıkartmak için başlatılmıştır. Bunun için 1990 arazi örtüsü için Landsat 4-5 TM görüntüleriyle çok az da olsa Landsat MSS görüntüleri kullanılmıştır. 2000 yılı için ise Landsat ETM+ tek tarih arazi örtüsünün çıkartılmasında kullanılmıştır. 2006 yılına için SPOT 4 ve/ya IRS LISS III iki tarihli görüntüler kullanılmıştır. 1990 yılına ait arazi örtüsü verisi görsel yorumlama metoduyla üretilmiş olup bunu takip eden 2000 ve 2006 yıllarına ait arazi örtüsü verileri güncelleme yaklaşımıyla (Şekil 9.2.) bilgisayar temelli görsel yorumlama yöntemi kullanılmıştır. Tarihleri arası uydu görüntülerinden elde edilen değişimler böylece ortaya konmuştur. Şekil 9.3'te 2000-2006 yılları arasındaki orman ve doğadaki değişimler yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 9.2. İleri ve geriye güncellemenin temel prensibi (Feranec vd. 2012).



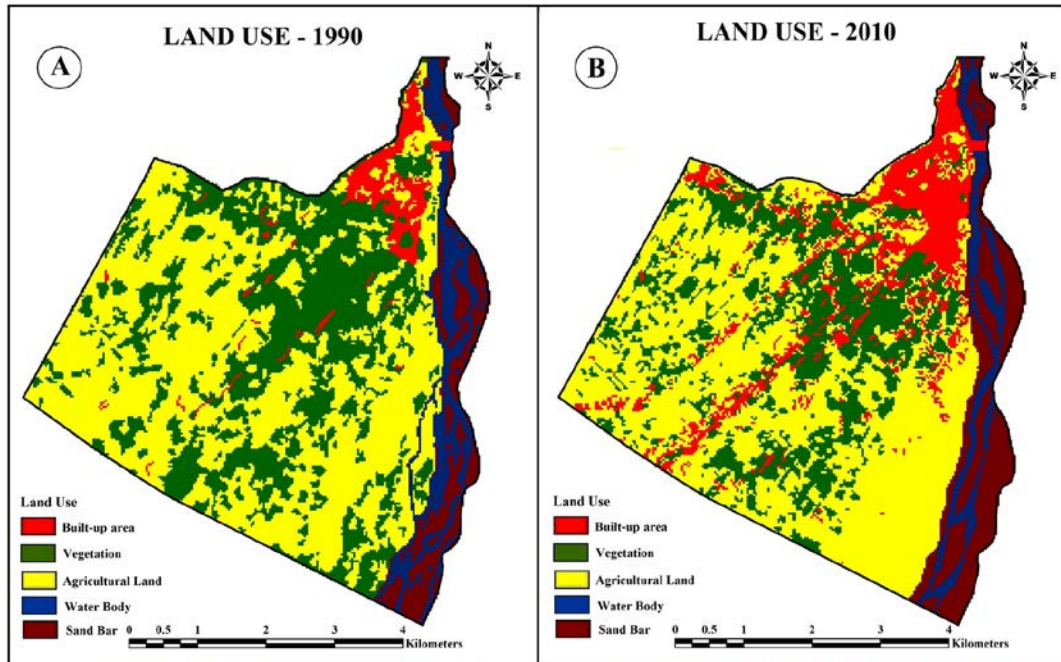
Şekil 9.3. 2000-2006 yılları arası orman ve doğanın değişimi (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>)

Ayrıca 1990, 2000 ve 2006 yılları arasındaki şehirleşme, tarımın yoğunlaşması ve dağılımı, ormanlaşma, ormansızlaşma yeni su kütlelerinin oluşumu ve diğer değişimlerin Tablo 9.3'te verilmiştir. Buna kentleşmede %17 oranında artış bulunurken, ormanların tahribi %173 olarak bulunmuştur. Su kütlelerinin oranı da %29 artış göstermiştir. Tarım alanlarında ise azalmalar söz konusudur.

Tablo 9.3. Avrupanın 1990-2006 yılları arasında değişimi (Feranec vd. 2012)

LCF	Area of Change (in ha)				Difference (in ha/year)	Difference (in %/year)
	1990–2000	Yearly in 1990–2000	2000–2006	Yearly in 2000–2006		
Urbanization	980,620	98,062	686,397	114,400	16,338	+17
Intensification of agriculture	1,500,111	150,011	467,969	77,995	-72,016	-48
Extensification of agriculture	1,302,440	130,244	154,662	25,777	-104,467	-80
Afforestation	2,651,582	265,158	1,540,977	256,830	-8329	-3
Deforestation	2,079,170	207,917	3,405,409	567,568	359,651	+173
Construction and management of water bodies	121,199	12,120	93,872	15,645	3525	+29
Other changes	215,428	21,543	222,901	37,150	15,607	+72

Arazi örtüsü/kullanımı ile ilgili olarak diğer bir örnek Rawat vd. (2013) tarafından Hindistan Uttarakhand Nainital şehrindeki arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişiminin ortaya koydu çalışmadır. Bu çalışmada 1990 ve 2010 yıllarına ait Landsat TM görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntülere sınıflamada daha iyi sonuçlar elde edebilmek için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ve NDWI (Normalized Differences Water Index) gibi bazı indeksler uygulanmıştır. GPS, yersel doğrulama şüpheli alanlar için uygulanmış yanlış sınıflandırılanlar yeniden kodlama ile düzeltilmiştir. Sonuç olarak iki tarihe ait 5 grup sınıf üretilmiştir. Bunlar; yerleşme alanları, bitki örtüsü, tarım alanları, su kütlesi ve kum adacıkları şeklindedir (Şekil 9.4).

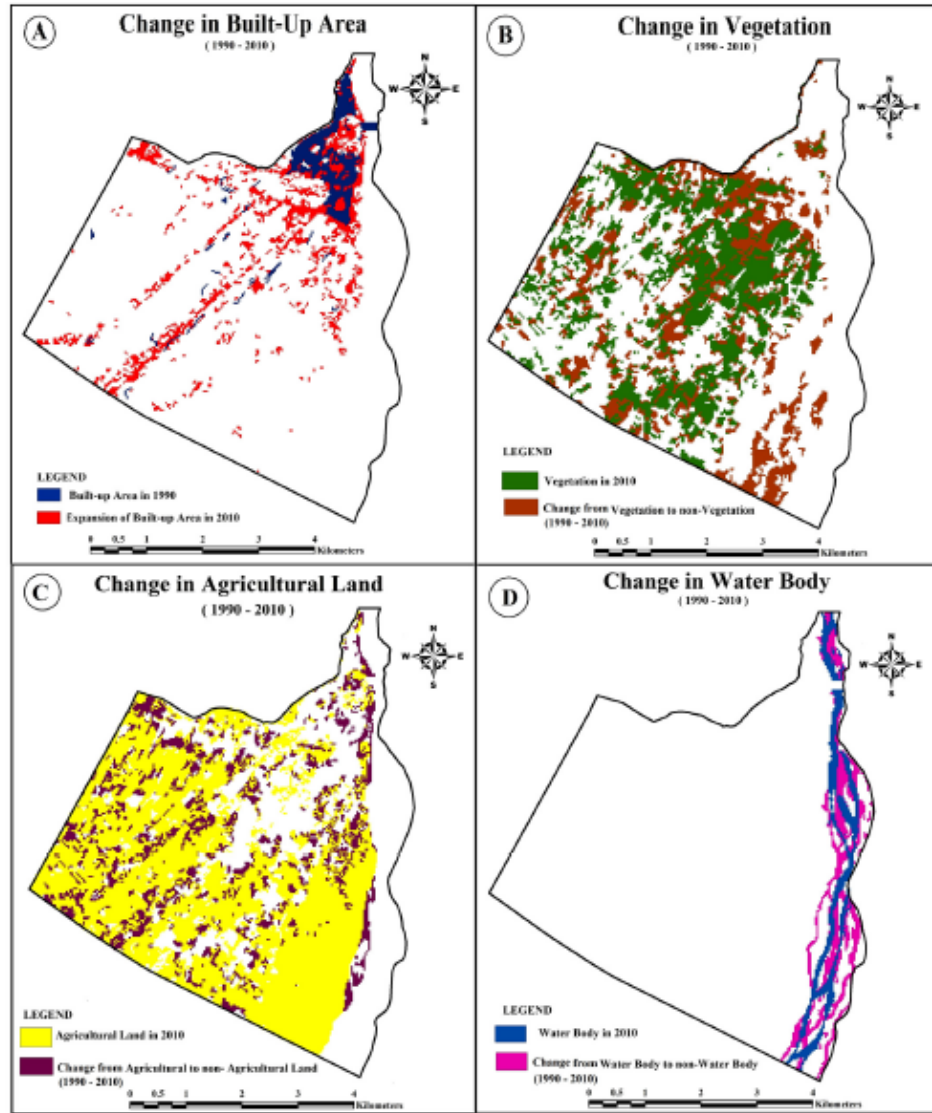


Şekil 9.4. 1990 ve 2010 yıllarına ait arazi kullanım sınıfları.

Çalışma alanındaki 1990-2010 yılları arasında tespit edilen arazi kullanım özellikleri karşılaştırıldığında herbir arazi kullanımındaki değişim ortaya konmuştur (Tablo 9.4). buna göre yerleşme alanlarında ve kum adacıklarında pozitif yönde bir değişim söz konusu iken bitki örtüsü, tarım alanı ve su kütlelerinde negatif yönde bir değişim ortaya çıkmıştır. Esasen bu değişim tarım ve su kütlelerinde nisbeten azdır. Arazi kullanım türlerine ait değişimler aynı zamanda Şekil 9.5'te gösterilmiştir.

Tablo 9.4. 1990-2010 arazi kullanımlarına ait değişimler.

Land use/cover categories	1990		2010		Change 1990-2010	
	km ²	Percentage	km ²	Percentage	km ²	Percentage
Built-up area	1.25	3.91	4.08	12.79	2.83	8.88
Vegetation	10.29	32.26	7.29	22.85	-3	-9.41
Agricultural land	16.06	50.36	15.84	49.67	-0.22	-0.69
Water body	2.3	7.22	1.42	4.46	-0.88	-2.76
Sand bar	1.99	6.25	3.26	10.23	1.27	3.98
Total	31.89	100	31.89	100		



9.5. 1990-2010 yılları arasındaki yerleşme, bitki örtüsü, tarım alanı ve su kütleindeki değişimler.

Uygulamalar

- 1-** Arazi örtüsü/kullanımı için tercih edilen uydu görüntülerinin neler olduğu ve bunların teknik özellikleri hakkında araştırma yapınız.
- 2-** Google earth ı kullanarak herhangi bir yerin arazi örtüsü ve kullanımı sınıflarını belirleyiniz.
- 3-** Arazi örtüsü/kullanımı belirleme çalışmalarında karşılaşılan güçlükleri araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1-** Arazi kullanımı/örtüsü için kullanılan uyduları pasif ve aktif uydular olarak sınıflandırınız?
- 2-** Google earth ı kullanarak yapmış olduğunuz arazi örtüsü/kullanımı belirleme çalışmasından elde ettiğiniz sınıfları Corine sınıflama sisteminde yerine koyunuz?
- 3-** UZAL verileri ile elde edilen arazi kullanımı ve örtüsü verilerinin doğruluk özellikleri neye bağlı olarak değişiklik gösterir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Bu bölümde öncelikle arazi örtüsü ve kullanımı kavramlarının anlaşılması için tanımlamalar yapılmıştır. Buna göre arazi örtüsü, dünya yüzeyi ve hemen altında gözlemlenen biyotik ve abiyotik canlıları temsil eder. Genel arazi örtüsüne örnekler verilecek olursa, ormanlar, fundalıklar, otlaklar, ekili araziler, çorak araziler, buzul ve karlar, kent alanları ve su kütleleridir (yeraltısuyu dahil). Arazi kullanımı ise arazinin insanlar tarafından kullanılmasının veya işlenmesinin tanımlandığı bir terimdir. Kısaca, arazi örtüsü arazi kullanımının görünür kanıtıdır. Ormanın kendisi arazi örtüsü olarak tanımlanırken, aynı orman üretim, rekreasyon, koruma ve dini amaçlar için kullanılabilir.

Arazi örtüsü ve kullanımlarını belirli gruplar altında toplayabilmek için 4 tür sınıflama ve lejant sistemi geliştirilmiştir. Bunlar; Anderson Sınıflama Sistemi, CORINE Arazi Örtüsü, IGBP (International Geosphere-Bioashere Programme) Discover, UMD (University of Maryland) Sistemi şeklindedir. Ülkemizde bu arazi örtüsü lejantlama sistemlerinden CORINE sistemi Avrupa ülkeleriyle entegrasyonu için kullanılmaktadır. CORINE arazi örtüsünde 3 seviye bulunmaktadır. Bunlardan seviye 1’de 5 sınıf, seviye 2’de 15 sınıf ve seviye 3’te 44 sınıf mevcuttur. Ülkemizdeki yapılan Ulusal Arazi Örtüsü projelerinde, Avrupa Çevre Ajansının geliştirmiş olduğu sınıflandırma sistemi temel alınmış, aynı zamanda 12 adet ülkemize özgü sınıf geliştirilmiştir. Ülkemiz bilindiği üzere coğrafi konumu nedeniyle çok farklı iklim ve bitki özelliklerine sahiptir. Bu nedenden dolayı 4. seviye kodlar olarak ülkemiz için ek arazi kullanımı sınıfları geliştirilmiştir.

Uzaktan algılama verileri kullanılarak araziler üzerindeki örtü veya kullanımların, sahip oldukları zamansal çözünürlüklerine bağlı olarak belirlenmesi mümkündür. Böylece iki veya daha fazla zaman aralığından mekânda meydana gelen değişimler belirlenebilir ve buna planlama ve önleme çalışmaları yapılabilir. Bu değişim çalışmalarıyla ilgili bazı örnekler verilmiştir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdaki hangisi arazi örtüsüne örnek olarak verilemez?
 - a) Rekreasyon alanları
 - b) Ormanlar
 - c) Otlaklar
 - d) Fundalıklar
 - e) Buzul ve karlar
2. Aşağıdakilerden hangisi arazi kullanıma örnek olarak verilemez?
 - a) Rekreasyon alanı
 - b) Sanayi alanı
 - c) Park alanı
 - d) Kent alanları
 - e) Kuru tarım alanı
3. Aşağıdakilerden hangisi arazi kullanımı ve örtüsü belirlemede kullanılan optik algılayıcı değildir?
 - a) Aster
 - b) Landsat
 - c) Ikonos
 - d) Spot
 - e) Yersel Lidar
4. Aşağıdakilerden hangisi Corine sınıflama sistemindeki 1. Seviye sınıflar arasında yer almaz?
 - a) Yapay bölgeler
 - b) Tarımsal alanlar
 - c) Zeytin bahçeleri
 - d) Sulak alanlar
 - e) Su yapıları
5. – Şehir yapısı
– Endüstriyel alanlar
– Maden ocağı
Yukarıda verilen arazi kullanım özellikleri Corine arazi sınıflamasındaki 1. Seviyedeki türlerden hangisi içerisinde yer alır?
 - a) Tarımsal alanlar
 - b) Yapay bölgeler
 - c) Orman yeri ve yarı doğal alanlar
 - d) Sulak alanlar
 - e) Su yapıları

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Avrupa Çevre Ajansı (EEA) ve Birleşik Araştırma Merkezi (JRC) birleşimiyle oluşturulmuş sınıflama türüdür.

7. Ülkemiznedeniyle çok farklı iklim ve bitki özelliklerine sahiptir. Bu nedenden dolayıkodlar olarak ülkemiz için ek arazi kullanımı sınıfları geliştirilmiştir

8. CORINE Arazi Örtüsü projesi, veyıllarındaki Avrupa genelindeki arazi örtüsü ve bunun ilgili tarihlerdeki değişimlerini ortaya çıkartmak için başlatılmıştır.

9. Arazinin insanlar tarafından kullanılmasının veya işlenmesinedenir.

10. CORINE arazi örtüsünde 3 seviye bulunmaktadır. Bunlardan seviye 1’desınıf, seviye 2’de sınıf ve seviye 3’tesınıf mevcuttur

Cevaplar

1)a, 2)d,3)e, 4)c, 5)b, 6)CORINE arazi örtüsü, 7) coğrafi konumu- 4. seviye, 8) 1990 - 2000-2006, 9)arazi kullanımı, 10) 5-15-44.

10. CBS ARAZİ KULLANIMI ve PLANLAMA UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 10.1.** CBS ile Arazi Kullanımı ve Planlaması
 - 10.1.1.** Arazi Kullanım Haritalarının Üretilmesi
 - 10.1.2.** Arazi Kullanımı Değişiminin Belirlenmesi
 - 10.1.3.** Arazi Potansiyelinin Belirlenmesi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- CBS arazi kullanımı ve planlama çalışmalarında ne tür imkanlar sunar?
- 2- Arazi kullanımı haritalarının üretilmesinde CBS'nin rolü nedir?
- 3- Arazi kullanımı değişiminde CBS ile nasıl çalışmalar yapılabilir?
- 4- Arazi potansiyelinin belirlenmesinde CBS'nin fonksiyonları nelerdir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
Arazi kullanım haritalarının üretilmesi	CBS'nin arazi kullanımı ve potansiyeli çalışmalarında kullanım alanları hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Arazi kullanımı değişiminin belirlenmesi	CBS ile arazi kullanımının haritalanması ve değişimin ortaya konmasında netür çalışmaların yapıldığını kavrar.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Arazi potansiyelinin belirlenmesi	Arazi potansiyeli belirlemede CBS nin fonksiyonları hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Arazi kullanımı
- Coğrafi Bilgi Sistemleri
- Arazi kullanımı değişimi
- Arazi potansiyeli

Giriş

Arazi kullanımı çalışmaları, insanlar tarafından arazilerin kullanım şekillerinin belirlenmesi çalışmalarını içermektedir. İnsanlar tarafından mekânların değişik zamanlarda değişik şekillerde kullanılması mümkündür. Bu nedenle, arazi kullanımı sürekli değişen bir olay olup sürekli yenilenmeye ihtiyaç duyar. Ayrıca arazinin sahip olduğu fiziki coğrafya özellikleri arazinin en uygun olarak nasıl kullanılması hakkında bize bilgi verir. İşte gerek arazi kullanımlarının tespiti ve değişimlerinin ortaya konmasında gerekse mekânların potansiyel arazi kullanımı ve planlanmasında yoğun bir bilgiye ihtiyaç duyulur. Coğrafi Bilgi Sistemleri bu tür yoğun bilgi gerektiren ve istendiği zaman kullanım kolaylığı ve hızlılığı olan bir sistem olarak arazi kullanımı çalışmalarında kullanılmaktadır. Özellikle uzaktan algılama verilerinden üretilen arazi kullanım verileri de CBS içerisinde değerlendirilebilmekte ve veri olarak kullanılabilir. Dolayısıyla CBS arazi kullanım çalışmalarının bütün aşamalarında gerekli olan bir sistem olarak karşımıza çıkar. Bu başlık altında CBS ile arazi kullanımı haritalaması ve planlaması ile arazi kullanımı değişimi çalışmalarına örnek verilecektir.

10.1. Arazi Kullanım Haritalarının Üretilmesi

Arazi kullanım haritalarının üretilmesi temel aldığı kaynak bakımından birkaç şekilde mümkün olmaktadır. Bunlar, uzaktan algılama ürünlerini kullanarak arazi kullanım özelliklerinin oluşturulması (uydu görüntüsü ve/ya hava fotoları), bölgelere ait kadastral, topografik veya diğer tematik haritaların kullanılmasıyla üretilenler ve son olarak arazi üzerindeki GPS ölçümleri ve arazi çalışmalarıyla yerinde gözlemleyerek oluşturulan arazi kullanım haritalarıdır. Bu üç tür arazi kullanım haritası üretiminin kendisine göre bir takım avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bun yöntemlerden herbiri bireysel olarak kullanılabildiği gibi diğer yöntemlerle birlikte bir çalışmada kullanılabilmektedir. Bu başlık altında bu üç yöntemden değişik örnekler verilecektir.

Uzaktan algılama ürünlerinden özellikle yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotolarından arazilere ait arazi kullanım özellikleri görsel yorumlama tekniği veya obje tabanlı sınıflama ile üretilebilmektedir. Bu görüntü ve fotolardan arazi kullanımları haritalandıktan sahada gerçekleştirilecek arazi çalışmalarıyla arazi kullanım özellikleri netleştirilmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki özellikle eski tarihli uydu görüntüsünden ancak o tarihe ait arazi kullanımı verileri elde edilebilir. Daha güncel bir uydu görüntüsünde günümüze ait arazi kullanımı verileri CBS yazılımlarında veri girişi olarak gerçekleştirilip arazi gözlemleri yapılır. Şekil 10.1'de 2010 yılına ait yüksek çözünürlük bir görüntüden görsel yorumlama ile elde edilmiş arazi kullanımı haritası verilmiştir. Bu tür veriler özellikle arazilere ait mekânsal veritabanlarını tutulması, arazi kullanımlarının alansal dağılışının ortaya konması ve daha sonraki çalışmalarda arazi kullanımı değişimlerinin yapılması bakımından önemlidir. Bu çalışmada öncelikle uydu görüntüsü çalışma sahasının bulunduğu Evreşe Ovası'nın (Çanakkale) içinde olduğu ED50 datum sistemine geometrik düzeltilmesi gerçekleştirilmiştir. Koordinat dönüşümleri veya altlık uydu görüntülerinin bu tür CBS veritabanlarında kullanılabilmesi için öncelikli olarak koordinatlandırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Daha sonra arazi kullanım verisi için oluşturulan poligon katmanı kullanılarak aynı koordinat sistemi içerisinde vektör formatta görsel yorumlama elemanları kullanılmak suretiyle sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan herbir arazi kullanımına ait öznitelik verileri elle girilmiş ve arazi kullanımı veritabanı oluşturulmuştur (Şekil 10.2). Ayrıca risk çalışmalarında kullanılmak amacıyla herbir arazi kullanım türünün dekar başına verimliliği ve bu verimliğe ait tahmini fiyatlandırılması veri tabanında verilmiştir.

Arazi kullanımının haritalanması bu şekilde tek bir kaynak veriden oluşturulması bazen yanlışlıklara sebep olabilmektedir. Bundan dolayı birçok veri tabanında arazi kullanım verilerin temini ve bunların CBS ortamından birleştirilmesi de mümkündür. Şekil 10.3 bu farklı kaynaklardan dijital arazi kullanımı verisinin elde edilme aşamalarını göstermektedir. Buna göre; uydu görüntülerinden spektral sınıflama ile üretilmiş raster tabandaki arazi kullanım verileri, hava fotolarından görsel yorumlama ile elde edilmiş vektör tabandaki arazi kullanım verileri, arazi çalışmalarıyla elde edilen vektör tabanlı nokta gözlem verileri, yine arazi çalışmalarıyla elde edilmiş kullanımlarına ait tanımlama ve öznitelik verileri ile diğer kaynaklar sözel veri tabanındaki kaynaklar olarak kullanılmıştır. Bu kaynaklar raster, vektör

ve text veritabanı olarak tutulmuş daha sonra bunlar vektör veritabanında birleştirilerek dijital arazi kullanım haritaları üretilmiştir (Şekil 10.3).



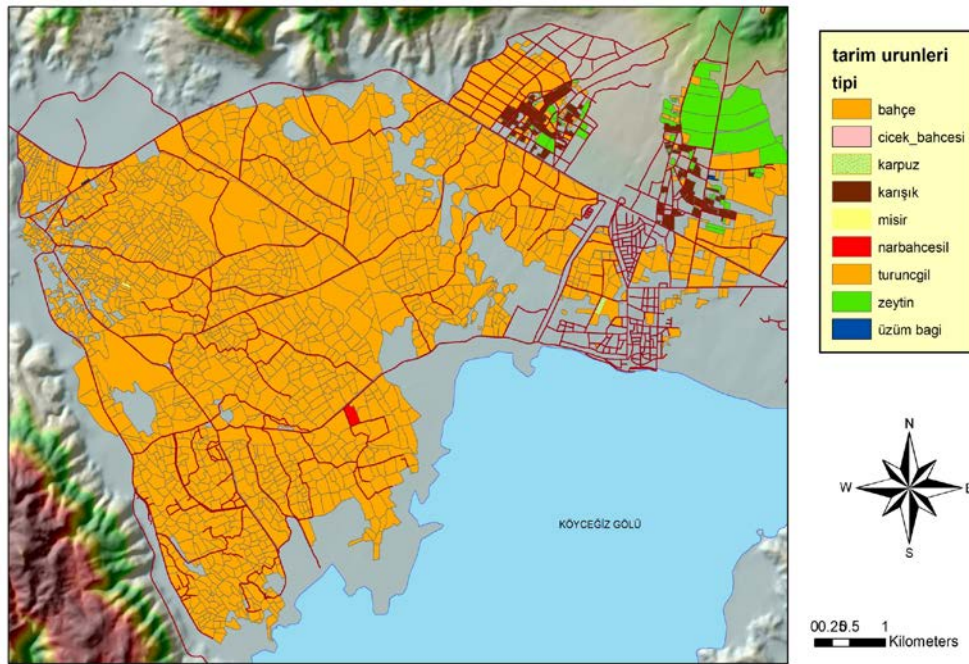
Şekil 10.1. Uydu görüntüsünden arazi kullanımının sayısallaştırılması ve haritalanması.

OBJECTID *	Shape *	LUCODE	Alan_Da	Verim_kg_da	Fiyat	Shape_Length	Shape_Area
834	Polygon	Sulu Tarım	8.845575	7403.746536	6293.184556	675.382939	8845.575312
835	Polygon	Sulu Tarım	9.126276	7638.69274	6492.888829	698.972552	9126.275675
836	Polygon	Kuru Tarım	10.573478	5286.738852	4758.064967	715.607529	10573.477704
837	Polygon	Sulu Tarım	7.104548	5946.506868	5054.530838	696.597663	7104.54823
838	Polygon	Sulu Tarım	7.790044	6520.26679	5542.226771	700.030824	7790.043955
839	Polygon	Kuru Tarım	8.548741	4274.370363	3846.933327	695.897493	8548.740727
840	Polygon	Sulu Tarım	28.065351	23490.699168	19967.094293	745.050352	28065.351456
841	Polygon	Sulu Tarım	6.529059	5464.822158	4645.098834	477.734624	6529.058731
842	Polygon	Sulu Tarım	7.460596	6244.518619	5307.840826	444.48125	7460.595722
843	Polygon	Sulu Tarım	10.125539	8475.076157	7203.814733	442.339697	10125.539017
844	Polygon	Sulu Tarım	4.978443	4166.956989	3541.913441	366.27296	4978.443237
845	Polygon	Sulu Tarım	5.599976	4687.179792	3984.102824	397.143138	5599.975857
846	Polygon	Kuru Tarım	39.636851	19818.425485	17836.582937	854.646648	39636.85097
847	Polygon	Kuru Tarım	5.828618	2914.309085	2622.878177	314.455284	5828.618171
848	Polygon	Kuru Tarım	17.710815	8855.407737	7969.866963	694.614818	17710.815473

Şekil 10.2. Arazi kullanımlarına ait sözel veritabanı.



Foto 10.1. Arazi kullanım çalışmaları için araziden GPS ve haritalar eşliğinde veri toplama.



Şekil 10.4. Arazi çalışmaları temelli oluşturulmuş arazi kullanım haritası.

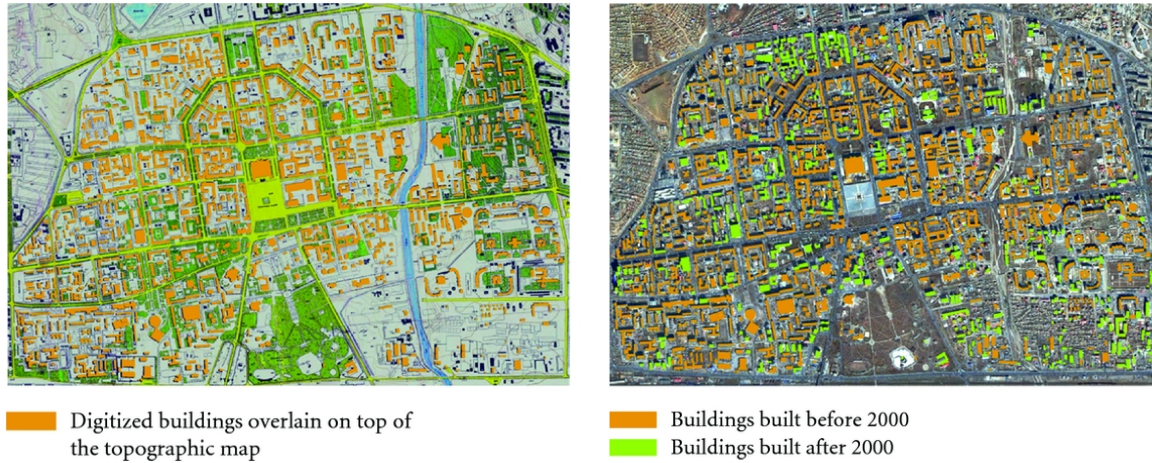
10.2. Arazi Kullanımı Değişiminin Belirlenmesi

Dünya nüfusunun ve dolayısıyla kent nüfuslarının hergeçen gün artması insanlar tarafından arazi kullanım tür ve yapılarında birtakım değişiklikler meydana getirmektedir. Dolayısıyla araziler üzerindeki kullanımlar özellikle gelişmekte olan ülkeler ve az gelişmiş ülkelerde sürekli bir değişime maruz kalmaktadır. Bu nedenle şehir plancıları ve karar vericiler mevcut arazi kullanımlarını, bu kullanımlarının zaman içerisindeki değişimlerini, bu değişimlere bağlı olarak gelecek arazi kullanım özelliklerinin potansiyel yayılım alanı ve bu alanların arazi kullanım potansiyeli çalışmaları yapılmalıdır.

Arazi kullanımı değişimi belirlemesiyle ilgili literatürde oldukça fazla yayın vardır. Bunlardan bu başlık altında birkaçı üzerinde duracağız. İlki Moğolistan Ulanbatur şehrindeki kentsel arazi kullanım değişiminin 1930-2008 yılları arasındaki 10 yıllık değişimleri uzaktan algılama ve CBS verileri ile belirlenmesi çalışmasıdır (Amarsaikhan vd. 2011). Bunun için

mekânsal ve sözel veritabanları, 2000 yılına ait büyük ölçekli topografya haritaları, binaların tarihi verileri kullanılmıştır. 2000 yılına ait veritabanını güncellemek için 2006 yılına ait Quickbird uydu görüntüsü ve 2008 TerraSAR görüntüsü kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden verilerin elde edilebilmesi değişik analiz teknikleri uygulanmış ve arazi kullanım özelliklerine ait bilgiler elde edilmiştir.

Başlangıçta 1:5000 ölçekli topografik haritalar koordinatlandırılmış ve buna göre uydu görüntülerinin koordinatlaması yaklaşık 1 piksel hata oranında gerçekleştirilmiştir. Bu topografya haritaları üzerindeki binalar sahip oldukları bina bilgileri olan adresleri, yapılış yılları, kullanım durumu, şimdiki durumu ve kat adetleri girilmiştir (Şekil 10.5). Binaların alansal özellikleri de otomatik olarak CBS yazılımında hesaplatılmış ve veritabanına eklenmiştir. 2000 yılı sonrasında alanda yapılan binalar ise uydu görüntülerinden elde edilmiş ve bu binaların da sözel verileri veritabanında eklenmiştir (Şekil 10.5). CBS yazılımları sayesinde binalara ait veritabanları kullanılarak 1930 – 2008 yılları arasındaki binalar sorgulanmış ve 10'ar yıllık ara ile 8 grupta sınıflandırılmıştır (Şekil 10.6). Buna göre 1950 yılına kadar dünyadaki bazı siyasi gelişmeler ve ekonomik faktörlerin etkisiyle çok bina inşaatı sözkonusu olmuştur. Bunlar 1930-40 arası 14 tane, 1940-50 arasında 19 tanedir. 1950'den sonraki dönemde ekonomik bazı gelişmelerin de etkisiyle 1950-60 arası 104 bina, 1960-70 arası 166, 1970-80 arası 150 bina, 1980-90 arasında 118 bina inşaa edilmiştir. 1990'lı yıllarda yine bazı siyasi gelişmeler ülke üzerinde etkili olmuşsa da 276 bina yapımı bu süre zarfında inşaa edilmiştir. 2000-2008 yılları arasında da uydu görüntülerinden elde edildiği şekliyle toplamda 509 bina inşaa edilmiştir. Dolayısıyla son 1990 ve 2000 yıllarda şehir merkezi yoğun bir şekilde yapılaşmaya maruz kalmıştır.

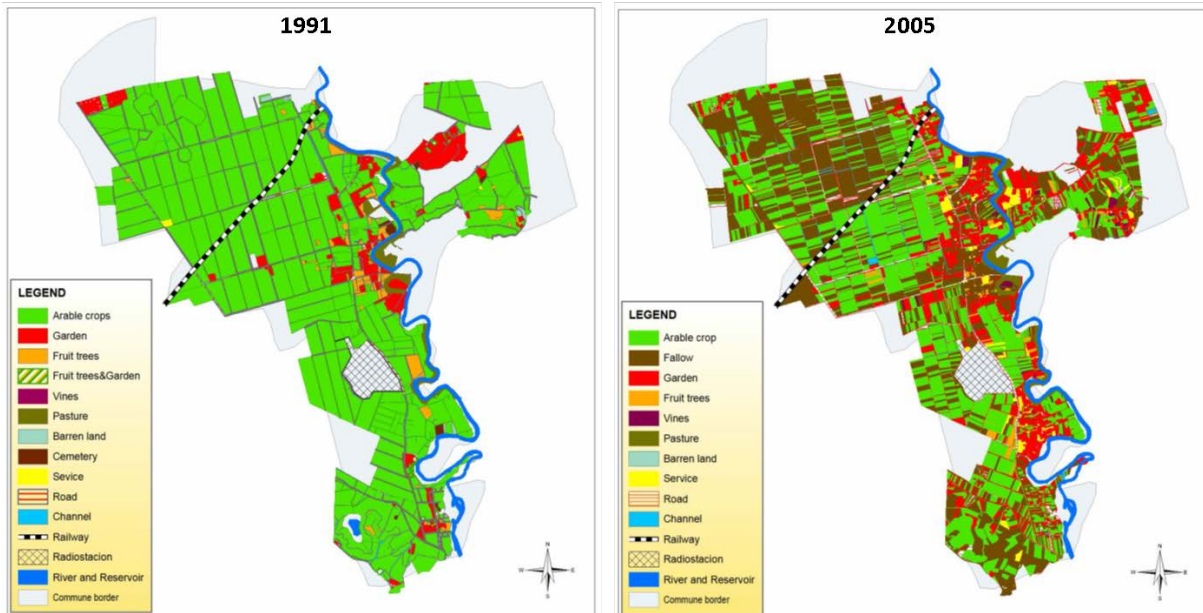


Şekil 10.5. Topografya haritası üzerinde ve uydu görüntülerinden elde edilen binalar.



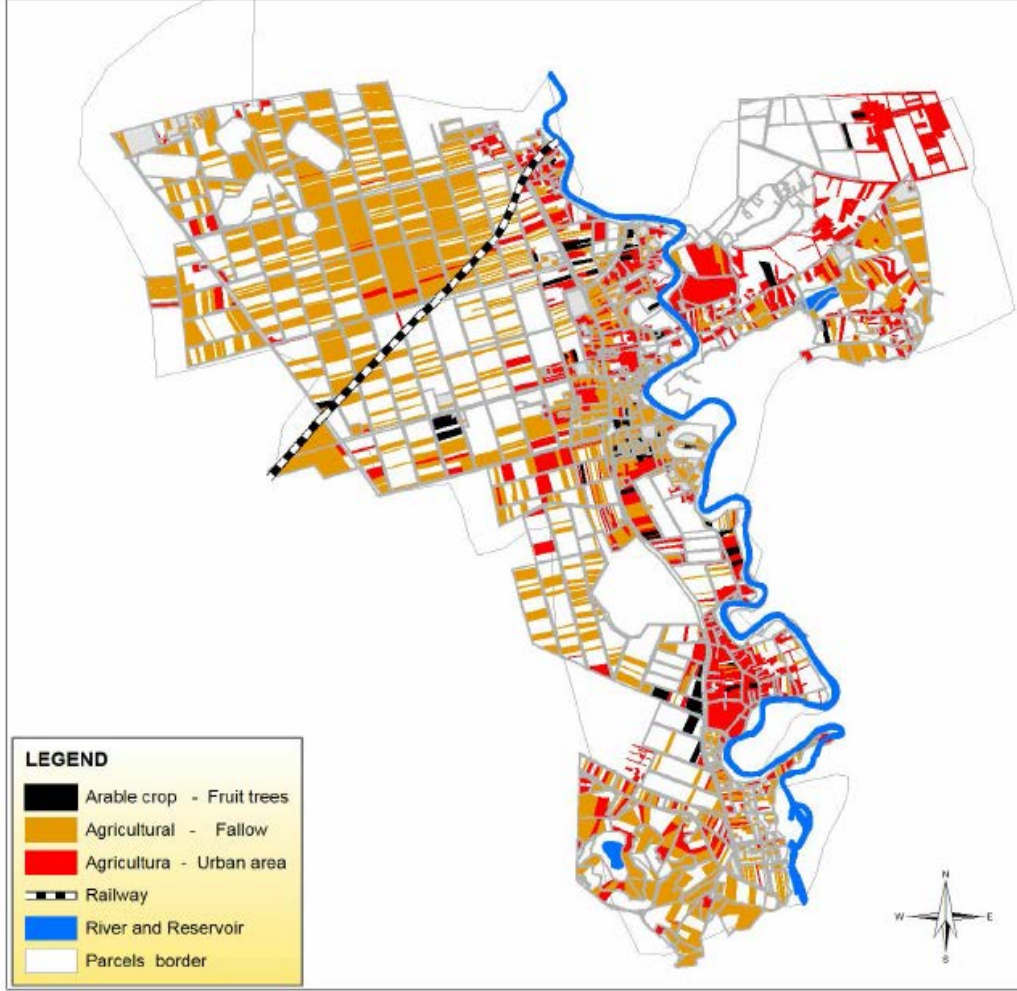
Şekil 10.6. Ulanbatur şehrindeki 1930-2008 yılları arasındaki 10 yıllık periyotlarda bina yapım sayıları (Amarsaikhan vd. 2011).

Diğer bir örnek olarak Dushaj vd. nin (2009) Arnavutluk'ta yapmış olduğu arazi kullanım değişimi çalışmasıdır. Burada 1991 ve 2005 yıllarına ait arazi kullanım özellikleri CBS'de veri tabanı olarak oluşturulmuştur (Şekil 10.7). Buradaki arazi kullanımlarını tarla bitkileri (arable crops), bahçe (garden), meyve ağaçları (fruit trees), asma (vine), otlak (pasture), boş arazi (barren land), kabristan (cemetery), servis alanı (service), yollar (road), nadas (fallow) olarak değişik kullanım türlerine ayırmışlardır.



Şekil 10.7. Bölgeye (Xhafzotaj) ait 2001 ve 2005 yıllarına ait arazi kullanım özellikleri.

1991 ve 2005 yıllarına ait bu vektör arazi kullanım verileri CBS ortamında karşılaştırıldığında 1991'den 2005 özellikle üç önemli değişim ortaya çıkmıştır (Şekil 10.8). Bunlar tarla bitkilerinin meyve ağaçlarına dönüştürülmesi %43.6 oranında, tarım alanlarının nadas alanlarına dönüştürülmesi %48.7 oranında ve son olarak da yine tarım alanlarının yerleşmeye dönüştürülmesi %11.9 oranında gerçekleşmiştir.



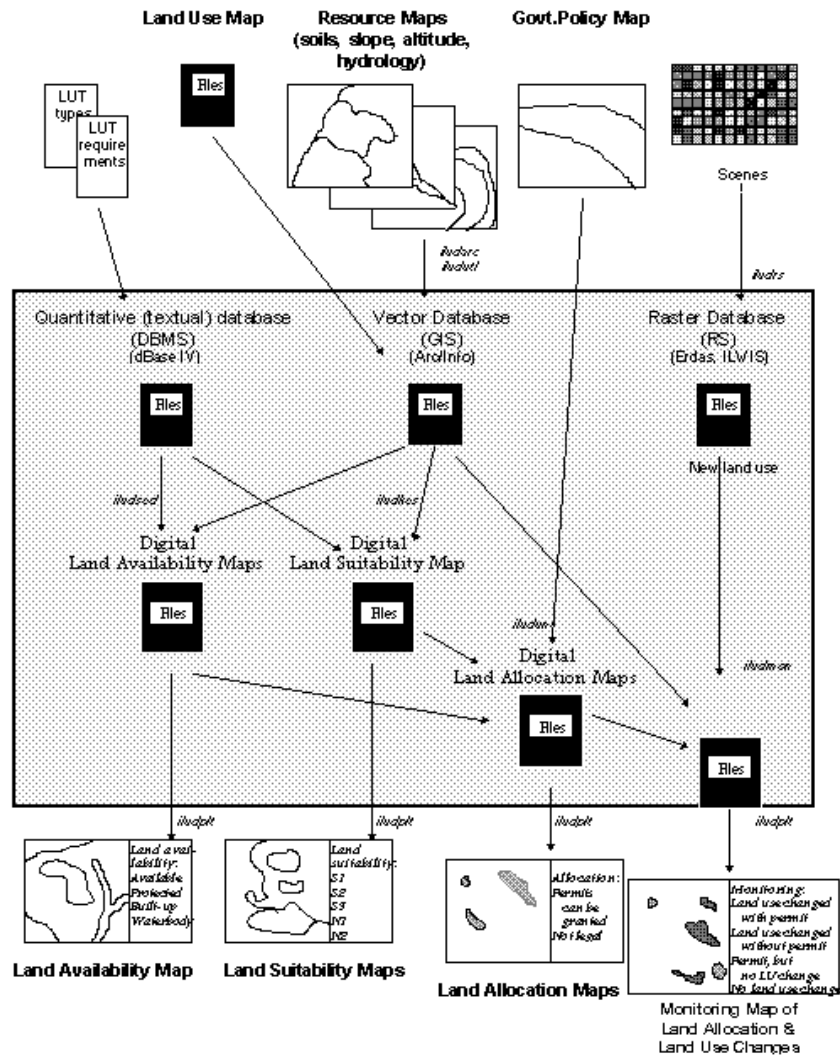
Şekil 10.8. 1991-2005 yılları arası arazi kullanımı değişimi.

10.3. Arazi Potansiyelinin Belirlenmesi

Günümüzde giderek artan insan nüfusu beraberinde birçok sorunu doğal ortama taşımıştır. Bu artışın hızı, taşıma kapasitesine yansımış, doğal ortamların kendini yenileme süreci de bu hıza erişemeyince, doğal kaynak kayıpları artmıştır. Bu kayıplara neden olan en büyük etmense, yanlış arazi kullanımlarıdır. Arazinin potansiyeline ters düşen bu kullanımlar, dünyanın birçok kısmında meydana gelen doğal afetlere sebep olmakla beraber, bu afetleri kontrol altına alma amaçlı yapılan mühendislik yapıları ve rasyonel arazi kullanım planlarının yüksek maliyetleri birçok ülkenin ekonomisini zor duruma düşürmektedir. Bu nedenle artan nüfus ve çevre kirliliğinin baskısı altındaki gelişmekte olan ülkeler için arazi kullanım planlaması ve bu planlamayı destekleyen verileri ortaya koymak zaruri hale gelmiştir. Bu kapsamda planlama, bir bütünün parçası olarak doğal ortamın olanaklarına (arazi

potansiyeline) en uygun ve toplum açısından en yararlı şekilde kullanılmasını sağlamak amacı ile hazırlanan bir düzenleme ve gelişme programıdır. CBS sahip olduğu imkânlar bakımından arazi potansiyellerinin belirlenmesi ve planlamaların yapılmasında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Şekil 10.9 arazi kullanım yönetiminde veri kaynaklarını ve bu veri kaynaklarının işlem aşamalarını vermektedir. Buna göre sahaya ait arazi kullanım haritaları, kaynak haritaları (toprak, eğim, bakı, yükseklik, hidroloji vb), yönetsel politikalar ait haritalar ve uydu görüntüleri ile birtakım istekler kaynakları oluşturmaktadır. Bütün bu veriler ile veritabanlarının oluşturulması, CBS yazılımlarında vektör veritabanlarının oluşturulması ve raster tabanda arazi kullanım verilerinin üretilmesi gerçekleştirilir. Bu verilerden rakamsal veritabanı ile CBS veri tabanı kullanılarak araziler için kullanılabilir ve uygun olan alanlarının belirlenmesi gerçekleştirilir. Bu iki veri yönetsel birtakım politalara ait haritalarla birlikte değerlendirildiğinde arazi kullanımları için tahsis edilecek alanların haritası ortaya konur. Böylece her bir arazi kullanımı için kullanılabilir, uygun olan alanların belirlenmesi gerçekleştirilmiş olur. Uydu görüntüleri sayesinde bu alanlardaki arazi kullanımları belirli aralıklarla izlenir ve süreklilik sağlanır.



Şekil 10.9. Arazi kullanımı yönetimi aşamaları (<http://www.gerhardbechtold.com/ILUD/gpilud8.php>).

Arazi potansiyeli belirleme çalışmasına örnek olarak Görüm ve Özdemir (2004) tarafından Terkos Gölü (İstanbul) ve çevresi için yapılan çalışma verilecektir. Çalışmada, arazinin sahip olduğu potansiyelin belirlenmesi ve doğal kaynak kayıplarının ortaya konması amacıyla, birçok alanda etkin bir araç olan CBS metodolojisi kullanılmıştır. Potansiyeli belirlemek amacıyla 1/25.000 ölçekli topografya ve 1/50.000 ölçekli jeoloji ve toprak haritaları ile arazi kullanımını ortaya koymak için 1997 tarihli Spot XS uydu görüntüsü altlık olarak kullanılmıştır. Diğer bir altlık olan yağış katmanını ise hali hazır haritalardan farklı olarak, çalışma sahası çevresindeki meteoroloji istasyonlarının yıllık yağış ortalamaları verilerinden üretilmiştir.

Çalışmaya altlık oluşturacak haritaların, öncelikle dijital ortamda UTM Projeksiyonu esas alınarak geometrik düzeltmesi yapılmıştır. Daha sonra sayısallaştırılan bu haritaların öznitelik verileri ve potansiyel belirleme için temel oluşturacak değerleri girilmiştir (Tablo 10.1). İklim özelliğinden yağış katmanının oluşturulması ise, çalışma sahası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının bulunduğu alanların sayısal haritalara nokta veri yapısı olarak işlenmesi ve bu noktalardan *kriging tool*'u kullanılarak enterpole edilmesi yöntemine dayanmaktadır.

Tablo 10.1. Arazi potansiyeli için kullanılan altlıklar ve değerleri.

Katman	Katsayısı	Sınıf	Potansiyel Değeri
Toprak	10		
		Alüvyal	9
		Kireçsiz Kahverengi Orman	8
		Kahverengi Orman	7
		Rendzina	6
		Kırmızı Sarı Podzolik	5
		Kıyı Kumulları	3
		Sazlık Bataklık	2
Jeomorfoloji	9		
		Ova ve Alüvyal Taban Düzlüğü	9
		Aşınım Yüzeyleri	7
		Az Eğimli Yamaçlar	6
		Sazlık Bataklık	2
		Kumsal ve Kumul	1
		Çok Eğimli Yamaçlar	1
		Diklikler	1
Yağış	7		
		845-875 (mm)	8
		770-845 (mm)	7
		745-770 (mm)	6
Jeoloji	5		
		Belgrat Formasyonu	9
		Kırklareli Kireçtaşı	9
		Ergene Formasyonu	5
		Alüvyon	4
		İhsaniye Formasyonu	3
		Danışmen Formasyonu	2
		Kumsal ve Kumul	1

Sahaya ait veri girişi işlemlerinden sonra arazi potansiyeli belirleme çalışmalarında esas alınacak katmanlara, kendi arasında değer atanarak 3D Analysis ve Spatial Analysis extension'ları yardımıyla analizleri yapılmış ve sonuç haritası üretilmiştir. Model sonucunda ortaya çıkan arazi potansiyel haritasıyla güncel arazi kullanımının ne derece örtüştüğünü ortaya koymak için SPOT XS uydu görüntüsü kontrolsüz sınıflandırmaya tabi tutularak çalışmaya eklenmiştir.

Arazi potansiyelinde; toprak özellikleri, jeomorfoloji, jeoloji, iklimik özellikler ve bu bileşenlerin iç dinamikleri, potansiyeli belirleyen unsurlardır. Fakat bu unsurların baskınlıkları oranında potansiyeli yönlendirmeleri sahadan sahaya farklılık göstermektedir. Bu noktada, birimler arasındaki göreceli unsurlar potansiyeli yansıtmak bakımından belirleyici olmaktadır. Yaşlı litolojik birimlerin, depreme dayanıklılık açısından, genç birimlere oranla yerleşim bakımından daha yüksek bir potansiyel göstermesi gibi. Değinildiği gibi bu tamamen seçilen saha ve onun özellikleri ile ilişkilidir. Bu ilişkiler bütününden hareketle, çalışmada ortaya konan katmanları, alt birimler için atanan değerlerde olduğu gibi 1 ile 10 arasındaki azalım ilişkisine bağlı olarak değerler atanmıştır. Buna göre toprak katmanı 10 katsayısı ile jeomorfoloji katmanı 9, yağış katmanı 7 ve son katman olan jeoloji katmanı 5 katsayısı ile çarpılmıştır (Şekil 10.10).

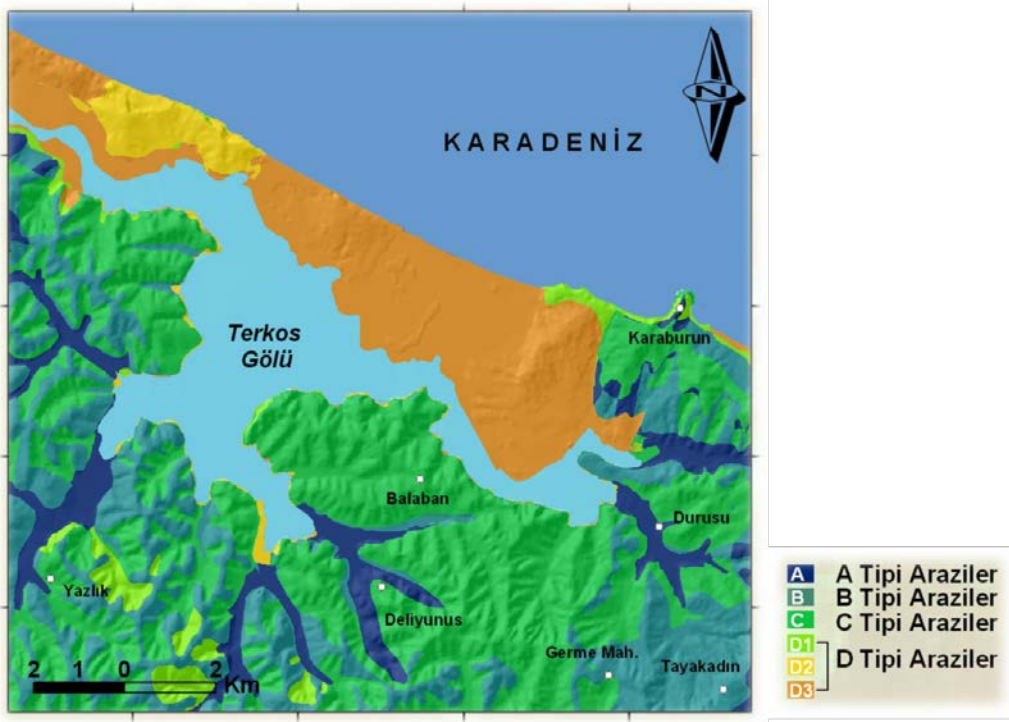


Şekil 10.10. Modelleme çerçevesinde katmanlara atanan değerler ve formülizasyonu.

Model sonucu ortaya çıkan arazi potansiyeli haritasında değerler 49 ile 255 arasında değişim göstermektedir. Bu aşamadan sonra ortaya konan ve sonuç haritası niteliğini taşıyan arazi potansiyel sınıfları, dağılım özelliklerine göre arazi tiplerine ayrılmıştır (Şekil 10.11). Bu harita, inceleme alanında tarım ve yerleşim alanları potansiyeli ve bu sahaların planlamasına yönelik çalışmalara katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Uygulama ve yapılaşma aşamasında bu tip çalışmalar, yönlendirici olmaktadır. Çalışmaların hayata geçirilme aşamasında daha detay jeoteknik araştırmaların yapılması zorunludur. Modelleme sonucu elde edilen arazi potansiyel haritası analiz ve değerlendirme aşamasında güncel morfodinamik etken ve süreçler de gözetilerek dört ana gruba ayrılmıştır. Bu ana gruplardan bazıları da kendi içinde sınıflandırılarak ortaya konmuştur.

Modelleme sonucu elde edilen arazi potansiyel sınıfları haritası ile uydu görüntüsünden kontrolsüz sınıflandırma ile elde edilmiş arazi kullanım sınıfları haritası karşılaştırılmıştır. Buna göre mevcut arazi kullanımının sahanın sahip olduğu potansiyelle büyük ölçüde örtüştüğü tespit edilmiştir. Yerleşim ve tarım alanlarının büyük bir kesimi C tipi araziler üzerinde yayılış göstermektedir. Fakat çalışma sahasında Durusu yerleşmesinin batı kesimleri, A tipi araziler olarak tanımlanan, yerleşim bakımından düşük potansiyelle sahip kesimlerde yer almaktadır. Bunun dışında Tayakadın yerleşmesinin kuzey ve kuzeybatı kesimleri, yerleşim potansiyelinin orta derecede olduğu B tipi araziler üzerinde yayılış

göstermektedir. Bu da arazinin sahip olduğu potansiyelle uyuşmayan yanlış kullanımların varlığını az da olsa sahanın bazı kesimlerinde gözlemlendiğini ortaya koyar.



Şekil 10.11. Belirlenen Arazi Potansiyel Sınıfları.



Şekil 5: Terkos Gölü Çevresi Arazi Kullanım Sınıfları (kontROLSÜZ sınıflama).

Uygulamalar

- 1- CBS'nin arazi kullanımı çalışmalarındaki diğerk uygulamaları hakkında araştırma yapınız.
- 2- Google earth ı kullanarak herhangi bir bölgenin arazi kullanım özellikleri ile CBS veri yapıları arasında ilişki kurunuz.
- 3- Ülkemizde CBS veritabanına aktarılan Corine arazi kullanımı sınıfları hakkında araştırma yapınız.

Uygulama Soruları

- 1-** CBS'nin arazi kullanımlarındaki uygulamalarını kaç başlık altında toplayabilirsiniz?
- 2-** Google earth kullanarak gerçekleştirdiğiniz arazi kullanımlarında çizgisel veri olarak belirlediğiniz bir kullanım var mı?
- 3-** Arazi kullanım özellikleri kullanılarak CBS'de hangi mekânsal analiz türleriyle analizler yapılmaktadır?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Coğrafi Bilgi Sistemleri yoğun bilgi gerektiren ve istendiği zaman kullanım kolaylığı ve hızlılığı olan bir sistem olarak arazi kullanımı çalışmalarında kullanılmaktadır. Özellikle uzaktan algılama verilerinden üretilen arazi kullanım verileri de CBS içerisinde değerlendirilebilmekte ve veri olarak kullanılabilir. Dolayısıyla CBS arazi kullanım çalışmalarının bütün aşamalarında gerekli olan bir sistem olarak karşımıza çıkar.

Arazi kullanım haritalarının üretilmesi temel aldığı kaynak bakımından birkaç şekilde mümkün olmaktadır. Bunlar, uzaktan algılama ürünlerini kullanarak arazi kullanım özelliklerinin oluşturulması (uydu görüntüsü ve/ya hava fotoları), bölgelere ait kadastral, topografik veya diğer tematik haritaların kullanılmasıyla üretilenler ve son olarak arazi üzerindeki GPS ölçümleri ve arazi çalışmalarıyla yerinde gözlemleyerek oluşturulan arazi kullanım haritalarıdır.

Dünya nüfusunun ve dolayısıyla kent nüfuslarının her geçen gün artması insanlar tarafından arazi kullanım tür ve yapılarında birtakım değişiklikler meydana getirmektedir. Dolayısıyla araziler üzerinden kullanımlar özellikle gelişmekte olan ülkeler ve az gelişmiş ülkelerde sürekli bir değişime maruz kalmaktadır. Bu nedenle şehir plancıları ve karar vericiler mevcut arazi kullanımlarını, bu kullanımlarının zaman içerisindeki değişimlerini, bu değişimlere bağlı olarak gelecek arazi kullanım özelliklerinin potansiyel yayılım alanı ve bu alanların arazi kullanım potansiyeli çalışmaları yapılmalıdır. Bu kısımda CBS kullanılarak gerçekleştirilen iki arazi kullanım değişimi çalışması örnek olarak verilmiştir.

Artan nüfus ve çevre kirliliğinin baskısı altındaki gelişmekte olan ülkeler için arazi kullanım planlaması ve bu planlamayı destekleyen verileri ortaya koymak zaruri hale gelmiştir. Bu kapsamda planlama, bir bütünün parçası olarak doğal ortamın olanaklarına (arazi potansiyeline) en uygun ve toplum açısından en yararlı şekilde kullanılmasını sağlamak amacı ile hazırlanan bir düzenleme ve gelişme programıdır. CBS sahip olduğu imkânlar bakımından arazi potansiyellerinin belirlenmesi ve planlamaların yapılmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu kısımda arazi potansiyeli belilemede çok kriterli analizin bir uygulaması verilmiştir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi arazi kullanım verilerinin elde edildiği kaynaklardan birisi değildir?

- a) Uydu görüntüleri
- b) Hava fotoları
- c) Kadastral haritalar
- d) Tarih haritaları
- e) Topografik haritalar

2. CBS arazi kullanımı çalışmaları bakımından aşağıdakilerden hangisine katkı sağlamaz?

- a) Farklı kaynaklardan arazi kullanım verilerini bir arada toplanması
- b) Arazinin gelecekteki sahibinin tahmin edilmesi
- c) Arazi kullanım verisinin sayısallaştırılması
- d) Arazi kullanımı verisine ait sözel veritabanının oluşturulması
- e) Arazi kullanımlarının alansal dağılışının ortaya konması

3.



Yukarıdaki şekilde gösterilen ve CBS’de gerçekleştirilen işlem aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Sayısallaştırma
- b) Grafikleme
- c) Jeoreferanslama
- d) Haritalama
- e) Düzeltme

4. Bir yerleşim yerinde yaklaşık 100 yıllık binalara ait değişimin çıkartmak isterseniz aşağıdaki veri kaynaklarından hangisini kullanmazsınız?

- a) Binalara ait mekânsal ve sözel veri tabanları
- b) Binalara ait tarihi veriler
- c) Yüksek çözünürlük uydu görüntüleri
- d) Radar görüntüleri
- e) Düşük çözünürlüklü uydu görüntüleri

5. Aşağıdakilerden hangisi arazi kullanım potansiyeli belirleme çalışmasında faydalanabilecek altlık verilerden değildir?

- a) Toprak
- b) Jeomorfoloji
- c) Eski arazi kullanımı
- d) Yağış
- e) Jeoloji

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Uzaktan algılama ürünlerinden özellikle yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotolarından arazilere ait arazi kullanım özellikleriteknîği ile üretilmektedir.

7. Eski tarihli uydu görüntüsünden ancakarazi kullanımı verileri elde edilebilir.

8. Dijital arazi kullanımı verisi içinkaynaklardan elde edilen veriler CBS’de, veveritabanı olarak tutulur.

9. Doğal kaynak kayıplarına neden olan en büyük etmendır.

10. Artan nüfus ve çevre kirliliğinin baskısı altındaki gelişmekte olan ülkeler içinzaruri hale gelmiştir.

Cevaplar

1)d, 2)b, 3)a, 4)e, 5)c, 6) görsel yorumlama, 7) üretildiği tarihe ait, 8) raster- vektör-text, 9) yanlış arazi kullanımları, 10) arazi kullanım planlaması

11. RADAR GÖRÜNTÜSÜ UYGULAMALARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

11.1. Zemin Deformasyonlarının Haritalanması

11.2. Hava ve Uydu SAR Görüntüleri ile Hızlı Haritalama

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Radar görüntüleri ile zemin deformasyonları nasıl belirlenir?
- 2- SAR görüntüleri ile arazilere ait kullanımlar nasıl çıkartılır ve haritalaması yapılır?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
Zemin deformasyonlarının haritalanması	Radar görüntülerinden zemin deformasyonlarıyla ilgili bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Hava ve uydu SAR görüntüleri ile hızlı haritalama	SAR görüntüleri ile arazi kullanım özelliklerinin belirlenmesinin nasıl yapıldığı hakkında bilgi sahibi olur	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Zemin deformasyon
- SAR
- Radar
- Hızlı haritalama

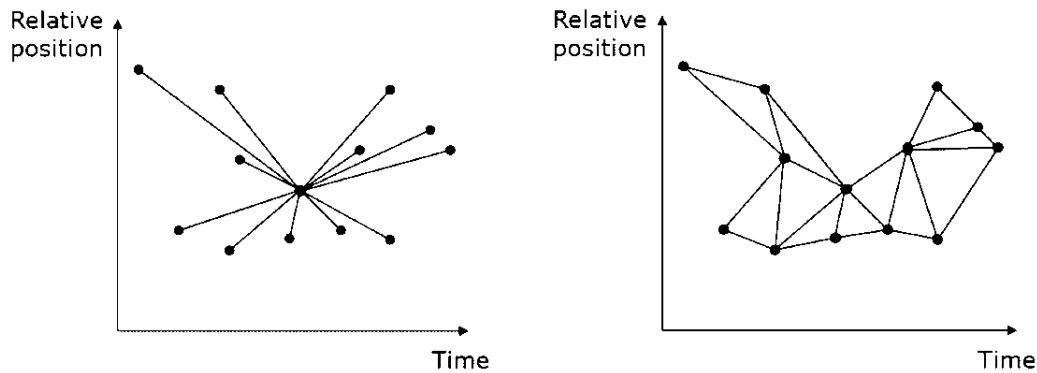
Giriş

Uzaktan algılamanın önemli bir kısmını aktif sistemlerin oluşturduğu görüntülerle yapılan analizler oluşturmaktadır. Radar görüntüleri pasif sistemlere ait görüntülere göre daha uzun dalga boylarıyla çalıştıkları için anlaşılması zor verileri olarak karşımıza çıkar. Ancak bu zorluklarının yanında sağlamış olduğu imkanlar ve kolaylıklar radar görüntülerinin daha yaygın kullanıma sahip olmasına neden olmuştur. Bu başlık altında radar görüntüleri ile yapılabilecek birçok çalışmadan ikisi üzerinde durulacaktır. Bunlar zemin deformasyonlarının haritalanması ve SAR görüntüleri ile hızlı haritalama konularıdır.

11.1. Zemin Deformasyonlarının Haritalanması

Bu başlık altında Pasquali vd. (2014) tarafından zemin deformasyonları için yapılmış olduğu çalışmalar örnek olarak verilmiştir. Interferometrik istifleme tekniği özellikle son on yılda arazideki hareketliliği ve özellikle çökme olaylarını çok ayrıntılı olarak belirlemede kullanılmaktadır. Bu teknikte kullanılan metotlar PS (Persistent Scatteres) ve SBAS (Small BASline) olarak iki şekildedir. PS tekniği nokta hedefler üzerinde yoğunlaşır. Bunlar küçük boyutlu ve iyi tanımlanmış geometriye sahip objelerdir (bina ve kayalar gibi) ve yüksek zamansal duyarlılıkta yansıma verirler. SBAS tekniği ise dağılmış hedefler üzerinde yoğunlaşır. Bunlar açık alanlar ve geometrik olarak iyi tanımlanmamış objelerdir. Her iki teknikte referans olarak SYM verisini kullanır ve ayrıca sabit noktalar üzerinden onun hata miktarını da ortaya koyar.

Bu iki tekniğin tipik işlem şekli Şekil 11.1 de verilmiştir. PS tekniğinde görüntülerden birisi referans olarak belirlenir ve buna bağlı olarak bu referans görüntü ile diğer bütün görüntüler arasındaki fark interferogramlar üretilir. SBAS tekniği ise belirli bir zaman aralığında geometrik ve zamansal kriterleri uyuştugu girdi görüntülerdeki bütün fark interferogramları üretir.

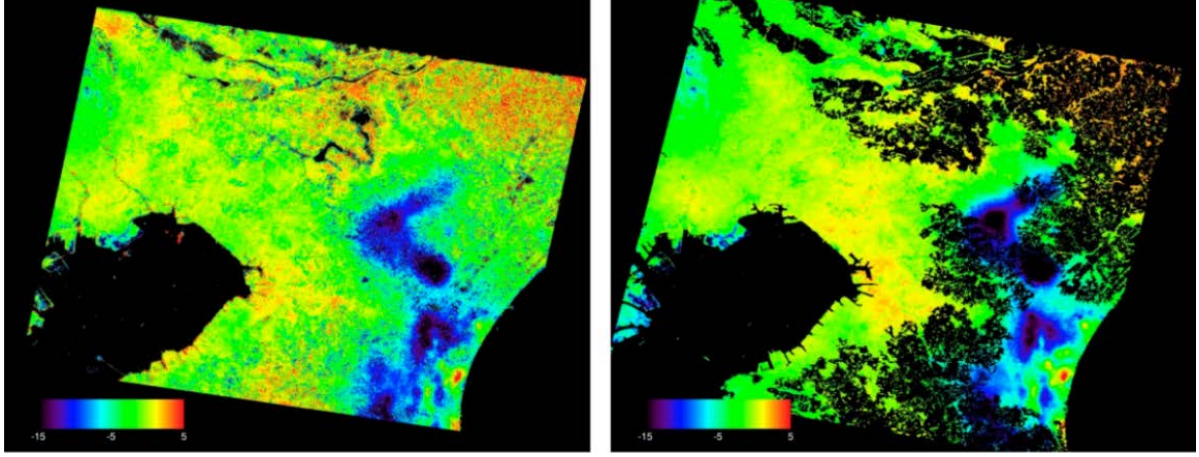


Şekil 11.1. PS (solda) ve SBAS (Sağda) için çalışma mantığı.

Bu iki teknikte doğruluğu etkileyen önemli özelliklerden birisi dalga boylarıdır. Bu açıdan L, C ve X Radar bandları karşılaştırıldığında L bandı C banda göre uzun dalga boyuna sahip olduğu için yerdeğiştirmeye karşı daha zayıf duyarlılıktadır. X bantta C bant kadar olmasada ona yaklaşır düzeyde duyarlılığa sahiptir. Buna göre kısa dalga boyları ve yüksek frekans özelliklerine sahip bantların zemin deformasyonlarına daha duyarlı olduğunu söyleyebiliriz. Bu bantlara sahip olan uyduları şu şekilde sıralayabiliriz; C-bant sistemler ERS 1-2, ENVISAT ASAR, Radarsat 1-2 ve Sentinel-1, L bant sistemler, PALSAR-1 ve 2, X bant sistemler ise COSMO-Skymed, TerraSAR-X/TanDEM-X verilebilir.

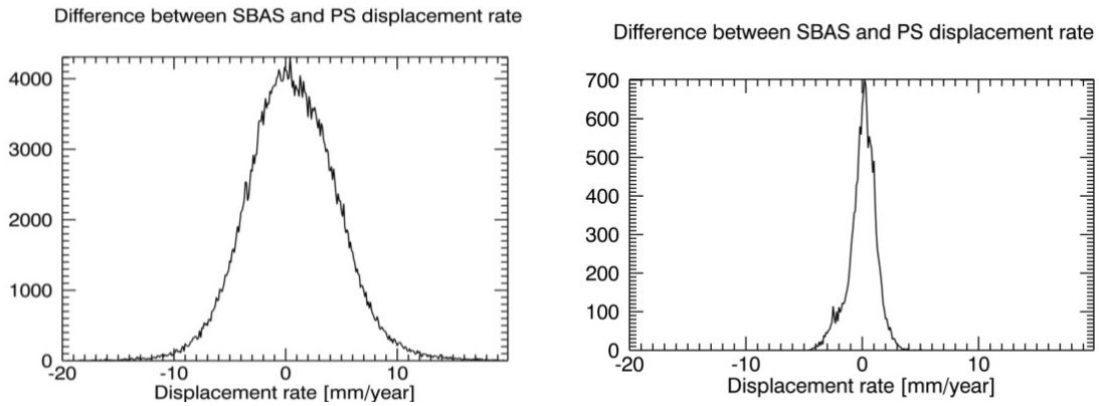
Dalga boyu özelliklerinin etkisine bir örnek Şekil 11.2’de verilmiştir. Burada PALSAR-1 (soldaki) görüntüs veri seti ve ENVISAT ASAR verisi (sağdaki) 2006-2010 yılları arasındaki Japonya’da Tokyo ile Chiba arasındaki ortalama deformasyon verilmektedir. Bu verilerden de anlaşılmaktadır ki ASAR verisindeki siyah (no data) olarak gösterilen alan PALSAR verisinden de anlaşılabacağı üzere aslında yoğun ve fazla hareketlenmenin ve deformasyonun olduğu alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca iki sistemde alandaki

büyük değişikliği gösterebilir PALSAR verisinin daha düşük hassasiyete sahip olduğunu tahmin etmek zor olmaz.



Şekil 11.2. Ortalama yerdeğiştirmenin oranı. Renk değeri -15mm ile +5mm arasında değişmektedir.

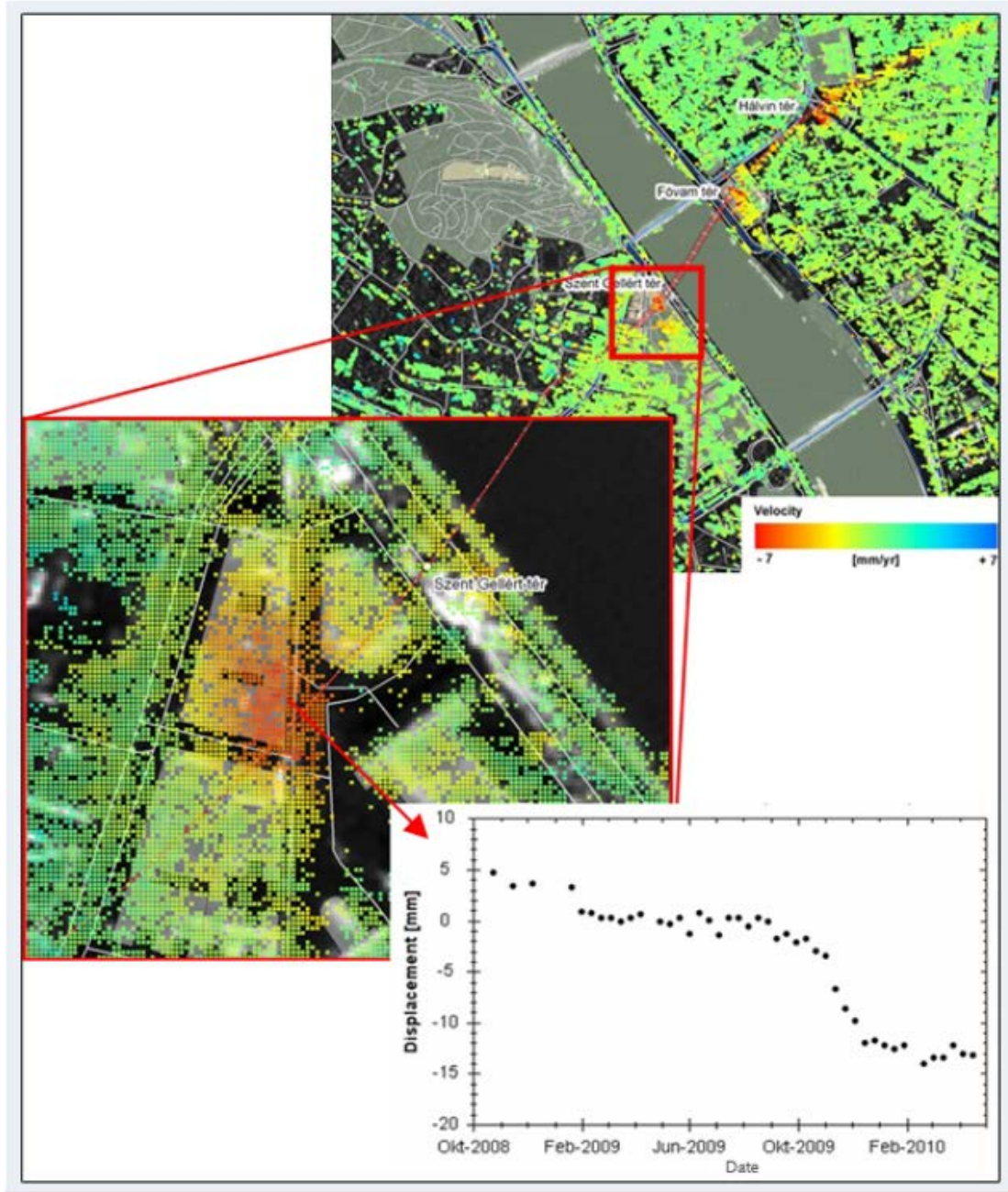
Şekil 11.3'te aynı sensör kullanıldığında PS ve SBAS teknikleri arasındaki farkların yerdeğiştirme analizlerindeki sonuçları karşılaştırılmıştır. İki teknikte benzer özellikler vermesine karşın tahmin edildiği gibi PALSAR (L-bant) daha uzun dalga boyuna bağlı olarak daha yüksek değişkenliğe sahip olup yer değiştirme karşısındaki hassasiyeti de daha azdır.



Şekil 11.3. PS ve SBAS yerdeğiştirme oranları arasındaki farkları PALSAR (solda), ASAR (sağda).

Şekil 11.4 yüksek çözünürlüklü TerraSAR-X verilerine PS tekniği uygulanarak Budapeşte'deki yapım aşamasında olan yeni metro hattındaki deformasyon oranlarını göstermektedir. Alan üzerinde bir hat boyunca görülen çizgi ortalama çökmeye bağlı olarak gelişen yerdeğiştirme oranının ölçülebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Şekilde yer alan ortadaki kırmızı çerçeve Szent Gellert metro istasyonu alanıdır. PS yoğunluğu burada oldukça düşüktür. Ortadaki görüntü ise SBAS tekniği ile üretilmiş ortalama deformasyonu göstermektedir. Mekânsal yoğunluk bu veride oldukça fazladır ve alanda oldukça fazla bir çökme söz konusudur. Bu alandaki deformasyonun zaman serilerine 2008-2010 yılları arasında bakıldığında (alttaki grafik) herhangi bir çizgisellik söz konusu değildir. Hatta belirli

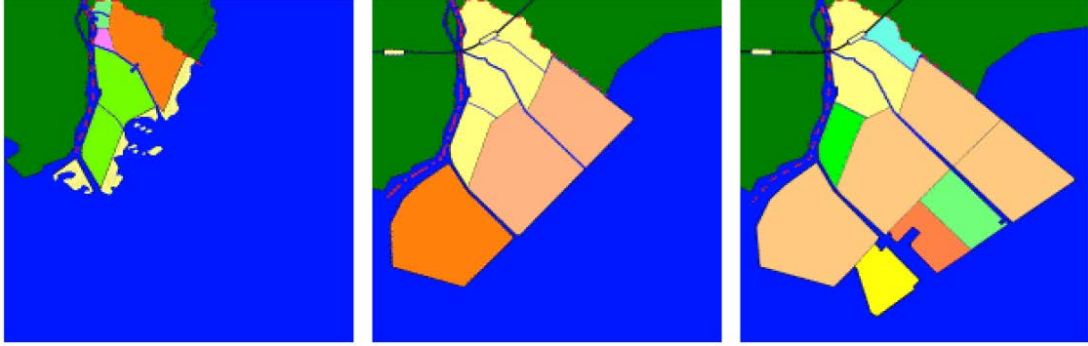
bir süreden sonra birden ani bir düşme meydana gelmiştir. Bu tür bir ani düşüşü PS tekniği ile belirlemek mümkün değildir. Ancak SBAS tekniği yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünün de katkısıyla bu zaman serisi içindeki düşüşü net bir şekilde ortaya koymuştur.



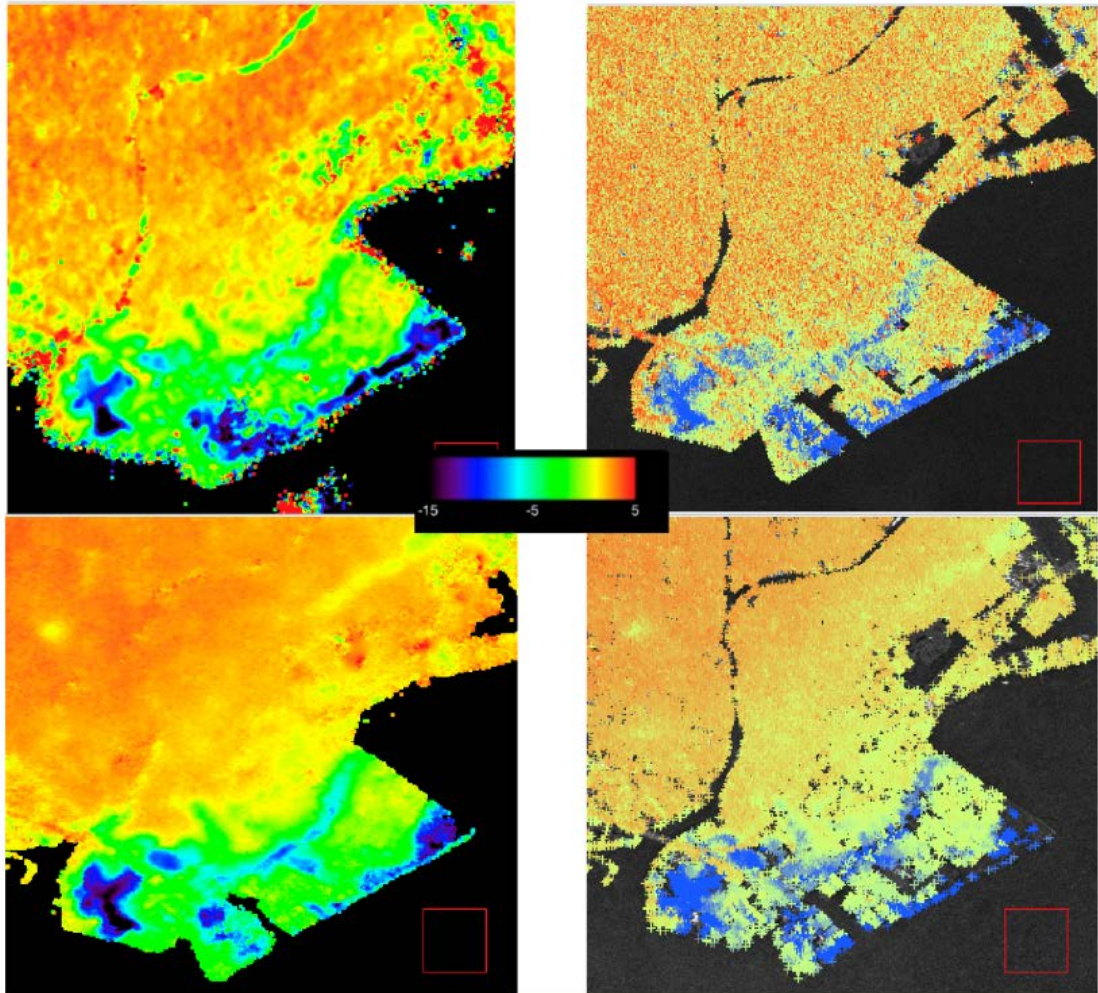
Şekil 11.4. (üst) 43 TerraSAR-X görüntüsüne bağlı PS analizi (orta) 8 TerraSAR-X görüntüsüne bağlı SBAS analizi (alt) yüzeydeki deformasyonun zaman serisi içerisinde gösterilmesi.

Diğer bir örnek de Şekil 11.5'te verilmiştir. Burada bu alan Japonya'da Urayasu'ya yakın bir alandaki dolgu alanının zamansal değişimini vermektedir. 2006-2010 yılları arasındaki ortalama deformasyon oranı PS ve SBAS teknikleriyle ASAR ve PALSAR verileri kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 11.6). Elde edilen değerler iki metot için de hemen hemen

aynı değerleri göstermektedir. SBAS verisi daha pürüzsüz sonuçlar vermektedir. Bunun yanında PALSAR daha fazla mekânsal değişkenliğe sahipken ASAR verisinde daha yüksek doğrulukta sonuç sağlar. Fakat buna rağmen dört sonuçta tutarlılık vardır.



şekil 11.5. Urayasu (Japonya) ya yakın bir dolgu alanının 1950 (solda), 1975 ve 1980 (sağda) yıllarındaki görünümü.

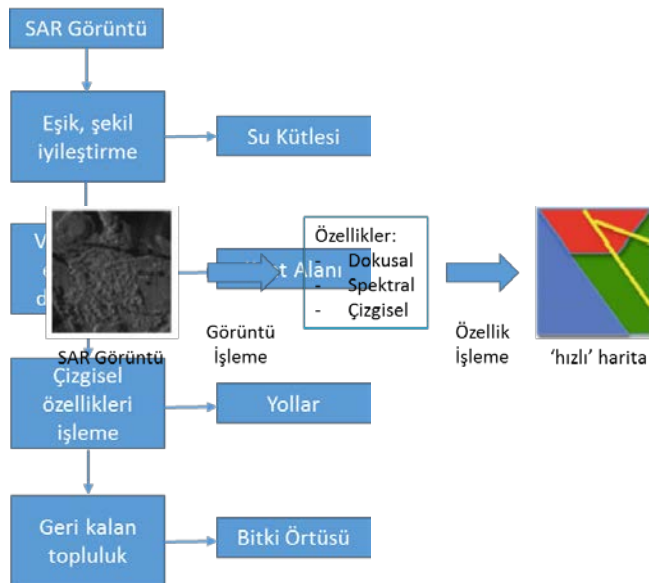


şekil 11.6. Urayasu'ya yakın bir dolgu alanındaki 2006-2010 yılları arasındaki ortalama deformasyonun PALSAR (stte) ve ASAR (altta) verilerine SBAS (solda) ve PS (sağda) işlemlerinin uygulanması.

11.2. Hava ve Uydu SAR Görüntüleri ile Hızlı Haritalama

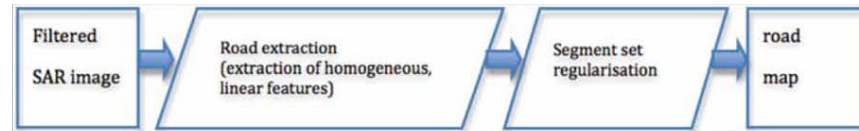
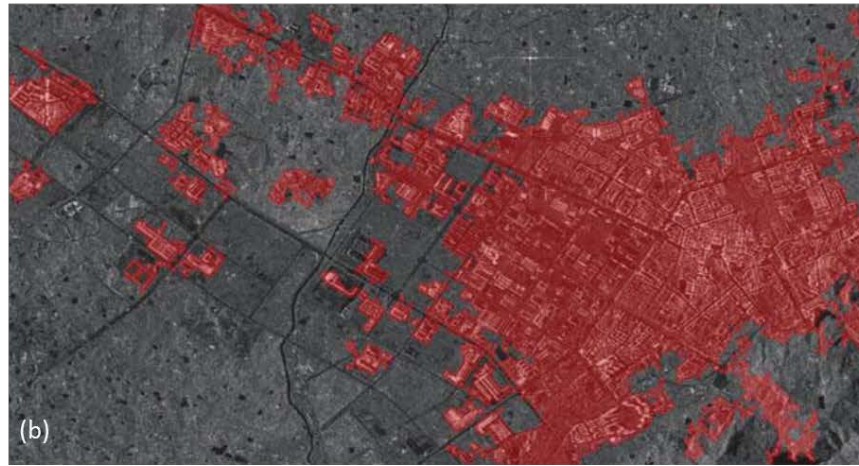
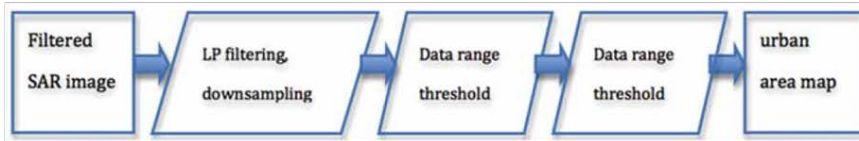
SAR verileri yapılar, yollar, gemiler ve diğer karmaşık şekiller gibi özelliklerin belirlenmesinde diğer uzaktan algılama ürünleri gibi kullanılabilirler ve bu konularda imkân sunarlar. Hatta birçok çalışmada kentsel yerleşmelerin yerlerinin belirlenmesi, su kütlesinin belirlenmesi, bitki örtüsünün izlenmesi, yol elemanlarının çıkarımı, bütün yol ağının ortaya konması gibi uygulamalar mevcuttur (He vd., 2006; Hall vd. 2005; Askne vd. 2003; Lisini vd. 2006; Bentabet vd. 2003). Ayrıca SAR verilerinden özellikle interferometrik SAR verileri ile objelerin yükseklikleri belirlenebilmekte ve buda kartografik haritalamanın gelişmesinde yardımcı olmaktadır.

Şekil 11.7 SAR görüntülerinden hızlı bir şekilde haritalama yapma için kullanılan adımları çok genel olarak vermektedir (Dell' Acqua ve Gamba, 2010). Burada görüntünün işlenmesiyle dokusal, spektral ve çizgisel özelliklerin belirlenmesi ve bunlarında işlenmesiyle hızlı bir şekilde haritanın üretilmesi yapılabilmektedir. Şekil 11.7'de araziler üzerindeki bazı özelliklerin çıkartılmasında SAR uydu görüntüsüne uygulanan bazı işlemleri ve bunlardan elde edilecek özelliklerinin adımlarını vermektedir. Bu işlemlerden önce SAR görüntülerine uygulanacak ilk adım görüntü üzerindeki pürüzlülük veya lekelerin temizlenmesidir. Bu işlem özellikle hızlı harita üretiminde vazgeçilmez işlemlerden birisidir. Eğer bu adım atlanırsa elde edilecek son verinin kalitesi büyük oranda düşük olacaktır. Bu başlık altında SAR görüntülerden bu özelliklerin elde edilmesi üzerinde durulacaktır.



Şekil 11.7. Bilginin elde edilmesi (solda) ve işlem adımları (sağda).

Şehir alanlarının ve yolların belirlenmesi için Dell' Acqua ve Gamba (2010), Chengdu (Çin) yerleşmesini kullanmışlardır. Bunun nedeni bu yerleşmenin yoğun nüfuslanmış ve yol ağının çok fazla olmasından dolayıdır. Yerleşme alanı ve yolların çıkarımı için COSMO/SkyMED görüntüsü kullanılmıştır (Şekil 11.8a). Bu görüntünün pürüzlülüğünün giderilmesi için yapılan filtreleme işleminden sonra yerleşme alanı için tekrar bir filtrelemenin



Şekil 11.8. (a) SAR görüntüsü (b) yerleşme alanı çıkarımı (c) yol ağının çıkarımı.

uygulanması ve daha sonra veri aralıklarına ait eşik değerin belirlenmesiyle yerleşme alanına ait veri üretilmiştir (Şekil 11.8b). Bu görüntüde yerleşme alanı kırmızı renk ile verilmiştir. Yüksek çözünürlüklü SAR görüntüden elde edilen bu yerleşme alanı için her ne kadar bireysel evlerin bazıları dikkate alınmadıysa da genel olarak üretilen alansal özelliklerle yeterli düzeyde kabul edilmektedir.

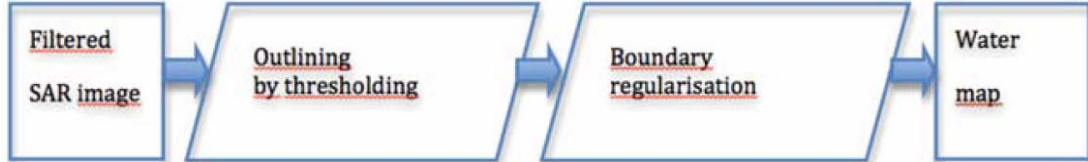
SAR görüntüye uygulanan diğer bir işlem ise yol ağının çıkarımıdır. Bunun için uygulanan prosedür Şekil 11.8’de verilmiştir. Buna göre filtrelenmiş orijinal SAR görüntüsü öncelikle üzerinde homojen çizgisel özelliklerin çıkarımı için analize tabi tutulmuş ve segmentlerin ayarlanması ve düzenlenmesinden sonra yol ağı verisi üretilmiştir (Şekil 11.8c). Bu veri kontrol edildiğinde genellikle kent alanındaki bütün önemli ana arterlerin belirlendiği bunun yanında özellikle su kanalları gibi çizgisel yapıların da yol olarak sınıflandığı görülmektedir. Ayrıca bazı yolların arasında da boşluklar mevcuttur. Bu tür hataların giderilmesi daha sonraki analiz ve çalışmalar açısından önemlidir.

Su kütlesinin ve bitki örtüsünün belirleme çalışmaları için Luojiang (Çin) kasabası örnek olarak kullanılmıştır. Bu alan kentsel yerleşmeden çok daha çok kırsal özellik söz konusudur. Yerleşme alanları oldukça dağınık olup büyük bir nehrin olduğu birçok köprü geçişinin olduğu bir alan özelliği göstermektedir. Alan için kullanılan TerraSAR-X görüntüsü Şekil 11.9’da verilmiştir.

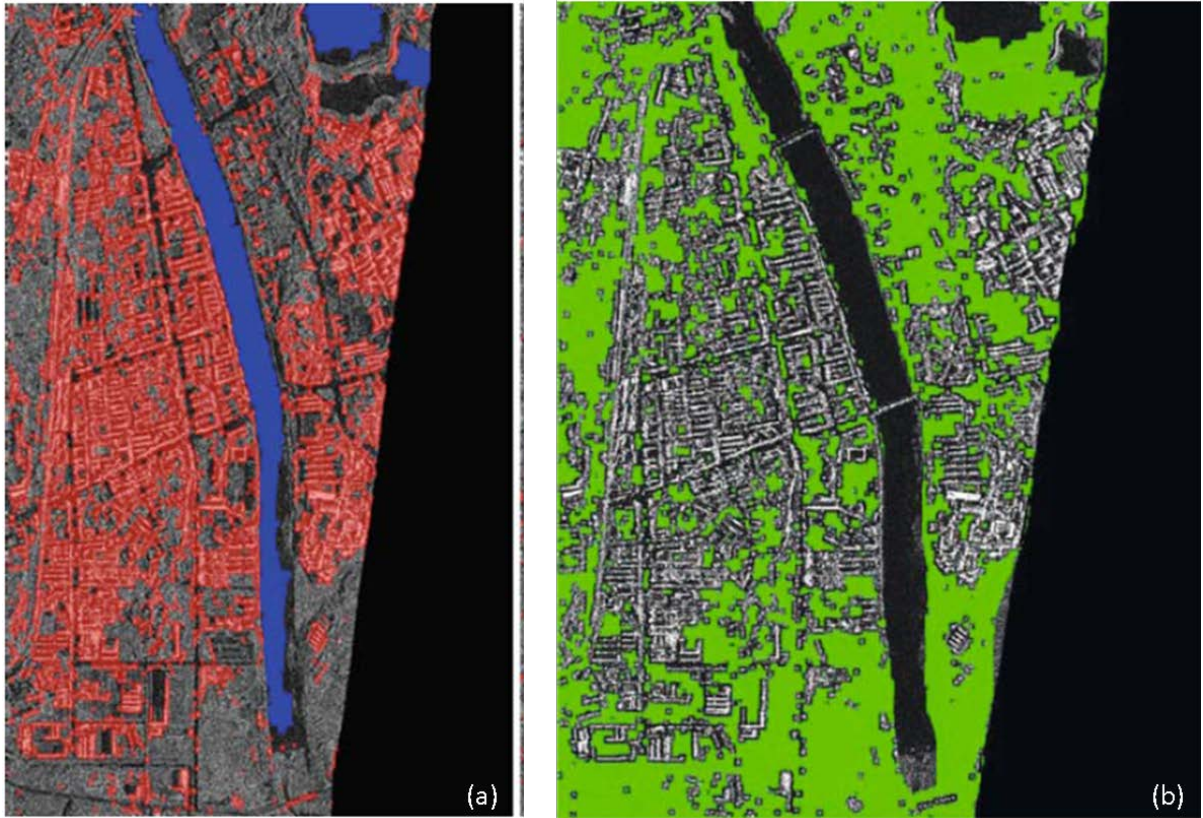


Şekil 11.9. Luojiang kasabasına ait TerraSAR-X görüntüsü.

Su verisini SAR görüntüden elde edebilmek için fitrelenmiş SAR görüntüsünün eşik değeri kullanılarak anahatların belirlenmesi ve sonrada sınır özelliklerinin düzenlenmesiyle su kütlelerine ait veri elde edilmektedir (Şekil 11.10). Bu işlem adımları uygulanan TerraSAR-X görüntüsünden Luojiang yerleşmesindeki akarsu ve göl alanlarının çıkarımı yapılmıştır. Su kütlelerine ait çıkarımlara bakıldığında özellikle üstte yer alan göllerden alttakinin büyük bir kısmının çıkarımın gerçekleşmemiştir. Bunun nedeni, su için belirlenen eşik değerinin bütün su kütlelerinin kapsayacak derece alınmamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle eşik değerlerin seçiminde daha dikkatli olunmalıdır.



Şekil 11.10. Su kütlelerinin çıkarımı için uygulanan işlem adımları.



Şekil 11.11. (a) Su ve şehir alanı çıkarımı (b) Bitki örtüsünün çıkarımı.

Son olarak SAR görüntülerinden bitki örtüsünün çıkarım işlemi diğer işlemlere göre daha kolaydır. Bunun nedeni, diğer bütün arazi kullanımları belirlendiği için geri kalan piksel özellikleri bitki örtüsünü temsil eder. Bu nedenle bitki örtüsünün çıkarımı daha hızlı ve doğru bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak bu doğruluk tamamen diğer öğelerin doğruluğuyla paralellik gösterir. Çünkü diğerlerinde yapılacak hata son olarak da bitkiyi etkileyecektir.

Bütün bu uygulamalardan anlaşılacağı üzere SAR görüntüler özellikle yüksek çözünürlüklü görüntüler, bazı arazi örüsü/kullanımı özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Burada sadece basit bazı örnekler verilmiş olup bu örnekler arttırılabilir. Bu nedenle uzaktan algılama ürünlerinden sadece optik görüntüler arazi özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmazlar. Bunlar haricinde aktif sensör ürünleri de bu şekilde kullanım olanaklarına sahiptir.

Uygulamalar

- 1- Radar görüntülerin diğer uygulamaları hakkında araştırma yapınız.
- 2- İnternetten bir radar görüntüsüne ait görsel indirerek görüntüyü radar çalışma prensipleri bağlamında anlamaya çalışınız.
- 3- Aynı alanın optik ve radar uydularıyla çalışılması durumunda ne tür avantaj ve dezavantajlardan bahsedebiliriz araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1- Radarların uygulama alanlarını sınıflandırınız ve hangi alanda yoğunluk kazandığını belirleyiniz?
- 2- İndirdiğiniz radar görüntüden elde ettiğiniz temel arazi kullanım/örtüsü özellikleri nelerdir?
- 3- Bir alan için uydu görüntüsü olarak radarların kullanılıyor olması yapılacak çalışmanın hangi özelliğinde kaynaklanıyor olabilir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Interferometrik istifleme tekniği özellikle son on yılda arazideki hareketliliği ve özellikle çökme olaylarını çok ayrıntılı olarak belirlemede kullanılmaktadır. Bu teknikte kullanılan metotlar PS (Persistent Scatteres) ve SBAS (Small BASline) olarak iki şekildedir. PS tekniği nokta hedefler üzerinde yoğunlaşır. Bunlar küçük boyutlu ve iyi tanımlanmış geometriye sahip objelerdir (bina ve kayalar gibi) ve yüksek zamansal duyarlılıkta yansıma verirler. SBAS tekniği ise dağılmış hedefler üzerinde yoğunlaşır. Bunlar açık alanlar ve geometrik olarak iyi tanımlanmamış objelerdir. Bu iki teknikte doğruluğu etkileyen önemli özelliklerden birisi dalga boylarıdır. Bu açıdan L, C ve X Radar bandları karşılaştırıldığında L bandı C banda göre uzun dalga boyuna sahip olduğu için yerdeğiştirmeye karşı daha zayıf duyarlılıktadır. X bantta C bant kadar olmasada ona yaklaşıp düzeyde duyarlılığa sahiptir. Buna göre kısa dalga boyları ve yüksek frekans özelliklerine sahip bantların zemin deformasyonlarına daha duyarlı olduğunu söyleyebiliriz. Değişik radar görüntüler üzerinde zemin deformasyon özellikleri hakkında örnekler verilmiştir.

SAR verileri yapılar, yollar, gemiler ve diğer kompleks şekiller gibi özelliklerin belirlenmesinde diğer uzaktan algılama ürünleri gibi kullanılabilirler ve bu konularda imkân sunarlar. Hatta birçok çalışmada kentsel yerleşmelerin yerlerinin belirlenmesi, su kütlesinin belirlenmesi, bitki örtüsünün izlenmesi, yol elemanlarının çıkarımı, bütün yol ağının ortaya konması gibi uygulamalar mevcuttur. Ayrıca SAR verilerinden özellikle interferometrik SAR verileri ile objelerin yükseklikleri belirlenebilmekte ve bu da kartografik haritalamanın gelişmesinde yardımcı olmaktadır. Bu bölüm altında su kütlesi, kent alanı, yollar ve bitki örtüsü belirleme işlemi hakkında örnekler verilmiştir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi interferometrik istif sisteminde kullanılan tekniklerden birisidir?

- a) Eşik belirleme
- b) Şekil iyileştirme
- c) Çizgisel özellikler işleme
- d) Kararlı yansıma (PS)
- e) Veri aralığı belirleme

2. Aşağıdakilerden hangisi zemin deformasyonlarının iyi çalışabildiği uydu görüntüleri üretir?

- a) PALSAR-1
- b) ENVISAR-ASAR
- c) PALSAR-2
- d) COSMO-SkyMed
- e) TerraSAR-X

3. Aşağıda verilen dalga boylarından hangisinde zemin deformasyonları daha hassas sonuçlar verir?

- a) C bandı
- b) X bandı
- c) L bandı
- d) S bandı
- e) P bandı

4. Aşağıdakilerden hangi özellik SAR görüntülerinden hızlı haritalama ile elde edilemez?

- a) Su kütlesi
- b) Kent alanı
- c) Yollar
- d) Bitki örtüsü
- e) Sanayi alanları

5. Aşağıda verilen hızlı haritalama için SAR görüntülerine uygulanan işlem adımı ve üretilen veri eşlemelerinden hangisi yanlıştır?

- a) Eşik, şekil iyileştirme – Su kütlesi
- b) Veri aralığı, eşik, şekil düzenleme – Kent alanı
- c) Eşik, şekil iyileştirme – Kent alanı
- d) Çizgisel özellikler - Yollar
- e) Geri kalan topluluk – Bitki örtüsü

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Hızlı haritalama için SAR görüntülerine uygulanacak ilk adım görüntü üzerindekitemizlenmesidir.

7. SAR verilerinden özellikle interferometrik SAR verileri ilebelirlenebilmekte ve bu da kartografik haritalamanın gelişmesinde yardımcı olmaktadır.

8. PALSAR (L-bant) daha uzun dalga boyuna bağlı olarak daha yüksek değişkenliğe sahip olupkarşısındaki hassasiyeti daha azdır.

9.teknii özellikle son on yılda arazideki hareketliliği ve özellikle çökme olaylarını çok ayrıntılı olarak belirlemede kullanılmaktadır..

10. PS tekniği üzerinde yoğunlaşırken, SBAS tekniği isezerinde yoğunlaşır

Cevaplar

1)d, 2)b, 3)a, 4)e, 5)c, 6) pürüzlülük, 7) objelerin yükseklikleri, 8) yer değiştirme, 9) Interferometrik istifleme, 10) nokta hedefler - dağılmış hedefler

12. DEPREM ÇALIŞMALARINDAKİ UYGULAMALAR

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

12.1. UZAL ile Deprem Uygulamaları

12.1.1. Hasarlı Bina Tespiti

12.1.2. Zemin Deformasyonu Belirleme

12.1.3. Sıcaklık – Deprem İlişkisi

12.2. CBS ile Deprem Uygulamaları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- UZAL'ın deprem çalışmalarında nasıl bir uygulama alanı vardır?
- 2- Deprem çalışmalarında CBS ile neler yapılabilir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
UZAL deprem uygulamaları	UZAL'ın deprem çalışmalarındaki kullanımı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
CBS deprem uygulamaları	CBS'nin deprem çalışmalarındaki kullanımı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- 1- Coğrafi Bilgi Sistemleri
- 2- Uzaktan Algılama
- 3- Deprem
- 4- Hasar belirleme
- 5- InSAR

Giriş

Depremler yeryüzünde meydana gelen önemli doğal olaylardan birisidir. Yeryüzünün şekillenmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Aynı zamanda bu doğal olay insanların hazırlıksız ve plansız olarak bu doğal olayla karşılaşmaları sonrasında insan ve faaliyetleri üzerinde büyük yıkım ve felakete yol açmaktadır. Bu zararları azaltmanın önemli çalışmaları deprem öncesi ve sonrasında depremin tahmin ve etkilerinin anlaşılmasında yapılacak çalışmalar olarak sıralayabiliriz. Bu bölümde, UZAL ve CBS'nin deprem afeti ve zararlarının azaltılması için yapılabilecek çalışmalardan bazı uygulamaları inceleyeceğiz.

12.1. UZAL Deprem Uygulamaları

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzünü sarsma olayına "deprem" denir. Depremler meydana geldiklerinde hem doğal çevre üzerinde hem de insan ve faaliyetleri üzerinde büyük etki oluştur. Özellikle depreme yönelik yapısal ve yapısal olmayan hazırlıkların olmadığı yerlerde kayıplar maksimum düzeye çıkar. Depremin ne zaman meydana geleceğini tahmin etmek zordur. Tahmin yapabilmek için deprem olasılığını ve etkili olabileceği bölgeleri bilmek gerekir.

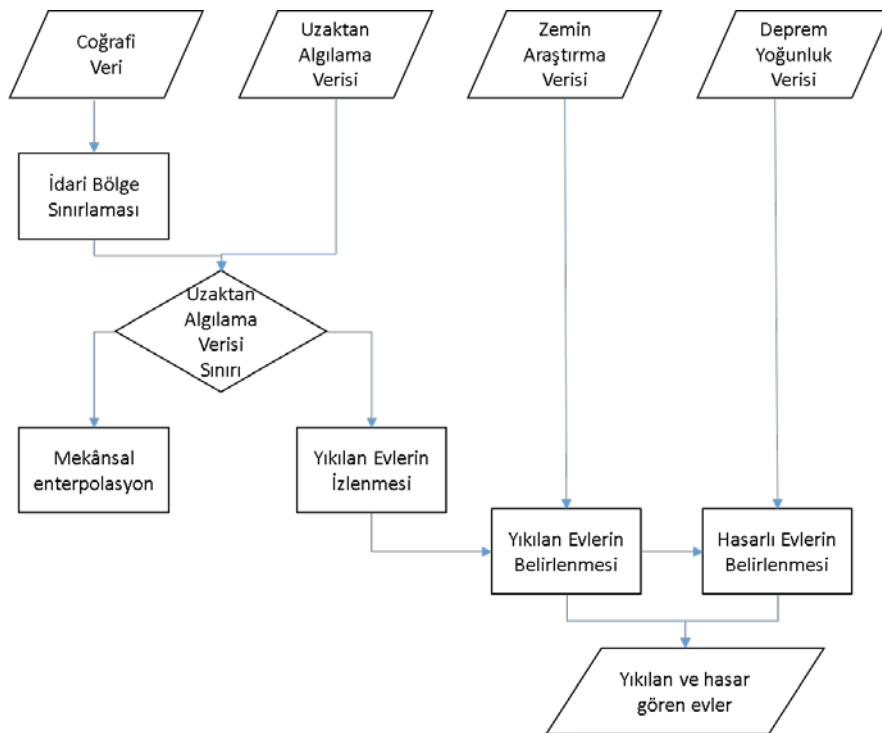
Sismik tehlike zonlaması için en önemli veri sismik ağlarla elde edilir. Sismik mikro bölgelemeyle, büyük ölçeklerde veri, ivmeölçer, jeoteknik haritalama, yeraltı suyu modellemesi ve topoğrafik modellemeyle türetilmiştir. Uzaktan algılama deprem afetinin yönetiminde değişik aşamalarda kullanım imkânlarına sahiptir. Bu aşamaları deprem öncesi, sırası ve sonrasında yapılacak çalışmalar olarak ele alabiliriz. Değişik mekânsal ve zamansal çözünürlükte uydu görüntüleri deprem çalışmalarında aktif olarak kullanılabilir.

Ayrıca interferometrik SAR görüntüleri ile aktif faylar yakınındaki kabuk hareketinin izlenmesi yapılabilmektedir. Bu verilerle elde edilen değişim hareketleri GPS ölçümleriyle doğrulanabilmekte ve çalışmalar doğru sonuçlar vermektedir. Bu çalışma ile fay mekanizmaları ve deformasyonları ile deprem sonrası hasarın daha iyi anlaşılması için olanak sağlar. Ayrıca deprem sonrasında ortaya çıkan yersel hareketlerin (heyelanlar, yeni kırık zonları, çökmeler vb.) tespitinde de InSAR görüntüleri yoğun kullanım alanına sahiptir.

Deprem meydana geldikten sonra acil müdahale gerekir ve yarattığı olumsuz etkileri düzeltebilmek için uzun süreye ihtiyaç vardır. Bunların gerçekleştirilmesinde uzaktan algılamanın payı büyüktür. Uzaktan algılama ile afet yönetimini tanımlayıp ilişkilendirip, depremler meydana gelmeden önce ve deprem sonrası yapılacak işlerin ve alınacak önlemlerin planlanmasında gerekli olabilecek kentsel bilgileri elde edip ve bu bilgilerle yeni teknolojiler aracılığıyla envanter oluşturmak gerekir. Uzaktan algılama afet yönetimi ve yardım çalışmalarına doğru ve zamanında bilgi sağlar. Uzaktan algılama ile elde edilen veriler; deprem öncesi ve sonrasına ait görüntüleri, bunların analiz ve sentezlerini, riskli bölgeleri, ekonomik kayıp tahminlerini vb. içerir. Uzaktan algılama ile aynı zamanda afet anında kullanılabilecek ana arterler bulunup bunların yer seçimi yapılabilir. Hizmet alanları, fiziki planlar arasında karşılaştırma, kontrol, hasar tespit, raporlama gibi birçok çalışma yapılabilir. Deprem gibi olası bir doğal afet sonrasında zarar tahmini, risk altındaki insan nüfusunun, değerli ve önemli yapıların (limanlar, hastaneler, okullar, kırsallar vb.) , mallar ve üretim araçlarının (tarlalar, fabrikalar) miktarını bilmek riskin seviyesini tanımlamak gerekmektedir. Aynı zaman da bunlar, deprem sonrası hasar boyutlarının belirlenmesini sağlamalarının yanı sıra acil müdahale stratejileri ile hasar tespit ve yeniden yapılanma çalışmalarında da etkin çözümler sunar. Bu başlık altında uzaktan algılamanın depremler çalışmalarındaki değişik uygulamaları üzerinde durulacaktır.

12.1.1. Hasarlı Bina Tespiti

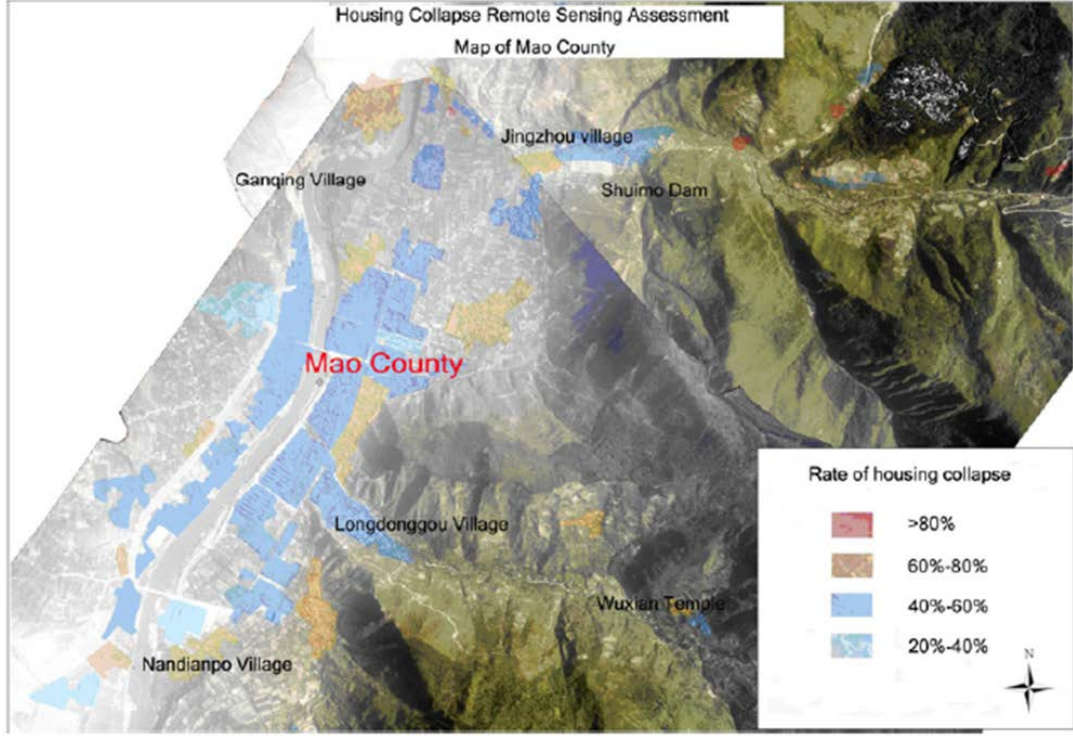
Uygulama alanlarından birisi deprem sonrasında hasar gören binaların tespit çalışmalarıdır. Bunun için 2008 yılında Çin'in Sichuan bölgesinde Wenchuan'da meydana gelen 8.0 büyüklüğündeki deprem örnek olarak verilmiştir. Bu deprem sonucunda yaklaşık 70000 kişi hayatını kaybetmiş, 20000 kişi kaybolmuş, yaklaşık 400000 kişide yaralanmıştır. Özellikle depremin etkisinin görüldüğü alanlar dağlık olması ulaşım imkânlarını ortadan kaldırmış kurtarmalarda çok güçlüklerle yapılabilmektedir. Depremden kısa bir süre sonra 12 ülkenin 24 uydusu tarafından 1277 uzaktan algılama görüntüsü elde edilmiştir. Uydu görüntülerinin yardımıyla uydu görüntülerinin kapladığı alanlardaki hasara uğramış binaların tespitinde kullanılmıştır. Bunun için uygulanan işlem aşamaları Şekil 12.1.'de verilmiştir. Burada temel coğrafi veriler, uydu görüntüleri, zemin araştırma verileri ve deprem yoğunluk verileri kullanılmıştır. Uzaktan algılama verilerinin çalışılacak alanı tamamını kapsamaması durumunda yıkılan evlerin izlenmesi gerçekleştirilir. Bu veriler zemin verileri ile birleştirilerek yıkılan evlerin tespiti gerçekleştirilir. Deprem yoğunluk verisinin etki alanında da depremden hasar görmüş evlerin belirlenmesi gerçekleştirilir. Sonuç olarak saha içerisinde özellikle uydu görüntüsünün çerçevesi içinde yıkılan ve hasar gören evler belirlenir.



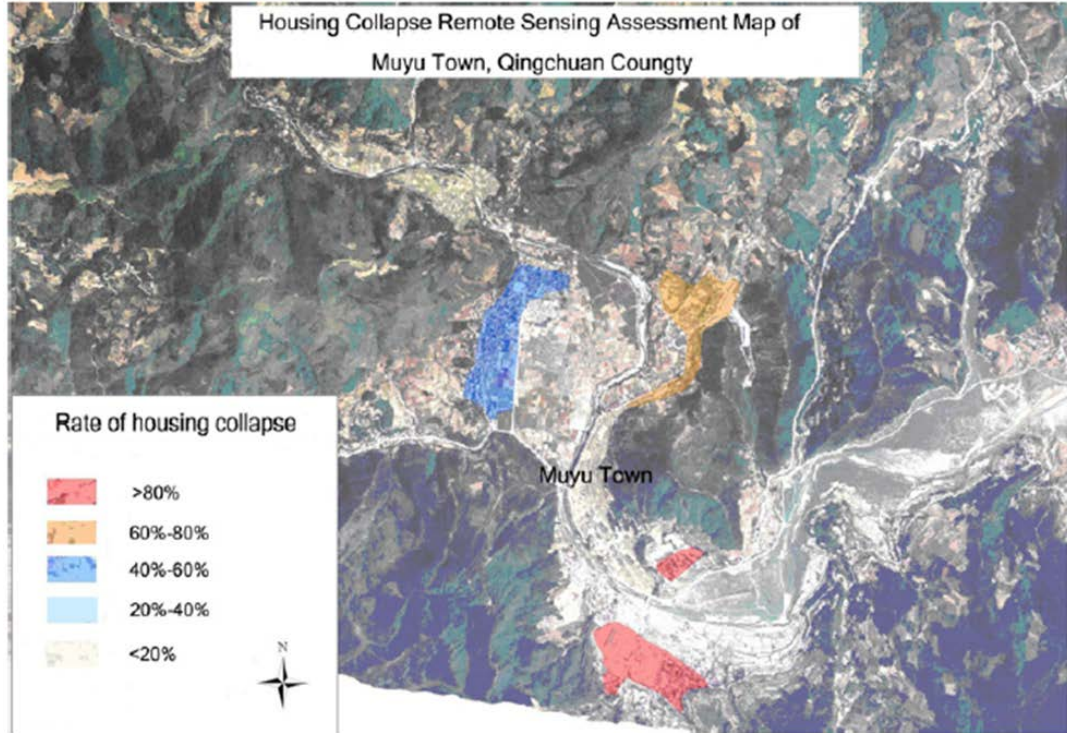
Şekil 12.1. Yıkılan ve hasar gören binaların tespiti için kullanılan işlemler (Wen vd. 2012'den değiştirilerek).

Şekil 12.2, 3 ve 4'te Maoxian, Qingchuan ve Dujiangyan şehirleri gibi farklı bölgelerdeki depremden etkilenen hasarlı binaların belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Buna bağlı olarak Maoxian ve Qungcuan şehirlerinde %80 üzerinde yıkılan evler bulunmaktadır ve kırmızı renkte gösterilmişlerdir. Dujiangyan'da ise kırmızı renk %30-50 arasındaki yıkılan evleri göstermektedir. Bu üç alanda şehirlerin yayılış alanına bakıldığında oldukça büyük

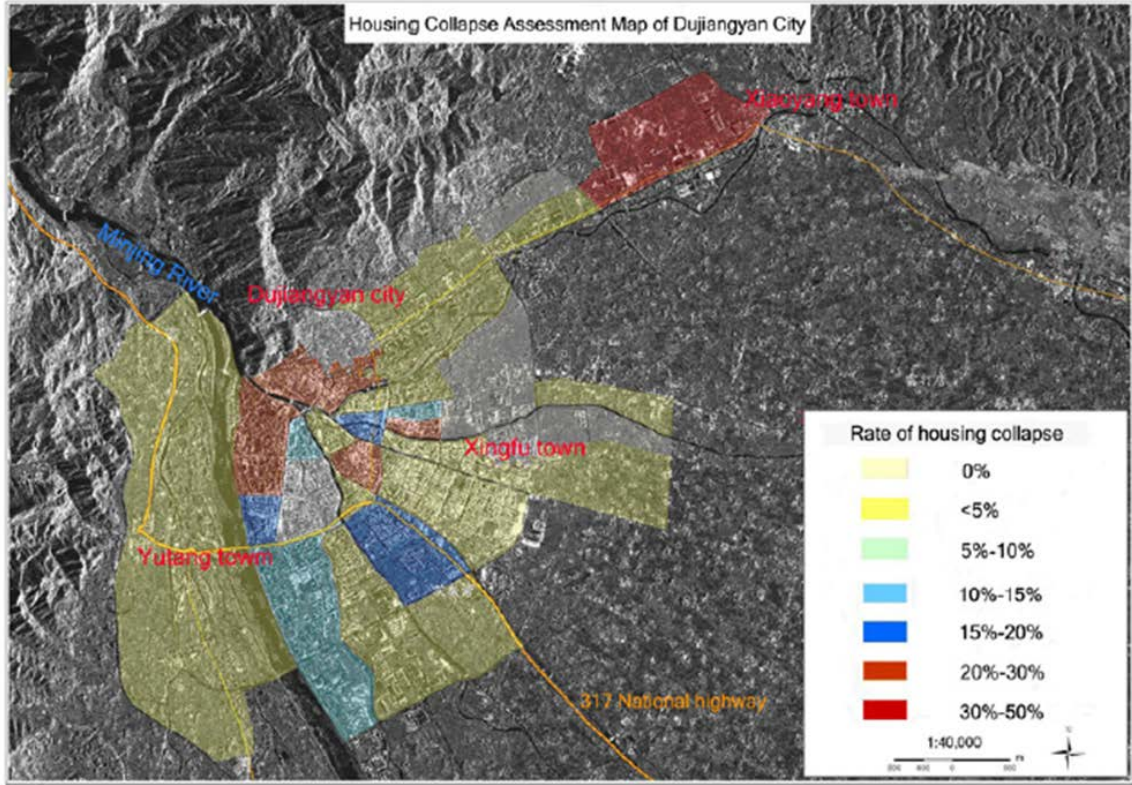
tahribatın olduğunu anlamak mümkündür. Ayrıca Şekil 12.5'te Wenchuan depreminin bütün çevre yerleşmelerdeki etkisini göstermektedir. Bir hat boyunca özellikle sismik yoğunluğun olduğu bölgede yıkımların daha fazla olduğu görülmektedir. Burada kırmızı yıkılan evleri, turuncu zarar gören evleri ve mavi de yıkılmamış sağlam binaları temsil eder.



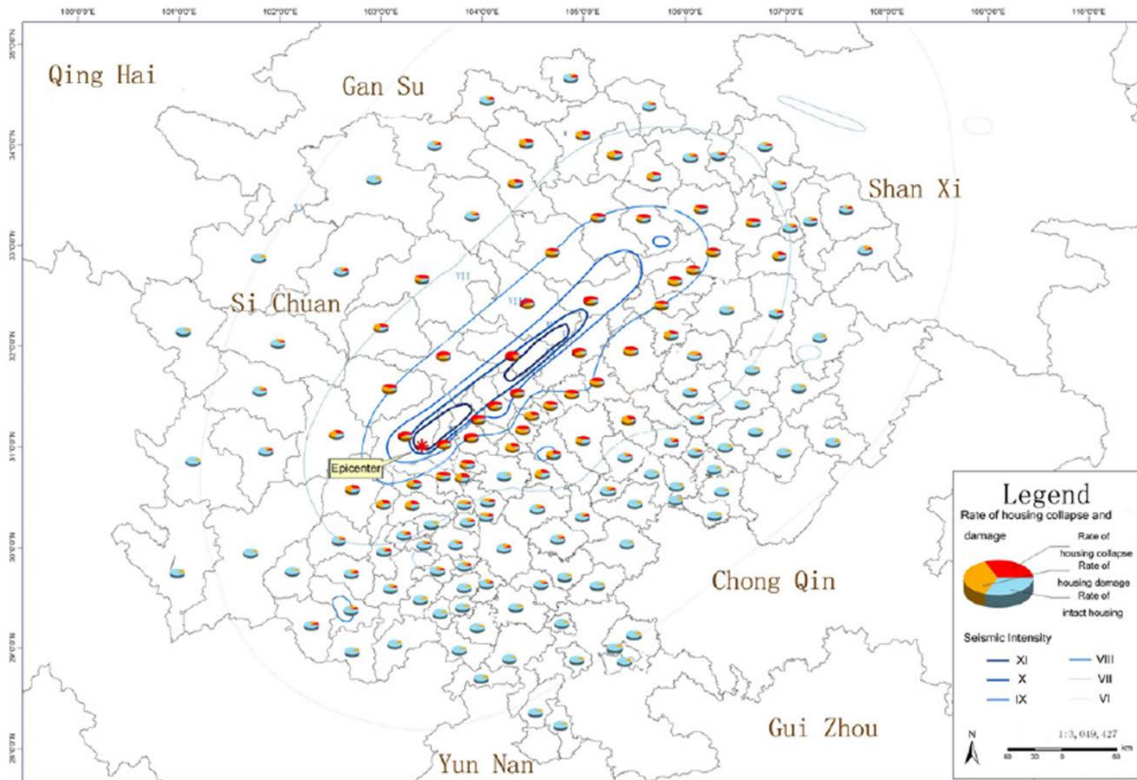
12.2. Maoxian şehrindeki hasar belirlemenin sonucu (Wen vd. 2012).



12.3. Qingchuan şehrindeki hasar belirlemenin sonucu (Wen vd. 2012)..



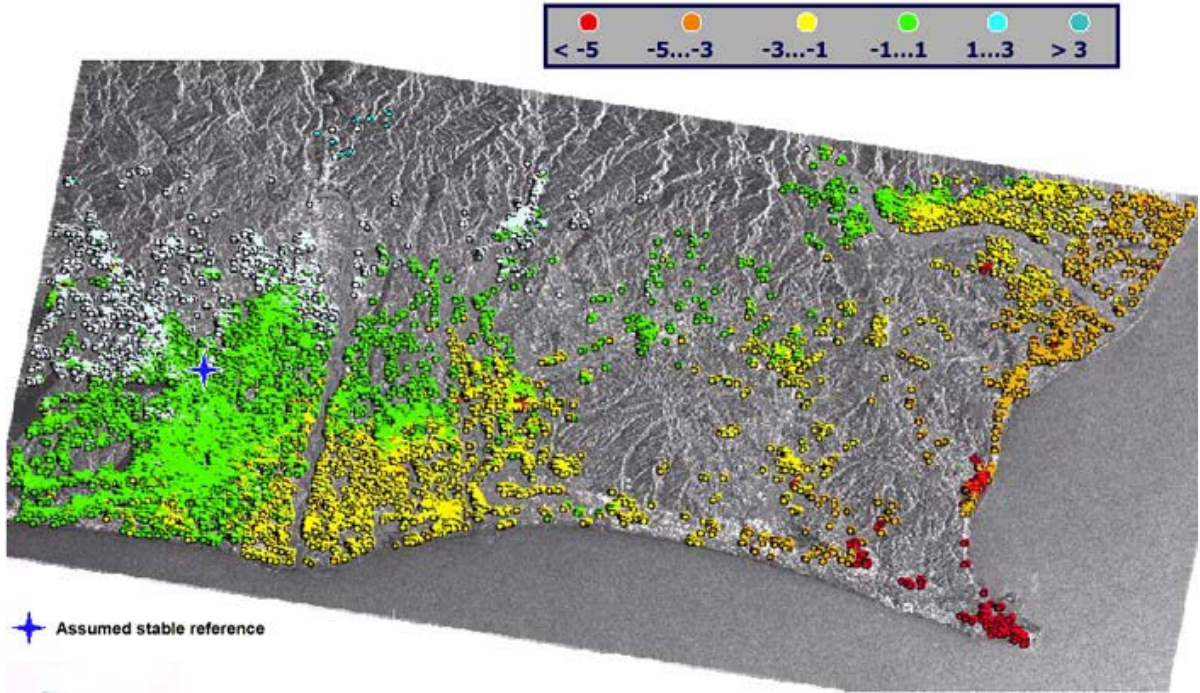
12.4. Dujiangyan şehrindeki hasar belirlemenin sonucu (Wen vd. 2012)..



12.5. Sahadaki bütün alanlarda depremten etkilenen evler (Wen vd. 2012)..

12.1.2. Zemin Deformasyonu Belirleme

Uzaktan algılama verilerinin deprem çalışmalarındaki diğer bir kullanımı ise depremlere bağlı yerdeğişirmelerin veya yüzeyde meydana gelen deformasyonların tespit edilmesi gelmektedir. Bu işlem için interferometrik SAR (inSAR) görüntüler yaygın olarak kullanılmaktadır. InSAR görüntüler kapsadığı binlerce km² alan içerisinde piksel tabanlı deformasyon bilgisini sağlamaktadır. InSAR metodu, iki veya daha fazla SAR görüntüsünü kullanarak bu görüntüler arasındaki faz farklarına bağlı olarak zemindeki farklılıkların belirlenmesini sağlar. İki SAR görüntü arasındaki interferogramlar deprem sonrası yüzey deformasyonunun belirlenmesini sağlar. Dolayısıyla genellikle InSAR deprem sonrası çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Deprem öncesindeki deformasyonları gösteren uygulamalar henüz yaygınlaşmış değildir. Ancak Kuzuoka ve Mizuno (2004) Japonya'da Tokai bölgesinde deprem öncesindeki deformasyonu takip etmişlerdir (Şekil 12.6). Bu çalışmada dikey deformasyonlar SAR tekniği ile kayıt edilmekte ve yer yer GPS verileri ile eşleştirilmektedir. Bu çalışma sismik olaylar öncesi yer kabuğundaki deformasyonun takip edilmesi ve deprem sonrası deformasyonla karşılaştırılması için oldukça umut verici bir çalışmadır.



Şekil 12.6. 1992-2000 yılları arasındaki ortalama deformasyon oranı (mm/year).

InSAR teknolojisindeki gelişmeler bize gelecekte yer kabuğundaki en ufak değişimleri bile kaliteli olarak kayıt altına alma olanağı sağlayacaktır. 2007 yılından beri yürütülen COSMO/SkyMed projesi ile 4 uydu kullanılarak limitli frekanslarla da olsa, günlük olarak yüzeydeki değişimler kayıt altına alınmaktadır. Mevcut inSAR uyduları C- bandında (dalga boyu=5.66cm) yüksek çözünürlük sunmaktadır. Fakat bu uydular uyumlu olması açısından sadece güvenli interferogramları bitki örtüsü olmayan yüzeylerden almaktadır. JERS-1 uydusundan alınan veriler göstermektedir ki L- bandlı uydular daha düşük çözünürlükler

sunmakta fakat çok daha uzak yüzeylerden interfrogramlar sağlamaktadırlar. Japonya'da L-bantlı SAR, PALSAR olarak ALOS uydusu içerisinde 2004 yılı bahar aylarında yörüngeye fırlatılmıştır.

12.1.3. Sıcaklık-Deprem İlişkisi

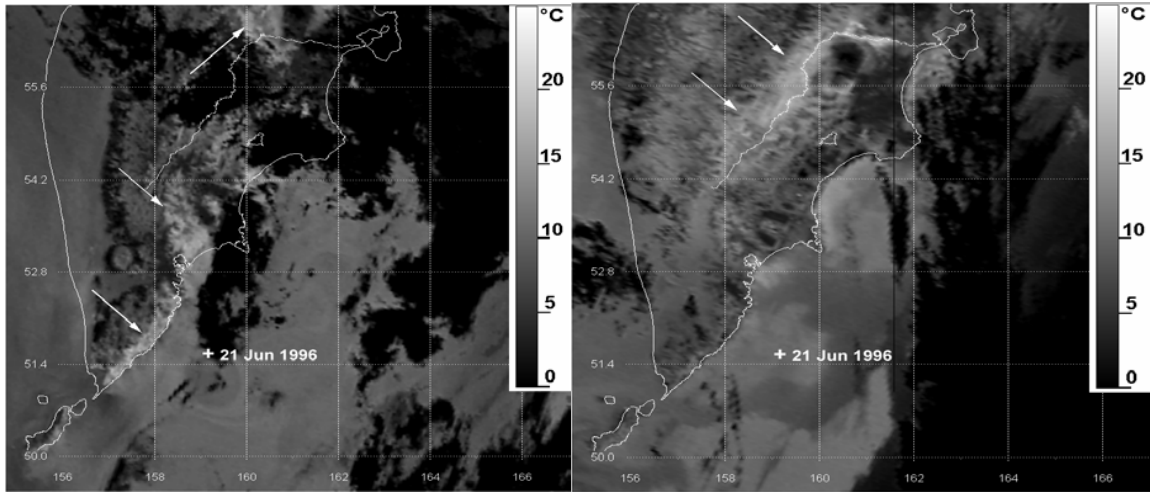
Uzaktan algılamanın deprem çalışmalarındaki kullanım alanlarından birisi de termal verilerle depremler arası ilişkinin araştırılmasıdır. Modern kızılötesi operasyonel uydu sensörleri, dünyanın yüzeyini mekansal çözünürlükte 0.5-5 km ve 0.12-0.5 C sıcaklık çözünürlüğünde gözlemleyebilmektedirler. Bu gözlemler her 12 saatte bir kutupsal yörüngedeki uydular ve her 30 dakikada bir de yerdurağan uydular için yenilenebilmektedir. Kutupsal yörüngedeki uyduların(yörüngede ki 2-4 uydu) operasyonel sistemleri aktif olarak bütün dünya çapınca 6 saatte bir ya da daha sıklıkla gözlem verisi sağlamaktadır. Bu sensörler deprem eğilimli bölgeleri izleyebilir ve yüzey sıcaklığındaki değişimleri algılayarak gerçekleşmek üzere olan depremler ile ilgili bilgi sağlayabilir.

Doğa olayları ve buna bağlı durumlar, termal görüntülerdeki uzun zaman serilerinin analizi ile uyarılarak, deprem ile doğa olaylarının bağlantısı analiz edilebilir. Uydudan yapılan termal gözlemler bize dünyanın yüzey sıcaklığının ve atmosfere yakın katmanlardaki yüzey sıcaklığında aşırı değişimler olduğunu göstermektedir. Deprem öncesi birçok termal anomali, yüksek sismik hareketlilik ile bağlantılı olup bu duruma ilişkin benzer raporlar; Orta Asya'da, İran'da, Çin'de, Japonya'da, Kamçatka'da, Hindistan'da, Türkiye'de, İtalya'da, Yunanistan'da ve İspanya'da verilmiştir. Bu örneklerle ilişkin birçok istatistik mevcuttur. Orta Asya veri tabanı 7 yıllık bir gözlemi ve 100'den fazla depremi içerir. İstatiksel olarak termal anomali ile sismik aktivite arasındaki bağlantı ispatlanmıştır(Tronin, 2000; 2004). Aynı dönem içerisinde Çin'li bilim adamları ise uydudan termal gözlemler ile operasyonel deprem tahmin verilerini tutmaya başlamışlardır. Kamçatka yarımadasındaki depremle bağlantılı termal anomali ile ilgili bir örnek burada üzerinde durulmuştur.

21 Haziran 1996 Kamçatka depreminden 5 gün önce yarımadanın doğu yakasında ve Kamçatka nehri havzasında termal bir anomali gözlenmiştir. Depremin hemen sonrasında ise Kamçatka nehrinde ve yarım adanın merkezinde çok yüksek bir termal anomali bilim adamları tarafından kayıt edildi. Su sıcaklığı 8 Haziran 1996'da yükselmeye başlamış, 17 Haziran 1996'da ise suyun sıcaklığında net bir artış gözlemlenmiştir. Su noksanlığında 12 -18 Haziran arası yükselmeye başlamış, deprem şok dalgasının meydana geldiği gün (21 Haziran 1996) su debisi daha net bir şekilde artış göstermiştir. Şekil 12.7 Kamçatka 1996 depremi öncesi ve sonrasındaki termal anamaliyi göstermektedir. Termal anomanilerin lito-atmosferik olarak nedenleri bulunabilir. Burada termal anomanilerin oluşumunun sebebi litosfer ile bağlantılı olarak deprem olayının gerçekleşmesidir. Jeolojik yapılar (faylar, çatlaklar, kırıklar vb) kendi bulundukları hatlar üzerinde hareket ederler. Çünkü konvektif akıcı madde akışı, litosferin üst seviyelerinde bulunan gazın akışı (böylece ısının akışı) daha uzun süreli olur.

Termal anomaniler tipik olarak uzun fay hatların da ve bu fay hatlarının kesişimlerinde gözlenir. Jeolojik ve tektonik yapıya bağlı olarak yüzey alanlarında ve yüzeyin bir kaç km derinliklerinde akıcı madde su ve gaz olarak ikiye ayrılmıştır. Yüzeyin altındaki su, debinin

ve kimyasal bileşimlerin bahar aylarında değişmesine neden olur. Böylece gaz (H_2 , CH_4 , CO_2 , O_3 , H_2S , Rn) atmosfere doğru hareket eder. Bir şok dalgasının derinliği, büyüklüğü ve jeolojik koşulları yüzeydeki karakteristik yapı ile ilgilidir. Lito-atmosferik eşleşmenin başlaması ile ısı, su buharı ve gaz yeryüzüne ulaşır. Bu durum etkileşimin bir kaç mekanizmasından biri olarak kabul edilir. İlk olarak, konvektif ısı akışı (sıcak su ve gaz) yüzey sıcaklığını değiştirir. İkinci olarak, normal sıcaklıklarda su seviyesinin değişimi yüzey alanındaki nemin değişimine yol açar dolayısıyla, toprağın fiziksel özellikleri de değişmiş olur. Fiziksel özelliklerdeki farklılıklar da yüzey sıcaklığındaki değişimler göz önüne alınarak hesaplanır. Üçüncü olarak ise aktif gazlar yüzeyden ayrıldığı zaman oluşan “sera etkisi” dir.



Şekil 12.7. Deprem öncesi termal anomali (solda), deprem sonrası termal anomali (sağda).

Sonuç olarak termal uydu uygulamaları farklı alanlarda benzer şekillerde uygulanır. 1)Termal anomalerin,depremden 6-24 gün önce başlaması ve deprem sonrası 1 hafta daha sürmesi, 2)Termal anomalilerin yer kabuğuna yakın bölgelerde oluşan depremlere ($M=4.5$ ya da daha büyük) duyarlı olması, 3)Anomalilerin genişliğinin (100 km) ve uzunluğunun (10 km) olması, 4) Termal anomalilerin ortalama 40x130 km uzunluğunda bir iç yapıda olması, 5) Anomaninin genliğinin 3-6 °C arası olması, 6)Termal anomalilerin uzun fay hatları ile bağlantılı olması, 7) Termal anomalilerin doğasının henüz tam olarak açıklanamaması, 8)Yer altındaki ve yeryüzüne yakın olan su sıcaklıklarındaki değişim olaylarının sonucunda benzer depremler ile karşılaşılması, 9)Güçlü bir depremden bir kaç gün önce sıcak su artışının bir sonucu olarak havadaki ve yüzeydeki sıcaklıkların artması atmosferik tedirginliklere(atmosferik yer çekimi dalgaları) yol açabilir.

12.2. CBS Deprem Uygulamaları

CBS'nin deprem çalışmalarındaki uygulamaları da oldukça geniş bir çerçeveye sahiptir. CBS, deprem öncesi, sırası ve sonrasında dijital olarak depremlerin analizi ve birtakım yönetsel planlanmaların yapılmasında, yardımların ulaştırılması gibi konularda etkili olarak kullanım imkânlarına sahiptir. Bu başlık altında Tüysüz tarafından (2003) İstanbul deprem senaryolarının ve etki alanlarının CBS ile gerçekleştirilmesini yaptığı çalışmadan örnek verilecektir. Elbette bu çalışma nihai ve tek çalışma değildir. Daha basit

araştırmacılara göre İstanbul'da önümüzdeki 30 yıl içerisinde büyük bir depremin olma olasılığı deprem tekrarlama aralıklarına göre ~%25 tir. Bu araştırmacılar diğer yandan tekrarlanma zamanlarından tahmin edilen zamana bağlı olmayan Poisson olasılığını da hesaplamışlar ve Marmara denizi içerisindeki gelecekteki otuz yıl içinde büyük bir deprem olma olasılığını ~%25 olarak hesaplamışlardır. Üzerinde gerilimin arttığı fayların, gerilimi değişmemiş diğer faylardan daha önce kırılacağı göz önünde tutularak, deprem olasılık hesaplarına gerilim transferi de eklenmiştir. Sonuçta İstanbul'da önümüzdeki 30 yıl içerisinde kuvvetli bir sarsıntının (yer sarsıntısı ivmesi 0.34-0.65g) olma olasılığı % 62±15 olarak hesaplanmıştır. Bu oran önümüzdeki 22 yıl için %50±13 iken, önümüzdeki 10 yıl için ise %32±12 olarak belirlenmiştir. Üzerinde tartışma olmakla birlikte deprem senaryolarında Marmara Bölgesini etkileyecek bir depremin büyüklüğü M=7.5 olarak alınmaktadır.

Bir deprem senaryosunun ilk ve temel aşaması tehlikenin ve bu tehlikenin gerçekleşme olasılığının saptanmasıdır. Deprem açısından ele alındığında ise bir senaryonun ilk aşaması bir bölgeyi etkilemesi muhtemel depremin olma olasılığı ve o bölgede yaratacağı yer sarsıntısının belirlenmesidir.

Bir depremin bir bölgede yaratacağı kuvvetli yer hareketinin genliği maksimum yer ivmesi ile ifade edilir. Bir bölgedeki yer ivmesinin büyüklüğü depremin büyüklüğü, odak derinliği, fayın türü, atım miktarı, fayın uzunluğu, fayın uzaklığı, kaynak ile bölge arasındaki kaya türü, morfoloji gibi faktörlerle denetlenir. Maksimum yer ivmesinin belirlenmesi amacı ile ölçülen ivme değerlerinden hareketle çok sayıda azalım formülü geliştirilmiştir. Bu formüllerde yukarıda sayılan parametreler kullanılarak deprem odağından belli uzaklıkta bir alanda olabilecek maksimum yer ivmesi belirlenebilmektedir. Bu formüllerden bazıları 17 Ağustos 1999 depremi esnasında ölçülen değerlerle karşılaştırılmış, bu formülün Marmara bölgesi için geçerliliğini test edilmiş ve uygun bulunmuştur. Bu araştırmada İstanbul için deprem senaryosu hazırlamada CBS, söz konusu azalım formülünü otomatik olarak çalıştırılması için kullanılmıştır. Böylece azalım formüllerinde veya jeolojik ve jeofizik verilerde değişiklikler olduğunda ya da risk bölgeleri belirlendiğinde programın çalıştırılması ile İstanbul ve çevresinde nerelerin hangi şiddette sarsılabileceği kolaylıkla tespit edilebilecektir. Diğer yandan gerektiğinde program uyarlanarak ölçülen ivmelerden hareketle hangi fayın kırıldığı ve ne büyüklükte bir deprem yaşandığının belirlenmesinde de kullanılabilecektir.

Çalışma için amaca en uygun bulunan, ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.) tarafından üretilmiş olan ve bu konuda tüm dünyada en yaygın kullanılan programlardan biri kullanılmıştır. Program dünya genelinde çok farklı amaçlarla kullanılmakla birlikte bu çalışmadaki amaç çerçevesinde aşağıdaki aşamaların gerçekleştirilmesi için kullanılmıştır:

- 1- İstanbul'un sayısal jeoloji haritasının hazırlanması,
- 2- Hazırlanan jeoloji haritasındaki her bir formasyonun çeşitli parametrelerine ait verilerin (kaya/zemin türü, Vs hızları vb) veri bankasına işlenmesi

3- İstanbul'u etkilemesi olası fayların haritalanması

4- Bu fayların boylarından hareketle üretebilecekleri maksimum deprem büyüklüğünün belirlenmesi, bunların fay haritalarının veri bankalarına işlenmesi

5- Azalım formüllerinin mevcut ivme değerleri ile test edilmesi (böylece uygun formülün seçilmesi)

6- Azalım formülünün İstanbul için uygulanması

7- Elde edilen ivme değerlerinin şiddet değerlerine dönüştürülmesi

8- Eş şiddet haritalarının hazırlanması.

Bu çalışmada 5 senaryo hazırlanmıştır. Bunlar her biri Marmara fayının bir segmentini oluşturan Ganos-Tekirdağ segmenti, Tekirdağ-Yeşilköy segmenti, bu iki segmenti içeren Batı Marmara fayı ve Adalar faylarına ait senaryolar ile tüm fayların bir arada kırılmasına yönelik senaryolardır. Buna göre:

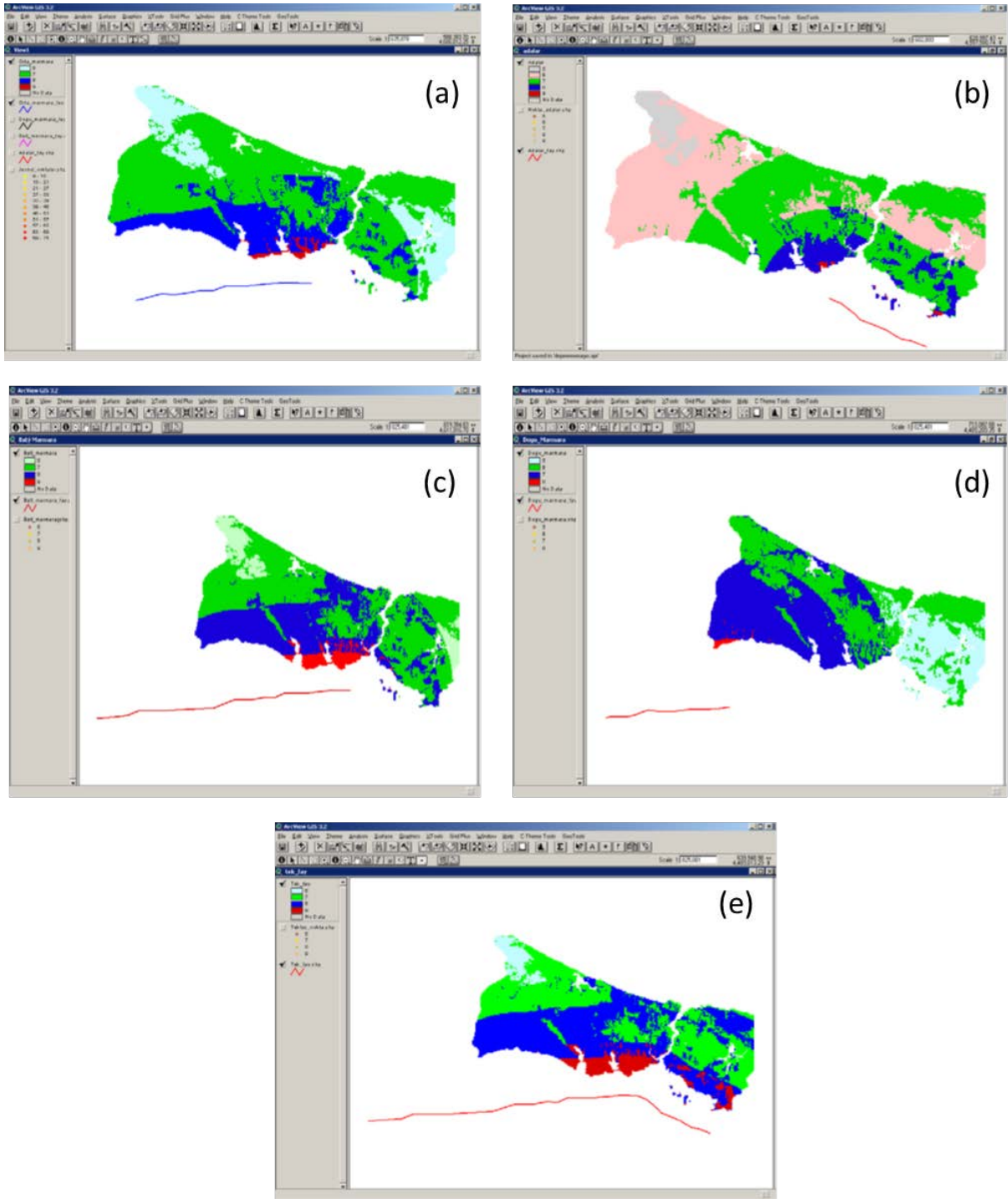
a- Adalar fayı ile Tekirdağ çukurluğu arasında yeralan Tekirdağ-Yeşilköy segmenti (65 km) kırıldığında deprem İstanbul'un Avrupa yakasında sahil şeridinde 9, Avrupa yakasının güney kesimlerinde 8 şiddetine varmaktadır (Şekil 12.9a).

b- Adalar fayı 37 km uzunluğundadır. Bu fay kırıldığında 6.89 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir. Bu fayın oluşturacağı depremde 9 şiddetinde yer sarsıntısı beklenen alanlar oldukça sınırlıdır (Şekil 12.9b). Buna karşılık sahile yakın kesimde 7 ve 8 şiddetinde bir sarsıntı yaygın olacaktır.

c- Batı Marmara fayı Ganos açıklarından başlayarak Yeşilköy açıklarına kadar uzanır ve 122 km uzunluğundadır. Bu fayın kırılması durumunda 7.5 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir. Bu depremde İstanbul'un Avrupa yakasında sahil şeridinde 9, daha iç kesimlerde ve 8 ve giderek azalan değerlerde yer sarsıntısı beklenmelidir (Şekil 12.9c).

d- Ganos -Tekirdağ segmenti 57 km uzunluğundadır. Bu fayın kırılması durumunda 7.1 büyüklüğünde bir deprem beklenir. Bu durumda İstanbul'un Avrupa yakasında kısmen 8, ancak büyük çoğunlukla 7 ve 6 şiddetinde yer sarsıntısı oluşacaktır (Şekil 12.9d)

e- Tüm fayların birlikte ve tek seferde kırılması durumunda toplam fay uzunluğu 159 km dir. Bu durumda 7.63 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir. Bu tür bir depremde İstanbul'un sahil şeridinde geniş bir alan 9 şiddetinde bir yer sarsıntısına uğrayacaktır (Şekil 12.9e).



Şekil 12.9. Marmara Denizindeki fayın kırılma senaryoları ve etki alanları.

Uygulamalar

- 1- UZAL'ın deprem çalışmalarındaki uygulama konuları için başka örnekler araştırınız.
- 2- 1999 İzmit Depremi için uzaktan algılama ile yapılmış çalışmaları araştırınız.
- 3- CBS'nin deprem çalışmalarındaki diğer uygulama alanlarını araştırınız.

Uygulama Soruları

- 1- Uzaktan algılamanın deprem çalışmalarındaki kısıtlayıcı özellikleri nelerdir?
- 2- CBS'nin deprem çalışmalarındaki kısıtlayıcı özellikleri nelerdir?
- 3- UZAL deprem çalışmalarına hangi konularda daha çok katkı sağlamaktadır?
- 4- CBS deprem çalışmalarına hangi konularda daha çok katkı sağlamaktadır.

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Uzaktan algılama deprem afetinin yönetiminde değişik aşamalarda kullanım imkânlarına sahiptir. Bu aşamaları deprem öncesi, sırası ve sonrasında yapılacak çalışmalar olarak ele alabiliriz. Değişik mekânsal ve zamansal çözünürlükte uydu görüntüleri deprem çalışmalarında aktif olarak kullanılabilir. Uzaktan algılama afet yönetimi ve yardım çalışmalarına doğru ve zamanında bilgi sağlar. Uzaktan algılama ile elde edilen veriler; deprem öncesi ve sonrasında ait görüntüleri, bunların analiz ve sentezlerini, riskli bölgeleri, ekonomik kayıp tahminlerini vb. içerir.

Uygulama alanlarından birisi deprem sonrasında hasar gören binaların tespit çalışmalarıdır. Bunun için 2008 yılında Çin'in Sichuan bölgesinde Wenchuan'da meydana gelen 8.0 büyüklüğündeki deprem örnek olarak verilmiştir. Maoxian, Qingchuan ve Dujiangyan şehirleri gibi farklı bölgelerdeki depremden etkilenen hasarlı binaların belirlenmesi çalışmaları incelenmiştir. Buna bağlı olarak Maoxian ve Qungcuan şehirlerinde %80'nin üzerinde Dujiangyan'da ise %30-50 arasındaki yıkılan evler tespit edilmiştir.

Uzaktan algılama verilerinin deprem çalışmalarındaki diğer bir kullanımı ise depremlere bağlı yerdeğiştirmelerin veya yüzeyde meydana gelen deformasyonların tespit edilmesi gelmektedir. Bu işlem için interferometrik SAR (inSAR) görüntüler yaygın olarak kullanılmaktadır. InSAR görüntüler kapsadığı binlerce km² alan içerisinde piksel tabanlı deformasyon bilgisini sağlamaktadır. Bu uygulama ile ilgili Japonyadan bir örnek verilmiştir.

Uzaktan algılamanın deprem çalışmalarındaki kullanım alanlarından birisi de termal verilerle depremler arası ilişkinin araştırılmasıdır. Doğa olayları ve buna bağlı durumlar, termal görüntülerdeki uzun zaman serilerinin analizi ile uyarılarak, deprem ile doğa olaylarının bağlantısı analiz edilebilir. Uydudan yapılan termal gözlemler bize dünyanın yüzey sıcaklığının ve atmosfere yakın katmanlardaki yüzey sıcaklığında aşırı değişimler olduğunu göstermektedir. Deprem öncesi birçok termal anomali, yüksek sismik hareketlilik ile bağlantılı olup bu duruma ilişkin benzer raporlar değişik bölgelerden verilmiştir. Bu uygulama ile ilgili olarak 1996 Kamçatka depreminden örnek verilmiştir.

CBS'nin deprem çalışmalarındaki uygulamaları da oldukça geniş bir çerçeveye sahiptir. CBS, deprem öncesi, sırası ve sonrasında dijital olarak depremlerin analizi ve birtakım yönetsel planlamaların yapılmasında, yardımların ulaştırılması gibi konularda etkili olarak kullanım imkanlarına sahiptir. Bu başlık altında muhtemel Marmara Depremi ve etkileme alanlarının CBS ile analizine yer verilmiştir.

Bölüm Soruları

1. Deprem ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

- a) Depremın ne zaman meydana geleceğini tahmin etmek zordur
- b) Meydana geldiğinde doğa, insan ve faaliyetlerine etkisi olur
- c) Yerkabuğundaki kırılmalar neticesinde ortaya çıkar
- d) Depremlerin sadece yapısal önlemlerle zararları azaltılabilir
- e) Etki alanları geniş olabilmektedir

2. Aşağıdakilerden hangisi InSAR ile deprem konusunda yapılabilecek çalışmalardan birisi değildir?

- a) Kabuk hareketleri izlenebilir
- b) Deprem odak noktasının belirlenmesi
- c) Fay mekanizmalarının anlaşılması
- d) Deformasyonların tespiti
- e) Deprem sonrasında oluşan heyelanların belirlenmesi

3. Aşağıdakilerden hangisi uzaktan algılamanın deprem konusundaki uygulamalarından birisidir?

- a) Hasarlı bina tespiti
- b) SYM üretme
- c) Deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi
- d) Yüzeysel suların belirlenmesi
- e) Bitki indeksi çalışmaları

4. Deprem sonrası hasarlı binaların tespitinde birçok veri kaynağı kullanılmaktadır. Aşağıdakilerden hangisi bu verilerden birisi değildir?

- a) Coğrafi veriler
- b) Uzaktan algılama verisi
- c) Zemin araştırma verisi
- d) Deprem yoğunluk verisi
- e) Toprak tuzluluğu verisi

- 5. – InSAR verileri yaygın olarak kullanılır
- Deprem öncesi ve sonrasındaki farklılığı belirler
- C batlı görüntüler daha çok tercih edilir

Yukarıda verilen bilgiler uzaktan algılamanın hangi uygulama alanına aittir?

- a) Bina hasar tespiti
- b) Sıcaklık – deprem ilişkisi
- c) Zemin deformasyonu belirleme
- d) Deprem merkez üssü belirleme
- e) Yol hasarı belirleme

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Bir deprem senaryosunun ilk ve temel aşaması vesaptanmasıdır.

7. İstatiksel olarakile sismik aktivite arasındaki bağlantı ispatlanmıştır

8. Aktif faylar yakınındaki kabuk hareketinin izlenmesiile yapılabilmektedir.

9. Termal anomaler tipik olarakvegözlenir.

10. Mevcut inSAR uydularıyüksek çözünürlük sunmaktadır.

Cevaplar

1)d, 2)b, 3)a, 4)e, 5)c, 6) tehlikenin - gerçekleşme olasılığının, 7) termal anomali, 8) InSAR, 9) uzun fay hatlarında- bunların kesişimlerinde, 10) C- bandında

13. SEL-TAŞKIN AFETLERİNDEKİ KULLANIMI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

13.1. CBS ve UZAL’ın Sel-Taşkınlardaki Kullanım Nedenleri

13.1.1. Taşkın Tahmini ve Risk Analizinde Takip Edilen Yöntem

13.2. CBS’nin Taşkınların Tahmin ve Risk Analizindeki Kullanımı

13.3. UZAL’ın Taşkınların Tahmin ve Risk Analizindeki Kullanımı

13.4. Hidrolik Modellemenin Taşkınların Tahmin ve Risk Analizindeki Kullanımı

13.5. CBS – UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Sel-taşkın çalışmalarında CBS ve UZAL'nın kullanım nedenleri nelerdir?
- 2- CBS sel-taşkın çalışmalarında ne tür kolaylıklar sağlar?
- 3- UZAL sel-taşkın çalışmalarına katkısı nedir?
- 4- Hidorlik modelleme sel-taşkın çalışmalarında neden önemlidir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
CBS ve UZAL'ın sel-taşkınlardaki kullanım nedenleri	CBS, UZAL ve Hidrolik modellemenin sel-taşkın çalışmalarındaki kullanım nedenlerini kavrar.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
CBS'nin taşkınların tahmini ve risk analizindeki kullanımı	CBS'nin sel-taşkın çalışmalarındaki kullanım alanları hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
UZAL'ın taşkınların tahmini ve risk analizindeki kullanımı	UZAL'ın sel-taşkın çalışmalarındaki kullanım alanı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Hidrolik modelin taşkınların tahmin ve risk analizindeki kullanımı	Hidrolik modellemenin sel-taşkın çalışmalarındaki kullanımı hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

- Coğrafi bilgi sistemleri
- Uzaktan algılama
- Sel ve taşkın
- Hidrolik modelleme
- Risk analizi

Giriş

Sel ve taşkınlar, meydana geliş sıklıkları, etkilediği alanların büyüklüğü ve ortaya çıkardığı zararlar bakımından dünya üzerinde en fazla etkiye sahip doğal afetlerden birisidir. Son 30 yıllık sürede taşkınlar dünya genelinde ortalama her yıl 80 milyon kişiyi etkilemiş, yıllık 11 milyon Dolar'ı aşan ekonomik zarara neden olmuştur. Ülkemizde sadece 1903-2007 yılları arasında meydana gelen büyük taşkınlar, 2 milyona yakın kişiyi etkilemiş ve 2.5 milyon Dolar zarar ortaya çıkarmıştır. İklimlerde meydana gelen değişmelerin yağışlar üzerindeki etkisi, akarsu havzalarındaki orman tahribatı, yoğun yapılaşma, akarsu yatakları üzerindeki yanlış mühendislik uygulamaları taşkınların karakter, sıklık ve etkileme alanları üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu da gelecekte taşkınların etkinliğinin giderek artmasına neden olacak ve böylece taşkınlar, insan ve faaliyetleri için afet özelliği taşımaya devam edecektir. Bu bölüm altında CBS ve UZAL teknolojileri ile sel ve taşkınların ortaya çıkarttığı zararları önlemek ve azaltmak için yapılabilecek çalışmalar üzerinde durulmuştur.

13.1. CBS ve UZAL'ın Sel-Taşkınlardaki Kullanım Nedenleri

Taşkınlr değişik nedenlere bağlı olarak meydana gelirler. Bunlar; yaz aylarındaki konveksiyonel hava hareketlerinin oluşturduğu ekstrem yağışlara bağlı taşkınlr, cephesel sistemlere bağlı ekstrem yağışların oluşturduğu taşkınlr, kar erimeleriyle oluşan taşkınlr, şehirsel alanlarda kanalların tıkanmasıyla oluşan taşkınlr, deniz kabarması ve tsunami ile kıyıda meydana gelen taşkınlr ve baraj-bent yıkılmalarına bağlı olarak oluşan taşkınlardır. Su baskınlarının bir diğer tırü ise havzanın üst kısımlarında daha çok görölen sellerdir. Sel karakterli akımlar yüksek enerjili ve tahrip gücü fazla olarak meydana gelir. Taşkınlr, akarsu havzalarının jeomorfolojik yapısına bağlı olarak şekillenirler. Özellikle eğim faktörüne bağlı olarak havzanın aşağı kesiminde eğim değerlerinin iyice azaldığı ve buna bağlı olarak akarsuyun menderesler çizerek aktığı düzlüklerde oluşur.

Taşkınlr gerek değişik faktörlere bağlı olarak meydana gelsin gerekse meydana geliş ve etkileri gereği farklı isimlendirilsin, meydana geldiklerinde akarsu kıyısı ve taşkın ovalarında yerleşmiş ve kurulmuş olan insan ve onun faaliyetlerini etkilerler. Bu açıdan taşkınlr, doğal afet tırü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı taşkınlrın etkilerini azaltmak ve ortadan kaldırmak için akarsuların taşkın dönemlerinde doğal olarak akması gereken alanlarda, insan ve onun faaliyetlerini taşkınlardan korumak için akarsu yatakları ve havzaları üzerinde birtakım yapılar inşa edilmektedir. Akarsu yatakları üzerinde yapılan ışlah çalışmaları, barajlar, setler, göletler vb. yapılarıdaki bazı yanlış ve eksik uygulama ve hesaplamalar, taşkınlrın doğal olarak meydana gelmesi yanında, insan kaynaklı olarak da meydana gelmesine neden olur. Bu da insan ve onun faaliyetlerinin taşkınlardan korunması için oluşturulan taşkın risk yönetimi planlarına, yeni senaryo ve planların eklenmesini zorunlu hale getirir.

Taşkınlara karşı alınacak önlem ve risk yönetimi çalışmalarında genel olarak cevaplanması gereken bazı sorular bulunmaktadır. Bunlar;

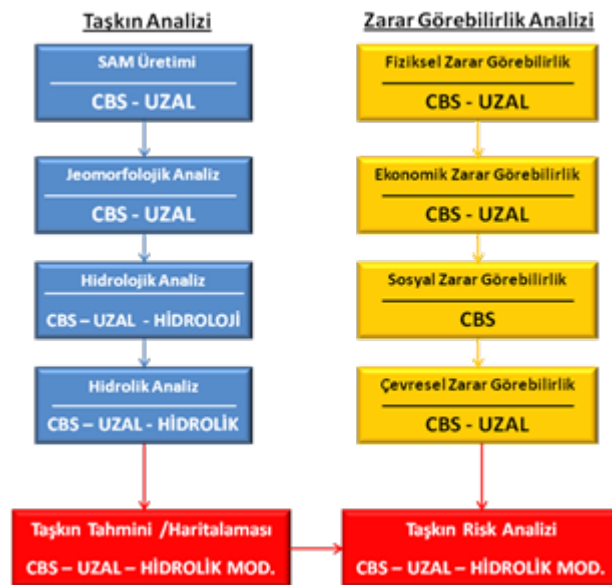
- Daha önce hangi alanlarda taşkınlr meydana geldi?
- Meydana gelen taşkınlardan nereleri etkilendi?
- Taşkınlrın ortaya çıkardığı zararlar nelerdir?
- Gelecekte tekrar taşkın meydana gelecek mi? Hangi alanlar risk altında?
- Risk altındaki alanları korumak için hangi yapısal önlemler gerekli?
- Akarsu yatakları üzerinde yapılan veya planlanan yapısal önlemler taşkınlrın etkisini azaltacak mı?
- Yapılan ve/veya planlanan yapısal önlemlere göre yeni risk bölgeleri var mı? Nerelerdir?

Bütün bu ve benzeri sorular, havzalar üzerine düşen yağışların tahmin ve analizini, akarsu havzalarının analizini, akarsu yatakları üzerinde yapılan ve yapılması planlanan yapıların da değerlendirildiği hidrolik analizleri, akarsu kıyısındaki ve taşkın yataklarındaki insan ve faaliyetlerinin analizini gerektirmektedir. Taşkın risk analizi ve yönetimi içinde yapılması gereken bu çalışmalar, içerikleri gereği yoğun veri ve ilişkiler bütününden meydana gelmesinden dolayı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UZAL) ve Hidrolik Modellemelerin kullanımıyla daha kolay ve az zamanda yapılabilmektedir. Elde edilen sonuçlar ise daha güvenilir ve gerçekçi olmaktadır. Bir çok ülkede taşkınların anlaşılmasına yönelik çalışmalarda CBS, UZAL ve Hidrolik modellemeler her geçen gün daha fazla kullanılmakta ve bununla ilgili olarak da literatür her geçen gün artmaktadır.

Bu çalışmada, CBS, UZAL ve Hidrolik modellemelerin taşkınların tahmini ve risk analizindeki kullanımları örneklerle birlikte incelenmiştir. Daha sonra ise bu teknolojiler, taşkın tahmini ve risk analizindeki katkısına bağlı olarak bütünleşik bir şekilde ele alınmıştır.

13.1.1. Taşkın Tahmini ve Risk Analizinde Takip Edilen Yöntem

Taşkınların tahmin ve risk analizinde takip edilen yöntem genel hatlarıyla Şekil 13.1’de verilmiştir. Buna göre risk analizinde iki temel faktör olan doğal tehlike analizi (taşkın analizi) ve bu tehlikenin etkileyeceği unsurların zarar görebilirliklerine ait analizlerin içerikleri aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 13.1. Taşkınların tahmini ve risk analizindeki genel akış şeması.

Doğal tehlike olarak taşkınların haritalanması bilgisayar modelleri üzerinde gerçekleştiği için her zaman Sayısal Arazi Modellerine (SAM) ihtiyaç vardır. Üretilen SAM taşkın analizindeki diğer alt bileşenler olan jeomorfolojik, hidrolojik ve hidrolik analizlerde aktif olarak kullanılır. Havzanın jeomorfolojik analizinde, taşkın oluşmasında etkili olan akarsu ağı, alt havzalar ve morfometrik özellikleri, akarsu boyuna profilleri, havzanın eğimi, bakışı, sediment taşınımı ve diğer jeomorfometrik özelliklerin analizi yapılır. Hidrolojik

analizde, havza içindeki mevcut akım ve meteorolojik istasyonların verileri kullanılarak istatistiksel yöntemlerle taşkınlara ait tekrarlar sıklıkları hesaplanır. Akım istasyonlarının olmadığı havzalarda yağış-akış analizlerinden faydalanmak suretiyle tahmini akım değerleri üretilir.

Hidrolik analizde, akarsu yataklarının mevcut ve planlanan geometrik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesiyle, gerek geçmiş taşkın dönemlerindeki akım miktarlarına karşı gerekse değişik taşkın tekrarlar sıklıkları için (10, 25, 50, 100 yıllık vb.) üretilen akım miktarlarına karşı yeterli olup olmayacağı belirlenir. Böylece değişik taşkın senaryolarının uygulanmasıyla, akarsuların farklı taşkın senaryolarına ait modelleri üretilir. Sonuç olarak, bütün bu faktörlere bağlı taşkınların derinlik, hız ve sediment taşınımıyla ilgili farklı senaryolardaki haritaları oluşturulur ve taşkınların bu özelliklerine bağlı etki sınırları belirlenir.

Riski oluşturan diğer bir faktör zarar görülebilirlik ise dört alt başlıkta ele alınmıştır. Bunlar fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel zarar görülebilirliktir (Şekil 13.1). Fiziksel zarar görülebilirlik, taşkınların etkisi altındaki alanlarda yer alan her türlü yapısal unsurlar, bunların yoğunluğu, uzaklık-yakınlığı, yapı türü ve materyali gibi özelliklerini içerir. Ekonomik zarar görülebilirlik, bireysel, toplumsal ve millet olarak zarar görülebilirliğin düzeyini belirleyen önemli faktörlerden birisidir. Fakir toplumlar genel olarak zengin olanlara göre daha fazla zarar görülebilirliğe açık olan toplumlardır. Meydana gelen doğal bir afetin ki burada taşkınlar, ortaya çıkardığı zararların atlatılması ve iyileşme süreci ekonomik gelişmişliğe göre değişim gösterir. Ayrıca ekonomik zarar görülebilirlik, birey, toplum ve ülkenin ekonomik kaynaklarının düzeyini ve afet sonrasında kredilere, borçlanabilme ve sigorta olanaklarına sahip olmayı da içermektedir. Bunun yanında alt yapı ve sağlık hizmetlerinin de kolay ulaşılabilirliği ekonomik gelişmişliği gösteren diğer unsurlardır. Sosyal zarar görülebilirlik, bireyler ve toplumdaki eğitim düzeyine, barış ve güvenliğe, temel insan haklarının varlığına, iyi yönetim sistemine, sosyal eşitliğe, pozitif yöndeki geleneksel değerlere, bilgi düzeyine, gelenek ve ideolojik inançlara veya bunların tümünün birlikte değerlendiriliği bir sistemi içine alır. Çevresel zarar görülebilirlik ise insanın çevreyle etkileşimine bağlı olarak değişiklik gösterir. Çevresel degradasyon, beraberinde büyüklük ve sıklığı artan taşkın problemini getirir. Bu da insan güvenliği yanında ekonomik, gıda, sağlık güvenliğini ve biyolojik çeşitliliği etkiler. Örneğin arazilere ait degradasyonun tarımsal üretimi etkilemesi, toprağın ve suyun kirlenmesi gibi.

Taşkınların analiziyle ortaya çıkan taşkın tahminleri ve haritaları ile mekânın zarar görülebilirlik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesiyle risk analizleri gerçekleştirilmektedir. Böylelikle, tahmini taşkın sularına ait derinlik, hız ve sediment taşınım miktarlarına bağlı olarak etkisi altında bulunan her bir zarar görülebilirlik faktörünün risk haritası üretilir ve sonunda da bütün faktörler birlikte değerlendirilerek toplam taşkın risk haritaları ve hesaplamaları yapılır.

13.2. CBS'nin Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı

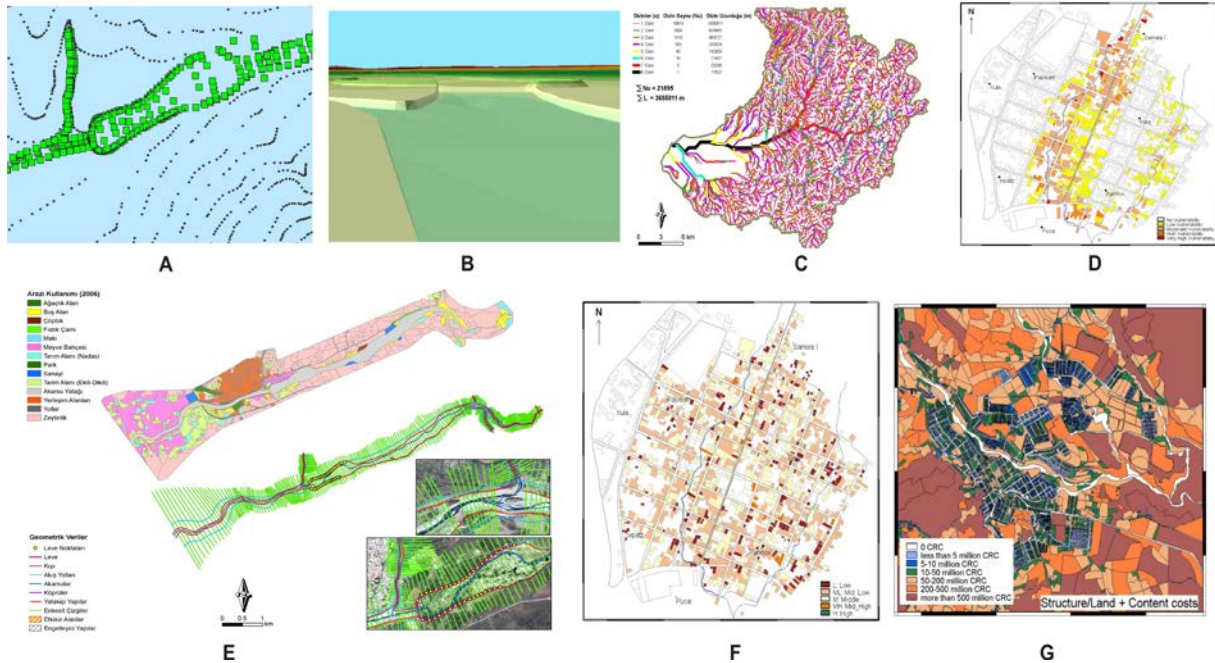
CBS, belli bir amaç doğrultusunda gerçek dünyaya ait mekânsal verilerin toplandığı, depolandığı, güncellendiği, dönüşüm, analiz ve haritalamanın yapılabildiği güçlü bir araçtır. Afetlere karşı riskin azaltılması da ancak alanlar ve doğal tehlikeler hakkında detaylı bilginin elde edilmesi, analizi, güncellenmesi, haritalanması ve buna karşı önlemlerin alınmasıyla mümkün olmaktadır. Doğal afetlerin bütününde olduğu gibi taşkınların analizinde de birçok faktörün değerlendirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı birçok parametrenin kullanılması ve bunların analiz edilmesi çok zaman alan ve pahalı olan işlemlerdir. Bu kapsamda CBS, doğal risklerin azaltılmasında yapılacak çalışmalar için vazgeçilmez bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. CBS teknolojilerinin gelişmesi ise bu aşamaların daha hızlı ve kolay gerçekleştirilmesini sağlamıştır.

UZAL ve CBS teknolojileri kullanılarak Sayısal Arazi Modellerinin (SAM) kolay ve yüksek kalitede üretilebilmesi, yer bilimleriyle ilgili bütün çalışmaların CBS ortamında yoğunlaşmasını kolaylaştırmıştır. Şekil 1'den de anlaşılmaktadır ki, taşkınların tahmin ve risk analizindeki bütün aşamalarda CBS önemli rol oynar. Özellikle taşkın risk analizi, yapıldığı döneme ait olup, riskin daha iyi yönetilebilmesi için devamlılığı sağlanarak belirli periyotlarda çalışmalar yenilenmelidir. Burada CBS, veri güncelleme ve analizleri tekrarlama açısından önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

Taşkın tahmini ve risk analizinde CBS'nin kullanıldığı başlıca alanları Şekil 13.1'deki sırayı takiben şu şekilde maddeleyebiliriz;

- Eşyüksekti eğrilerinden ve GPS noktalarından SAM üretimi (Şekil 13.2A-B),
- Havza ve alt havzalara ait sınır özelliklerinin belirlenmesi,
- SAM verisinden havzanın jeomorfolojik üniteleri ve akarsu ağlarının çıkartımı
- Akarsu ağlarına ve yataklarına ait morfometrik analizleri (Şekil 13.2C),
- Havzaların eğim ve bakı özelliklerinin belirlenmesi,
- Havzaların toprak özelliklerinin belirlenmesi ve hidrolojik toprak gruplarına ait haritaların üretimi,
- Yağışlara ait dağılış haritalarının üretilmesi,
- Sıcaklıklara ait dağılış haritalarının üretilmesi,
- Hidrolik modellemede kullanılacak olan akarsu yataklarına ait geometrik özelliklerin tanımlanması ve topolojilerinin oluşturulması (akarsular, kıyı özellikleri, akış yolları, engelleyici yapılar, etkisiz alanlar, enkesitler, leveler, köprüler, yatağa enine ve boyuna yapılar vb.) (Şekil 13.2E),

- Taşkınların etkileme alanı içindeki bütün yapılar (konutlar, kamu binaları, sanayi yapıları, ulaşım ağı, iletişim ağı ve bütün diğer alt yapı sistemlerine ait mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin girilmesi ve analizi (Şekil 13.2D),
- Tarımsal üretim alanları, sanayi alanları, turizm alanlarının mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin girilmesi ve analizi (Şekil 13.2G),
- Nüfus sayısı, özellikleri, eğitim durumu, gelir durumu, kültürel özellikleri ve afet hakkındaki algılama düzeylerinin bina ölçeğinde mekânsal ve mekânsal olmayan verilerinin girilmesi ve analizi (Şekil 13.2F),
- Akarsu yatakları ve çevresindeki mevcut flora, fauna ve doğal kaynaklara ait özelliklerinin belirlenmesi, bütün bu doğal kaynakları tehlikeye atan veya atma ihtimali olan unsurların tanımlanması ve analizidir.



Şekil 13.2: CBS'nin taşkın riski çalışmaları için kullanıldığı bazı alanlar A) SAM için GSP noktaları ve izohipslerin veri girişi (Özdemir, 2007a), B) SAM'ın üretilmesi (Özdemir 2007a), C)DEM'den akarsu ağlarının üretimi ve drenaj ağı özellikleri (Özdemir ve Bird, 2008) D) Binalara ait zarar görülebilirliklerin belirlenmesi (Guarin, 2003), E) Geometrik verilerin oluşturulması (Özdemir, 2007a), F) Bina ölçeğinde gelir düzeyine göre zarar görülebilirlikler (Guarin, 2003), G) Risk altındaki öğelerin ekonomik değerlerine ait zarar görülebilirlik (Coto, 2002).

13.3. UZAL'nın Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı

Uzaktan Algılama (UZAL) verileri (uydu görüntüsü, hava fotosu gibi) arazideki bitki örtüsü, su, jeolojik özellikler, arazi kullanım özelliklerindeki değişimlerin farklı ölçek ve zamanlarda ortaya konması ve haritalanmasında büyük kolaylıklar sağlar. Uydu

görüntülerinin sahip oldukları mekânsal - zamansal çözünürlük ve optik - radar görüntü özellikleri taşkın afeti öncesi, sırası ve sonrasında yapılacak birçok çalışma için vazgeçilmez veri kaynakları olmasını sağlamıştır. Buna göre, farklı zamanlı uydu görüntüleri, taşkın afetinin meydana geldiği alanlarda, taşkın sırası ve sonrasında, taşkın yayılım alanını, etkilediği alanları belirleme, izleme, hasar tespiti yapma bakımından önemli bir yere sahiptir. Taşkın meydana geldiği zamanda bulutlu atmosferik koşulların hâkim olmasından dolayı, bulut örtüsünden etkilenmeyen radar görüntülerinden (ERS, RADARSAT) maksimum düzeyde faydalanılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntüleriyle (QUICKBIRD, IKONOS, ORBVIE vb.), taşkın öncesinde sahalara ait detaylı veri tabanları oluşturulmaktadır. Farklı zamanlı uydu görüntüleriyle de taşkınların meydana geldiği alanlarda günlere bağlı olarak suyun hareketliliği izlenebilmektedir (Özdemir, 2007b).

UZAL verilerinin diğer bir kullanımı ise hidrolojik ve hidrolik modellemelere veri sağlaması şeklindedir. Bu modellemelerde arazi kullanımı/örtülerine ait (Manning) pürüzlülük katsayıları önemli bir yere sahiptir. Arazi kullanımı/örtülerine ait bu değerler taşkın yataklarındaki arazi örtülerinin bir fonksiyonu ve akım karşısındaki duyarlılığın bir göstergesidir. Bu önemli faktörün belirlenmesi, detaylı ve gerçek arazi örtüsüne ait bilgiler çoğu zaman mevcut olmadığından zordur. Ayrıca taşkınlardan sonra hangi alanların etkilendiğinin belirlenmesi de arazi kullanımı/örtülerinin belirlenmesini önemli kılan nedenlerden birisidir. Bu amaçla yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (QUICKBIRD, IKONOS vb.) taşkın yataklarındaki detaylı arazi kullanımı çıkartımının yapılması ve bunlara ait Manning değerlerinin doğru bir şekilde atanmasını kolaylaştırması bakımından önemlidir.

Taşkın tahmini ve risk analizinde UZAL'nın kullanıldığı alanları Şekil 1'deki sırayı takiben şu şekilde maddeleyebiliriz;

- SAM üretiminde uydu görüntüleri değişik avantajlar sunmaktadır. Üretilen arazi modelleri uyduların özelliklerine bağlı olarak değişik çözünürlüklerde ve doğrulukta olmaktadır. Ayrıca gelişen teknolojiler ile InSAR (Interferometik Synthetic Aparture Radar) ve LIDAR (Light Detection and Ranging) ile SAM üretimi daha yüksek çözünürlükte olmaktadır (Şekil 13.3A-B).

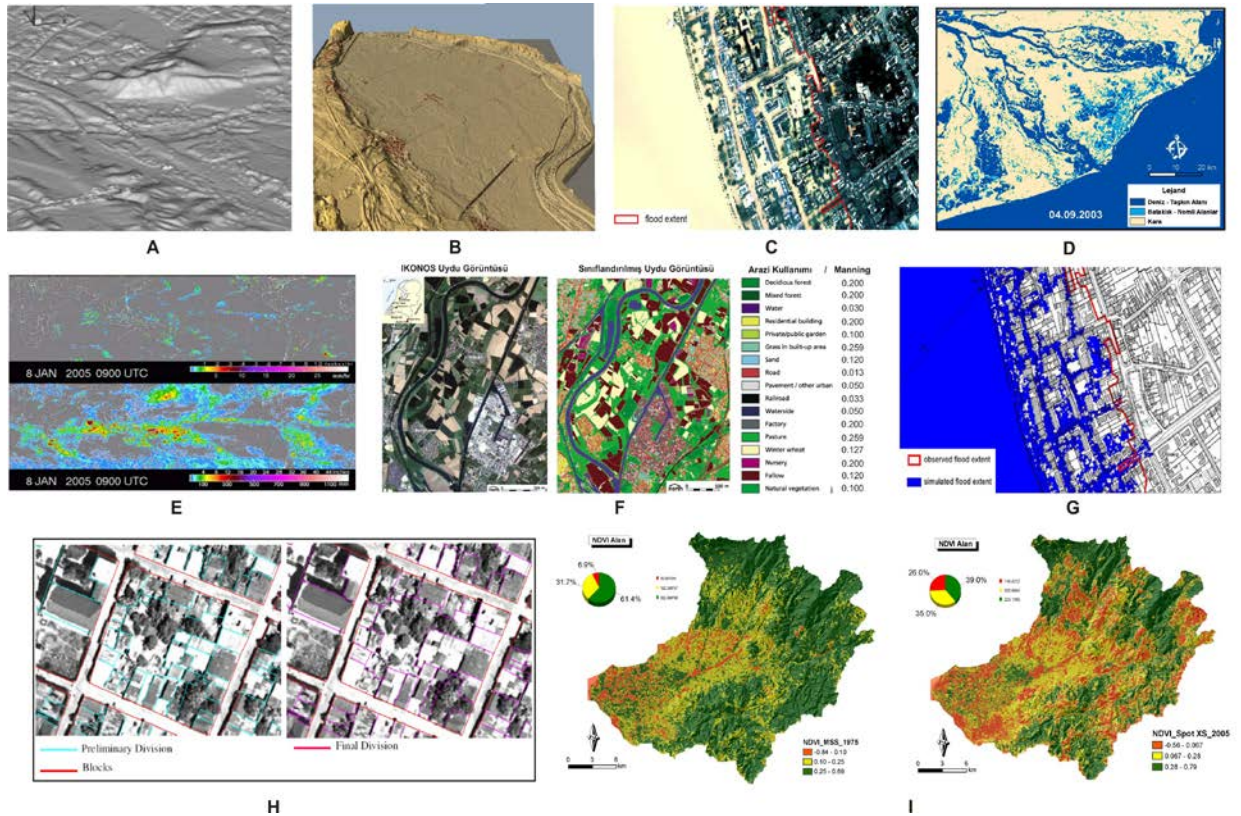
- Jeomorfolojik çalışmalarda, stereo uydu görüntülerinde ve lazer tarayıcılardan üretilen SAM'dan havzaların detaylı jeomorfolojik ünitelerinin çıkartılması, zemin ve toprak özelliklerinin ortaya konması, akarsu yataklarına ait morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde yararlanılmaktadır.

- Meteorolojik uydu görüntüleri ve radar verileriyle, hava hareketleri izlenebilmekte ve havzalar üzerine düşecek muhtemel yağış miktarı üzerine tahminler yapılabilmektedir. Akım istasyonu olmayan havzalarda yağış-akış modellerinin oluşturulmasında havza geneli için detaylı arazi kullanımı/örtüsü verilerinin temini uydu görüntüleriyle sağlanabilmektedir (Şekil 13.3 E-F).

- Akarsu yatakları üzerindeki geometrik yapıların, hidrolik modellemeler için oluşturulması, güncellenmesi ve ayrıca hidrolik modellerde kullanılacak akarsu yatak içi ve

çevresi arazi kullanım türlerine ait Manning değerlerinin belirlenmesinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri önemli yere sahiptir. Bunun yanında taşkınlar anında radar görüntüleriyle tespit edilen taşkın yayılış alanları, oluşturulacak hidrolik modellerlere ait sonuçların kalibrasyonunda kullanılması açısından önem arz eder (Şekil 13.3C-D-F-G).

- Taşkınlardan etkilenecek alanlardaki bütün fiziksel yapıların belirlenmesi, veri girişi ve güncellenmesi, sahalara ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile mümkün olmaktadır (Şekil 13.3H).
- Taşkın etki alanları içindeki tarımsal faaliyetlerin belirlenmesi, rekolte tahminleri, sanayi alanlarının ve turizm açısından önemli alanların belirlenmesi, veri girişi ve güncellenmelerine ait bütün veri tabanlarının oluşturulmasında yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri büyük kolaylıklar sağlar.
- Büyük akarsu yatakları etrafındaki çevresel kirleticilerin belirlenmesi, havzalardaki orman tahribatının izlenmesi ve ortaya konması gibi birçok faktörün veritabanının oluşturulması ve analizinde uydu görüntüleri kolaylıklar sağlar (Şekil 13.3I).



Şekil 13.3: UZAL'nın taşkın tahmini ve risk analizindeki kullanımına bazı örnekler A) IfSAR'dan üretilmiş yükselti modeli (Sanders, 2007), B) LIDAR teknolojisi ile üretilmiş yükselti modeli (Alkema, 2007), C) Hava fotosundan taşkın sınırının belirlenmesi (Uhrich vd., 2007), D) Radarsat görüntüsünden taşkın alanlarının belirlenmesi (Özdemir, 2007b), E) NASA TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) ait yağmur oranını gösteren görüntü (Hong vd., 2007), F) IKONOS uydu görüntüsünden detaylı arazi kullanımlarının çıkartımı ve

Manning değerlerinin belirlenmesi (Van Der Sand vd., 2003), G) Hidrolik modelleme sonucu ile uydu görüntüsünden elde edilen taşkın sınırlarının karşılaştırılması (Uhrich vd., 2007), H) Uydu görüntüsünden taşkınların etki alanındaki binaların çıkartımı (Guarin, 2003), I) Havzadaki bitki örtüsü değişiminin uydu görüntüsüyle takibi (Özdemir, 2007a).

13.4. Hidrolik Modellemenin Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı

Taşkınlar genellikle, havzaların aşağı kesimlerinde, eğim değerlerinin ve topografik değişkenlerin azaldığı alanlarda meydana gelirler. Bu alanlar aynı zamanda insan ve onun faaliyetleri için vazgeçilmezdir ve insanoğluna birçok olanaklar sunar. Bundan dolayıdırki, taşkın ovalarındaki kentsel gelişim nüfustaki artmaya da bağlı olarak, hergeçen gün artış göstermektedir. Taşkın ovalarında, akarsulara ait doğal yatakların insan tarafından istila edilmesinden dolayı, akarsular tarafından gelecek tehlikelerin büyüklüğü ve şiddetini azaltmak için, akarsu yatakları üzerinde bazı yapısal önlemlerin (yatak ıslahı, bendler, savaklar, barajlar vb.) alınması zorunlu hale gelmiştir. Gerek taşkın ovalarındaki yerleşmelerin planlanması gerekse akarsu yatakları üzerinde alınacak yapısal önlemlerin yer, miktar ve gerekliliğini karar vermede taşkın modellemelerinin önemi büyüktür. Burada hidrolik modellemeler ön plana çıkmaktadır. Modellemeler yapılmaksızın, taşkın etkileme alanındaki yapıların inşa edilmesi, gelecekteki afetlere zemin hazırlamaktadır. Bundan dolayı özellikle taşkın üreten akarsu kıyılarındaki kentsel planlamalarda potansiyel taşkınların etkileme alanlarının bilinmesi önemlidir. Modellemelerle belirlenen taşkında, su yüzeylerinin yüksekliği tahmin edilebilir ve böylece akarsuların taşkın yatakları üzerindeki yanlış arazi kullanımlarını taşkından korumak için önlemler alınabilir. Hidrolik analizlerle akarsu yatakları üzerinde köprü, savak, leve, baraj ve kanal düzenlemesi gibi çalışmalar da daha doğru ve uygun yapılabilir.

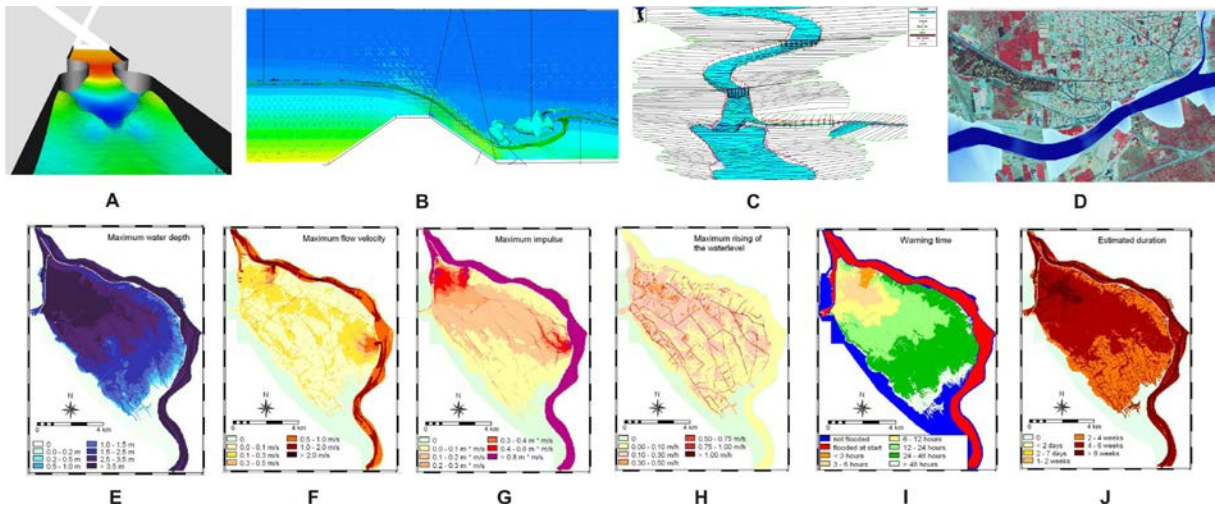
Hidrolik modellemelerde taşkın yataklarındaki akımların sayısal modellemesi değişik yazılımlarda farklı sayısal temele bağlı olarak yapılmaktadır. Bu modeller, 3D akım modeli, 2D akım modeli, 1D akım modeli ve 0D akım modelidir (Woodhead, 2007). Bütün bu akım modellerinde amaç, taşkın anındaki su akımlarını en iyi şekilde anlamak ve akım değerleri, taşkın su seviyeleri, taşkın suyu yayılım alanları ve suların akış hızları gibi bazı önemli parametreleri elde ederek taşkın yataklarının yönetimini daha iyi yapabilmektir. Değişik akım modelleri ve bunlara ait genel özellikler aşağıda verilmiştir.

- *3D (Üç boyutlu) Akım Modeli:* Akarsu kanalı ve yakın alanlar için kullanılır. Akarsulara ait akımların türbülanslı, basınçlarının hidrostatik olması, erozyon ve sedimantasyonun üç boyutlu karakter göstermesinden dolayı 3D akım modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu akım modeli, RANS (Renolds Averaged Navier-Stokes) formülünün üç boyutlu çözümüne dayanır. CFX, FLUENT ve PHEONIX, 3D akım modelini kullanan başlıca yazılımlardır (Şekil 13.4).

- *2D (İki boyutlu) Akım Modeli:* Eğimi az ve düze yakın arazilerde bütün akımlar akarsuya paralel olarak meydana gelmezler. Ayrıca bu arazilerde insan yapımı yapıların

mevcudiyeti, modellerin akım hesaplamalarında X ve Y yönünü kullanmasına neden olmaktadır. Bu akım modeli, De Saint-Venant formülünün iki boyutlu çözümüne dayanmaktadır. MIKE 21, TELEMAC 2D ve SOBEK bu akım modelini kullanan yazılımlardır.

- **1D (Bir boyutlu) Akım Modeli:** Bu akım modeli, havza analizleri ve akarsu akımlarının daha önce tanımlanmış kanal yönü doğrultusundaki meydana gelecek akımları için uygulanmaktadır. 1D akım modelinde, akarsu akım yönüne dikey çıkartılmış olan ve araziye yansıtan enkesitler üzerinde ortalama su derinliği ve akım hızlarının hesaplamaları yapılır ve akımın sadece bir yönde (akış yönünde) dağıldığı kabul edilir. Model Saint-Venant formülünün tek boyutlu çözümüne bağlı olarak çalışmaktadır. MIKE 11 ve HEC-RAS bu akım modelini kullanan yazılımlardır (Şekil 13.4).



Şekil 13.4. Hidrolik modellemenin taşkın tahmini ve risk analizindeki bazı uygulamaları A) 3D akım modeliyle su hızına ait haritalama (Wright, 2008), B) Suların setti aşmasının 3D akım modeliyle modellenmesi (Morvan, 2008) C) 1D akım modeliyle Havran Çayı'nın güncel yatak özelliklerine bağlı olarak taşkın modellenmesi (Özdemir, 2007a), D) Yapay kanal sonrası Havran yerleşmesindeki taşkın 1D akım modeline göre yayılımı (Özdemir, 2007a), E) Ziltendorfer Niederund taşkınının (1997) 2D akım modeliyle üretilen derinlik haritası (Alkema, 2007), F) 2D akım modeliyle üretilen akım hızı haritası (Alkema, 2007), G) 2D akım modeliyle üretilen maksimum etki haritası (Alkema, 2007), H) 2D akım modeliyle üretilen maksimum su seviyesi yükselmesi haritası (Alkema, 2007), I) 2D akım modeliyle üretilen uyarı zamanı haritası (Alkema, 2007), J) 2D akım modeliyle üretilen tahmini su kalış süresi haritası (Alkema, 2007).

- **0D (Sıfır boyutlu) Akım Modeli:** Bazı kesin durumlarda taşkınların yayılım alanlarını tesbit etmek için model kullanmaya gerek yoktur. Bu durumlarda sadece bir akarsu kolu üzerinde, taşkın anı ölçülen su seviyesi veya taşkın sıklık analizleriyle üretilen tahmini taşkın seviyelerinin SAM üzerindeki karşılıklarıyla enterpolasyonu yapılarak taşkın yayılım haritaları üretilebilmektedir. Bu çalışmayla taşkın yayılım alanı yanında derinlik ve hacim hesaplamasını yapmak mümkündür. Bates ve De Roo (2000) yapmış olduğu hidrolik model

ve 0D akım modeli karşılaştırmasında benzer sonuçlar elde etmiştir. Fakat akım ölçüm istasyonundan uzaklaştıkça hata oranında artış olmakta ve hidrolik modelin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. SAM'ın işlenebildiği bütün CBS yazılımlarında bu yöntemi kullanmak mümkündür.

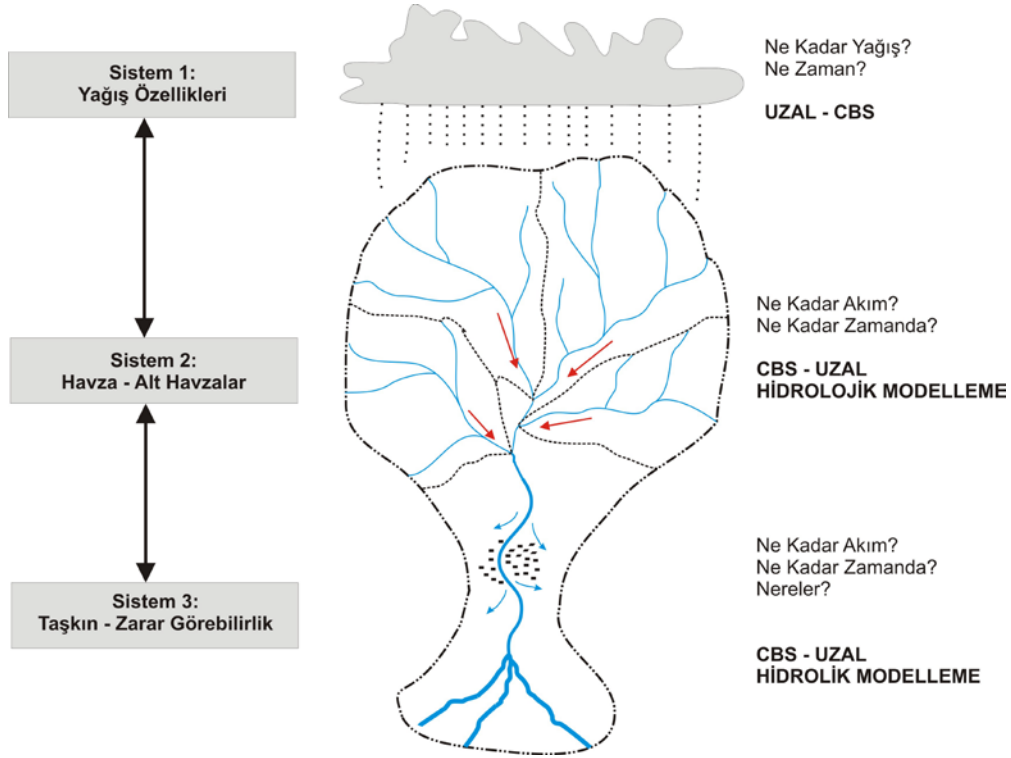
Kullanılan bu akım modelleriyle ve akarsu yatağının özelliklerinin yansıtılmasıyla taşkınların ve olası taşkınların yayılış alanları daha gerçekçi belirlenebilmekte ve su kütlelerinin hızları ve sediment taşıma miktarları haritalanabilmektedir. Bütün bu taşkınlara ait özellikler risk analizi çalışmalarında önemli parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu özelliklerin taşkın riski altındaki unsurları etkileme oranlarıyla da risk haritalarını üretmek mümkündür.

13.5. CBS-UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu

Taşkınların modellenmesi, akarsu yataklarının belirli kısımları için yapılabildiği gibi daha gerçekçi çözümler için havza bazlı ele alınıp bütün akarsu kanalı boyunca yapılabilmektedir. Havzalara özellikle yukarı kesimlerine düşen yağış miktarlarının belirlenmesi ve analizinden, havzaların aşağı kesimlerindeki taşkınların etkilediği alanların ortaya konması ve analizine kadarki aşamalarda CBS, UZAL ve hidrolik modellemelerin yoğun kullanımını görmek mümkündür (Şekil 13.2,3,4, 5). Havza genelinde taşkın tahmini ve risk analizinin yapılabilmesi için Şekil 13.5'te verilen üç sistemin detaylı ele alınması gerekmektedir. Bunlardan birinci sistem olan yağış özelliklerinde, havzalara düşen yağmur miktarı, havzaların üst kesimlerindeki kar örtüleri ve havza için yağış üreten hava hareketlerinin belirlenmesinde UZAL ve haritalanmasında ise CBS önemli rol oynar. İkinci sistem ise havza ve alt havzalardır. Havzaya düşen yağış miktarının nekadarcının akışa geçtiğini ve nekadarcı sürede havza çıkış noktasına ulaştığını belirlemek için alt havzalara düşen yağmurun akışa geçmesinde etkili olan bütün faktörlerin araştırılması gerekmektedir. Burada jeomorfolojik ve hidrolojik özelliklerin detaylı analizlerinde CBS – UZAL ve akım ölçüm istasyonlarının olmadığı alt havzalar için hidrolojik modellemeler (yağış-akış modelleri) önemli yer tutar. Üçüncü sistem ise taşkınların havzanın aşağı kesimlerinde haritalanması ve buna bağlı risk analizleridir. Burada taşkın üretecek akımın nekadarcı olduğu ve nekadarcı zamanda yukarı havzalardan gelerek taşkın ovasına yayılacağı, su derinliği, su hızı, hangi alanların taşkınlardan zarar göreceğinin ortaya konması gibi çalışmalar önemlidir. Bunun için akarsuyun mevcut yatak formunun veya planlanan durumunun modele aktarılmasının yanında taşkın ovasındaki arazi kullanım özellikleri ve bunların zarar görabilirliklerinin de detaylı veritabanına ihtiyaç vardır. CBS-UZAL ve Hidrolik modellemelerin yoğun kullanıma sahip olduğu bu sistemde, çalışmanın hedefi olan taşkın tahmini ve risk analizi tamamlanmaktadır.

Taşkınların tahmini ve risk analizinde havzayı oluşturan bu üç sistemin birlikte değerlendirilmesi, herbir sistemin sonuçlarının diğer bir sistemde kullanılması bakımından CBS-UZAL ve Hidrolik modellemenin entegrasyonu önemlidir. Böylelikle üretilen taşkın haritaları ve buna bağlı risk haritaları daha gerçekçi ve doğru sonuçlar verecektir. Şunu da belirtmek gerekirken, bu sistemlerden ikinci alt sistemde, genellikle akım miktarları akım

gözlem istasyonlarından elde edilmekte ve bunların istatistiksel analizleriyle diğer alt sisteme veri sağlanmaktadır. Fakat bütün akarsu havzalarında akım gözlem istasyonları mevcut değildir. Bundan dolayı ikinci alt sistemden veri temini hidrolojik modellerle (yağış-akış ilişkileri) mümkün olmaktadır. Bu tür havzalarda CBS-UZAL-Hidrolik Modellemenin yanında hidrolojik modelleri de çalışmaya dahil etmek daha doğru olacaktır (Şekil 13.5).



Şekil 13.5. CBS – UZAL ve Hidrolik modellemenin taşkın çalışmalarındaki entegrasyonu.

Uygulamalar

- 1- <http://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/1816/800#.U75ZDiTfqHs> linkinde verilen “Çokal Barajı Çökme Modeli ve Taşkın Risk Analizi” başlıklı makaleyi okuyunuz.

Uygulama Soruları

- 1- Makalede verilen CBS'nin taşkınlar ile ilgili uygulamaları nelerdir?
- 2- Makaledeki UZAL'ın taşkın çalışmalarındaki kullanım alanları nelerdir?
- 3- Makaledeki hidrolik modellemelerin taşkın çalışmalarındaki kullanım alanları nelerdir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Sel ve taşkın çalışmaları, havzalar üzerine düşen yağışların tahmin ve analizini, akarsu havzalarının analizini, akarsu yatakları üzerinde yapılan ve yapılması planlanan yapıların da değerlendirildiği hidrolik analizleri, akarsu kıyısındaki ve taşkın yataklarındaki insan ve faaliyetlerinin analizini gerektirmektedir. Taşkın risk analizi ve yönetimi içinde yapılması gereken bu çalışmalar, içerikleri gereği yoğun veri ve ilişkiler bütününden meydana gelmesinden dolayı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UZAL) ve Hidrolik Modellemelerin kullanımıyla daha kolay ve az zamanda yapılabilmektedir. Elde edilen sonuçlar ise daha güvenilir ve gerçekçi olmaktadır. Bir çok ülkede taşkınların anlaşılmasına yönelik çalışmalarda CBS, UZAL ve Hidrolik modellemeler her geçen gün daha fazla kullanılmakta ve bununla ilgili olarak da literatür her geçen gün artmaktadır. Sel ve taşkın risk analizinde iki temel faktör olan doğal tehlike analizi (taşkın analizi) ve bu tehlikenin etkileyeceği unsurların zarar görebilirliklerine ait analizleri içermektedir. Bu analizlere ait detayşa üzerinde durulmuştur.

CBS ve UZAL'ın taşkın tahmini ve risk analizindeki kullanım alanlarıyla ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Buna göre taşkınların tahmin ve risk analizindeki bütün aşamalarda CBS önemli rol oynar. Özellikle taşkın risk analizi, yapıldığı döneme ait olup, riskin daha iyi yönetilebilmesi için devamlılığı sağlanarak belirli periyotlarda çalışmalar yenilenmelidir. Burada CBS, veri güncelleme ve analizleri tekrarlama açısından önemli kolaylıklar sağlamaktadır. UZAL ise farklı zamanlı uydu görüntüleri, taşkın afetinin meydana geldiği alanlarda, taşkın sırası ve sonrasında, taşkın yayılım alanını, etkilediği alanları belirleme, izleme, hasar tespiti yapma bakımından önemli bir yere sahiptir. Taşkın meydana geldiği zamanda bulutlu atmosferik koşulların hâkim olmasından dolayı, bulut örtüsünden etkilenmeyen radar görüntülerinden (ERS, RADARSAT) maksimum düzeyde faydalanılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntüleriyle (QUICKBIRD, IKONOS, ORBVIEW vb.), taşkın öncesinde sahalara ait detaylı veri tabanları oluşturulmaktadır. Farklı zamanlı uydu görüntüleriyle de taşkınların meydana geldiği alanlarda günlere bağlı olarak suyun hareketliliği izlenebilmektedir.

CBS ve UZAL'ın yanında hidrolik modellemeler de taşkın yataklarındaki akımların sayısal modellemesi farklı sayısal temele bağlı olarak yapılmaktadır. Bu modeller, 3D akım modeli, 2D akım modeli, 1D akım modeli ve 0D akım modelidir. Bütün bu akım modellerinde amaç, taşkın anındaki su akımlarını en iyi şekilde anlamak ve akım değerleri, taşkın su seviyeleri, taşkın suyu yayılım alanları ve suların akış hızları gibi bazı önemli parametreleri elde ederek taşkın yataklarının yönetimini daha iyi yapabilmektir.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi taşkınlara karşı alınacak önlem ve risk yönetimi çalışmalarında cevaplanması gereken sorulardan değildir?

- a) Daha önce hangi alanlarda taşkınlar meydana geldi?
- b) Taşkınların ortaya çıkardığı zararlar nelerdir?
- c) Risk altındaki alanları korumak için hangi yapısal önlemler gerekli?
- d) Aktif veya pasif uydulardan hangisi taşkın için daha kullanışlıdır?
- e) Meydana gelen taşkın nereleri etkiledi?

2. Aşağıdakilerden hangisi taşkın analizlerinde gerçekleştirilen bir işlem değildir?

- a) SAM üretimi
- b) Çevresel zarar görebilirlik
- c) Jeomorfolojik analizler
- d) Hidrolojik analizler
- e) Hidrolik analizler

3. Aşağıdakilerden hangisi CBS'nin taşkın tahmini ve risk analizlerinde yapılan işlemlerden birisi değildir?

- a) Arazi kullanım özellikleri ve değişiminin tespiti
- b) Eşyüksele eğrilerinden ve GPS noktalarından SAM üretimi
- c) Havza ve alt havzalara ait sınır özelliklerinin belirlenmesi,
- d) Yağışlara ait dağılım haritalarının üretilmesi
- e) Havzaların eğim ve bakı özelliklerinin belirlenmesi,

4. Aşağıdakilerden hangisi uzaktan algılama ile taşkın tahmini ve risk analizinde gerçekleştirilebilen bir özellik değildir?

- a) Taşkın etki alanı içerisinde yapısal unsurların belirlenmesi
- b) Arazi kullanımlarının belirlenmesi
- c) Hava hareketlerinin izlenmesi
- d) SYM üretimi
- e) Nüfus özelliklerinin belirlenmesi

5. – Su akımlarının anlaşılması

– Akım değerlerinin tespiti

– Taşkın su seviyelerinin belirlenmesi vb.

Yukarıda verilen işlemler aşağıda verilen hangi uygulama sonucunda elde edilir?

- a) CBS uygulamaları
- b) Hidrolojik analizler
- c) Hidrolik analizler
- d) Uzaktan algılama uygulamaları
- e) Zarar görebilirlik analizi

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Akarsulara ait akımların türbülanslı, basınçlarının hidrostatik olması, erozyon ve sedimentasyonun üç boyutlu karakter göstermesinden dolayıihtiyaç duyulmaktadır.

7. Taşkınlardan etkilenecek alanlardaki bütün fiziksel yapıların belirlenmesi, veri girişi ve güncellenmesi, sahalara aituydu görüntüleri ile mümkün olmaktadır.

8. Akım istasyonu olmayan havzalarda yağış-akış modellerinin oluşturulmasında havza geneli için detaylıverilerinin temini uydu görüntüleriyle sağlanabilmektedir

9. Doğal tehlike olarak taşkınların haritalanması bilgisayar modelleri üzerinde gerçekleştiği için her zamanihtiyaç vardır.

10....., bireyler ve toplumdaki eğitim düzeyine, barış ve güvenliğe, temel insan haklarının varlığına, iyi yönetim sistemine, sosyal eşitliğe, pozitif yöndeki geleneksel değerlere, bilgi düzeyine, gelenek ve ideolojik inançlara veya bunların tümünün birlikte değerlendiriliği bir sistemi içine alır.

Cevaplar

1)d, 2)b, 3)a, 4)e, 5)c, 6) 3D akım modeline, 7) yüksek çözünürlüklü, 8) arazi kullanımı/örtüsü, 9) Sayısal Arazi Modellerine, 10) Sosyal zarar görebilirlik

14. HEYELAN AFETİNDEKİ KULLANIMI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 14.1.** Heyelan ve Türlerinin Belirlenmesi
- 14.2.** Heyelan Duyarlılık Analizi ve Yaklaşımlar
- 14.3.** CBS ve UZAL'nın Heyelan Duyarlılık Analizindeki Kullanımı
 - 14.3.1.** Heyelan Duyarlılık Analizi
 - 14.3.2.** İndeks Metodu
- 14.4.** Heyelan Duyarlılık Haritalaması ve Doğruluk Analizi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Heyelan nedir ve türleri nelerdir?
- 2- Heyelan duyarlılığı ne demektir ve nasıl belirlenir?
- 3- CBS heyelan duyarlılık çalışmalarında nasıl kullanılır?
- 4- UZAL heyelan duyarlılık çalışmalarında nasıl kullanılır?
- 5- Duyarlılıklara ait doğruluklar nasıl belirlenir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
Heyelan ve türlerinin belirlenmesi	Heyelan ve türleri hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Heyelan duyarlılık analizi ve yaklaşımlar	Heyelan duyarlılık analizi yöntemlerinin neler olduğunu öğrenir.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
CBS ve UZAL'nın heyelan duyarlılık analizindeki kullanımı	CBS ve UZAL'nın heyelan duyarlılık analizindeki kullanımları hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak
Heyelan duyarlılık haritalaması ve doğruluk analizi	CBS ile Analiz sonuçlarının haritalanması ve doğruluklarının belirlenmesi hakkında bilgi sahibi olur.	Okuyarak, fikir yürüterek, araştırarak ve uygulama yaparak

Anahtar Kavramlar

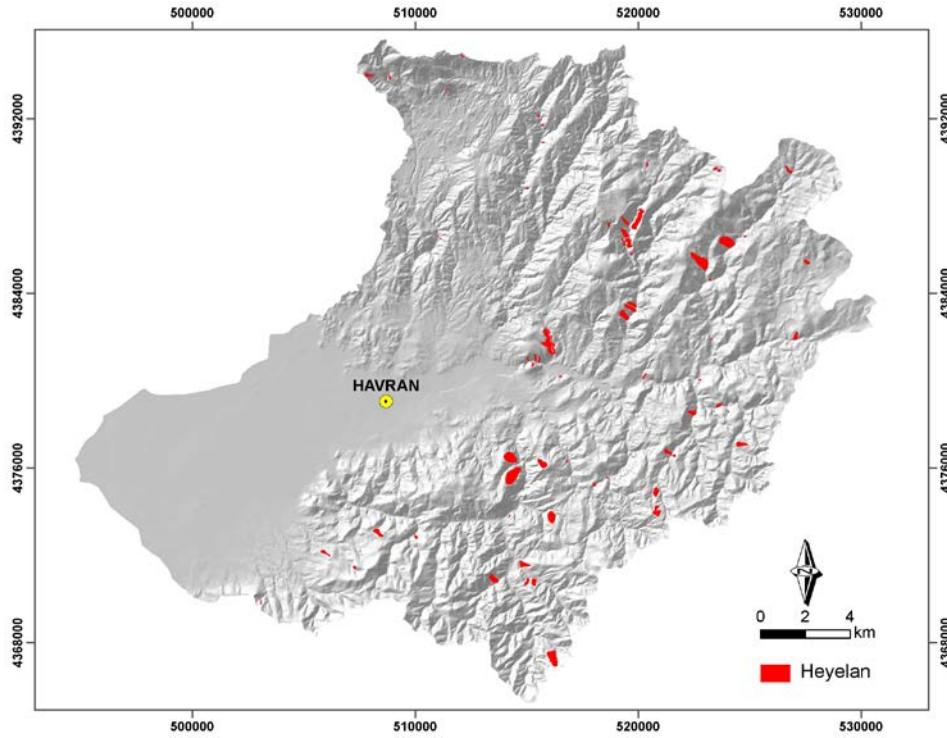
- Coğrafi bilgi sistemleri
- Uzaktan algılama
- Heyelan
- Duyarlılık analizi
- Doğruluk belirleme
- İndeks metodu

Giriş

CBS ve UZAL heyelan afetleri üzerinde birçok kullanım alanına sahiptir. Bütün bu kullanı alanları ilgili örnekler vermek bir haftalık bu ders notu içerisinde mümkün değildir. Bu nedenle heyelan çalışmalarında önemli bir yere sahip olan heyelan duyarlılık analizi çalışmalarında CBS ve UZAL'nın nasıl veri sağladığı ve analizleri gerçekleştirmede imkan sunduğu üzerinde durulacaktır. Bu bölümde heyelan duyarlılık için Özdemir (2007) tarafından yapılan Havran Çayı havzasındaki heyelan duyarlılık çalışması örnek olarak verilmiştir. Bu bölümde, sahadaki heyelanların tür ve dağılış özellikleri ve bu heyelanların meydana geldiği sahaların fiziki özellikleriyle benzer özellikler gösteren alanların belirlenmesi sonucunda, havzanın heyelana duyarlı alanları ortaya konmuştur. Sonuç olarak heyelan risk analizi çalışmasına altlık oluşturacak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

14.1. Heyelan ve Türlerinin Belirlenmesi

Heyelanı tanımlayana literatürde oldukça fazla tanım bulunmaktadır. Biz burada heyelanı “kaya, toprak ve döküntü kütleleri olan arazi parçalarının bir yamaç boyunca aşağıya doğru hareketi” olarak tanımlayabiliriz. Havran çayı havzası içerisindeki heyelanların belirlenmesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nden sahada meydana gelmiş heyelanlara ait verilerin temini, topografya haritalarında heyelan formunu gösteren alanların belirlenmesi ve arazi çalışmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında mevcut ve tespit edilen heyelanların dışında yeni heyelanlarda belirlenmiş ve bunlara ait alansal veriler GPS ölçümleriyle sağlanmıştır. Böylece detaylı heyelan envanteri oluşturulmuştur (Şekil 14.1). Bu veriler dışında uydu görüntüleri ve hava fotoları da heyelanların belirlenmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 14.1.Çalışma alanı içerisinde belirlenen heyelanlar.

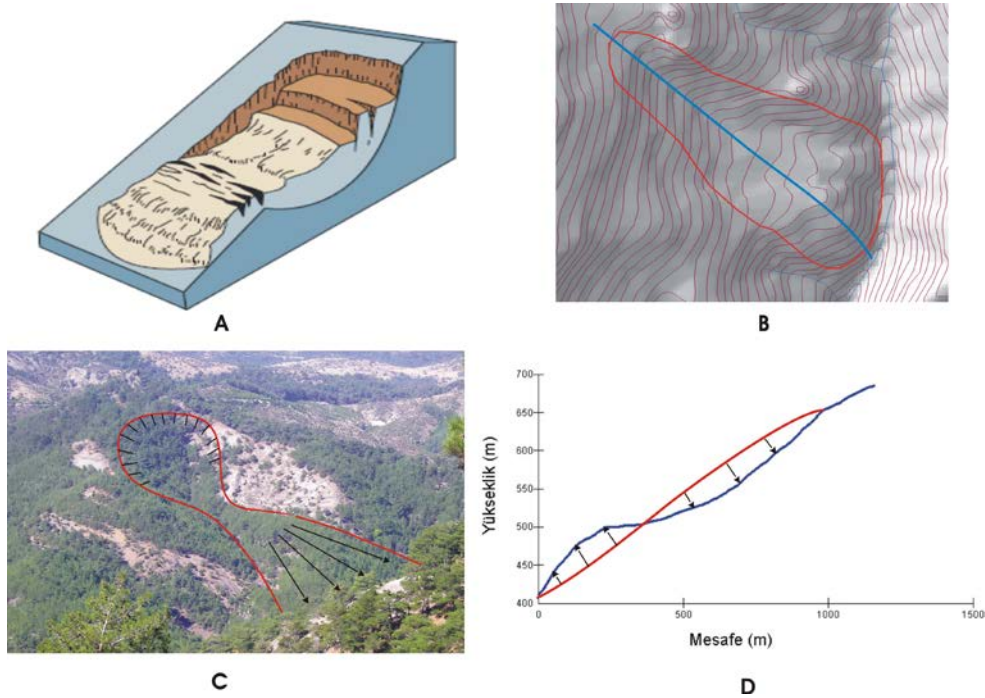
Varnes (1978) ve Dikau vd. (1996) heyelan sınıfları baz alınarak, sahada belirlenen heyelanların tür ayrımları yapılmıştır. Heyelan sınıfları ve bunlara ait bazı istatistiki özellikler Tablo 14.1’de verilmiştir.

14.1.Sahadaki heyelanlara ait bazı istatistiki özellikler.

Türler	Sayısı	Toplamdaki Yüzde %	Alan (m ²) Min.	Alan (m ²) Maks.	Toplam Alan (m ²)	Alan Yüzde %
Dönel Kayma	42	50	590	338519	2979800	73.3
Kaya Düşmesi	20	23.8	1567	262427	857093	21.1
Yamaç Döküntüsü	15	17.8	641	45677	183800	4.6
Yüzeysel Akma	4	4.8	4350	10985	28671	0.7
Blok Devrilmesi	3	3.6	3301	3887	10560	0.3
Toplam	84	100	590	338519	4059924	100

Buna göre, sahada toplamda 84 heyelan tespit edilmiş olup, dönel kayma türü heyelanlar sayı olarak en fazla olan heyelanlardır. Bunu kaya düşmeleri, yamaç döküntüsü, yüzeysel akma ve blok devrilmeleri takip eder. Alansal olarak çok büyük olmayan heyelanların minimumu 590 m² alana sahip olup, maksimumu ise 338519 m² dir. Toplam belirlenen alan ise 4059924 m² dir. Belirlenen heyelanların, aktif, aktif olmayan, meydana gelme zamanları, tekrarlama sıklıkları gibi bilgileri mevcut olmadığından bu özellikler çalışmada değerlendirilmemiştir. Belirlenen heyelan türlerine ait bazı açıklayıcı özellikler aşağıda verilmiştir.

Dönel Kayma: Dönel kayma heyelan türü, sahada tespit edilen heyelanların yarısını oluşturmaktadır. Alansal olarak değişik aralıklarda olan bu heyelanların (590 m² – 338519 m²) belirlenmesinde topografik haritalar ve arazi çalışmalarından faydalanılmıştır (Şekil 14.2). Toplam alansal değerleri ise belirlenen heyelanların toplam alanının %73.3'ünü oluşturmaktadır (Tablo 14.1). Dönel kayma, Varnes (1978) tarafından, yamaç eğrilerine paralel olarak meydana gelen ve içbükey özelliği gösteren, üst kısmında kopma yamacının kolay bir şekilde gözlenebildiği hareketler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca tek bir dönel kayma türü, bu özelliğinin yanında içbükey kısmın arkasında çatlakları olan, taşınan materyalin biriktiği kısımda basınç sırtları, ayaklar kısmı ve parmak gibi şekillerin bulunduğu bir özelliğe sahiptirler. Aktif veya yeni meydana gelmiş dönel kaymaların olduğu alanda görülebilen bütün bu özelliklere sahadaki heyelanlarda rastalanamamıştır. Bunun nedeni, sahadaki dönel kayma türü heyelanların üstlerinin kısmen orman örtüsü ile kaplı olması ve bu özelliklerinin deforme olmasındadır. Dolayısıyla sahadaki dönel kayma türü heyelanlar oldukça eski heyelanlardır. Oluşum nedenleri olarak sahanın içinde bulunduğu tektonik özelliklerden dolayı tektonizmaya bağlamak mümkündür.



Şekil 14.2.Dönel kaymaya ait şekiller a) blok diagram b) eşyüksekti eğrilerindeki görünümü c) araziden bir örnek d) boyuna profil, içbükey – dışbükey kesimler.

Kaya Düşmesi: Tespit edilen heyelanların içinde sayı ve alansal büyüklük olarak kaya düşmeleri ikinci sırayı alırlar. Kaya düşmelerinin envanteri, yapılan arazi çalışmaları sırasında çıkartılmıştır. 20 tane olarak belirlenen ve toplam alanı 857093 m² olan kaya düşmeleri, sayı olarak toplamın %23.8 ini, alansal yüzdenin de % 21.1'ini oluşturmaktadır. GPS ölçümleri ile alansal özellikleri çıkartılan kaya düşmeleri, 1567 m² ile en en küçük alana sahipken, 262427 m² ile en yüksek alan değerine sahiptir (Tablo 14.1). Maksimum alansal büyüklük, yamaç boyunca meydana gelen kaya düşmesinin görüldüğü alanların bütün olarak ele alınmasından dolayıdır. Arazi çalışmaları sırasında belirlenen kaya düşmelerinin çoğunluğu yol yapımından kaynaklanan yamaç dengesi bozulmalarından dolayı oluştuğu görülmüştür (Foto 14.1). Bunların haricinde, günlenme neticesinde ortaya çıkan fiziksel parçalanmanın neden olduğu kaya düşmelerine rastlamak da mümkündür (Foto 14.1). Çok dik yamaçlarda görülen kaya düşmeleri hızlı meydana gelen heyelan türüdür (Dikau vd., 1996). Havza içerisinde yer alan Çakırdere Köyü, 1970 li yıllarda yerleşmenin batı kenarında yükselen adezit kaya bloklarının fiziksel parçalanma sonucu oluşan kaya düşmelerinden etkilenmiştir.

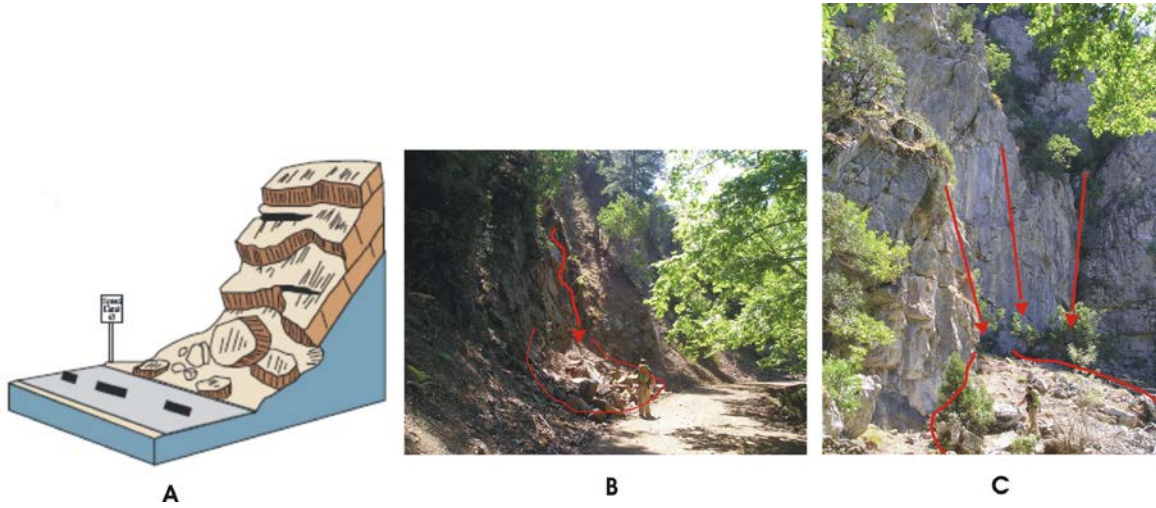


Foto 14.1.a) Kaya düşmesi blok diagram, b) yol açması, c) fiziksel parçalanma.

Yamaç Döküntüleri: Arazi çalışmaları sırasında kayda değer 15 adet yamaç döküntüsü belirlenmiş olup, kapladıkları alan olarak kaya düşmelerinden sonra üçüncü sırada yer alırlar. Yamaç döküntüleri, bitki örtüsü, eğim ve litolojik uygunluğun olduğu alanlarda koni şeklinde yamaçlardan akan döküntülerden oluşmaktadırlar (Foto 14.2). Belirlenen heyelanların %17.8'ini oluşturan yamaç döküntüleri, 183800 m²'lik toplam alanlarıyla da % 4.6 gibi değere sahiptir (Tablo 14.1). GPS ile alansal özelliklerin belirlendiği yamaç döküntüleri 641 – 45677 m² gibi değişen alansal büyüklüklerine sahiptir.

Yüzeysel Akmalar(Toprak Kaymaları): Sahadaki dördüncü tip heyelanlar yüzeysel akmalardır (Foto 14.2). Yapılan arazi çalışmalarıyla belirlenen bu tip heyelanların sayısı 4 tür. Toplam heyelan sayısındaki oranı % 4.8 gibi az bir değerdir. 28671 m² toplama alan sahip heyelan tipinin toplam heyelan alanlarındaki oranı ise % 0.7'dir (Tablo 14.1). Yağışlı dönemlerde su ile doymun hale gelen ve bu şekilde bütünüyle kayganlaşan toprağın yer aldığı yamaçlarda meydana gelirler. Kuru toprak akması çok nadir olarak gerçekleşir (Dikau vd., 1996).

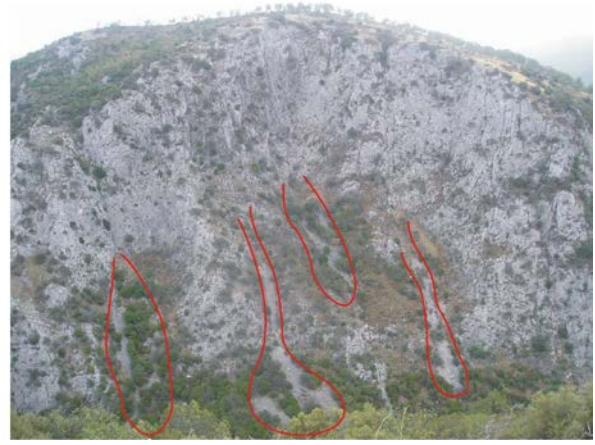
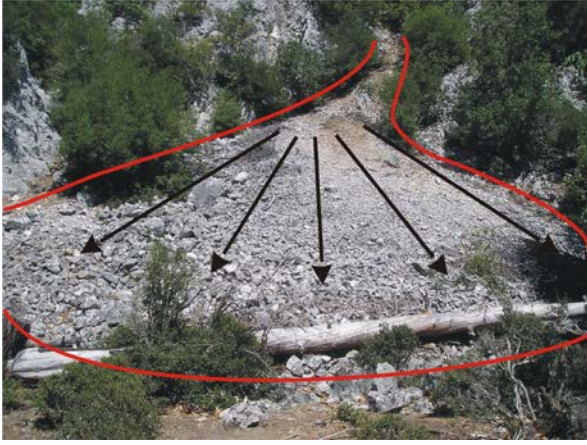


Foto 14.2.Kireçtaşının olduğu alanlardaki yamaç döküntüleri.



A



B

Foto 14.3.Yüzeysel akma a) blok diagram b) sahadan bir örnek.

Blok Devrilmeleri: Sahada belirlenen heyelanların sonuncusu blok devrilmeleridir (Foto 14.4). Sahada 3 yerde rastlanan blok devrilmeleri andezit blokların bulunduğu alanlarda yer alırlar. Çok fazla alan kaplamayan bu heyelan türü, toplamda %0.3 lük bir alan kaplar (Tablo 14.1). Bu tipte bloklar arasında, yaklaşık yamaca paralel olarak tansiyon çatlakları, yarıklar yer alır (Dikau vd., 1996) (Foto 14.4). Meydana gelebilmesi için kaya düşmelerinde olduğu gibi oldukça dik bir eğim gerekmektedir. Bu tür heyelanlar, yavaş yavaş ilerleyen ayrışma veya erozyonla blok altında yer alan materyalin kaybı sonucunda, toprak nemindeki değişikliklerle içindeki kil minerallerinin şişme ve büzülmesiyle veya blok altının oyulması ve tahribi sonucunda meydana gelirler (Dikau vd., 1996).

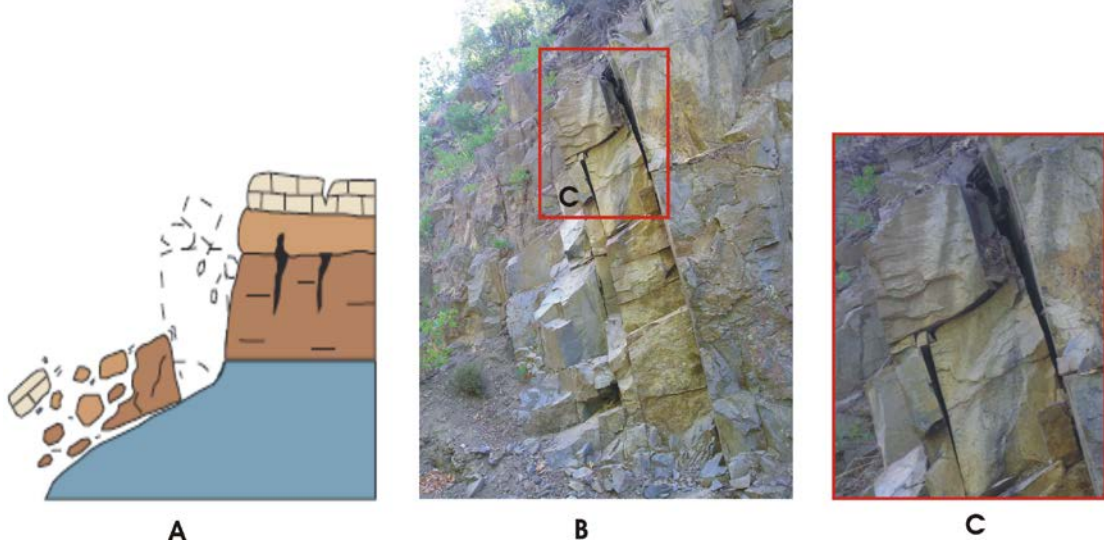


Foto 14.4.Blok devrilmesi a) blok diagram b)blok devrilmesi c) bloklar arası çatlaklar.

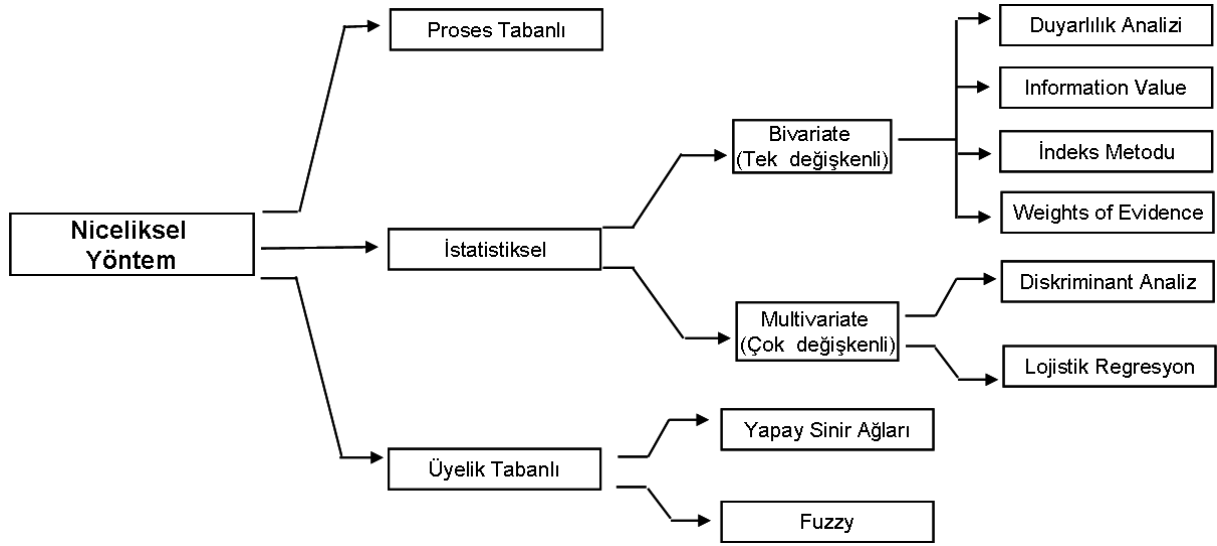
Sahada belirlenmiş olan 84 tane heyelan, genel olarak havzanın her tarafına yayılmış durumdadır. Fakat yoğunlaşılın alanlar güney, doğu ve kuzeydoğu kesimleridir (Şekil 14.1). Bu kesimlerde yoğunlaşmasının nedeni olarak, gerek sahanın sahip olduğu litolojik özelliklerin uygunluğu, gerekse morfometrik özellikler bahsinde değinilen özelliklerin ve tektonik aktivitelerin bu alanlarda yoğunluk kazanması gibi nedenlere bağlamak mümkündür. Daha öncede belirtildiği gibi bu heyelanlar, topografik haritalar ve arazi çalışmaları sırasında tespit edilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında havzanın bütün ana kolları dolaşılmış, fakat buna bağlı yan kolların hepsi incelenememiştir. Bunun için heyelan duyarlılık analizi çalışmaları belirlenen bu 84 heyelan üzerinden yapılmıştır.

14.2. Heyelan Duyarlılık Analizi ve Yaklaşımlar

Heyelan duyarlılık analizi, uygun fiziki faktörlere bağlı olarak bir bölgedeki benzer özelliklere sahip olan alanlarda heyelanın meydana gelebileceği tahmini üzerine yapılan çalışmalardır. Heyelan analizlerinde genel olarak meydana geliş zamanları ve meydana gelmesinde esas etkiye sahip olan tetikleyici unsurlara ait bilgi eksikliği, bu faktörlerden bağımsız olarak gerçekleştirilen duyarlılık çalışmaları üzerinde yoğunlaşılmasına neden olmuştur. Böylece üretilen duyarlılık haritalarıyla, heyelanlara yatkın olan ve meydana gelme olasılığı fazla olan alanların tespiti yapılabilmektedir.

Duyarlılık analizleri için kullanılan bu yöntemlerde, gelecekteki heyelanların tespit çalışmaları veya meydana gelme ihtimalinin fazla olduğu alanların tahmini, geçmişte meydana gelmiş yamaç duraysızlıklarına bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bundan dolayı, heyelan afetinin belirlenmesinde ve tahmininde, yamaç duraysızlığına neden olan özelliklerin mekânsal dağılışı ile meydana gelmiş heyelanların dağılışının kombinasyonu kullanılmaktadır.

Genel olarak verilen bu duyarlılık analizi çalışmalarının kendi içinde uygulanan birçok alt teknikleri bulunmaktadır. Bunlardan sadece niceliksel analizlerin alt teknikleri çalışmada uygulanacağı için Şekil 14.3'te gösterilmiştir.



Şekil 14.3. Niceliksel yöntem içerisinde yer alan metotlar (Van Westen, 1993, 1997; Carrara vd., 1991; Abolmasov ve Obradovic, 1997; Atkinson vd., 1998; Lee vd., 2003).

Bu nicel yöntemler içinden Bivariate İstatistiksel Analizleri (BİA) içinde yer alan İndeks Metodu (IM) ve Duyarlılık Analizi (DA) model olarak seçilmiştir.

Risk analizi çalışmalarında heyelanların tiplerine ayrılması ve ona göre duyarlılık haritalarının üretilmesi daha kullanışlıdır. Çünkü heyelanın türüne göre meydana getirdiği hasar dereceleri farklılık göstermektedir. Çalışmada kullanılan bu iki metot, saha içinde yer alan farklı türdeki heyelanlara ayrı ayrı uygulanmamıştır. Bunun nedeni, sayıca istatistik analiz için yetersiz olmalarıdır. Bundan dolayı, metotlar toplamdaki heyelan sayısı üzerinden uygulanmıştır.

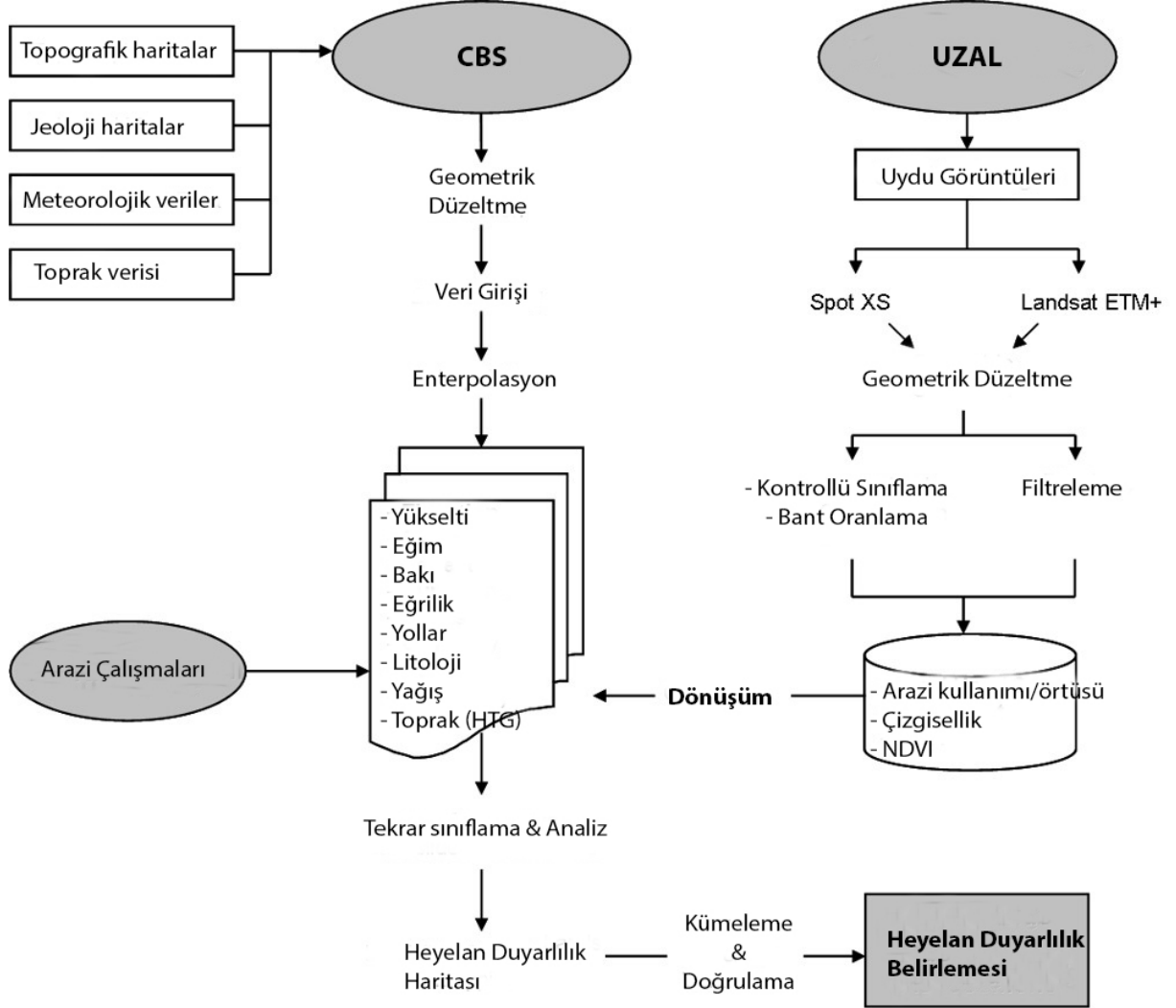
14.3. CBS ve UZAL'nın Heyelan Duyarlılık Analizinde Kullanımı

İstatistiksel metotların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için en uygun parametrelerin seçilmesi gerekmektedir. Çalışma alanı içinde heyelan envanteri çıkartıldıktan sonra, istatistik analiz için seçilen parametreler CBS ve UZAL kullanılarak üretilmiştir (Şekil 14.4). Raster formata dönüştürülen bütün parametrelerde 10m pikseller kullanılmıştır. Analizde kullanılan 11 parametrenin açıklamaları aşağıdaki şekildedir;

Yükselti parametresi 5 alt sınıf olarak ele alınmıştır. Bu sınıfların oluşturulmasında sahanın morfometrik özellikleri bahsinde dikkat çeken yükselti aralıkları baz alınmıştır (Şekil 14.5).

Eğrilik, heyelanların tanımlanmasında önemli bilgiler verir. Çünkü, özellikle dönel kayma tipi heyelanlarda kopma yüzeyleri iç bükey bir karakter gösterirken, materyalin

biriktiği topuk kısmı ise dışbükey bir profil sergiler (Şekil 14.2). Bu iki kısmın orta alanı ise nisbeten düz alanları veya hafif dış bükey alanlar şeklinde geçiş yüzeylerini oluşturular. Bu özelliklerden dolayı sahadaki eğrilik parametresi 3 alt sınıftan oluşmuştur. Bunlar iç bükey, dış bükey ve orta özelliklerin olduğu geçiş yüzeyleridir (Şekil 14.5).



Şekil 14.4.Analizde kullanılan parametreler ve üretildiği kaynaklar.

Litolojik parametre ise saha içinde bulunan formasyonlar baz alınmıştır. Herbir formasyon ayrı bir alt sınıf olarak değerlendirilmiştir. Sahada toplamda 14 alt sınıf belirlenmiş olup sembollere ait açıklamalar jeolojik özellikler bahsinde verilmiştir (Şekil 14.5).

Eğim parametresi 5 alt sınıfta değerlendirilmiştir. Bu alt sınıfların oluşturulmasında Dikau ve diğerleri tarafından oluşturulan, heyelanların genel olarak meydana geldiği eğim aralıkları baz alınmıştır (Dikau vd., 1996) (Şekil 14.5).

Bakı parametresi genel olarak 8 yön olmasına karşın, düz alanlar -1 ile gösterilen alanlar olarak değerlendirildiği için 9 alt sınıf içinde değerlendirilmiştir (Şekil 14.5).

Arazi kullanımı/örtüsü parametresi, Spot XS uydu görüntüsünden uzaktan algılama teknikleri kullanılarak oluşturulan arazi kullanımı/örtüsü verileri kullanılmıştır. Elde edilen uydu görüntüsünün 20x20 piksel değerleri olmasında tekrar sınıflamaya tabi tutulmuş 10x10 raster verisine dönüştürülmüştür (Şekil 14.5).

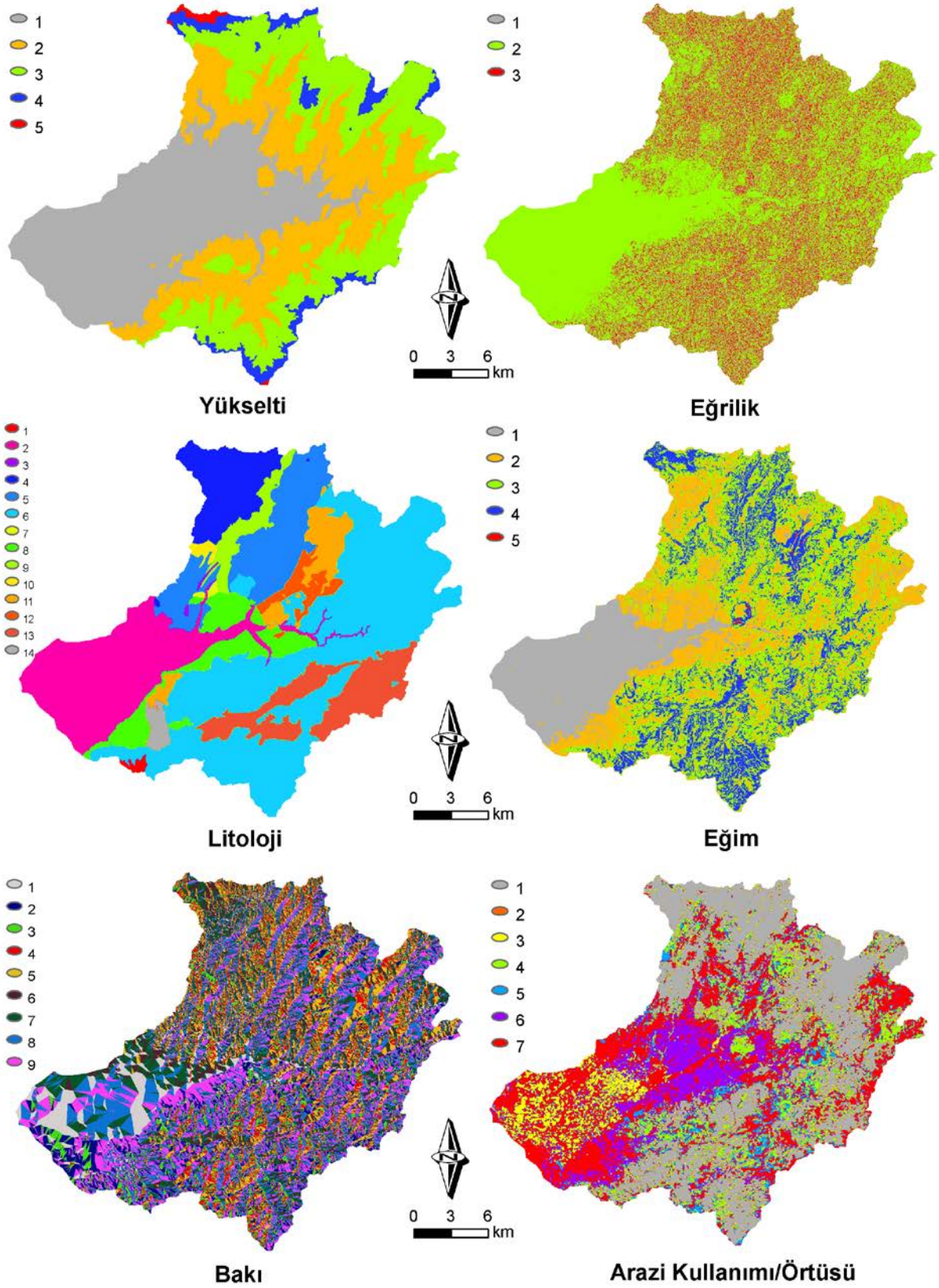
NDVI parametresi, Spot XS uydu görüntüsünden elde edilmiş olup, sahanın fiziki özellikleri bahsinde de değinildiği üzere 3 alt sınıfta ele alınmıştır. Bitki örtüsünün etkisini ortaya konması açısından ele alınan bu parametrede 1. sınıf bitkiden yoksun alanları, 2. sınıf nispeten bitki örtüsü ile kaplı alanları, 3. sınıf ise tamamen bitkiyle kaplı alanları göstermektedir. Bu parametre de tekrar sınıflamaya tabi tutularak 10m. raster verisine dönüştürülmüştür (Şekil 14.5).

Yağış parametresi, birinci bölümdeki sahanın iklim özellikleri bahsinde oluşturulan yıllık toplam yağış haritasından faydalanılmıştır. Yağış özellikleri, heyelanların oluşmasında önemli bir etkiye sahip olmasından parametre olarak değerlendirilmiştir. Yağış Tablo 14.2’te görüldüğü üzere 5 sınıfta ele alınmıştır. Yağışın saha içindeki heyelanları oluşturmadaki tam etkisi bilinmediğinden doğal aralıklı sınıflama tekniği kullanılmıştır (Şekil 14.5).

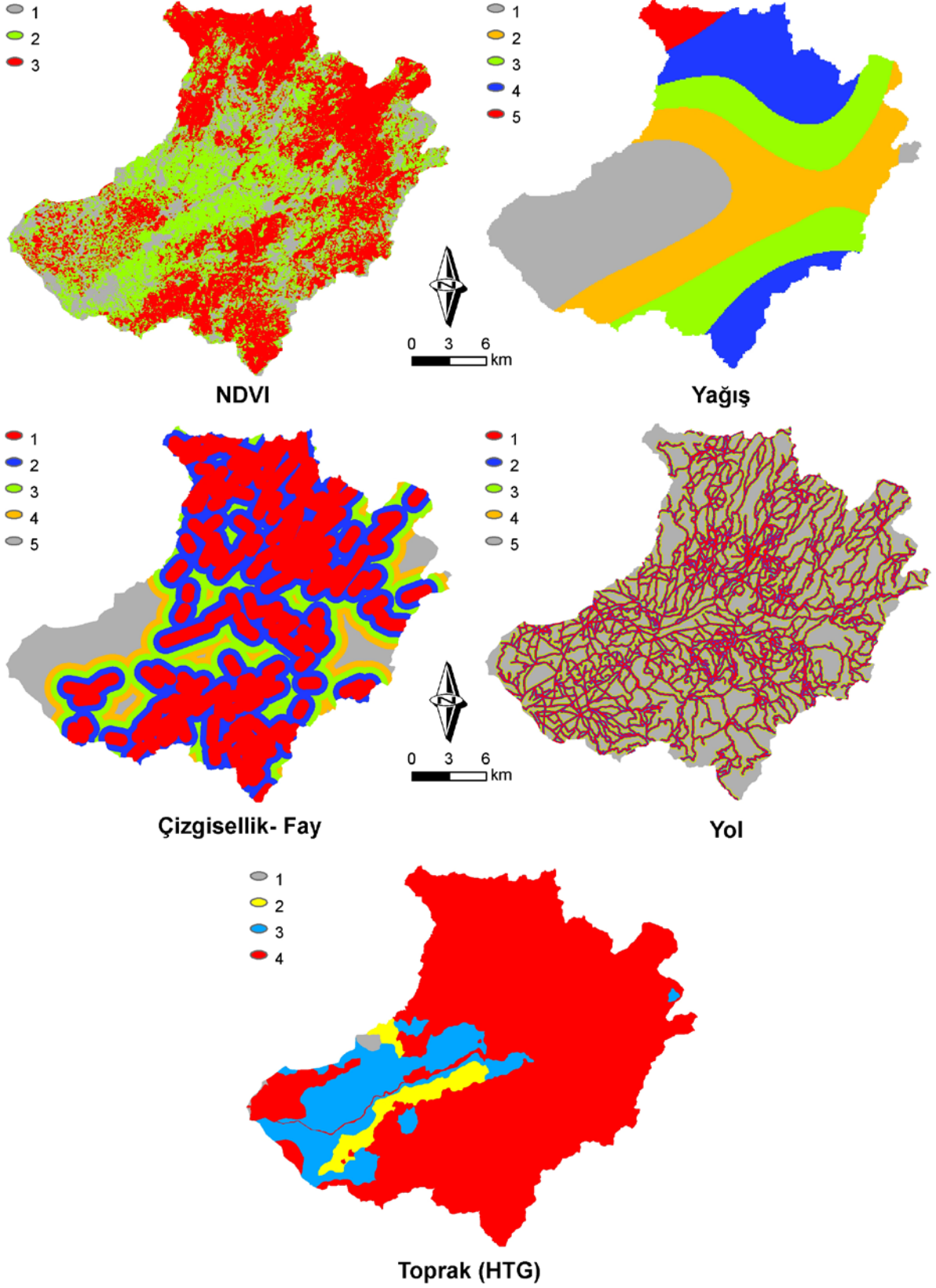
Çizgisellik parametresi, sahanın jeolojik özellikler bahsinde değinildiği üzere Landsat TM uydu görüntüsü 4, 5 ve 7 bantlarına uygulanan Sobel kernel filtreleme yöntemiyle üretilmiştir. Çizgiselliklerle birlikte, sahanın jeolojik haritasından temin edilen faylar da burada değerlendirilmiştir. Sahadaki çizgisellik ve etki alanı sağ ve sol olarak (250m+250m) 500 m. olarak alınarak, 5 alt sınıftan oluşan tampon bölgeleme yapılmıştır. 2000 m. den daha uzak olan kesimler etkisiz alan olarak değerlendirilmiştir (Şekil 14.5).

Yol parametresi, topografik haritalardan oluşturulan çizgi özellikli yol verisidir. Yollar, bütün türleriyle, yapım aşamasında yamaç dengesinin bozulmasına neden olurlar. Bundan dolayı bazen heyelan görülmeyen alanlarda bile heyelanların başlamasına neden olabilirler. Bundan dolayı heyelan duyarlılık analizine dahil edilirler. Oldukça sık bir yol ağına sahip alanda, yollara tampon bölge uygulaması yapılmıştır. Bunun için belirlenen aralık 50m. dir. Bu aralık, arazi çalışmaları sırasındaki gözlemler neticesinde oluşturulmuştur. 5 alt sınıftan oluşan alt sınıflarında 200 m. uzaklıktan sonrası değerlendirilmeye katılmamıştır (Şekil 14.5).

Toprak parametresi, yüzey örtüsü olması bakımından parametre olarak değerlendirilmiştir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünden temin edilen toprak haritası aynen kullanılmamış olup, toprak sınıflarının sahip olduğu özelliklere bağlı olarak toprak bahsinde değinildiği gibi A, B, C ve D den oluşan Hidrolojik Toprak Gruplaması (HTG) çalışmada kullanılmıştır. Bu sınıfların toprağın geçirgenlik özelliklerini yansıtmamasından dolayı, heyelan duyarlılığının belirlenmesinde daha faydalı olacağı düşüncesinden analize bu şekilde dahil edilmiştir (Şekil 14.5).



Şekil 14.5. Heyelan duyarlılık analizi için seçilen parametreler.



14.5.Duyarlılık analizinde kullanılan parametreler (devamı), (lejant ayrıntıları Tablo 14.2'dedir).

14.3.1. Heyelan Duyarlılık Analizi (HDA)

Bivariate istatistiksel analiz içinde en basit ve kullanışlı olan bu metot, farklı değişkenlerin heyelanın oluşmasındaki etkisini ortaya koymayı sağlar (Van Westen, 1993). Bunun için heyelan katmanı ile parametrelere ait haritaların zonal istatistikleri çıkartılarak daha kolay değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu analizde uygulanan formül;

$$D_{area} = 1000 \frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)}$$

şeklindedir (Van Westen, 1993).

Formülde yer alan;

D_{area} = Alansal yoğunluk (Binde)

$Npix(SX_i)$ = Parametrelerin alt sınıflarındaki heyelana ait piksel sayısı

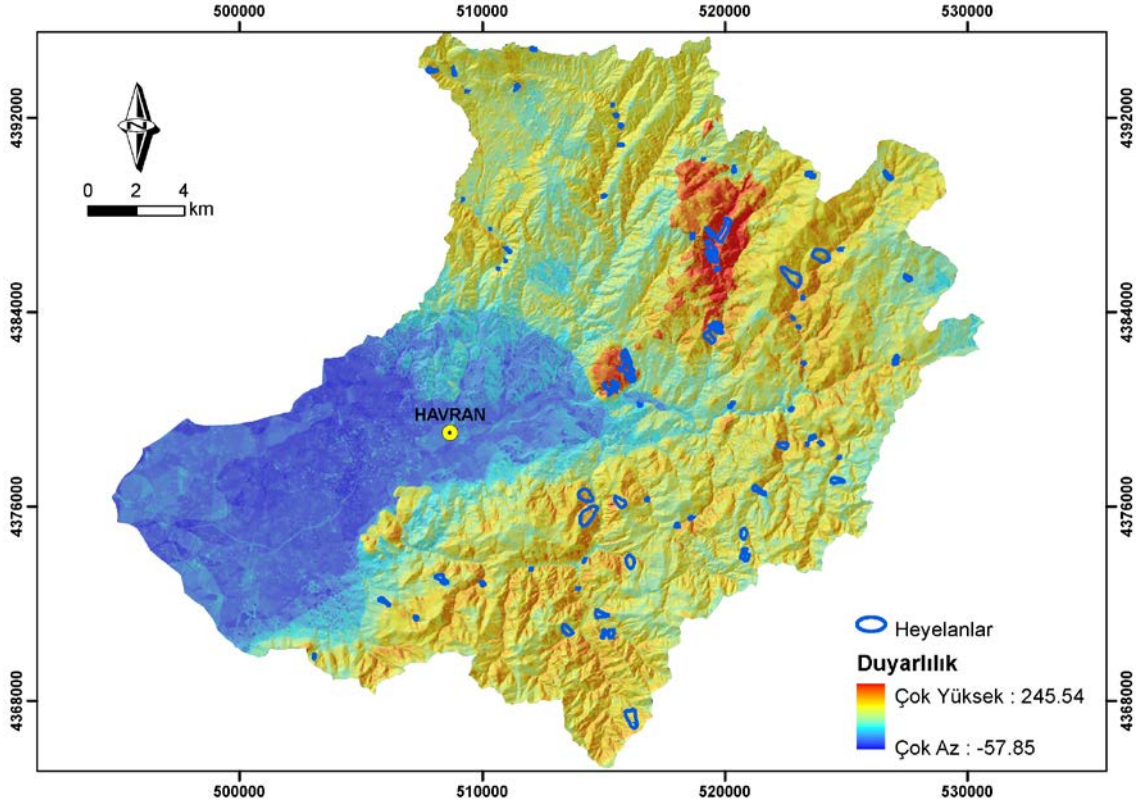
$Npix(X_i)$ = Parametrelerin alt sınıflarına ait piksel sayısıdır.

Her bir parametrenin etkisini değerlendirmek için ağırlık değeri atanması gerekmektedir. Bunun için toplam heyelanların piksel sayısı bütün alanın piksel sayısına oranının binde değeri, bulunan yoğunluktan çıkarılarak elde edilmiştir. Buna göre oluşan yeni formül;

şeklindedir. Bu ağırlık formülü havza genelindeki heyelanlara uygulanmış olup çıkan sonuçlar Tablo 14.2’de verilmiştir. Bu analizde eğim, litoloji ve baki faktörü heyelanlarda en fazla etkiye sahip parametrelerdir. Üretilen sonuç harita sınıflandırılmamış olarak Şekil 14.6’da gösterilmiştir.

14.3.2. İndeks Metodu (İM)

BİA arasında yer alan bu metot, mevcut heyelanların heyelan duyarlılık belirlemesi için seçilen her bir parametre içindeki yoğunluğunu esas alır. Bu yoğunluğun parametrelerde standart altına alınabilmesi için, çalışma alanının bütünüyle ilişkilendirilmesi yapılmaktadır. Her parametredeki alt sınıfların heyelan duyarlılığındaki ağırlık değeri ise alt sınıflardaki heyelan yoğunluğunun bütün alandaki heyelan yoğunluğuna bölümünün doğal logaritmasıyla bulunmaktadır (Van Westen, 1997). Bunu aşağıdaki formülle CBS ortamında uygulamak mümkündür;



Şekil 14.6. Duyarlılık Analiziyle üretilmiş duyarlılık haritası (Sınıflandırılmamış).

$$W_i = \ln \frac{Densclas}{Densmap} = \ln \left(\frac{\frac{Npix(S_i)}{Npix(N_i)}}{\frac{\sum Npix(S_i)}{\sum Npix(N_i)}} \right)$$

Formülde yer alan;

W_i : Parametrelere ait alt sınıfların ağırlık değeri

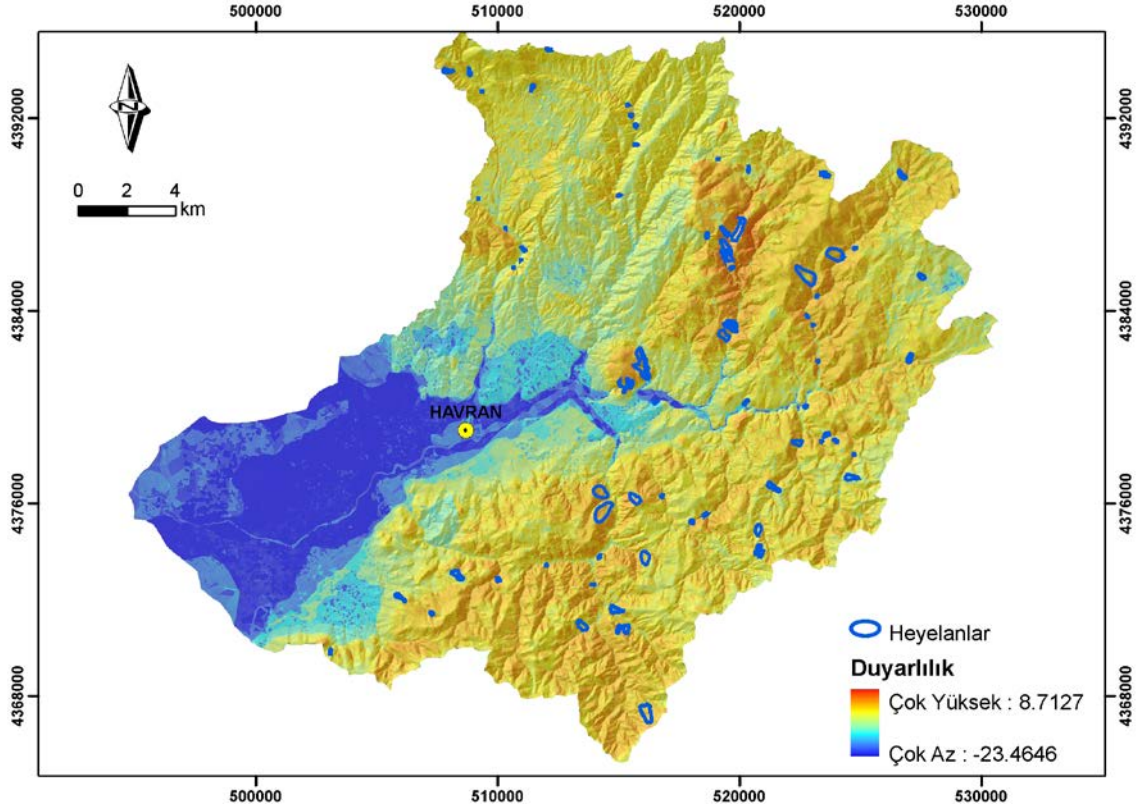
Densclas: Alt sınıflarındaki heyelan yoğunluğu

Densmap: Bütün alandaki heyelan yoğunluğu

$Npix(S_i)$: Parametrelerin alt sınıflarındaki heyelana ait piksel sayısı

$Npix(N_i)$: Parametrelerin alt sınıflarına ait piksel sayısıdır.

Bu metot, çalışma alanındaki bütün heyelan türlerini içine alan 84 heyelana uygulanmıştır. Sonuçlarıyla ilgili değerler Tablo 14.2’de verilmiştir. İndeks metoduna göre parametreler arası etkide eğim ve litolojik faktörler ilk sırayı alırken bunları bakı faktörü takip etmektedir. Üretilen duyarlılık haritası sınıflandırılmamış olarak Şekil 14.7’de verilmiştir.



Şekil 14.7.İndeks Metoduyla üretilmiş duyarlılık haritası (Sınıflandırılmamış).

Yukarıda değinilen bütün parametre ve alt sınıflardaki heyelanlara ait piksel değerleri ve analizde kullanılan metotlara ait sonuçlar Tablo 14.2’de verilmiştir.

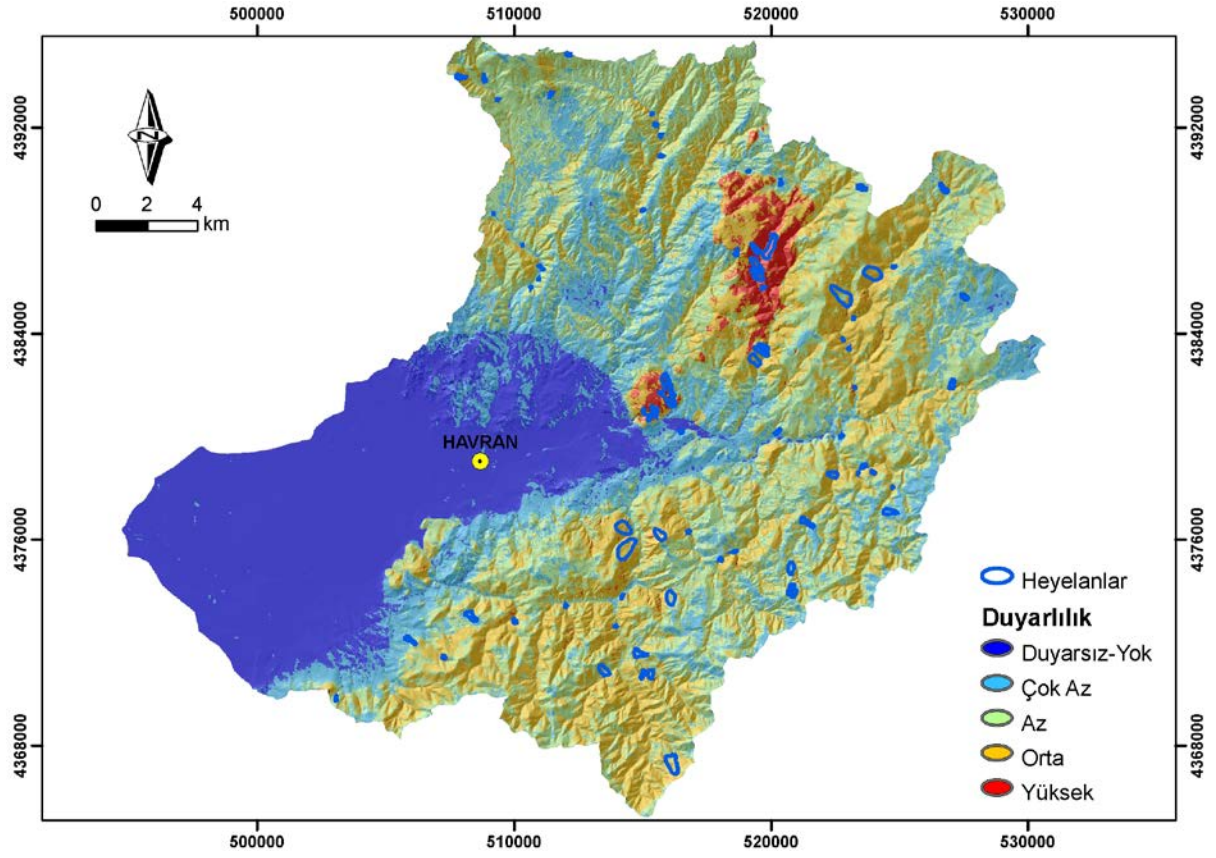
14.4. Heyelan Duyarlılık Haritalaması ve Doğruluk Analizi

Heyelan duyarlılık analizi çalışmalarında özellikle istatistiksel çalışmaların sonucunda, CBS’de üretilen sonuç haritaların sınıflandırılması ve sınıflara ait sınırların belirlenmesi, analizi ve sonuç haritayı etkileyen bir özelliktir. Bunun için değişik araştırmacılar değişik yöntemler kullanmışlardır. Bu yöntemler; analizcinin bilgi düzeyine bağlı olarak yapılan sınıflandırma, standart sapma değerlerine bağlı olarak oluşturulan sınıflandırma ve sahada meydana gelmiş heyelanların doğrulama amaçlı kullanılmasıyla üretilmiş başarı oranı eğrileri sınıflandırmasıdır.

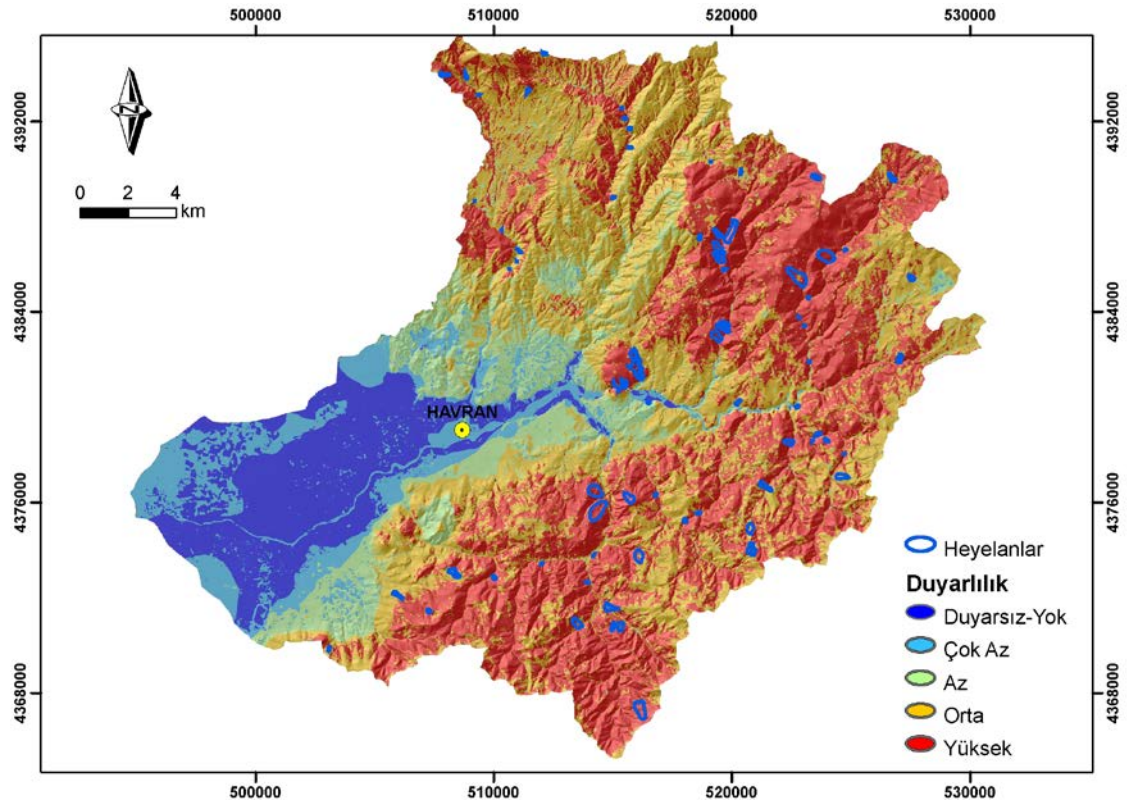
Farklı metotlara göre üretilmiş duyarlılık haritalarını sınıflandırmada 5 grup esas alınmıştır. Bunlar, “Duyarsız”, “Çok Az”, “Az”, “Orta” ve “Yüksek” şeklindedir. Bu çalışmada, sonuç haritanın sınıflandırılmasında standart sapma yönteminden farklı olarak kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Minimum uzaklık ilişkisine bağlı olarak çalışan bu analiz, her iki metotla üretilen sonuç haritalarına uygulanmıştır. Bunun için SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) GIS 2.0 yazılımı kullanılmış olup üretilen sınıflar yukarıda verilen 5 sınıfa göre adlandırılmıştır (Şekil 14.8-9).

Tablo 14.2. Parametreler, alt sınıflar ve heyelanların farklı metotlara göre ağırlık değerleri.

ID	Parametre Alt Sınıf	ΣPix	Heyelanlardaki Pix. No	Alt Sınıftaki Yoğunluk	İndeks Metot W_i	Duyarlılık Analizi W_{area}
Yükselti						
1	0-250	2111377	4617	0.00219	-1.19018	-5.01
2	250-500	1682408	22299	0.01325	0.60992	6.05
3	500-750	1623388	11803	0.00727	0.00968	0.07
4	750-1000	259327	2141	0.00826	0.13734	1.06
5	1000-1290	27244	243	0.00892	0.21421	1.72
Eğrilik						
1	-0.39- (-0.01) İç bükey	704698	7386	0.01048	0.37539	3.28
2	(-0.01)-0.006 Geçiş	3759078	22823	0.00607	-0.17072	-1.13
3	0.006-0.34 Dış Bükey	1239967	10894	0.00879	0.19953	1.59
Litoloji						
1	Tyuf	15723	15	0.00095	-2.02537	-6.25
2	Qa	989814	20	0.00002	-5.88610	-7.18
3	P	9647	0	0		-7.20
4	Gd	387308	874	0.00226	-1.15872	-4.94
5	Dpo	626052	384	0.00061	-2.46838	-6.59
6	A2+T2	2233032	24172	0.01082	0.40732	3.62
7	Ta	11443	0	0		-7.20
8	Ng	367997	880	0.00239	-1.10279	-4.81
9	Ep	149456	262	0.00175	-1.41447	-5.45
10	KMK	24343	0	0		-7.20
11	Kçtsy	224558	8463	0.03769	1.65531	30.49
12	Kon	113447	1596	0.01407	0.66996	6.87
13	DR	495875	3950	0.00797	0.10160	0.77
14	AgPs	55397	487	0.00879	0.19953	1.59
Eğim (o)						
1	0-2	1242894	471	0.00038	-2.94167	-6.82
2	2-15	1900495	12825	0.00675	-0.06454	-0.45
3	15-25	1742484	13876	0.00796	0.10035	0.76
4	25-45	812712	12970	0.01596	0.79600	8.76
5	45-<	5158	961	0.18631	3.25333	179.11
Bakı						
1	Düz (-1)	378238	237	0.00063	-2.43612	-6.57
2	K (337.5-22.5)	614889	4916	0.00799	0.10411	0.79
3	KD (22.5-67.5)	439101	5783	0.01317	0.60386	5.97
4	D (67.5-112.5)	492395	7713	0.01566	0.77703	8.46
5	GD (112.5-157.5)	620659	8238	0.01327	0.61142	6.07
6	G (157.5-202.5)	578782	2913	0.00503	-0.35866	-2.17
7	GB (202.5-247.5)	715914	2311	0.00323	-0.80160	-3.97
8	B (247.5-292.5)	921288	3931	0.00427	-0.52247	-2.93
9	KB (292.5-337.5)	942478	5061	0.00537	-0.29325	-1.83
AKÖ						
1	Orman Formasyonu	2027098	25667	0.01267	0.56516	5.47
2	Demir Yatakları	3392	0	0		-7.20
3	Tarım Alanları	280656	21	0.00007	-4.63334	-7.13
4	Maki Formasyonu	793343	7124	0.00898	0.22092	1.78
5	Ot Formasyonu	243237	931	0.00383	-0.63122	-3.37
6	Zeytinlikler	852366	2344	0.00275	-0.96248	-4.45
7	Yerleşim-Açık Alan	1499762	5006	0.00334	-0.76811	-3.86
NDVI						
1	-0.56-0.067	1471161	4478	0.00304	-0.86222	-4.16
2	0.067-0.28	2001613	10931	0.00546	-0.27663	-1.74
3	0.28-0.79	2228462	25694	0.01153	0.47087	4.33
Yağış						
1	581-704	1571100	0	0		-7.20
2	7704-837	1550400	15147	0.00977	0.30524	2.57
3	837-963	1320700	13806	0.01045	0.37252	3.25
4	963-1133	1118200	11288	0.01009	0.33746	2.89
5	1133-1429	142900	862	0.00603	-0.17733	-1.17
Çizgisellik						
1	500	2546719	21474	0.00843	0.15772	1.23
2	1000	1493490	11770	0.00788	0.09025	0.68
3	1500	704122	4779	0.00679	-0.05863	-0.41
4	2000	333655	1141	0.00342	-0.74444	-3.78
5	2000<	626106	1939	0.00310	-0.84268	-4.10



Şekil 14.8. Heyelan duyarlılık analizine (HDA) göre üretilen sonuç duyarlılık haritası.

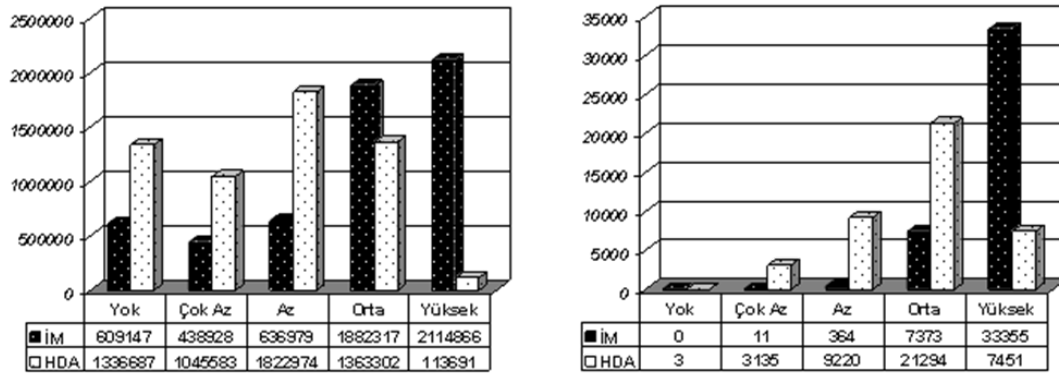


Şekil 14.9. İndeks metoduna (İM) göre üretilen sonuç duyarlılık haritası.

Kümeleme analiziyle ortaya çıkan sınıflandırma sonuçlarına göre, HDA'da az ve orta duyarlılıkta alanlar, havzada daha fazla dağılış göstermektedir (%32.08, %23.99). Bunun yanında yüksek duyarlı olan alan, %2 gibi bir oranla havzada minimum dağılış sergiler (Şekil 14.10; Tablo 14.3). Yüksek duyarlılıkta olan alanlar baraj yapım çalışmalarının olduğu İnboğazı mevkii ve Gelin Deresi alt havzasının kuzey kesimlerinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 14.8). İM'e göre ise, yüksek ve orta değerler sırasıyla %37.22 ve %33.13 gibi bir oranla, en yüksek dağılış oranlarına sahiptir (Şekil 14.10; Tablo 14.3). Yüksek duyarlı olarak sınıflandırılan grup, havzanın özellikle andezit ve tüf volkanik birimlerin hakim olduğu kesimlerde yoğunluk kazanmaktadır (Şekil 14.9).

Duyarlılık analiziyle ortaya konan gelecekte heyelanların meydana gelebileceği alanların doğrulaması mümkün değildir. Fakat buna rağmen, heyelan duyarlılık analizi sonuçlarının güvenilirliğini ölçmek amacıyla bazı görüşler öne sürülmüştür. Saha için iki farklı metotla üretilen heyelan duyarlılık sınıflarının doğrulamasında ise duyarlılık analizinde kullanılan heyelan verileri kullanılmıştır (Zezere vd., 2004). Bunun için heyelan verisiyle iki farklı duyarlılık haritası zonal istatistiğe tabi tutulmuştur. Çıkan sonuçlar Şekil 14.10 ve Tablo 14.3'te verilmiştir.

Buna göre, Duyarlılık Analizi sonuçlarında, yüksek duyarlılığa sahip alan içinde kalan heyelanların dağılış %18.13 olurken, İndeks metodunda yüksek duyarlılıkta kalan heyelanların dağılış değeri ise %81.15'tir. Analizlerin başarı oranı olarak değerlendirebileceğimiz bu sonuçlara göre heyelan risk analizi çalışmasında İndeks metoduyla üretilmiş heyelan duyarlılık sınıflarına ait sınırlar baz olarak kullanılabilir..



Şekil 14.10. Duyarlılık sınıflarının alansal dağılışı (solda), heyelanların dağılış grafiği (sağda).

Tablo 14.3. Sınıfların ve heyelanların dağılış yüzdeleri.

	Duyarlılık Sınıflarının Havzadaki Dağılışı		Heyelanların Duyarlılık Sınıflarındaki Dağılışı	
	HDA (%)	İM (%)	HDA (%)	İM (%)
Yok	23.52	10.72	0.01	0.00
Çok Az	18.40	7.72	7.63	0.03
Az	32.08	11.21	22.43	0.89
Orta	23.99	33.13	51.81	17.94
Yüksek	2.00	37.22	18.13	81.15

Uygulamalar

- 1- Duyarlılık analiziyle ilgili diğer metotları araştırınız.
- 2- Heyelanların haritalanmasında uzaktan algılamanın avantajlarını araştırınız.
- 3- Google earth ı kullanarak batı karadenizdeki heyelanlı alanları belirlemeye çalışınız.
- 4- <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> web sayfasına girerek Türkiye'deki heyelanları ve yayılışını inceleyiniz.

Uygulama Soruları

- 1- Heyelan duyarlılık analizlerinde hangi model daha fazla kullanılmaktadır?
- 2- Google earth ten heyelan olarak belirlediğiniz yerlerin belirgin özellikleri nelerdir?
- 3- Heyelan türlerinin belirlenmesinde hangi uzaktan algılama uygulamaları daha yoğun olarak kullanılmaktadır?
- 4- Türkiye’de heyelanlar daha çok hangi bölgelerimizde yoğunluk kazanmıştır, neden?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Havran çayı havzası içerisindeki heyelanların belirlenmesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden sahada meydana gelmiş heyelanlara ait verilerin temini, topografya haritalarında heyelan formunu gösteren alanların belirlenmesi ve arazi çalışmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında mevcut ve tespit edilen heyelanların dışında yeni heyelanlarda belirlenmiş ve bunlara ait alansal veriler GPS ölçümleriyle sağlanmıştır. Böylece detaylı heyelan envanteri oluşturulmuştur. Buna göre, sahada toplamda 84 heyelan tespit edilmiş olup, dönel kayma türü heyelanlar sayı olarak en fazla olan heyelanlardır. Bunu kaya düşmeleri, yamaç döküntüsü, yüzeysel akma ve blok devrilmeleri takip eder. Alansal olarak çok büyük olmayan heyelanların minimumu 590 m² alana sahip olup, maksimumu ise 338519 m² dir. Toplam belirlenen alan ise 4059924 m² dir.

Heyelan duyarlılık analizi, uygun fiziki faktörlere bağlı olarak bir bölgedeki benzer özelliklere sahip olan alanlarda heyelanın meydana gelebileceği tahmini üzerine yapılan çalışmalardır. Heyelan analizlerinde genel olarak meydana geliş zamanları ve meydana gelmesinde esas etkiye sahip olan tetikleyici unsurlara ait bilgi eksikliği, bu faktörlerden bağımsız olarak gerçekleştirilen duyarlılık çalışmaları üzerinde yoğunlaşılmasına neden olmuştur. Böylece üretilen duyarlılık haritalarıyla, heyelanlara yatkın olan ve meydana gelme olasılığı fazla olan alanların tespiti yapılabilmektedir.

İstatistiksel metotların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için en uygun parametrelerin seçilmesi gerekmektedir. Çalışma alanı içinde heyelan envanteri çıkartıldıktan sonra, istatistik analiz için seçilen parametreler CBS ve UZAL kullanılarak üretilmiştir. Bunlar; yükselti, eğrilik, litoloji, eğim, bakı, arazi kullanımı/örtüsü, NDVI, yağış, çizgisellik, yol ve toprak parametreleridir. Birçok istatistik yöntem içerisinde bu bölümde heyelan duyarlılık analizi ve indeks metoduna ait örnekler üzerinde durulmuştur. Bu metotlar kullanılarak yapılan heyelan duyarlılık analizlerinin sonuçları mevcut heyelanlara bağlı olarak doğrulukları test edilmiş ve sonuçlar haritalanmıştır.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi heyelan duyarlılık analizinde CBS ile üretilebilecek bir parametre değildir?

- a) Litoloji
- b) Yağış dağılışı
- c) Eğim
- d) Ndvi
- e) Yollar

2. Arazi kullanımı/örtüsü

Çizgisellik

NDVI

Yukarıda verilen heyelan duyarlılıkta kullanılan parametrelerin ortak özelliği aşağıdakilerden hangisidir?

- a) CBS ile üretilmeleri
- b) Uzaktan algılama ile üretilmeleri
- c) Vektör veri olmaları
- d) Aynı bant özellikleriyle üretilmeleri
- e) Aynı analiz yöntemiyle üretilmeleri

3. “Heyelanların tanımlanmasında önemli bilgiler verir. Çünkü, özellikle dönel kayma tipi heyelanlarda kopma yüzeyleri iç bükey bir karakter gösterirken, materyalin biriktiği topuk kısmı ise dışbükey bir profil sergiler.”

Yukarıda verilen bilgi aşağıdaki heyelan duyarlılık analizinde kullanılan hangi parametre ve kaynak teknoloji eşleşmesinde doğru olarak verilmiştir?

- a) Eğrilik - CBS
- b) Eğim - CBS
- c) Bakı - CBS
- d) Çizgisellik - UZAL
- e) NDVI - UZAL

4. “Bivariate istatistiksel analiz içinde en basit ve kullanışlı olan bu metot, farklı değişkenlerin heyelanın oluşmasındaki etkisini ortaya koymayı sağlar.”

Yukarıda tanımlanan heyelan duyarlılık analizi türü aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Yapay sinir ağları
- b) Lojistik regresiyon
- c) Diskriminant analiz
- d) İndeks metodu
- e) Duyarlılık analizi

5. CBS’de heyelan duyarlılık analizi sonucunda üretilen sınıflandırılmamış haritaların sınıflandırılmasında kullanılan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Kesme yöntemi
- b) Üçgenleme yöntemi
- c) Kümeleme yöntemi
- d) Birleştirme yöntemi
- e) Çakıştırma yöntemi

Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz?

6. Mevcut heyelanların heyelan duyarlılık belirlemesi için seçilen her bir parametre içindeki yoğunluğunu esas alan yöntemdur.

7. Genel olarak 8 yön olmasına karşın, düz alanlar -1 ile gösterilen alanlar olarak değerlendirildiği için 9 alt sınıf olan gösterilenparametresidir.

8. Landsat TM uydu görüntüsü 4, 5 ve 7 bantlarına uygulanan Sobel kernel filtreleme yöntemiyle üretilmişparametresidir.

9. Yağışlı dönemlerde su ile doymun hale gelen ve bu şekilde bütünüyle kayganlaşan toprağın yer aldığı yamaçlardameydana gelirler.

10. Yamaç eğrilerine paralel olarak meydana gelen ve içbükey özelliği gösteren, üst kısmında kopma yamacının kolay bir şekilde gözlenebildiği hareketlerolarak tanımlanır.

Cevaplar

1)d, 2)b, 3)a, 4)e, 5)c, 6) İndeks metodu, 7)Bakı, 8)Çizgisellik, 9)Yüzeysel akmlar, 10)Dönel kayma

KAYNAKÇA

- Abolmasov, B., Obradovic, I. 1997. "Evaluation of Geological Parameters for Landslide Hazard Mapping by Fuzzy Logic", In: Marinos, P.G., Koukis, G.C., Tsiambaos, G.C., Stourna, G.C. (Eds.), *Engineering Geology and the Environment*, Balkema, Rotterdam, pp. 471–476.
- Ali, R.R., and Kotb, M.M. 2010. Use of Satellite Data and GIS for Soil Mapping and Capability Assessment. *Nature and Science* 8(8), 104-105.
- Alkema, D. 2007. Simulating Floods, On the Application of a 2D Hydraulic Model for Flood Hazard and Risk Assessment, ITC Dissertation Number 147, Enschede.
- Amarsaikhan, D., Battsengel, V., Egshiglen, E., Gantuya, R. And Enkhjarga, D. 2011. Application of GIS and very High Resolution RS Data for Urban Land Use Change Studies in Mongolia. *International Journal of Navigation and Observation* Volume 2011 8 pages.
- Askne J, Santoro M, Smith G, Fransson JES. 2003. Multitemporal repeat-pass SAR interferometry of boreal forests. *IEEE Trans Geosci Remote Sens* 41(7):1540–1550.
- Atkinson, P.M., Jiskoot, H., Massari, R., Murray, T., 1998, "Generalized Linear Modeling in Geomorphology", *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 1185– 1195.
- Bates, P.D. and De Roo, A.P.J. 2000. A simple raster-based model for floodplain inundation, *Journal of Hydrology*, 236, 54-77.
- Bentabet L, Jodouin S, Ziou D, Vaillancourt J. 2003. Road vectors update using SAR imagery: a snake-based method. *IEEE Trans Geosci Remote Sens* 41(8):1785–1803.
- Başkan, O. 2004. Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeoistatistik uygulaması, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- By, R.A. 2004. *Principles of GIS*, ITC Educational Textbook Series, Netherlands.
- Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., Reichenbach, P. 1991. "GIS Techniques and Statistical Models in Evaluating Landslide Hazard", *Earth Surface Processes and Landforms*, 16, 427–445.
- Cassel, S.F. 2007. Soil salinity Mapping Using ArcGIS. *GIS Applications in Agricultural* (Ed. Francis J. Pierce and David Clay). CRC Press.
- Collins, W., Colman, R., Haywood, J., Manning, M. R. and Mote, P. 2007. The Physical Science Behind Climate Change, *Scientific American* 297, 64.
- Coto, E.B. 2002. Flood Hazard, Vulnerability and Risk Assessment in the City of Turrialba, Costa Rica, ITC, Master Thesis, Enschede.
- Dalsted, K.J.; Worcester, B.K. & Brun, L.J. 1979. Detection of Saline Seeps by Remote Sensing Techniques. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 45, No. 3 (March 1979), pp. 285-291, ISSN 0099-1112

- Daly, C., Neilson, R.P., Phillips, D. 1994. A Statistical topographical model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 33(2): 140-158.
- Dell'Acqua, F. And Gamba, P. 2010. Rapid Mapping Using Airborne and Satellite SAR Images. *Radar Remote Sensing of Urban Areas* (Ed. Uwe Soergel). Springer. 49-66
- Deus, D. And Gloaguen, R. 2013. Remote Sensing Analysis of Lake Dynamics in Semi-Arid Regions: Implication for Water Resource Management. *Lake Manyara, East African Rift, Northern Tanzania*. *Water* 5(2), 698-727, 104-111.
- Dikau, R., Brunsden, D., Schortt, L., and Ibsen, M.L. 1996. *Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes*, John Wiley & Sons Ltd., England.
- Duran, C. 2007. Uzaktan Algılama Teknikleri İle Bitki Örtüsü Analizi, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, DOA Dergisi*, Sayı 13, 45-67.
- Dushaj, L., Salillari, I., Suljoti, V., Cenameri, M., Sallaku, F. 2009. Application on GIS for landuse planning: A case study in central part of Albania. *Research Journal of Agricultural Science*, Vol. 41 (2).
- Feranec, J., Soukup, T., Hazeu, G. And Jaffrain, G. 2012. Land Cover and Its Change in Europe: 1990-2006. *Remote Sensing of Land Use and Land Cover Principles and Applications* Ed. Chandra P. Giri. CRC Press. 275-285.
- Güler, M. ve Kara, T. 2007. Alansal Dağılım Özelliği Gösteren İklim Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Belirlenmesi Ve Kullanım Alanları; Genel Bir Bakış, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, S. 323-328, Samsun.
- Ghrefat, H.A. & Goodell, P.C. 2011. Land cover mapping at Alkali Flat and Lake Lucero, White Sands, New Mexico, USA using multi-temporal and multi-spectral remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, Vol. 13, No. 4 (August 2011), pp. 616-625, ISSN 0303-2434.
- Görüm T., Özdemir H. 2004. "Arazi Potansiyel Belirleme Çalışmalarında Cbs Ve Uzaktan Algılama Yöntemlerinin Kullanımı", *Türkiye Kıyıları 04, ADANA, TÜRKİYE*, 4-7 Mayıs 2004, cilt.2, ss.757-766.
- Global Climate Observing System Systematic Observation Requirements for Satellite-based Data Products for Climate: 2011 Update GCOS-154 (World Meteorological Organization, 2011).
- Guarin, G.P. 2003. Flood Risk Assessment for the Town of San Sebastian in Guatemala, ITC, Master Thesis, Enschede.
- Hall O, Falorni G, Bras RL. 2005. Characterization and quantification of data voids in the shuttle Radar topography mission data, *IEEE Geosci Remote Sens Lett* 2(2):177–181.
- He C, Xia G-S, Sun H. 2006. An adaptive and iterative method of urban area extraction from SAR images. *IEEE Geosci Remote Sens Lett* 3(4):504–507.

- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull Geol Soc Am* 56:275–370.
- Hong, Y., Adler, R.F., Negri, A. And Huffman, G.J. 2007. Flood and landslide applications of near real-time satellite rainfall products, *Natural Hazards*, 43:285-294.
- Hussain, E., Ural, S., Malik, A., and Shan, J. 2011. Mapping Pakistan 2010 Floods Using Remote Sensing Data. ASPRS 2011 Annual Conference, Wisconsin. May 1-5. 2011.
- İnal, C., Turgut, B. ve Yiğit, C.Ö. 2002. Lokal alanlarda jeoit ondülasyonlarının belirlenmesinde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002. Konya.
- Jung, Y., Kim, D., Kim, D., Kim, M., Oh Lee, S. 2014. Simplified Flood Inundation Mapping Based On Flood Elevation-Discharge Rating Curves Using Satellite Images in Gauged Watersheds, *Water* 6(5), 1289-1299.
- Keith D. 2004. Ocean Shores to Desert Dunes: the native vegetation of New South Wales and the ACT, NSW National Parks and Wildlife Service, Sydney.
- Kuzuoka S. and Mizuno T. 2004. Land Deformation Monitoring Using PSInSAR Technique. International Symposium on Monitoring, Prediction and Mitigation of Disasters by Satellite Remote Sensing, MPMD-2004, January 19-21, 2004. p. 176-181.
- Large, W. G., Yeager, S. G. 2012. On the Observed Trends and Changes in Global Sea Surface Temperature and Air–Sea Heat Fluxes (1984–2006). *J. Climate*, 25, 6123–6135.
- Laura Melelli, Lucilia Gregori and Luisa Mancinelli. 2012. The Use of Remote Sensed Data and GIS to Produce a Digital Geomorphological Map of a Test Area in Central Italy, *Remote Sensing of Planet Earth*, Dr Yann Chemin (Ed.), ISBN: 978-953-307-919-6, InTech.
- Lee, S., Ryu, J.H., Min, K., Won, J.S. 2003. “Landslide Susceptibility Analysis Using GIS and Artificial Neural Network”, *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 1361–1376.
- Leuliette, E.W. and Willis, J.K. 2011. Balancing the sea level budget. *Oceanography* 24, 122–129.
- Lisini G, Tison C, Tupin F, Gamba P. 2006. Feature fusion to improve road network extraction in high-resolution SAR images. *IEEE Geosci Remote Sens Lett* 3(2):217–221.
- McCoy, R.M. 2005. *Field Methods in Remote Sensing*. The Guilford Press, London.
- Melendez-Pastor, I.; Navarro-Pedreño, J.; Koch, M., & Gómez, I. 2010. Applying imaging spectroscopy techniques to map saline soils with ASTER images. *Geoderma*, Vol.158, No. 1-2 (August 2010), pp. 55-65, ISSN 0016-7061

- Melendez-Pastor, I., Hernandez, E.I., Navarro-Pedreno, J. And Gomez, I.2012. Mapping of Soil Salinization ob agricultural coastal areas in southeast Spain. Remote Sensing Applications (Ed. Boris Escalante-Ramirez). In Tech, Croatia. 117-141.
- Meyer, W.B. and Turner, B.L. 1994. Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective: Papers Arising from the 1991 OIES Global Change Institute. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Morwan, H. 2008. CFD Applied to Flood Flow, <http://www.ansys.com/industries/environmental-river-flow.htm>.
- Özdemir, H. 2007. Taşkın alanlarının belirlenmesinde farklı tarihli ve farklı çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanımı: 2003 Mahanadi taşkınları örneği (Orissa-Hindistan). İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Coğrafya Dergisi, Sayı 15, 1-13.
- Özdemir H., Sampson C., De Almeida G., Bates P.D. 2013."Evaluating Scale And Roughness Effects In Urban Flood Modelling Using Terrestrial Lidar Data", HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM SCIENCES, vol.17, pp.4015-4030.
- Özdemir, H. 2007a. Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Özdemir, H. and Bird, D. 2008. Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, Environmental Geology, DOI 10.1007/s00254-008-1235-y.
- Paris Anguela, T., Zribi, M., Hasenauer, S., Habets, F., and Loumagne, C. 2008. Analysis of surface and root-zone soil moisture dynamics with ERS scatterometer and the hydrometeorological model SAFRAN-ISBA-MODCOU at Grand Morin watershed (France), Hydrol. Earth Syst. Sci., 12, 1415–1424.
- Parsons , T., Toda, S., Stein, R., Barka, A., Dieterich, J. 2000. Heightened odds of large earthquakes near Istanbul: an interaction-based probability calculation. Science, 288, 661-665.
- Pasquali, P., Cantone, A., Riccardi, P. Defiliğgi, M., Ogushi F., Gagliano, S., Tamura, M. 2014. Mapping of Ground Deformations with Interferometric Stacking Techniques. Land Application of Radar Remote Sensing (Ed. Francesco Hoelcz, Paolo Pasquali, Nada Milisavljevic, Damien Closson) AvE4EvA. 233-259.
- Rawat, JS., Biswas, N., Kumar, M. 2013. Changes in landuse/cover using geospatial techniques: A case study of Ramnagar town area, district Nainital, Uttarakhand, India. The Egyptian Journal of Remoste Sensing and Space Science 16, 111-117.
- Sanders, B.F. 2007. Evaluation of on-line DEMs for flood inundation modeling, Advances in Water Resources 30, 1831-1843.
- Schumann G, Di Baldassarre G, Alsdorf DE, Bates PD. 2010. Near real-time flood wave approximation on large rivers from space: application to the River Po, Northern Italy. Water Resour Res 46:W05601.

- Sertel, E., Örmeci, C. 2009. Uzaktan Algılama Verilerinin İklim Biliminde Kullanım Olanakları Tmmob Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs 2009, Ankara.
- Shreve, R.L. 1966. Statistical law of stream numbers. *Journ. Geology* 74: 17-37.
- Shreve, R.L. 1967. Infinite topologically random channel networks, *Journ. Geology* 75, 178-186.
- Smith, S.E. 2005. Topographic mapping. In: Grunwald, S. (Ed.), *Environmental Soil-Landscape Modeling: Geographic Information Technologies and Pedometrics*, vol. 1. CRC Press, New York, pp. 155– 182.
- Strahler, A.N. 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Bull Geol Soc Am* 63:923–938.
- Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., Balta, İ. 2008. Türkiye İklim atlası (Basılmamış yayın)
- Tomlinson, C.J., Chapman, L., Thornes, J.E. and Baker, C. 2011. Remote Sensing Land Surface Temperature for meteorology and climatology: a review. *Meteorological Applications* 18: 296-306.
- Tronin A.A. 2000. Thermal IR satellite sensor data application for earthquake research in China. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 21, No. 16, 3169-3177.
- Tronin A.A., Biagi P.F., Molchanov O.A., et al. 2004. Temperature variations related to earthquakes from simultaneous observation at the ground stations and by satellites in Kamchatka area. *Physics and Chemistry of the Earth*. v. 29, p. 501-506.
- Tronin, A.A. 2006. Remote Sensing and Earthquakes: A review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. Vol. 31, Issue 4-9. 138-142.
- Tüysüz, O. 2003. İstanbul için Deprem Senaryolarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı. İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi. İstanbul.
- Uhrich, S., Bormann, H., Diekkrüger, B. and Krause, J. 2007 FRHYMAP Flood Risk and Hydrological Mapping, Final Report, Hydrology Research Group, Geographical Institute, University of Bonn, Germany.
- Van der Sande, C.J., De Jong, S.M. and De Roo, A.P.J. 2003. A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4, 217-229.
- Van Westen, C.J. 1993. Application of Geographic Information Systems to Landslide Hazard Zonation, ITC Publication Number 15, The Netherlands.
- Van Westen, C.J. 1997. Statistical landslide hazard analysis, ILWIS 2.1 for Windows Application Guide, ITC Publication, Enschede, pp. 73-84.

- Varnes, D.J. 1978. Slope movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., Landslides—Analysis and control: National Research Council, Washington, D.C., Transportation Research Board, Special Report 176, p. 11–33.
- Wen, Q., Fan, Y., Yang, S., Chen, S., He, H. Et al. 2012. High Resolution Remote Sensing Images Based Catastrophe Assesment Method. Remote Sensing Applications (Ed. Boris Escalante-Ramirez). In Tech, Croatia. 177-201.
- Wright, N. 2008. 3D Modelling for Channel and Rivers, First Iowa Workshop on Large Rivers, University of Nottingham, UK.
- Woodhead, S. 2007. Evaluation of Inundation Models Limits and Capabilities of Models, FLOODSite Report Number: T08-07-01, Wallingford, UK.
- Xu, J. and Powell, A. Jr. 2011. Uncertainty of the stratospheric/tropospheric temperature trends in 1979–2008: Multiple Satellite MSU, radiosonde, and reanalysis datasets. Atmos. Chem. Phys. 11, 10727–10732.
- Yang, J., Gong, P. Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Xu, B., Shi, J. And Dickinson, R. 2013. The role satellite remote sensing in climate change studies. Nature:Climate Change. 1-9, DOI: 10.1038/NCLIMATE1908
- Yaprak, S. Ve Arslan, E. 2008. Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yöntemi Dergisi Sayı 98, s. 36-42.
- Zezere, J.L., Reis, E., Gercia, R., Oliveira, S., Rodrigues, M.L., Vieira, G., Ferrire, A.B. 2004. “Integration of Spatial and Temporal Data for Definition of Different Landslide Hazard Scenarios in The Area North of Lisbon (Protugal)”, Natural Hazard and Earth System Science 4, p.133-146.