

**IRS-1C UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE OLUŞTURULAN DİJİTAL ARAZİ
MODELLERİ VE ORTOFOTO PLANLAR İLE OLUŞTURULAN DİJİTAL
ARAZİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Cengiz ERDOĞAN
(194 Y 618)**

98471

TEZİN SAVUNULDUĞU
DOĞRULAN TARİHİ

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31 Mayıs 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Haziran 1999**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Derya MAKTAV
Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. H. Gonca Coşkun (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Filiz SUNAR (İ.T.Ü.)**

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeodezi ve Fotogrametri Programı'nda gerçekleştirilerek "Yüksek Lisans Tezi" olarak sunulan bu çalışmamda, yüksek çözünürlüklü IRS-1C pankromatik ve IRS-1C LISSIII Hint uydusu görüntü kombinasyonlarından oluşturulan dijital üç boyutlu arazi modeli ile ortofoto planlardan oluşturulan dijital üç boyutlu arazi modeli karşılaştırılmıştır.

Bu tezimde, uydu görüntülerini temin eden İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Ltd. Şti. Genel Müdürü sayın Mehmet TANKUT'a, topoğrafik ve ortofoto verilerini sağlayan İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Harita Müdürü sayın Mustafa TAŞKAN'a, değerli dostlarım Akropol Bilgisayar Müh. San. Tic. Ltd. Şti' den sayın Ozan DİVAN ve Ahmet KARABURUN'a ve bu tezimde en büyük destekçim olan saygı değer hocam Prof. Dr. Derya MAKTAV'a sağlamış oldukları katkılardan dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

MAYIS 1999

Cengiz ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM	3
3. DİJİTAL GÖRÜNTÜLERİN YAPISI	6
3.1 Çözünürlük	7
3.2 Resim Düzeltme Teknikleri	8
4. DİJİTAL ARAZİ MODELİ	12
4.1 Dijital Arazi Modeli Oluşturma, Geliştirme ve İyileştirme	12
4.2 Dijital Arazi Modeli İçin Veri Kaynakları	13
4.2.1 Yer Ölçümleri Yardımı ile Dijital Arazi Modeli Oluşturulması	14
4.2.2 Uzaktan Algılama ve Fotogrametrik Yöntemlerle Dijital Arazi Modeli Oluşturulması	14
4.3. Dijital Arazi Modelin Oluşturulması	15
4.3.1 Düzensiz Üçgenleme Ağı	16
4.3.2 Kafes Şeklindeki Ağdan Yükseklik Modelinin Oluşturulması	17
4.4 Dijital Arazi Modeli Geliştirme ve İyileştirme	19
4.4.1 Dijital Arazi Modeli'nin Düzeltilmesi	19
4.4.2 Modellerin Birleştirilmesi	19
4.4.3 Modelin Filtrelenmesi	20
4.4.4 Veri Dönüşümü	20

4.5 Dijital Arazi Modeli Yorumlama ve Kalite Değerlendirmesi	20
4.5.1 Yorumlama	20
4.5.2 Kalite Değerlendirmesi	21
4.6 Dijital Arazi Modeli Görselleştirme	22
4.6.1 Ortografik Görselleştirme Teknikleri	22
4.6.2 Perspektif Görüntüleme Teknikleri	23
4.7 Dijital Arazi Modeli Uygulama Alanları	23
BÖLÜM 5. UYGULAMA	26
5.1. Çalışma Alanı	26
5.2. Kullanılan Veriler	27
5.2.1. Uydu Verileri	27
5.2.2. Vektör Veriler	28
5.2.3. Ortofoto Plan Verileri	29
5.3. Kullanılan Donanımlar	29
5.4. Kullanılan Yazılımlar	30
5.5. Uygulama Adımları	34
5.5.1. Bant Seçimi	34
5.5.2. Geometrik Düzeltme	34
5.5.3. Ortofoto Planlara Koordinat Verimesi	36
5.5.4. Ortofoto Planların Yeniden Örnekleme (resampling)	37
5.5.5. Ortofoto Planlardan Mozaik Oluşturulması	38
5.5.6. RGB-IHS VE IHS-RGB Dönüşümü	38
5.5.7. Dijital Arazi Modeli Oluşturulmasına Hazırlık	41
5.5.8. Üç Boyutlu Dijital Arazi Modeli Oluşturulması	43
5.5.9. Sonuç ve Öneriler	45
KAYNAKLAR	48
EKLER	49
ÖZ GEÇMİŞ	60

KISALTMALAR

DN	: Digital Number
TIN	: Triangulated Irregular Network
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
GIS	: Geographic Information System
SAR	: Synthetic Aperture Radar
RADAR	: Radio Detection and Ranging
MSS	: Multispectral Scanner
LISS	: Linear Imaging Self Scanning



TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	: IRS-1C uydusu spektral çözebilirlik değerleri	Sayfa No 7
Tablo 5.1	: IRS Hint uydusu özellikleri	28



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.	:Değişik ısılarda cisimlerden yayılan enerji-nin spektral dağılım eğrileri	3
Şekil 2.2.	:Normal gökyüzünde güneş enerjisi akışı	4
Şekil 2.3.	:Bir uzaktan algılama sistemi	4
Şekil 2.4.	:Elektromanyetik spektrum	5
Şekil 4.1.	:Bir dijital arazi modelindeki ana adımlar ve işlevler	13
Şekil 4.2.	:Küçük tepeler, ancak örnek nokta aralıkları azaltılarak görülebilir	18
Şekil 5.1.	:Çalışma alanı	26
Şekil 5.2.	:Erdas Imagine Programı Bileşenleri	30
Şekil 5.3.	:Erdas Imagine Credits	30
Şekil 5.4.	:Erdas Imagine Viewer	30
Şekil 5.5.	:Erdas Imagine Import / Export	31
Şekil 5.6.	:Erdas Imagine Preparation	32
Şekil 5.7.	:Erdas Imagine Map Composer	32
Şekil 5.8.	:Erdas Imagine Interpreter	32
Şekil 5.9.	:Erdas Imagine Catalog	33
Şekil 5.10.	:Erdas Imagine Classification, Special Modeller, Vektor Utilities	33
Şekil 5.11.	:Erdas Imagine Radar, Virtual GIS	34
Şekil 5.12.	:Band Histogramları	35
Şekil 5.13.	:Geometrik Düzeltme	36
Şekil 5.14.	:Ortofotoların yeniden örneklenmesi	37
Şekil 5.15.	:Mozaik oluşturulacak resimlerin seçilmesi	38
Şekil 5.16.	:Mozaik Oluşturulma	39
Şekil 5.17.	:RGB - IHS Dönüşüm menüleri	39
Şekil 5.18.	:RGB den IHS'ye dönüşüm işlemi	40
Şekil 5.19.	:Intensity bileşeni ve piksel değerleri	40
Şekil 5.20.	:Hue bileşeni ve piksel değerleri	41
Şekil 5.21.	:Saturation bileşeni ve piksel değerleri	41
Şekil 5.22.	:TIN Oluşturulması	42
Şekil 5.23.	:TIN'den GRID'e Dönüşüm	42
Şekil 5.24.	:Erdas Imagine için Grid görüntü dosyasının oluşturulması	42
Şekil 5.25.	:İstanbul Boğazı dijital arazi modelinden görüntüler	44
Şekil 5.27.	:Üç boyutlu dijital arazi modellerinin çıkartılması	45

SEMBOL LİSTESİ

μM	:Mikron
DN	:Digital Number
(nxm)	:Her bir Resim Elemanı



IRS1-C Uydu Görüntüleri ile Oluşturulan Dijital Arazi Modelleri ve Ortofoto Planlarla Oluşturulan Dijital Arazi Modellerinin Karşılaştırılması

ÖZET

İstanbul Boğazı (Boğaziçi) doğal güzellikleri bakımından dünyadaki sayılı yerlerden biridir. Gerek denizi, gerekse yeşil alan zenginliği ile bir bütünlük oluşturan Boğaziçi, insanların sürekli ilgisini çekmiş ve zamanla bu bölgede yerleşimin hızla arttığı görülmüştür. Bu da beraberinde kentleşmeyi ve dolayısıyla doğal yapının bozulmasını getirmiştir. Bu nedenle gerek fotogrametri, gerekse uzaktan algılama gibi yeni ve çağdaş teknolojilerin İstanbul Boğazı üzerindeki uygulamaları da önem kazanmıştır..

Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü IRS1-C uydu görüntüleri ve 36 cm hassasiyetli ortofotolar kullanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak mevcut LISSIII görüntüsünde bant kombinasyonu seçimi yapılmıştır ve band kombinasyonu seçilirken renk dağılım diyagramları incelenmiştir. Daha sonra pankromatik ve LISSIII görüntülerine Akropol Bilgisayar Mühendislik Ltd. Şti.'nin İstanbul Büyükşehir Belediyesine yapmış olduğu ve İstanbul'un tüm yollarının bulunduğu İstanbul Elektronik Rehberi datasındaki yollardan yararlanılarak geometrik düzeltme getirilmiştir. Aynı şekilde, 1/1000 ve 1/5000 ölçekli paftalardan yararlanılarak tiff formatındaki ortofotolar koordinat verilmiş ve ortofotolardan oluşturulmuştur. Ayrıca 36 cm çözünürlüklü ortofotolar 1 metreye resampling yapılmıştır. Pankromatik ve LISSIII görüntüleri RGB-IHS dönüşüm metodu kullanılarak birleştirilmiş ve 5m çözünürlüklü çok spektrumlu renkli görüntü elde edilmiştir. Topoğrafik veriler kullanılarak düzensiz üçgenler ağı oluşturulmuştur. Bozuk üçgenler düzeltilmiş, 10 metrede bir oluşturulan grid dosyası oluşturulmuş ve bu dosya ve ortofotolar kullanılarak üç boyutlu model oluşturulmuştur. Aynı grid dosyası kullanılarak birleştirilmiş uydu görüntüsü ile boğazın üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Daha sonra ArcView Masaüstü Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı ve Erdas görüntü işleme kullanılarak görüntü çıktıları alınmıştır.

Tezin son aşamasında ise bu çalışmada karşılaşılan problemlere değinilerek veri üreten kuruluşlara çözüm önerileri getirilmiştir.

Comparing of Digital Terrain Models Obtained from IRS1-C Satellite Imageries and Digital Terrain Models Obtained from Orthophoto Plans

SUMMARY

The study area selected is the Bosphorus in Istanbul. It is the winding strait that separates Europe and Asia. Its shores often a beautiful mixture of past and present. The settlement is increased on the Bosphorus, which attracted people's attention not only for its natural beauty but also its sea, therefore, natural structure and urban planning were destroyed. Therefore, the application of the new technologies such as photogrammetry and remote sensing on Bosphorus is becoming more important. The aim of this study was to show the importance of these applications: Firstly, band combination was chosen on available LISSIII image. While performing this, colour dispersion diagrams were examined. After this process, it was seen that 4,3,1 band combination is selected as the most suitable combination. Geometric correction to panchromatic and LISS III images were performed with data in Electronic Guide of Istanbul. Tiff formatted orthophotos were coordinated using 1:1000 and 1:5000 scale orthophoto plans, have 36 cm resolution were resampled to 1 meter. Panchromatic and LISS III images were merged using RGB-IHS transforming method and colorfull images which have 5 m resolution the TIN model was performed in ARC/INFO programme. Then this TIN model has been converted to GRID model to be able to process in Erdas software. The three dimensional model was obtained on Erdas using GRID file and orthophotos. The three dimensional model of Bosphorus was obtained using merged satellite images. ArcView and Erdas programmes were used for output of these models.

1. GİRİŞ

Uzay çağının giderek daha fazla kullanım alanı bulan teknolojilerinden biri olan uzaktan algılama, dünya çevresine yerleştirilen uydulardaki algılayıcılardan, hiç bir fiziksel temas olmaksızın yeryüzünün fiziksel özellikleri ile ilgili olarak elde edilen dijital verilerin bilgisayarlar yardımı ile hızlı ve doğru bir şekilde işlenmesine ve yorumlanmasına dayanır. Bu tanımın içine elektromanyetik ışınımın, akustik enerjinin, nükleer ışınımın veya bir ortamdaki kuvvet alanlarının algılanması da girer [1]. Uzaktan Algılama, uydulardan elde edilen veriler aracılığıyla yeni doğal kaynakların araştırılması ve geliştirilmesinde bir çözüm olanağı sağlamaktadır.

Uzaktan algılanmış görüntüler dijital ortamda kayıt edilir ve yorumcuların üzerinde çalışması için bilgisayarlarda işlenir. Bundan on yıl önce dijital görüntüler ancak uzmanlar tarafından çok yüksek kapasiteli bilgisayarlarda değerlendirilebilirdi. Bu gün ise, bu görüntüler normal bilgisayar bilgisine sahip olan kullanıcılar tarafından pahalı olmayan kişisel bilgisayar ve yazılımlar kullanılarak da işlenebilmektedir.

Dijital veri işleme, uzaktan algılama verileri ile sınırlı değildir. Çoğu görüntü-işleme teknikleri tıp alanında X ışınımlı görüntülerle ve vücut tarama aletleri ile elde edilen görüntülerle geliştirilmiştir. Uzaktan algılama için ilk teşvik, 1960'larda yeryüzündeki alıcı istasyonlara görüntüleri ileten insansız uydular programıydı. Bu düşük kaliteli görüntülerin kullanılabilmesi için görüntü işleme tekniklerinin geliştirilmesi gerekiyordu. Diğer teşvik ise, 1972' de başlayan ve dijital ortamda dünyanın ilk görüntülerini sağlayan LANDSAT programıydı. Bir üçüncü teşvik ise, görüntü işleme için hızlı, güçlü ve pahalı olmayan bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi oldu.

1972'den itibaren yeryüzünü gözleyen algılayıcı sistemleri taşıyan uyduların son yıllardaki gelişimi ile, değişik ülkeler tarafından dünya etrafında değişik yörüngelere yerleştirilen uydular (LANDSAT serileri, SPOT, IRS serileri,) ile yer yüzeyi hakkında çok fazla miktarlarda fotoğraflık ve dijital verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Uzaktan algılamanın ilginç ve önemli bir yönü, yeni bir bilim dalı olmasına rağmen çok sayıda bilim dalı ile bir bütünleşme içerisinde olabilmesidir. Jeoloji, ormancılık, biyoloji, fizik, elektronik, kimya, hidroloji, tarımcılık, şehircilik,

endüstri, vb. bilim dalları, uzaktan algılamanın bütünleştiği bilim dallarından bazılarıdır.

Elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinin yanında, mikrodalga ve kızılötesi ışınlarının da kullanılması, bu teknolojiyi geniş kesimlerin bilgi hazinesi durumuna getirmiştir. Bu teknoloji ile, bilgilerin geleneksel ölçümlere nazaran daha "kısa zamanda ve daha düşük maliyette" toplanması ve değerlendirilmesi mümkün olduğundan, değişik çaplardaki sorunların daha önce olası bile olmayan çözümleri, daha kolaylaşmıştır.

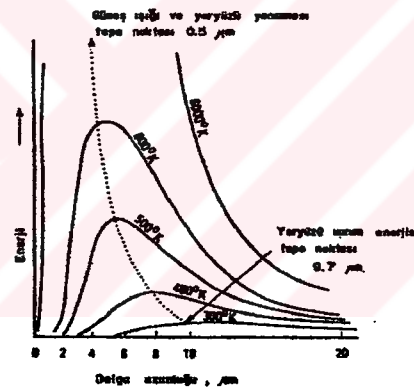
Bu tezde, İstanbul Boğazı'na ait:

- a) IRS-1C pankromatik ve IRS-1C LISSIII çok spektrumlu uydu verileri ve 1/25000 dijital ölçekli topoğrafik paftalar ile oluşturulan üç boyutlu dijital arazi modeli ile,
- b) 1/5000 ölçekli ortofoto planlar ve 1/25000 dijital ölçekli topoğrafik paftalar ile oluşturulan üç boyutlu dijital arazi modelleri karşılaştırılmıştır.



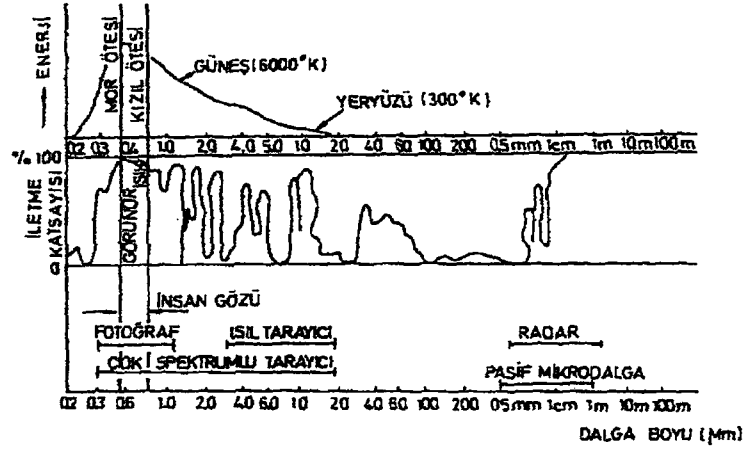
2. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

Elektromanyetik enerji: Doğadaki varlıkların görülmesine ve renklerin ayırt edilebilmesine olanak sağlayan, kaynağı güneş olan elektromanyetik enerji biçimine, görünen ışık denir. Görünen ışık, diğer tüm elektromanyetik dalga biçimleri gibi boşlukta hiç bir iletici maddeye gereksinimi olmadan yayılabilmektedir. Işığın boşluk içindeki hızı 300 000 km/sn' dir. Elektromanyetik enerji, ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsamaktadır. Görünen ışık, elektromanyetik enerji şekillerinden ancak bir tanesidir. Radyo dalgaları, ısı, mor ötesi ve X ışınları da diğer şekilleridir. Uzaktan algılamada, dalga uzunluğuna ve cismin ısisına bağlı olarak ışıyan enerji miktarı önemlidir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Değişik ısılarda cisimlerden yayılan enerjinin spektral dağılım eğrileri [4].

Elektromanyetik enerji, katı, sıvı veya gaz halindeki cisimlerle temasta, şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz bakımlarından birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu değişiklikler saptanır ve kayıt edilir. Bu işlem sonucu ortaya çıkan görüntü ve veriler, kayıt edilen elektromanyetik ışıınımda değişikliğe neden olan cisim özelliklerinin uzaktan belirlenmesi için yorumlanır (Şekil 2.2).



Şekil 2.4 Elektromanyetik spektrum [4]

3. DİJİTAL GÖRÜNTÜLERİN YAPISI

Uzaktan algılama, yer yüzündeki cisimlerin fiziksel özelliklerinin, cisimle ölçü aleti arasında herhangi bir temas olmaksızın belirlenmesine olanak verir. Uzaktan algılamada genel olarak eksiksiz bilgi sağlamak üç adımda gerçekleşir: veri toplama, veri depolama ve veri değerlendirme. Veri değerlendirme, çıplak gözle yorumlama ya da çok spektrumlu sınıflandırma veya bu iki yöntemin karışımı şeklinde interaktif olmaktadır. Çıplak gözle değerlendirmede, resimler gri renk tonu, biçim, doku gibi kriterlere dayanarak yorumlanmaktadır. Çok spektrumlu sınıflandırmada ise, yalnız tek bir kriter, yani “renk”, çeşitli bilgilerin ayırt edilmesinde kullanılmaktadır.

Çok spektrumlu görüntü verileri, yani birçok kanaldan algılanan dijital görüntüler, elektronik veri işlemeye sınıflandırmaya elverişlidir. Sınıflandırmada cisimler otomatik olarak tanınır ve sınıflandırılır.

Yeryüzündeki cisimlerin, elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde yansıtıkları veya yaydıkları ışınım farklılık gösterir. Cisimler, ışınım miktarındaki farka veya doğadaki renklerine bağlı olarak farklı renklerde görünür. Dijital görüntüler çeşitli şekillerde elde edilebilir. Tarayıcılar tarafından sistemin duyarlılığına bağlı olarak elektromanyetik spektrumun çeşitli bölgelerinde ışınım algılanıp manyetik banda kaydedilir. Diğer bir dijital görüntü verisi elde etme şekli ise hava fotoğraflarının veya ortofotoların satır satır taranması olup siyah beyaz bir fotoğraftan tek kanallı, renkli fotoğraftan ise üç kanallı veri elde edilir. Tarama satırı genişliği dedektörün optik çözünürlüğüne bağlıdır. Dedektörde film yoğunluğuna bağlı olarak değişen elektrik sinyali belirli aralıklarla algılanır, dijitalleştirilir ve manyetik banda kaydedilir. Her bir dijital değer 0 ile 1 sayılarından oluşan sayı serileri ile kaydedilir[8].

Düzenli satır ve sütunlar halinde küçük, eşit alanları ya da resim elemanlarını içeren görüntüye **raster** düzeni denir. Her bir resim elemanına **piksel** denir. Her bir pikselin konumu bir x,y koordinat sisteminde belirtilir. Ayrıca her piksel, bir dijital değere sahiptir (dijital number:DN) ve bu değer, piksel ile temsil edilen yer çözünürlüğü için ölçülen elektromanyetik enerjinin yoğunluğunu kaydeder. Dijital değer aralığı bir gri

ölçekte sıfırdan başlar ve daha yüksek sayılara doğru gider. Bu sistem, x' ve y' 'nin her pikseli konumlandığı, z' in de gri-ölçek yoğunluk değeri olarak gösterilen DN' yi verdiği üç boyutlu bir koordinat sisteminde görüntüyü kaydeder. Tarayıcı sistemler, görüntüyü, çözebilirlik hücrelerini gösteren pikseller şeklinde dijital formatta kaydeder. Fotoğraflar ve haritalar şeklinde olan analog görüntüler, dijitalleştirme olarak bilinen yöntemle dijital formata çevrilir [5].

3.1. Çözebilirlik

Çözebilirlik(resolution); bir görüntü ekranında görünebilen piksel sayısını veya bir görüntü dosyasında verilen bir pikselin yeryüzüne karşılık geldiği alanı tanımlamada kullanılan geniş bir terimdir. Spektral, uzaysal, radyometrik ve zamansal olmak üzere dört ayrı çözebilirlik türü vardır:

Spektral çözebilirlik: Bir algılayıcının elektromanyetik spektrumda kaydedebildiği spesifik dalga boyu aralığını belirtir. Elektromanyetik spektrumdaki geniş aralıklar "kaba" spektral çözebilirlik, dar aralıklar ise "ince" spektral çözebilirlik olarak tanımlanır. Bu çalışmada kullanılan IRS-1C pankromatik ve LISSIII uydu görüntüleri ile ilgili spektral çözebilirlik değerleri Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1 IRS-1C uydusu spektral çözebilirlik değerleri.

ALGILAYICI	BAND GENİŞLİĞİ
IRS-1C PANKROMATİK	0.5-0.75 μ m
IRS-1C LISS III	0.52-0.59 μ m (yeşil)
	0.62-0.68 μ m (kırmızı)
	0.77-0.86 μ m (yakın kızılötesi)
	1.55-1.70 μ m (orta kızılötesi)

Uzaysal çözebilirlik: Algılayıcı tarafından çözülebilen en küçük nesnenin ölçüsü veya tek bir piksel ile simgelenen yer yüzündeki alanın ölçüsü olarak tanımlanır. Daha iyi bir çözebilirlik, daha düşük sayıdaki değerleri içerir. Örneğin 79 m lik bir uzaysal çözebilirlik, 10 m lik uzaysal çözebilirliğe nazaran daha kabadır. Büyük ölçekli ve küçük ölçekli görüntü terimleri ekseriya uzaysal çözebilirliği ifade eder. Bu çalışmada kullanılan IRS-1C uydusuna ait pankromatik görüntülerin uzaysal çözebilirliği 5.8 metre, LISSIII görüntüsünün uzaysal çözebilirliği ise 23.5 metredir.

Pikselin büyüklüğünden daha küçük nesneler, yakınlarındaki nesnelerle (örneğin yollar, drenaj paternleri vb.) kontrast göstermeleri halinde görüntüde saptanabilirler. Diğer yandan, piksel büyüklüğüne eşit (veya daha büyük) büyüklükteki nesneler

yakınlarında parlak veya daha dominant nesnelerin olması durumunda görüntüde saptanamayabilir.

Radyometrik çözebilirlik: Dinamik aralığı veya her bir banttaki olası veri dosya değeri sayısını belirtir. Bu, kaydedilen enerjinin bölündüğü bit sayısı ile ifade edilir. Örneğin 8 bitlik bir veride her bir piksel 0 ile 255 arasında değişen veri değerlerine, 7 bitlik veride ise her bir piksel 0 ile 128 arasında değişen değerlere sahiptir. Bu çalışmada kullanılan uydu verilerinin radyometrik çözebilirliği 7 bit'tir.

Zamansal çözebilirlik : Belirli bir bölge için bir algılayıcının görüntüyü hangi sıklıkla elde ettiğini tanımlar. Bu çalışmada kullanılan uydu verilerinin zamansal çözebilirliği 24 gündür.

3.2. Resim Düzeltme Teknikleri

a) Fotoğrafik sistemlerde: Resim düzeltme teknikleri arasında, resim netleştirme, kontrast değiştirme, renk tonu dilimleme, optik filtreleme, sınır kuvvetlendirme ve resim kalitesini düşüren etkilerin azaltılması ve yok edilmesi için düzeltme modellerinin uygulanması sayılabilir.

- **Resim netleştirme:** Bir cismin en ideal konumda görüntülenebilmesi için yapılan işlemleri kapsar. Bu ideal durum, renk tonu ve renk geometrisi bakımından da olabilir. Resimde hareket nedeniyle bulanık çıkmış olan kısımlar değişik netleştirme teknikleri ile değiştirilebilir. Gereğinde görüntüde tam oluşmamış resimler analiz edilip tamamlanabilir.
- **Kontrast değiştirme:** Kontrast azaltımı ve artırılması şeklinde yapılan kontrast değiştirme resmin bütününe kapsayacağı gibi, belirli resim kısımlarını da içerebilir. Fotogrametrik sistemlerde bu iş için özel elektronik tab aletleri kullanılır. Burada amaç, cismin gerçek durumunun değil, bilgi kaybına neden olan fazla veya az kontrastın dengelenmesidir.
- **Renk tonu dilimleme:** Resimlerdeki belirli renk tonlarının tek bir renk tonuyla gösterilip farklı renk tonu bölgelerinin oluşturulması esasına dayanır. Ancak ortaya çıkan eşit gri renk tonu bölgeleri bazen hatalı olabilir. Örneğin, resme

bozucu etki yapan faktörler nedeni ile oluşan renk tonu değişiklikleri gerçek renk tonu değişimleri ile karışarak yanlış yorumlamaya neden olurlar.

- **Optik filtreleme ve sınır kuvvetlendirme:** Optik ve dijital filtreleme teknikleri ile çizgisel şekiller belirgin hale getirilebilir. Renk tonları arasındaki geçiş kuvvetlendirilir.

b) Fotoğrafik olmayan sistemlerde: Analog resimlerde beş, dijital resimlerde de dört çeşit resim düzeltme tekniği vardır.

Analog resimlerdeki düzeltme teknikleri:

- **Renkli bileşimlerin optik olarak elde edilmesi:** Spektrumun değişik kanallarında çekilmiş siyah beyaz resimler optik olarak projektörlerle aynı anda üst üste izdüşürülürler. Projektörlerin önüne konan renkli filtrelerle (örneğin üç projektörle çalışmada mavi, kırmızı, yeşil filtreler kullanılarak) renkli görüntüler elde edilir. Bu sırada ışıklandırma şiddeti de değiştirilerek yorumlama amacına uygun düşen kombinasyonlar elde edilir. Elde edilen bu görüntüler, ya direkt ekranda yorumlanır, ya da ekrandan çekilen renkli resim üzerinde yorumlanır.
- **Renkli bileşimlerin optik-elektronik olarak elde edilmesi:** Çok spektrumda algılanmış siyah beyaz görüntüler, yüksek çözünürlüklü televizyon kameraları ile görüntülenip banda kaydedilebilirler. Banda kaydedilmiş bu görüntüler daha sonra renkli olarak, yani mavi, yeşil, kırmızı renklerde ekrana izdüşürülerek renkli bileşimler elde edilir. Ekrandan bunların fotoğrafları çekilerek yorumlamada kullanılır.
- **Renkli resim bileşenlerinin fotoğrafik ve baskı işlemleri ile elde edilmesi:** Burada değişik spektral bölgelerde algılanmış siyah-beyaz resimlerden hareketle mavi, yeşil ve kırmızı tonlarında üst üste kopye edilir ve sonuç renkli fotoğraf veya renkli baskı şeklinde saklanır.
- **Eşit gri renk tonu resimlerinin optik-elektronik olarak elde edilmesi:** Her bir resim, yüksek çözünürlüklü TV kamerası tarafından algılanır ve video işaretlerine dönüştürülür. Bunların tekrar ekrana yansıtılması sırasında işaretler belirli bir gruplamaya tabi tutularak görüntüler eşit gri renk tonu basamaklarında ekranda izdüşürülür. Bu şekildeki gösterim, renk tonuna bağlı özellikleri yorumlamada

büyük kolaylık sağlar. Özellikle ısı kızıltötesi resimlerin yorumlanmasında sıcak cisimlerin açık renk tonunda gözükmesi özelliğinden yararlanılarak bu bölgeler kolaylıkla saptanıp sınırlandırılabilir.

- **Yoğunluk(parlaklık) profillerinin optik-elektronik olarak elde edilmesi:** Uygun bir resim analizörünün monitöründe görüntülerin gri renk tonu profilleri çizilebilir. Birbirini izleyen profillerin çizilmesiyle, yüzeylerin üç boyutlu arazi modeline benzeyen üç boyutlu gri renk tonu modelleri elde edilebilir. Burada parlaklık değerleri değişik profil yükseklikleriyle gösterilir. Üç boyutlu model ekranda döndürölüp değişik açılardan incelenebilir. Bu durum çizgisel özelliklerin tanınmasında bilhassa önemli olabilir.

Dijital resimlerdeki düzeltme teknikleri:

- **Kontrast değiştirme:** Amaç, belirli gri renk tonu alanlarını daha belirgin hale getirerek ayırt edilebilirlik derecesini artırmaktır. En basit ve en çok uygulanan kontrast artırma tekniği, lineer kontrast artırımı olup burada görüntüde ortaya çıkan en düşük ile en büyük parlaklık değerleri arasındaki bölge, daha geniş bir bölgeye (0 ile 255 arasına) lineer olarak yayılır. Bu amaçla, önce görüntülerdeki alt ve üst sınır parlaklık değerleri seçilir. Alt sınır 0 (siyah), üst sınır da 255 (beyaz) parlaklık değerine eşit alınarak, ara değerler bu sınırlar arasında yayılır.

Diğer bir kontrast artırma yöntemi ise, uniform ve homojen yayma yöntemidir. Lineer olmayan bu yöntemde, orijinal görüntüde parlaklık değerlerinin en fazla yayılım gösterdiği bölge, daha az yer alan parlaklık değerine göre daha geniş bir bölgeye yayılır. Bu yöntemde de, daha az oranda ortaya çıkan açıklık ve koyu renk tonları bastırılır ve bu kısımda detay kaybı olur.

Kontrast düzenlemede kullanılan diğer bir yöntem, parlaklık değeri dağılımına Gauss dağılımının uygulanmasıdır. Burada yayılım lineer değildir ve orijinal görüntünün histogramı, 0 ile 255 parlaklık değerleri arasında normal yayılım eğrisinde çakıştırılır. Bu şekildeki bir kontrast düzenlemesinde, açık ve koyu renk tonu bölgesinde diğer yöntemlere göre daha iyi bir kontrast dağılımı elde edilmektedir. Buna karşılık, orta gri renk tonunun yer aldığı orta bölgelerde kontrast, diğer iki yönteme göre daha az kalmaktadır. Kontrast düzenlenmesi, esas olarak orijinal görüntünün histogramına ve incelenecek özelliklere bağlıdır.

- **Oran görüntülerinin elde edilmesi:** Bu yöntemde, için belirli bir bantta alınmış görüntüye ait resim elemanlarının parlaklık değerleriyle diğer bir bantta algılanmış aynı bölgenin görüntüsüne ait resim elemanlarının parlaklık değerlerinin oranları teşkil edilir. Genelde, büyük oran değerleri açık renk tonlarını gösterirken, küçük değerler koyu renk tonlarına karşılık gelir. Oran değerleriyle elde edilen görüntülerin avantajlarından biri, topoğrafyaya bağlı olmaksızın benzer yer örtü tiplerinin aynı oran değerine sahip olmaları nedeniyle cismin gölgede veya güneş altında kalmasının görüntüye etki yapmaması, yani gölge faktörünün ortadan kalkmasıdır. Oran görüntüleri, cisimlerin iki spektral bantta spektral yansıtma eğrilerindeki eğim değişimini belirgin duruma getirip bunların birbirinden kolaylıkla ayır edilmesini mümkün kılar. Oran görüntülerinin en belirgin dezavantajı ise, cisimlerin yansıtma özelliklerinin bastırılıp spektral yansıtma eğri karakteristiklerinin önem kazanmasıdır. Bu anlamda farklı yansıtma özelliğine fakat benzer spektral yansıtma eğrisi eğimine sahip farklı cisimler benzer cisim olarak gözükürler ve ayırt edilemezler.
- **Alçak geçirgen filtre ile süzme:** Dijital görüntü düzeltmede uygulanan diğer bir yöntem ise “gürültünün” alçak geçirgen bir filtre ile süzülmesidir. Filtreleme bir hesap işlemi olup görüntüdeki her resim elemanı için ($n \times m$) resim elemanı komşuluğunda ortalama değer hesaplanır ve bu ortalama değer o resim elemanı için alınarak bu ortalama değerlerle görüntü yeniden oluşturulur.
- **Yüksek geçirgen filtre ile süzme:** Yüksek geçirgen filtreyle süzmede az ya da çok parazitsiz görüntülerde algılayıcı sistemin çözebilirlik sınırında veya altında kalan küçük cisimler ayırt edilebilir hale getirilir. Ancak geçirgen filtre ile süzme işlemlerindekinin tersine, burada görüntü düzleştirilmez, bastırılamaz, aksine aşırı derecede kontrast artırılır. Bir örnek olmak üzere her bir resim elemanının parlaklık değeri belli oranda artırılır ve bu değerlerden bu piksele $n \times m$ komşuluğunda yer alan piksellerin ortalama değerleri çıkartılır. Elde edilen değerler görüntünün yeniden oluşturulmasında kullanılır. Bu işlem sonucu kontrast artırılmış, yani açık renkli pikseller daha açık, koyu renkli pikseller ise, daha koyu görünürler.

4. DİJİTAL ARAZİ MODELİ

Herhangi bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamasının en önemli veri kaynaklarından biri, uygulama alanının bir modelinin bilgisayar belleğinde yaratılmasıdır. Bu modele, "Dijital Yükseklik Modeli " veya "Dijital Arazi Modeli" denir. Dijital arazi modelleri 1950'lerden beri, başlangıçta yerbilimleri uygulamalarında kullanılmış ve o tarihten itibaren coğrafi bilgi işlemenin en temel bileşeni haline gelmiştir.

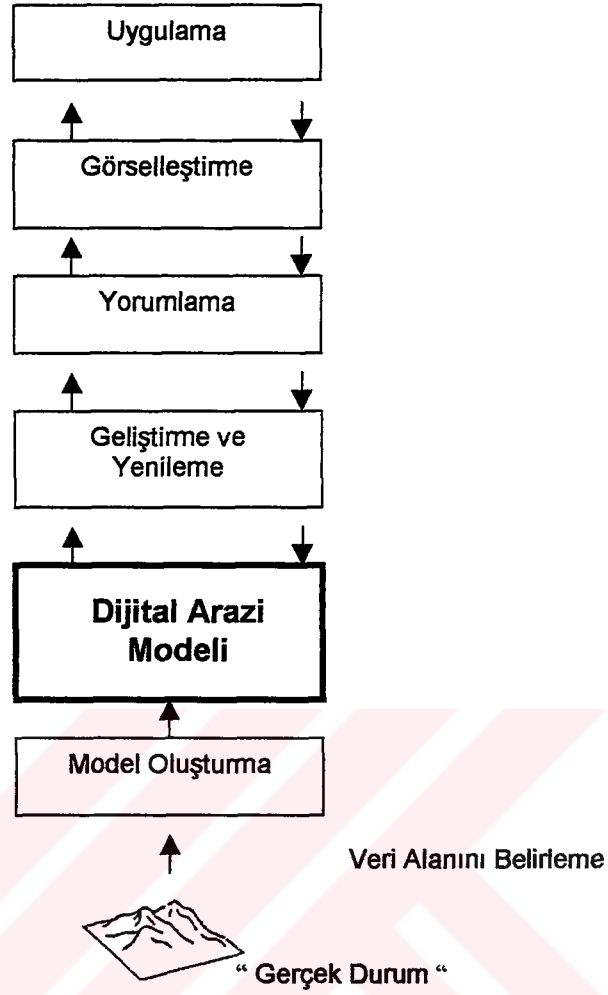
Bir alanın topoğrafyasını incelemek ve değişik çalışmalar ve modellemeler yapmak için, dijital yükseklik verilerinden yararlanılır. Dijital yükseklik verilerinin, başta mühendislik konuları olmak üzere, planlamada ve askeri alanlarda geniş çapta uygulamaları vardır. Örneğin, bir karayolunun en kısa ve en kolay olarak arazinin neresinden geçeceğinin belirlenmesi veya bir hidroelektrik baraj inşa edileceği zaman hangi arazilerin su altında kalacağını belirlemek için dijital yükseklik verilerinin uygulama alanlarından sadece bir kaçıdır [6]. Özetle, coğrafi bilgi sistemlerinde, dijital arazi modeli, yüzey ve topoğrafya ile ilgili bütün analizleri görüntüleme ve modelleme imkanı sağlar. Yükseklik bilgisi sayesinde, çalışılan alan hakkında yeni bilgilerin yaratılması ve daha kapsamlı bu yeni bilgiler sayesinde, bölge hakkında iki boyutlu analiz ile mümkün olmayan çözümlemelerin ve önerilerin yapılması mümkün olmaktadır.

4.1. Dijital Arazi Modeli Oluşturma, Geliştirme ve İyileştirme

Bir dijital arazi modeli, adından da anlaşılacağı gibi, yeryüzünün bir kısmının dijital olarak ifadesidir. Şekil 4.1, bir dijital arazi modellenmesindeki ana adımları ve işlevleri göstermektedir.

Bu adımlar ve işlevler şunlardır:

- (a) Dijital arazi modeli oluşturma
- (b) Dijital arazi modeli geliştirme ve yenileme
- (c) Dijital arazi modeli yorumlama
- (d) Dijital arazi modeli görüntüleme
- (e) Dijital arazi modeli uygulamaları.



Şekil 4.1 Bir dijital arazi modelindeki ana adımlar ve işlevler [2].

4.2. Dijital Arazi Modeli İçin Veri Kaynakları

Veri kaynaklarının seçimi ve arazi örnekleme teknikleri, sonuç dijital arazi modelinin kalitesi açısından önemlidir. Dijital arazi modeli için gerekli olan veriler, arazi yüksekliği ve arazinin şeklini etkileyen bir takım önemli ek bilgilerden (yol, drenaj, kanallar,vb.) oluşur [2].

Günümüzde dijital arazi modeli verileri genellikle yer ölçümlerinden, uzaktan algılama ve fotogrametrik yöntemlerden veya topoğrafik haritalardan dijitalleştirilerek oluşturulur. Ayrıca, radar ve sonar yardımı ile de yükseklik modeli oluşturulabilir [2].

4.2.1. Yer Ölçümleri Yardımı ile Dijital Arazi Modeli Oluşturulması

Burada yükseklik ölçüm değerleri ve bu değerlere ait koordinatlar doğrudan bilgisayarın veri tabanına girilerek model oluşturulur. Oluşturulan bu modelin doğruluğu yüksektir. Çünkü ölçme yapan kişi, arazinin karakteristik noktalarını çok iyi belirler ve özellikle bu noktalarda ölçme işlemleri yapar. Fakat bu yöntemde veri toplama işlemi, süre olarak çok uzun ve emek yoğundur. Bu nedenle bu yöntemin küçük alanlarda ve yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda kullanılması daha uygundur.

4.2.2. Uzaktan Algılama ve Fotogrametrik Yöntemlerle Dijital Arazi Modeli Oluşturulması

Stereo hava fotoğraflarının uygun fotogrametrik aletler yardımıyla değerlendirilmesine ve yorumlanmasına ve değişik bilgisayar yazılımlarının kullanılarak dijital arazi modelinin oluşturulmasına dayanır. Bu yöntemlerde farklı fotogrametrik örnekleme teknikleri kullanılır. Kullanılan örnekleme tekniklerine göre sonuç, dijital arazi modelinin doğruluğu yeterli olabilir.

Stereo hava fotoğrafı çiftlerinden otomatik olarak dijital arazi modelinin oluşturulması için, bu görüntü ile dijital arazi modeli arasındaki ilişki, ya fotogrametrik aletler kullanılarak, ya da tamamen bilgisayar kullanılarak belirlenir. Bu yöntem, geniş alanlarda daha hızlı ve uygun sonuçlar verir. Ancak, veri kalitesi açısından ve görüntüdeki gürültülerden dolayı bu yöntemle çok yüksek doğruluğa ulaşmak söz konusu değildir.

Stereo uydu görüntüleri ve uygun görüntü işleme yazılımları kullanılarak da dijital arazi modelleri oluşturulabilir. Bu şekilde oluşturulan dijital arazi modelleri ile de geniş alanlarda hızlı ve uygun sonuçlar alınabilir.

Topoğrafik haritaların dijitalleştirilmesi: Dijital arazi modelinin, ayrıca kartoğrafik haritalardan, örneğin topoğrafik haritalardan üretilmesi mümkündür. Topoğrafik haritalar, el ile ya da otomatik olarak, ya da raster tarama ve vektörizasyon ile tam otomatik olarak dijitalleştirilebilir. Ölçme ve fotogrametrik yöntemlerin kullanılması yerine büyük ölçekli topoğrafik haritaların dijitalleştirilerek geniş alanlardaki dijital arazi modelini oluşturmak maliyet açısından daha ekonomiktir.

Eşyüksekti eğrisi şeklindeki dijital arazi modelinin çok yaygın kullanılmasına rağmen bazı problemler söz konusudur. Özellikle bu eğrilerin dijitalleştirilmesi sırasında pek çok orijinal bilginin kaybolması ve hataların oluşması olasıdır. Bu hataların nasıl oluştuğu ve oluşan hataların ne şekilde giderildiği, Bölüm 4.4.'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bu çalışmada, dijital arazi modeli oluşturulurken, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nce sağlanan 1/1000 ve 1/5000 ölçekli dijital haritalar ve Mapinfo (Masaüstü CBS yazılımı) formatındaki yükseklik verilerinden faydalanılmıştır.

4.3. Dijital Arazi Modelinin Oluşturulması

Anlaşılır ve doğru bir dijital arazi modelinin oluşturulması için yüzeye yakın olan enterpolasyon yönteminin belirlenmesi ile beraber veri elemanları arasındaki topolojik ilişkinin kurulması da gerekir.

Bir dijital arazi modeli için en yaygın kullanılan veri yapısı, ya kafes ağı (GRID veya yükseklik matrisi), ya da düzensiz üçgenler ağı TIN (Triangulated Irregular Network) şeklindedir. Kafes ağı, noktalar arasındaki topoğrafik ilişkiyi bütünüyle kaydeden bir matris yapısını gösterir. Bu veri yapısı bilgisayarda iki boyutlu bir yükseklik dizisi olarak kaydedildiği için yükseklik matrisini elde etmek basittir. Öte yandan, düzenli kafes ağının yeryüzü karmaşıklığı uyumunun sağlanması zordur. Bu yüzden, istenilen doğruluk derecesini yansıtacak kadar nokta alınması gerekir. TIN ise, üçgen elemanlarına dayanan bir yapıdır. Yapısal özellikler, veri yapısı içinde kolayca birleştirilebilir. TIN, arazi yapısını yeterli olarak yansıtmaya kabiliyetine sahiptir. Fakat doğru bir TIN modeli oluşturmak kolay değildir. TIN modeli oluştururken bazı durumlarda arazinin gerçek karakteristiğini yansıtmayan bir çok düz üçgenler oluşabilir.

Dijital arazi modellemede, verinin olmadığı kısımlardaki yüksekliğin belirlenmesinde enterpolasyon işlemi kullanılır. Yaygın bir şekilde kullanılan enterpolasyon işlemlerinin çoğu üçgenlemeye dayanır. Enterpolasyon fonksiyonu, üçgenlere yerel (mevzi) olarak en uygun polinomun bulunması ile elde edilir.

Bu çalışmada, Mapinfo formatındaki yükseklik verileri Arc/Info (Profosyonel CBS Yazılımı) programında ilk önce point covarage'a dönüştürülmüş ve TIN

oluşturulmuştur. Bozuk üçgenler düzeltilmiştir. Daha sonra ERDAS (Görüntü İşleme Yazılımı) yazılımının okuyabilmesi için GRID formatına dönüştürülmüştür.

4.3.1. Düzensiz Üçgenleme Ağı

Düzensiz üçgenleme ağı olarak nitelendirilen TIN, yüzeyi modellemek için kullanılan vektör tabanlı topolojik bir veri modeli olup. yüzey, birbirine bağlı üçgenler ile modellenir.

TIN veri yapısı iki temel ögeye dayanır. Bunlar, x, y, z değerleri ile verilen noktalar ve üçgenleri oluşturmak için bu noktaları birbirine bağlayan kenarlardır. Bir süreklilik teşkil eden bu üçgenler mozayığı sanki bir elmas kristali yüzeyi gibidir. Yeryüzünü en iyi modelleyen bir TIN modelinde üçgenler mümkün olduğunca eşit açılı eşkenar üçgenlerdir.

Bir TIN veri modeli, "düğüm noktaları", "kenarlar", "üçgenler", "poligonlar" ve "topolojik yapı" dan oluşur.

Düğüm noktaları, bir TIN modelinin oluşturulmasında temel teşkil eder. Her düğüm noktası bir 'z' yükseklik değerine sahip olup bu düğüm noktaları, üçgenler ile birbirlerine birleştirilir. Her düğüm noktası, kendisine en yakın düğüm noktasına kenarlar vasıtasıyla birleştirilerek üçgenler oluşturulur. Her kenar iki düğüm noktasına sahiptir. Fakat bir düğüm noktası, iki veya daha fazla kenara sahip olabilir. Kenar sonlarındaki 'z' yükseklik değerine sahip düğüm noktaları ile, kenarlar boyunca bir düğüm noktasından diğer düğüm noktasına eğimi hesaplamak mümkündür. Her üçgenin düğüm noktalarının x, y, z koordinat değerleri ile, yüzey alanı, yüzey genişliği, eğimi ve bakışı hakkında bilgi elde etmek mümkündür. Üçgenlerin tümünü bir bütün olarak ele alarak yüzey hakkında hacim, yüzey profili, görülebilirlik, yüzey manzarası ve analiz gibi daha fazla bilgiler elde edilebilir. Poligonlar, TIN'i oluşturan tüm veri noktalarını içeren bir veya birden fazla sayıda olup TIN modelini oluştururken interpolasyon yapılacak bölgeyi tanımlar. Düğüm noktalarına ait 'z' değerlerinin interpolasyonu ile poligon kenarlarının üzerinde veya içinde yüzey analizi veya yüzey görüntüsü yaratmak mümkündür.

Bir TIN'in topolojik yapısı; her bir üçgenin düğüm noktaları, kenar numaraları ve tipleri ile diğer üçgenlere olan komşulukları hakkındaki bilgileri tanımlar. Her bir üçgen için öz nitelik olarak aşağıdaki bilgiler kaydedilir:

- Üçgen numarası,
- Komşu olan her bir üçgenin numarası,
- Üçgeni tanımlayan üç düğüm noktasının numaraları,
- Her bir düğüm noktasının x, y koordinatları,
- Her bir düğüm noktasının 'z' değeri,
- Üçgen kenarlarının tipi.

Bunlara ek olarak TIN' in poligonlarını oluşturan kenarların listesi ile projeksiyon ve ölçü birimini tanımlayan bilgiler mevcuttur.

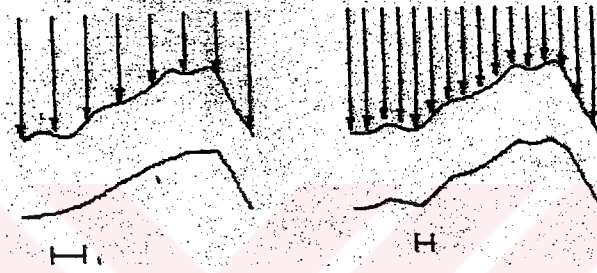
TIN modelinin kalitesi: Bir TIN modelini kontrol etmenin birinci yolu, oluşan düz üçgenlere bakmaktır. Bunlar TIN' in geçerliliği hakkında yararlı fikirler verir. Düz üçgenler, üçgeni oluşturan üç düğüm noktasının aynı 'z' değerine sahip olmasından dolayı oluşur. Bu nedenle, yüzeyde düz alanların olup olmadığı araştırılmalıdır. Bazen eşyükselti eğrilerinde meydana gelen dar boğazlar nedeni ile düz üçgenler oluşabilir. Bu durumda, bu bölgelere yüzeyin durumunu en iyi belirleyen yeni noktalar eklenerek TIN modeli yeniden oluşturulur. Fakat bazen gerçekte de yüzeyde düz alanlar mevcut olup bu kısımlarda da düz üçgenler oluşabilir. Örneğin su yüzeyleri düz alanlar olduğu için buralarda düz üçgenlerin oluşması doğaldır. Aksine eğer bu yüzeylerde düz üçgenler oluşmamışsa bu bölgedeki üçgenin düğüm noktalarının 'z' değerleri kontrol edilmelidir. En iyi TIN modeli, eşkenar üçgenlerden oluşan modeldir. Dar açılı, uzun ve ince üçgenlerden oluşan TIN modelinin sağlıklı olması söz konusu değildir. Bu tip üçgenlerin bulunduğu TIN modeli ile yapılan bütün yüzey analizlerinde doğruluk problemi ortaya çıkar.

4.3.2. Kafes Şeklindeki Ağdan Yükseklik Modelinin Oluşturulması

Ortak bir orijinden sabit ve eşit olarak x ve y yönlerine dağılmış örnek noktalar yardımı ile yüzeyin yükseklik modeli oluşturulabilir. Kafes ağ içinde her bir noktanın deniz seviyesinden yüksekliğini belirten 'z' değeri vardır. Örnek noktalar arasındaki değerler, komşu iki örnek nokta arasında enterpolasyon yapılarak belirlenir.

Kafes yapılı yüzey veri modeli iki temel bileşene sahiptir. Bunlar, örnek noktalar arasındaki uzaklık, örnek nokta sayısı ve orijini belirten başlık bilgisi ile 'z' yükseklik değerlerinin oluşturduğu matristir. Burada önemli olan şey, her bir örnek noktanın x, y koordinatlarının depolanmadığı, bunların koordinatlarının orijin ve örnek noktalar arasındaki uzaklığa göre belirlendiğidir.

Bir kafes yapının orijini, sol alt köşesinin y değerleri ile belirlenir. Örnek nokta sayısı ise x ve y yönündeki nokta sayısından ibarettir. Bu noktaların sayısı, kafes yapının çözebilirliği hakkında fikir verir. Örnek noktalar arasındaki uzaklık x ve y yönlerinde aynı değere sahiptir. Nokta sayısı ile bu uzaklık çarpılarak kafes yapının kapladığı alan belirlenir. Teorik olarak çözebilirlik ne kadar artırılsa yüzeyin gösterimi o derece doğru olur. Şekil 4.2'de küçük tepelerin, ancak örnek noktalar arasındaki uzaklığın küçültülmesi sonucu belirlenebileceği görülmektedir. Fakat kafes yapının çözebilirliğinin çok fazla artırılması verinin boyutunu arttıracığından çok fazla disk alanı kaplar. Bu nedenle, gerekli olan çözebilirlik belirlenmeli ve bu çözebilirliğin daha fazla arttırılmamalıdır.



Şekil 4.2. Küçük tepeler, ancak örnek nokta aralıkları azaltılarak görülebilir.

'z' değerleri arasında yapılan enterpolasyon: Raster ve vektör yapıdaki verilerin enterpolasyonunda kullanılan coğrafi bilgi sistemleri paketinde üç değişik teknik söz konusudur. Bunlar,

- En yakın komşu (Nearest neighbour) ataması
- Bilineer enterpolasyon
- Kübik katlama (Cubic Convolution) yöntemidir.

Yukarıdakilerden bilineer enterpolasyon yöntemi ile kübik katlama yöntemi süreklilik ifade eden veriler için en uygun yöntemlerdir.

En yakın komşu değeri ataması ile, enterpolasyonda herhangi bir hücrenin değeri, kendisine en yakın hücrenin değeri atanarak belirlenir. Yani burada gerçek bir enterpolasyon işleminden söz etmek mümkün değildir. Örneğin 2 değerine sahip girdi veri daima 2 olacaktır ve kesinlikle 2.2 veya 2.3 gibi bir değere sahip olmayacaktır. Bu nedenle, bu teknik, yüzey enterpolasyonu için kullanılmaz.

Bilineer interpolasyon tekniğinde herhangi bir hücrenin değeri, kendisine en yakın 4 hücrenin uzaklıkları ile ağırlıklı olacak şekilde gözönüne alınarak hesaplanır.

Kübik katlama tekniğinde ise herhangi bir hücrenin değerinin belirlenmesinde, çift doğrusal interpolasyon yönteminin aynısı uygulanır ve sadece nokta sayısında bir artış olur. Burada entepole edilecek hücreye en yakın 16 tane nokta, uzaklıkları ile ağırlıklı olacak şekilde hesaba katılır. Kübik katlama yöntemi bu çalışmada ayrıca görüntülerin yeniden örneklenmesinde de (resampling) yapılması işleminde de kullanılmıştır (Bölüm 5.5.4.).

4.4. Dijital Arazi Modeli Geliştirme ve İyileştirme

Bir dijital arazi modelinin oluşturulmasından sonra bu modelin esnekliği ve performansı büyük önem taşır. Bu nedenle, var olan model üzerinde bir takım geliştirme ve iyileştirmeler yapılır. Bunlar, dijital arazi modelinin düzeltilmesi, dijital arazi modelinin filtrelenmesi, birden fazla dijital arazi modelinin birleştirilmesi ve farklı veri yapıları arasında dönüşümdür.

4.4.1. Dijital Arazi Modelinin Düzeltilmesi

Burada bir takım hataların düzeltilmesi söz konusudur. bir dijital arazi modeli düzeltilmesinde bir nesne için gerekli olan işlemler; sorgulama, silme, ekleme, hareket ettirme, yükseklik değiştirme, öz nitelik değiştirme vb. olabilir. Ancak, raster yapıdaki dijital arazi modelleri için, yükseklik değiştirme işlemi hücrenin (bir alanın) yüksekliğinin değiştirilmesi şeklinde zorunlu olarak kısıtlama getirilmiştir. Bir TIN modeli için böyle bir kısıtlama söz konusu değildir. Fakat TIN modelinde, bazen arazinin gerçek karakteristiğini yansıtmayan, özellikle eşyükselti eğrilerinden yola çıkarak TIN modeli oluşturulurken dar boğazlarda düz üçgenler oluşabilir. Oluşan bu düz üçgenler, düz üçgenin oluşmasına neden olan noktalar arasına arazinin gerçek yapısını ifade eden yükseklikteki noktaların eklenmesi ve yeniden TIN modelinin oluşturulması ile elimine edilir.

4.4.2. Modellerin Birleştirilmesi

Çok geniş bölgelerde birden fazla ardışık dijital arazi modellerin birleştirilmesi veya ortak bölgelerin çakıştırılması ile model oluşturulur. Raster yapıdaki dijital arazi modellerinin birleştirilmesinde çözebilirlik ve dönüklüğün uygun olması durumunda

yapılan işlem, sadece x ve y eksenleri boyunca hareket ettirmektir. Aksi taktirde sürekliliğin sağlanması için bir takım örnekleme işlemlerinin yapılması gerekir.

4.4.3. Modelin Filtrelenmesi

Bir dijital arazi modelinin filtrelenmesi iki amaca hizmet eder: birincisi dijital arazi modelinin zenginleştirilmesi veya yüzeyin düzgünlüğü, diğeri ise veri hacminin azaltılmasıdır. Bir dijital arazi modelinde zenginleştirme filtresi olarak, görüntü işlemede olduğu gibi, yüksek geçirgen ve alçak geçirgen filtreler kullanılır. Filtreleme işlemi raster yapıdaki dijital arazi modeline uygulanır. Bir dijital arazi modelinde alçak geçirgen filtreleme uygulanarak, yüzeyde değişik detayların çıkarılması ve yüzeyin daha düzgün ve net görünmesi sağlanır. Yüksek geçirgen filtre kullanılması durumunda yüzeydeki süreksizlikler ortaya çıkar. Alçak geçirgen filtreleme işlemi, model üzerinde bir takım istenmeyen gürültülerin giderilmesinde ve kartoğrafik genelleştirme işlemlerinde yüksek geçirgen filtrelemeye göre daha fazla kullanılır.

Filtreleme işlemi, dijital arazi modeli veri hacminin azaltılması için kullanılabilir. Veri hacminin azaltılmasına yönelik filtreler, gereğinden fazla sayıda noktaların elimine edilerek veri depolama hacminin azaltılmasında ve veri işleme süresinin kısaltılmasında etkilidir. Ayrıca, kartografik genelleştirme işleminde ön işleme adımı olarak da kullanılır [2].

4.4.4. Veri Dönüşümü

Bir yükseklik modelinde, örneğin TIN yapısının raster yapıya dönüştürülmesi, bu yapı üzerinde değişik filtreler uygulanması, ancak veri dönüşümü sayesinde mümkündür. Veri dönüşümünde vektör-raster dönüşümünün yanı sıra raster-vektör dönüşümü de veri hacmi bakımından önemlidir. Bir dijital yükselti modelinde, eş yükselti eğrileri-raster, raster-eşyükselti eğrileri, eşyükselti eğrileri-TIN, TIN-eş yükselti eğrileri dönüşümleri kullanılan dönüşümler arasında yer alır.

4.5. Dijital Arazi Modeli Yorumlama ve Kalite Değerlendirmesi

4.5.1. Yorumlama

Bir coğrafi bilgi sisteminde, dijital arazi modelleri, arazi ile ilgili temel bilgilerin çıkarılması açısından büyük önem taşır. Bir dijital arazi modeli, grafik gösterim ya da yorumlamaya yönelik olmak üzere iki değişik şekilde ele alınabilir. Yorumlama işlemi

sonucunda elde edilen veriler, çevre sorunlarının çözümü için yapılan çalışmalarda, toprak erozyonunun belirlenmesinde yüzey hidrolojik analizlerinde (drenaj ağlarının belirlenmesi) gibi uygulamalarda kullanılabilir. Burada önemli olan ve fazla derecede yapılan işlem, bir dijital arazi modelinden eğim ve baki değerlerinin üretilmesidir. Dijital arazi modelinin girdi veri olarak kullanılması sonucunda, çalışılan bölgeye ait eğim ve baki haritalarının CBS yazılımları vasıtası ile oluşturulması kolaydır. Eğim ve baki haritalarının sadece görüntü olarak elde edilmesinden ayrı olarak, çoğu CBS uygulamalarında, girdi veri olarak da kullanılabilir. Burada kullanılan teknikler, özellikle arazinin hidrolojik yapısı ile ilgili özelliklerin çıkarılmasına yöneliktir. Dijital arazi modeli yardımı ile arazinin hidrolojik yapısı hakkında çok sayıda özellikler elde edilebilir. Örneğin lineer özellik gösteren nehirler, alansal özellik gösteren drenaj havzaları, yüzey hidroloji analizleri ile belirlenebilir. Yüzey hidroloji analizleri yapılırken dijital arazi modelinin herhangi bir noktasından başlanarak ardışık bütün noktalar arasındaki yükseklik farkları belirlenir, bulunan yükseklik farkının maksimum olduğu yönler suyun akış doğrultusunu gösterir. Nehir kolları, sadece yükseklik modelinin girdi veri olarak kullanılmasından yola çıkılarak belirlendiği için gerçekte bu nehir kollarının araştırılması gerekir. Çünkü bölgeye ait dijital arazi modeli, farklı örnekleme teknikleri kullanılarak elde edildiği için, hiçbir zaman arazideki gerçek yüzeyi temsil etmez. Ayrıca, oluşturulan dijital arazi modelinin doğruluğu, hidrolojik analizlerin yapılmasında büyük öneme sahiptir. Burada vurgulanmak istenen amaç, sadece dijital arazi modelinin böyle bir algorithmada girdi veri olarak kullanılabileceğidir.

4.5.2. Kalite Değerlendirilmesi

Hata belirleme ve düzeltme: Topoğrafik haritalardaki eşyükselti eğrilerinin dijitalleştirme doğruluğu, kaynak altlığın cinsine ve ölçeğine, eşyükselti eğrilerinin yoğunluk derecesine, operatörün deneyimine ve donanım ve yazılımın özelliklerine bağlıdır. Elde edilen dijital ürünün doğruluğu, esas olarak operatörün dikkatine ve becerisine bağlıdır. Karmaşık ve yoğun eşyükselti eğrilerinin dijitalleştirilmesi esnasında işler yavaşlamakta, hata yapma olasılığı yükselmektedir. Bütün bunlar göz önüne alındığında elle yapılan bir dijitalleştirmede nokta konum doğruluğu yaklaşık 0.1 mm civarındadır. Orijinal ile dijitalleştirilmiş nesne konumu arasındaki standart sapma 0.3 mm dir. Dijitalleştirme işleminin doğruluğu, eşyükselti eğrileri arasındaki mesafeye göre değişim gösterir. Örneğin dik bir yamacın dijitalleştirilmesi sırasında yapılacak olan hata, düz bir bölgenin dijitalleştirilmesi sırasında yapılacak

olan hatadan fazladır. Bu nedenle, dijitalleştirme işlemini gerçekleştiren operatörün, özellikle dik yamaçları dijitalleştirirken daha dikkatli olması gereklidir.

Dijital arazi modellerinde geometrik hatalardan ayrı olarak sınıflandırma hataları da ortaya çıkabilir. Bu tür hataların belirlenmesi ve düzeltilmesi için en çok kullanılan yöntem gözle interaktif yorumlamadır. Ayrıca bazı görüntüleme teknikleri (özellikle perspektif ve aydınlatma teknikleri) hataların daha kolay bir şekilde ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Dijital arazi modeli kalite kontrolü: Bir dijital arazi modelinin kalite kontrolü, referans verilerinde kontrol noktaları belirlenerek veya daha önceden aynı bölgeye ait oluşturulmuş dijital arazi modeli ile karşılaştırma yoluyla gerçekleştirilir. Dijital arazi modelinin kalite kontrolü için yapılan işlemler, sistematik ve sabit nitelikteki hataların ortaya çıkmasında katkıda bulunurlar.

Planlama ve mühendislik uygulamalar için yorumlama: Planlama ve mühendislik uygulamaları, eğim ve baki durumunun haritalanmasına ek olarak daha özel yorum fonksiyonları gerektirir. Görülebilirlik ve rölyef gölgeleme bu işlemlerden bir tanesidir. Görülebilirlik analizlerinin yanı sıra, profil belirleme ve hacimsel hesaplamalar (yarma ve dolgu hesaplamaları), planlama ve mühendislik uygulamaları bakımından yorumlama işlemlerinin diğer bir sınıfını temsil eder. Bu tür fonksiyonlar genellikle yol ve baraj planlaması gibi inşaat mühendisliği alanlarında kullanılır.

4.6. Dijital Arazi Modeli Görselleştirme

Sonuç dijital arazi modelinin görselleştirilmesi, kullanıcılar ile model arasındaki iletişimde önemli bir rol oynar. Bu işlemin, dijital arazi modelinin yorumlanması ile yakın bir bağlantısı vardır. Çünkü yorumlama adımlarının sonunda yapılan görselleştirme, yorumun niteliği hakkında bir fikir verir. Bunun yanında yorumlama işlemleri görselleştirme işleminin geliştirilmesine öncülük edebilir. Bir dijital arazi modelinin görselleştirilmesi iki şekilde olur. Etkileşimli görselleştirme, araştırmacının modeli geliştirmesi ve hipotezlerini doğrulaması işleminde, statik görselleştirme ise, sonuçlar ve kavramların belirlenmesinde önemlidir [2].

4.6.1. Ortografik Görselleştirme Teknikleri

Arazi rölyef yapısını görüntülemenin değişik teknikleri vardır. Bunlar arasında eşyüksekti eğrileri ve aydınlatma teknikleri ortografik görüntüleme tekniği grubunda

yer alır. Eşyükselti eğrileri en çok kullanılan ve üçüncü boyutun niceliksel olarak görselleştirilmesini sağlayan ortografik görüntüleme tekniklerinden birisidir. Diğer bir ortografik görselleştirme tekniği olan aydınlatma yöntemi ise, niceliksel olarak kartoğrafik rölyef tanımlamanın en iyi yolu olup analitik ve otomatik olmak üzere iki şekilde uygulanır. Aydınlatılmış rölyef görüntülerinden arazi yapıları daha net ve anlaşılır olarak belirlenebilir. Aydınlatma tekniği kartoğrafyada ilk defa Yoeli tarafından geliştirilmiş ve daha sonra standart arazi görüntüleme tekniği olarak kullanılmıştır. Bu yöntemde, aydınlatma ışığının yoğunluğu, dijital arazi modellerindeki her yüzey için göreceli bir şekilde ayrı ayrı hesaplanır ve gölgelendirilir. Arazi yüzeyleri için gölgelendirme değerleri iki adımda hesaplanır. Birinci adımda arazideki her bir nokta için yüzey normallerinin belirlenmesi gerekir. Yüzey normallerinin bulunmasının ardından da ikinci adım olarak aydınlatma modeli uygulanır. En basit model olan Lambertian modelinde, cisim tarafından yansıtılan ışığın şiddeti, yüzeyin normali ve ışık kaynağı doğrultusu (aydınlatma vektörü) arasındaki açının kosünüsü ile doğru orantılı olacak şekilde aydınlatma işlemi gerçekleştirilip arazi yüzeyi görüntülenir.

4.6.2. Perspektif Görüntüleme Teknikleri

Ortografik görüntüleme tekniğinin avantajı, arazi yüzeyinin bütün kısımlarının distorsiyona uğramadan görülebilir olmasıdır. Perspektif görüntülemeye ise daha gerçekçi bir görüntüleme söz konusudur. Ancak perspektif görüntülemeye iki ana problem, iki boyutlu ortam üzerine üç boyutlu yüzeyin projeksiyonu ve görüntüden, görünmeyen arka plandaki saklı elamanların elimine edilmesi işlemidir. Günümüzdeki birçok grafik iş istasyonları sayesinde, yazılım ve donanımlar bu iki temel problemlerin çözülmesini sağlar duruma gelmişlerdir.

Bütün bu görüntüleme teknikleri ile yapılan görselleştirme işlemleri özellikle planlama uygulamalarında yorumlama açısından olaya geniş bir bakış açısı sağlar.

4.7 Dijital Arazi Modeli Uygulama Alanları

Son yıllardaki teknolojik ilerlemeler, arazi modelleme sistemlerindeki çok kanışık uygulamalara güçlü çözümler sunmuştur. Doğal kaynakların yönetimi ile ilgili olarak birçok uygulamalarda dijital arazi modeline gereksinim vardır. Dijital arazi modelinin kullanıldığı beş temel alan, haritacılık, inşaat mühendisliği, planlama ve doğal kaynakların yönetimi, yer bilimleri ve askeri uygulamalardır.

Haritacılıkta, dijital arazi modeli uygulamalarının ana amacı diğer alanlardaki (örneğin planlama ve mühendislik) uygulamalara altlık teşkil edecek ve amaca yönelik dijital arazi modelinin üretilmesidir. Dijital arazi modelinin oluşturulması işlemini, haritacılık sektörünün temel görevlerinden bir tanesi olarak kabul etmek yanlış değildir, zira haritacılık sektörünün ortaya çıkmasının en başında gelen sebeplerinden bir tanesi topoğrafik harita üretilmesidir. Bu yüzden, dijital arazi modeli oluşturulmasında, fotogrametrik veya klasik ölçme yöntemleri ile elde edilen veriler ve bu verilerin kalite bakımından değerlendirilmesi, hatalı verilerin düzeltilmesi veya ayıklanması, elde edilen sağlıklı verilerden yola çıkarak topoğrafik harita ve ortofoto üretimi, haritacılıkta vazgeçilmez uygulamalardır. Diğer disiplinlerin kendi planlama çalışmalarında altlık olarak dijital arazi modeli verilerinin kullanılmasından dolayı, haritacılık için istenilen doğrulukta dijital arazi modelinin oluşturulması ve oluşturulan bu dijital arazi modelinin geliştirilmesi önemlidir.

İnşaat mühendisliğinde, örneğin yolların ve hava alanı planlarının hazırlanması, baraj hesaplamaları v.b. uygulamalarda kullanılır. İnşaat mühendisleri, dijital arazi modelinin en önemli kullanıcıları arasında yer alır. Özellikle bir yol planlanmasında boy kesit ve en kesitlerin hazırlanması, yarma dolgu hesaplamalarının kısa zamanda yapılması ancak oluşturulan dijital arazi modeli ile mümkündür.

Planlama ve doğal kaynak yönetimine yönelik uygulamalar, farklı disiplinler olan, çevre ve şehir planlama, uzaktan algılama, toprak bilimleri, tarım, ormancılık, meteoroloji, klimatoloji vb. disiplinleri kendi merkezi etrafında toplar. Dijital arazi modelinin tipik uygulamaları olarak çevre mühendisliğinde endüstri alanlarının belirlenmesi, uzaktan algılamada görüntülerin geometrik ve radyometrik olarak düzeltilmesi, toprak ile ilgili olarak erozyon durumunun belirlenmesi ve tarım alanında ürün tahminlerinin yapılması, hasat stratejilerinin geliştirilmesi örnek olarak verilebilir.

Yer bilimlerindeki uygulamalar, doğal kaynak yönetimi uygulamaları ile benzer olmasına rağmen jeoloji, jeomorfoloji, hidroloji olmak üzere farklı uygulama grupları olarak ele alınabilir. Bu grupların tümü arazi yapısının modellenmesi ve yorumlanmasında özel fonksiyonlar gerektirir. Drenaj ağlarının ve havzaların belirlenmesi, jeolojik yorumlama ve haritalama, kirlilik kontrolleri bu uygulamalara örnek olarak verilebilir.

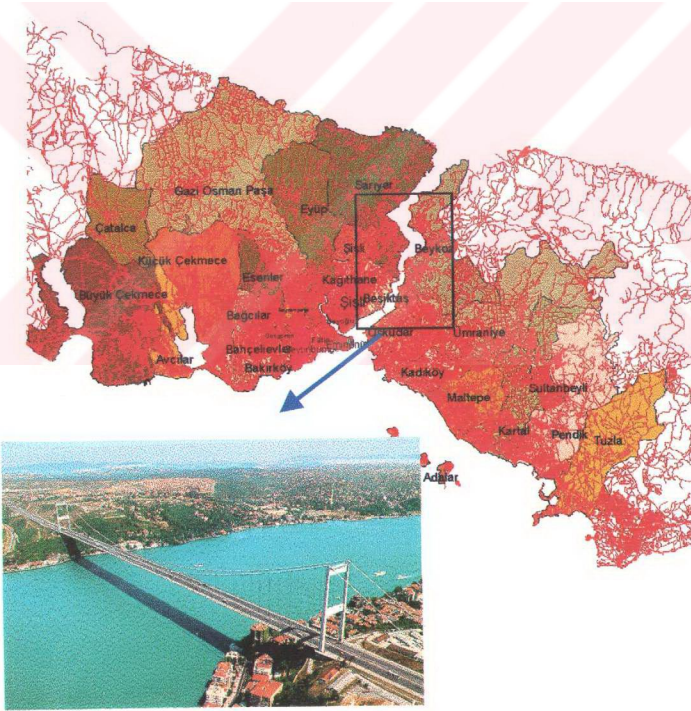
Bütün bu uygulamaların yanında, bölgesel ölçekteki **askeri çevreler** için en önemli yapı taşlarından birisi dijital arazi modelidir. Bu yüzden askeri kuruluşlar dijital arazi modellerinin en önemli üreticileri arasında yer alır. Askeri kuruluşların üretici kuruluş olarak ilk sırada yer almasının en büyük sebebi bölgesel planlamanın bu kuruluşlar için son derece önemli olmasıdır.



5. UYGULAMA

5.1. Çalışma Alanı

Bu tez için seçilmiş çalışma alanı, $41^{\circ} 7' 3''$ kuzey enlemi ve $28^{\circ} 59' 50''$ doğu boylamı ile $41^{\circ} 2' 7''$ kuzey enlemi ve $29^{\circ} 8' 7''$ doğu boylamı arasında kalmaktadır. Bu alan, İstanbul Boğazı'nın Anadolu ve Avrupa yakalarının bir bölümünü kapsamaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Çalışma alanı

İstanbul şehrinin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Doğu Roma İmparatorluğu döneminde kurulan şehir, gerek fiziksel konumu, gerekse kültürel zenginlikleri bakımından gün geçtikçe önemini arttırmaya başlamış ve tüm dünya devletlerinin her zaman ilgisini çekmiştir. Asıl tarihi gelişmesini MS 3. yy. başlarında Bizans İmparatoru Constantine zamanında gösteren şehrin o zamanki adı Constantinople olarak değiştirilmiş ve Bizans imparatorluğu'nun başkenti olmuştur. Bu olaydan sonra çok hızlı gelişmeye uğrayan şehir kısa zamanda tüm Avrupa'nın en önemli kültürel şehri haline gelmiştir. 1453 yılında şehir Osmanlılar tarafından fetih edildikten sonra ismi İstanbul olarak değiştirilmiş ve şehir her türlü tarihi, kültürel, dini ve sanatsal eserlerle zenginleştirilmiştir. Şehrin sınırları geliştirilerek Marmara ve Karadeniz' i birbirine bağlayan boğazın diğer tarafına geçmiştir. Böylece gelişen şehir ile birlikte boğazın önemi artmaya başlamış ve adı İstanbul Boğazı (Boğaziçi) olarak anılmaya başlamıştır. Bütün bu özelliklerinin yanında İstanbul Boğazı, doğal güzellikleri bakımından da dünyada sayılı yerlerden biridir. Gerek denizi, gerekse yeşil alan zenginliği ile bir bütünlük oluşturan Boğaziçi, insanların ilgisini çekmiş ve zamanla yerleşimin hızla arttığı görülmüştür. Bu da beraberinde kentleşmeyi ve dolayısıyla doğal yapının bozulmasını getirmiştir. Bu nedenle gerek fotogrametri, gerekse uzaktan algılama gibi yeni ve çağdaş teknolojilerin İstanbul Boğazı üzerindeki teknik uygulamaları da önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, İstanbul Boğazı'nda hem uydu verileri hem de ortofoto planlar ile üç boyutlu dijital arazi modelleri oluşturulmuş ve bunlar karşılaştırılarak birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları araştırılmıştır.

5.2. Kullanılan Veriler

5.2.1. Uydu Verileri

Tezde kullanılmak amacı ile, 22.06.1996 tarihli 5.8 metre çözünürlüklü IRS-1C pankromatik görüntü (Ek 1), 05.07.1996 tarihli 5.8 metre çözünürlüklü IRS-1C pankromatik görüntü (Ek 2) ve 05.07.1996 tarihli IRS-1C LISSIII 23 metre çözünürlüklü 4 bantlı çok spektrumlu (EK 3) görüntüler temin edilmiştir. 22.08.1996 tarihli IRS-1C pankromatik görüntü ise, bulutlu ve diğer uydu görüntüleri ile farklı tarihte olduğu için kullanılmamıştır.

Kullanılan görüntüyü sağlayan uydu, IRS Hint uydusudur. IRS uydusunda, 1A, 1B, 1C, 1D olmak üzere dört algılayıcı bulunmaktadır. Tablo 5.1 de IRS-1C ile ilgili teknik özellikler verilmiştir.

Tablo 5.1 IRS Hint uydusu özellikleri

Platform	Yükseklik	Aynı noktaya dönüş	Algılayıcı
IRS-1A, 1B	904 km	22 gün	LISS-I LISS-II
IRS-1C, 1D	817 km	24gün 5 gün	LISS-III WIFS

IRS-1C / LISS III – Teknik Özellikler

- Algılayıcı Adı : LISS III (Linear Imaging Self Scanning System)
- Platform : IRS-1C/D
- Tip : CCD push-broom scanner
- Çözünürlük : 23.5m (2,3,4) - 70.5 m (5)
- Spektral Bölge : 0.52-1.75 μ m
- Band Sayısı : 4
- Resim Boyutu : 141 x 141 km
- Radiometrik Düzey: 128

5.2.2. Vektör Veriler

Akropol Bilgisayar firmasının, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne yapmış olduğu "İstanbul Elektronik Rehber" dataları kullanılmıştır (Ek 11). 1/25000 ölçeğindeki bu verilerde İstanbul'un yol bilgileri mevcuttur. Uydudan net gözükten yollar ile bu yol verileri karşılıklı kullanılarak, uydu görüntülerine geometrik düzeltme getirilmiştir (Bölüm 5.5.3). Ayrıca İstanbul Boğazına ait 1/25000 ölçekli dijital topoğrafik paftalar İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden Mapinfo formatında temin edilmiştir. Bu verilerden (gerek ortofoto planlarla, gerekse uydu görüntüleriyle) üç boyutlu dijital model oluşturulmasında yararlanılmıştır (Ek 7). Alınan Mapinfo formatındaki verilerin örnek içeriği Ek 10 da verilmiştir.

Ayrıca, 1995 yılına ait 1/5000 ve 1/1000 ölçekli dijital fotogrametrik halihazır paftalardan ortofoto planlara koordinat verilmesi ve 1/25000 ölçekli dijital topoğrafik paftaların eksik kısımlarının tamamlanması işleminde yararlanılmıştır (Ek 7).

5.2.3. Ortofoto Plan Verileri

Ortofoto : İzdüşüm ve arazi yüksekliklerinden kaynaklanan distorsiyonlardan arındırılması için piksel bazında düzeltilen fotoğraftır [13]. Klasik çizgisel haritalarda, bilginin kolay okunabilmesi için, bilgi kartoğrafik semboller ve işaretlerle gösterilir, yani bilgi orijinal şeklinde değildir. Fakat harita bilgisinin bilgisayar tabanlı ihtiyaçlar ve kararlar için kullanılması, dijital haritaların dijital verilere ihtiyacını gerektirir. Ayrıca verinin temsilde kullanılan grafik gösterimler, günümüz ihtiyaçlarına cevap verememektedir. Ayrıca ortofotolar, fotogrametrik dijital halihazır harita üretiminden çok daha kısa zamanda üretilebilmektedir. Bu nedenle, dijital ortofotolar birçok uygulamalar için basit veri kaynağı olarak önem kazanmakta ve ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır.

Ortofoto plan: Ortofotoların belirli bir pafta sisteminde ve belirli bir ölçekte hazırlanmış şeklidir [9]. Bu çalışmada kullanılan veriler, 1/5000 ölçeğinde ve uluslararası pafta indeksine sahip olan ortofoto planlardır.

Ortofoto harita : Ortofotoların, belirli bir pafta sisteminde, belirli bir ölçekte ve topoğrafik bilgilerin, yol isimlerinin ve resmi binalar gibi harita bilgilerinin bulunduğu şeklidir. Bu çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınan Haziran 1996 tarihli ve 1/5000 ölçekli iki adet ortofoto plan kullanılmıştır (Ek 5). Ortofoto planların oluşturulmasında kullanılan hava fotoğraflarının resim ölçeği 1/18000 dir. İstanbul F22D-17a ve F22D-17b paftalarından oluşan bu iki ortofo plan ve dijital topoğrafik yükseklik verileri kullanılarak üç boyutlu model oluşturulmuştur (EK 9).

5.3. Kullanılan Donanımlar

Bu çalışmada iki adet bilgisayar kullanılmıştır. Bu bilgisayarlardan bir tanesi, Pentium II 350 Mhz, 128 Mb Ram, 21" Monitör, 8 Mb Matrox Millenium yüksek çözünürlüklü grafik kart, 6.8 mb Harddisk, 40 hızlı Cd Rom ve 4x4x16 Yamaha Cd Rwriter, Fast Ethernet kartı ve Windows NT Workstation işletim sistemi özelliklerine sahiptir. Bu bilgisayarda Erdas Imagine görüntü işleme yazılımı ve ArcView masa üstü CBS yazılımı yüklüdür. İkinci bilgisayar ise, Pentium II 350 Mhz, 128 mb Ram, 14" Monitör, 8 Mb Intel yüksek çözünürlüklü grafik kart, 6.4 Mb Harddisk, 48X CdRom Fast Ethernet kart ve Windows NT Workstation işletim sistemi özelliklerine sahiptir. Bu bilgisayarda da ARC/INFO profesyonel GIS yazılımı yüklüdür. Ayrıca fotoğraf kalitesinde çıktı veren HP 690C renkli yazıcı kullanılmıştır.

5.4. Kullanılan Yazılımlar

Bu çalışmada, ArcView 3.1 Win95/ Win NT uyumlu (masüstü CBS yazılımı), Arc/Info 7.1 For Windows NT (profesyonel CBS yazılımı) ve Erdas 8.3.1 For Windows NT (görüntü işleme) yazılımları kullanılmıştır.

Erdas Görüntü İşleme Yazılımı:

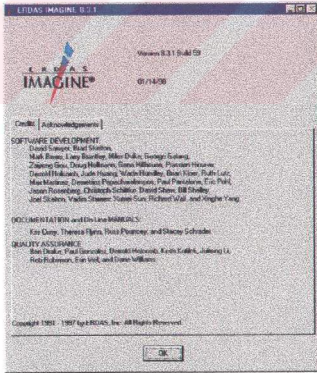
Bu çalışmada Erdas Inc. tarafından Amerika'da üretilen Erdas Imagine görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır. En fazla kullanılan dijital görüntü işleme yazılımlarından biri olan bu yazılımın 8.3.1 Windows Nt versiyonu kullanılmıştır.

Erdas Temel olarak 12 bileşenden oluşmuştur. Şekil 5.2 de Erdas'ın bileşenleri görülmektedir.

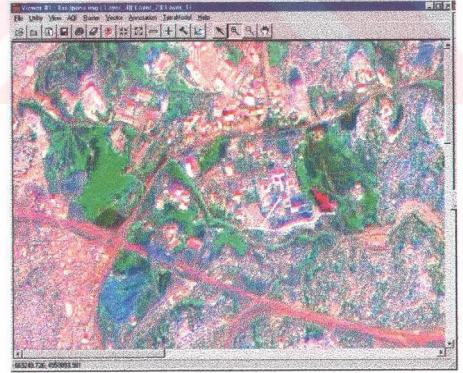


Şekil 5.2 Erdas Imagine Programı Bileşenleri

Erdas Imagine Credits: Program ve yazılımcıları hakkında bilgi vermektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Erdas Imagine Credits



Şekil 5.4 Erdas Imagine Viewer

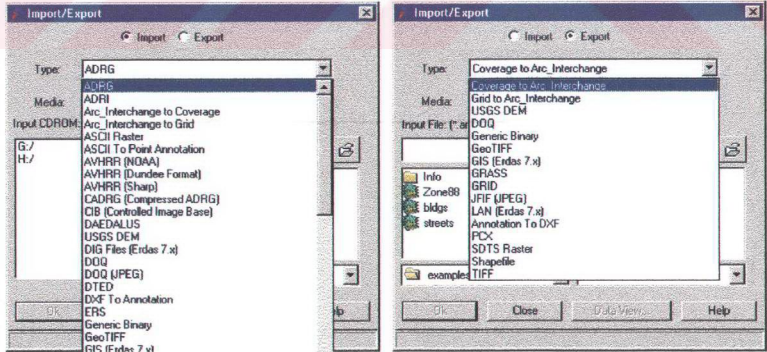
Erdas Imagine Viewer : Erdas Imagine'in görüntüleme ortamıdır. görüntü açma, düzeltme, saklama, çıktı alma işlemleri yapılabilmektedir. Görüntü ile ilgili sorgulamalar ve ölçmeler yapılabilmektedir. görüntü birleştirme, kaydırma,

görüntünün diğer detayları hakkında bilgi alma, katmanları düzenleme, görüntünün büyütülüp küçültülmesi, ölçekleme ve döndürme gibi işlemler yapılabilmektedir. Ayrıca grafik alan tanımlama, band kombinasyonlarını ayarlama, piksel geçirgenliğini ayarlama, kontrast ayarlama, veri histogramını yayabilme, piksel değerlerini değiştirebilme, geometrik düzeltme, profil tanımlama, görüş analizi gibi işlemler, viewer menüsünden gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 5.4.).

Erdas Imagine Import / Export : Erdas imagine programından uluslararası birçok veri formatı alınabilmekte ve yine Erdas Imagine' da işlenen veriler birçok formata dönüştürülebilmektedir.

Erdas Imagine programının okuduğu formatlar :ADRG, ADRI, ARC GENERATE, DXF To Annotation ARC_INTERCHANGE, ASCII Data, ASCII File To Point Annotation, ASCII File To Point Coverage, ASCII To Point Coverage, AVHRR (NOAA) AVHRR (Sharp), AVHRR Data (Dundee Format), Column Data, Column Options, DAEDALUS, DEM Data, DFAD, Digital Ortho Quad, DLG, DTED Data, DXF, , ERDAS GIS Data, ERDAS LAN Data, ERS (CEOS), ETAK, Generic ASCII Data, Generic Binary Data, GRASS Data, GRID, IGDS, IGES, IRS-1C, JFIF Files, JPEG-Compressed DOQ Files, Landsat TM, MSS Data, PCX Files, RADARSAT (CEOS), Raster Product Format (RPF), SDTS, SDTS Raster Profile, ShapeFile, SPOT, Sun Raster, TIFF, TIGER, VPF formatlarıdır.

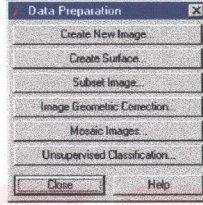
Erdas Imagine programının verilerini dönüştürebildiği formatlar ise :Coverage to



Şekil 5.5 Erdas Imagine Import / Export

Arc_Interchange, Grid to Arc_Interchange, USGS, DEM, DOQ, Generic Binary, GeoTIFF, GIS (ERDAS 7.x), GRASS, GRID, JFIF (JPEG), LAN (ERDAS 7.x), Annotation To DXF, PCX SDTS, Vector Shapefile TIFF formatlarıdır [11] (Şekil 5.5.).

Erdas Image Data Preparation: Bu bileşende yüzey oluşturulabilir, geometrik düzeltme yapılabilir, mozaik oluşturulabilir, kontrolsüz sınıflandırma ve alt görüntü alanları tanımlama işlemleri yapılabilir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Erdas Image Preparation

Erdas Image Map Composer: Görüntü çıktılarının hazırlanması işlemleri bu menüde yapılmaktadır (Şekil 5.7).



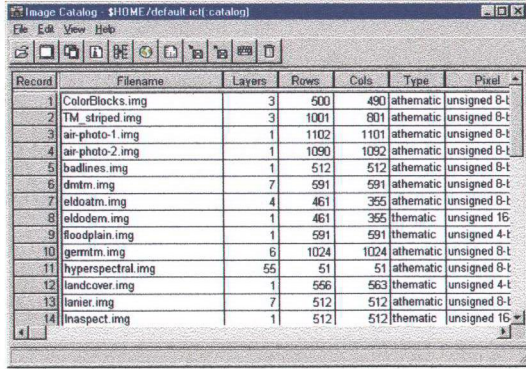
Şekil 5.7 Erdas Image Map Composer



Şekil 5.8 Erdas Image Interpreter

Erdas Image Interpreter: Görüntü zenginleştirme, radiometrik zenginleştirme, spektral zenginleştirme, Fourier analiz, topoğrafik analizler ve GIS analizleri yapılabilmektedir (Şekil 5.8).

Erdas Image Catalog : Kullanılan dosyaları bir katalog halinde tutar ve bu dosyaların özet bilgilerini sunar (Şekil 5.9).



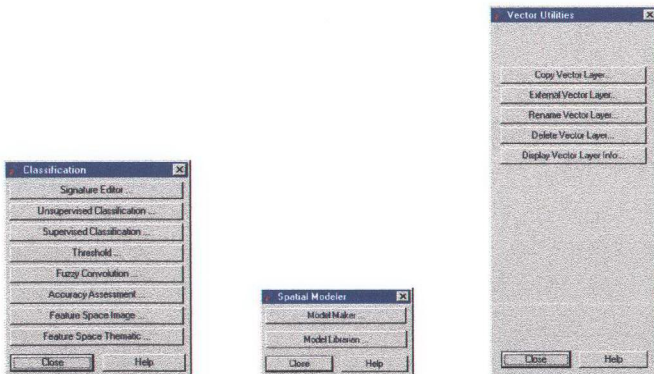
Record	Filename	Layers	Rows	Cols	Type	Pixel
1	ColorBlocks.img	3	500	490	athematic	unsigned 8-t
2	TM_striped.img	3	1001	801	athematic	unsigned 8-t
3	air-photo-1.img	1	1102	1101	athematic	unsigned 8-t
4	air-photo-2.img	1	1090	1092	athematic	unsigned 8-t
5	badlines.img	1	512	512	athematic	unsigned 8-t
6	dnrm.img	7	591	591	athematic	unsigned 8-t
7	eldoatm.img	4	461	355	athematic	unsigned 8-t
8	eldodem.img	1	461	355	thematic	unsigned 16-t
9	floodplain.img	1	591	591	thematic	unsigned 4-t
10	germtm.img	6	1024	1024	athematic	unsigned 8-t
11	hyperspectral.img	55	51	51	athematic	unsigned 8-t
12	landcover.img	1	556	553	thematic	unsigned 4-t
13	lanier.img	7	512	512	athematic	unsigned 8-t
14	inspect.img	1	512	512	thematic	unsigned 16-t

Şekil 5.9 Erdas Image Catalog

Erdas Image Classifier: Sınıflandırma yapar. Test alanları tanımlayarak kontrollü, kontrolsüz ve sınır tanımlayarak sınıflandırma işlemleri gerçekleştirir (Şekil 5.10).

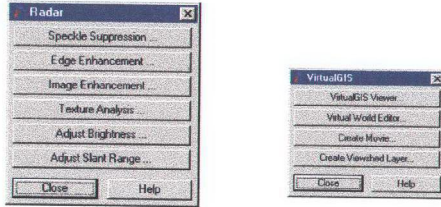
Erdas Image Modeller: Program yazmaya ve geliştirmeye yarayan modüldür (Şekil 5.10).

Erdas Image Vektör: Vektörel işlemler yapmaya yarar. Vektör tabakaların kopyalanması isimlerinin değiştirilmesi, silinmesi ve dışardan vektör tabakalarının alınması gibi işlemleri gerçekleştirir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Erdas Image Classification, Spatial Modeller, Vector Utilities

Erdas Imagine Radar: Radar görüntülerini işlemeye ve değerlendirmeye yarar (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 Erdas Imagine Radar, Virtual GIS

Erdas Imagine Virtual GIS: Veri katmanlarının üç boyutlu modelleme işini gerçekleştirir. Üç boyutlu animasyonlar, uçuşlar yapılır. Bu animasyonlar, standart video formatlarında kayıt edilebilir (Şekil 5.11).

5.5. Uygulama Adımları

Uygulama adımlarını gösteren akış diagramı EK 12 de gösterilmiştir.

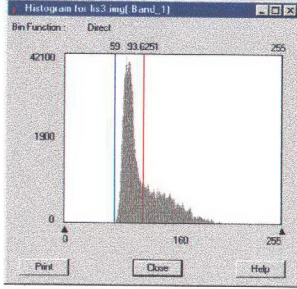
5.5.1. Bant Seçimi

Uygun bant seçimi yapılırken bant histogramlarına bakılmıştır. Bu hisrogramlar, renk farklılıklarını göstermektedir. Renk dağılımı ne kadar geniş ise o bantta daha fazla veri var demektir. En çok veriyi içeren bantlar, bu histogramlar yardımı ile seçilmiştir. Şekil 5.12' de de görüldüğü üzere en çok veriyi içeren bantlar sırasıyla 4, 3, 1 bantlarıdır.

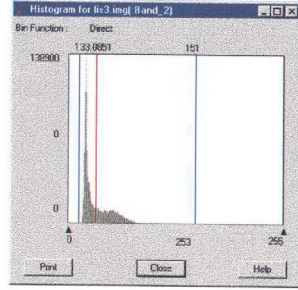
5.5.2. Geometrik Düzeltme

Mevcut IRS-1C pankromatik ve IRS-1C LISSIII çok spektrumlu uydu verilerinin geometrik düzeltmelerinin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, "Data Preparation" menüsünden "Image Geometric Correction" komutu seçilerek geometrik düzeltmesi yapılmamış uydu görüntüleri seçilmiştir. Daha sonra, bu uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesinde kullanılacak İstanbul Elektronik Rehberindeki yollar coverage'ı seçilmiştir. Geometrik model olarak birinci dereceden polinom seçilmiştir, zira yüksek dereceden polinomlar seçildiğinde görüntü deforme olmaktadır. Hem uydu görüntüsünde, hem de yollar coverage'ında net olarak gözükken karşılıklı 26

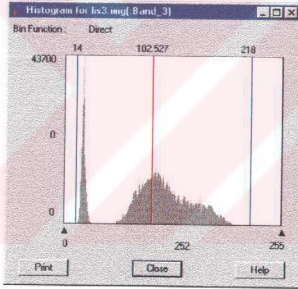
kontrol noktası yardımı ile, bir pikselin altında karesel ortalama hata ile uydu verilerine geometrik düzeltme getirilmiştir (Şekil 5.13).



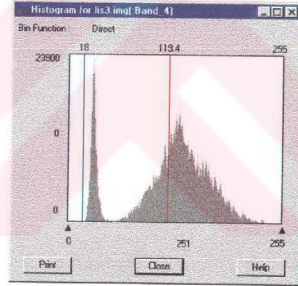
Bana 1 Histogramı



Bana 2 Histogramı



Bana 3 Histogramı

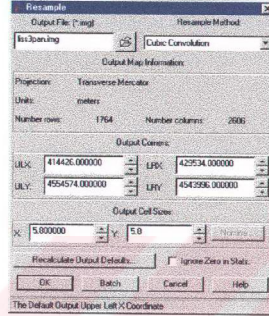


Bana 4 Histogramı

Şekil 5.12 Band Histogramları

5.5.4. Ortofoto Planlardan Yeniden Örneklenmesi (resampling)

Geometrik düzeltme de yapılan diğer bir işlem de, görüntülerin yeniden örneklenmesidir. LISSIII ve pankromatik veriler 5.8 metreye, ortofoto planlar ise 1 metreye resampling yapılmıştır. Resampling yöntemi olarak kübik katlama yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5.14).

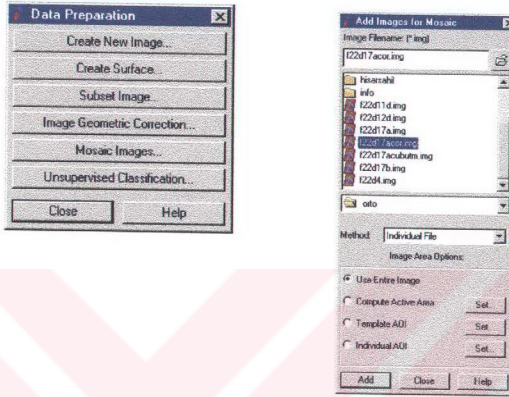


Şekil 5.14 Ortofotoların yeniden örneklenmesi

Bu yöntemde, enterepole edilecek hücreye en yakın 16 tane piksel, uzaklıkları ile ağırlıklı olarak hesaba katıldığından, en yakın komşu ve bilineer enterepolasyon yöntemlerine göre daha iyi görüntü kalitesi sağlamaktadır. Kübik katlama yöntemi ile, çıktı piksellerinin ortalama standart sapmaları diğer resampling metodlarından girdi piksellerinin ortalama ve standart sapmalarına daha yakın olmaktadır. Ayrıca, görüntüde hem keskinleştirmeler, hem de gürültünün yok edilmesi sağlanabilmektedir [11]. Bu yöntem, TM (Thematic Mapper) ve hava fotoğraflarının birleştirilmesi gibi işlerde tercih edilen yöntemdir. Dezavantajı ise, yoğun bir hesap işlemi gerektirmesi ve bu nedenle yavaş olmasıdır. Ancak bilgisayar donanımlarının günümüzde eriştiği hız nedeni ile yavaşlık problemi pek kalmamıştır. Uydu görüntülerinde piksel çözünürlüğü 5.8 metre olarak alınmıştır. Bunun sebebi pankromatik görüntünün orjinal piksel çözünürlüğü 5.8 metre olmasıdır. Ortofoto planlarda ise piksel çözünürlüğü 1 metre alınmıştır, zira dijital dosyaların yaklaşık 100 Mb olmasından dolayı ve bu iki ortofoto planının mozaiğinin oluşturulması gerektiğinden toplam verinin büyüklüğü 200 Mb'ı aşacaktır. Topoğrafik verilerin doğruluğu 10 metre olduğundan, ortofoto planların çözünürlüğünün düşürülerek boyutlarının küçültülmesi ve rahat çalışılabilmesi için ortofoto planlarda piksel çözünürlüğü 1 metre alınmıştır.

5.5.5. Orfoto Planlardan Mozaik Oluşturulma

Orfoto planların birleştirilmesi ve renk tonu farklılıklarının giderilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, "Data Preparation" menüsünden "Mosaic Images" seçilmiştir (Şekil 5.15).



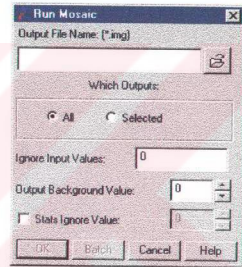
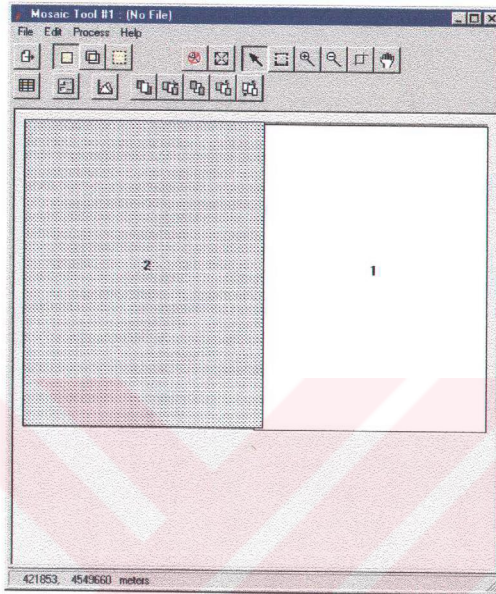
Şekil 5.15 Mozaik oluşturulacak resimlerin seçilmesi

İlk olarak mozaik oluşturulacak orfoto planlar seçilmiştir. Şekil 5.15. mozaik oluşturma işlemi sırasında orfoto planlardaki fazlalık olan siyah kısımlar atılmıştır ve mozaik sırasında kontrast uyushması yapılmıştır. Daha sonra mozaik işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.16 ve Ek 6).

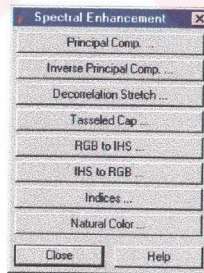
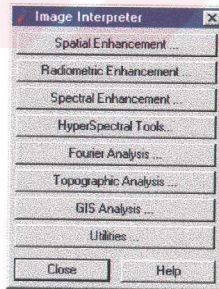
5.5.6. RGB-IHS ve IHS-RGB Dönüşümü

Renkli monitörler görüntüyü oluşturmak için görüntü işleme sistemlerinde üç farklı renk tabancasına sahiptir. Üç bantlı bir çok spektrumlu veri takımı ekranda gösterildiği zaman buna RGB (red, green, blue) uzayı denir. RGB, resimlerde 0 ile 255 arasında gri tonu değeri olarak ekrandaki görüntü rengini oluşturur. Farklı alternatif bir renk uzayı tanımlanarak, görüntü (I)Intensity (şiddet), (H)Hue (renk) ve (S) Saturation (doğunluk) bileşenlerine ayrılabilir. Şiddet(I), 0 ile 1 arasında değer alır. 0 siyah, 1 ise beyazdır. Intensity, görüntünün parlaklığını tutar. Doğunluk(S), renklerin doğunluğudur ve bu da 0 ile 1 arasında lineer olarak değişir. Renk(H) ise rengin temsilcisidir ve 0 ile 360 arasında değişir [11].

Bu çalışmada ilk olarak, LISSIII, RGB den IHS ye dönüştürülmüştür. Bunun için "Image Interpreter" menüsünden "Spectral Enhancement" seçilmiştir (Şekil 5.17).

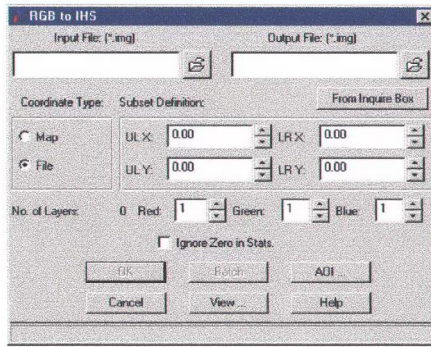


Şekil 5.16 Mozaik Oluşturma



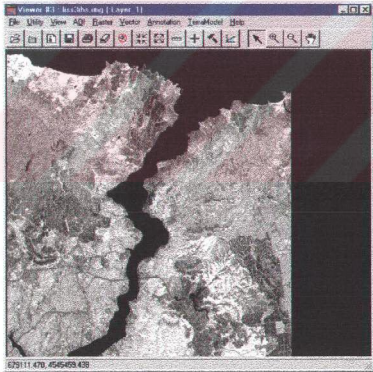
Şekil 5.17 RGB - IHS dönüşüm menüleri

Daha sonra "RGB to IHS" menüsü seçilerek LISSIII görüntüsü, RGB den IHS ye dönüştürülmüştür (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. RGB den IHS'ye dönüşüm işlemi

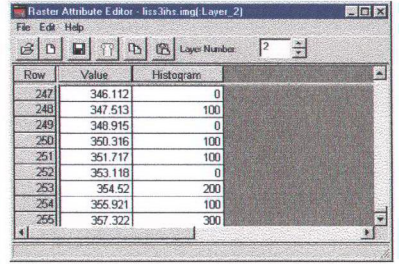
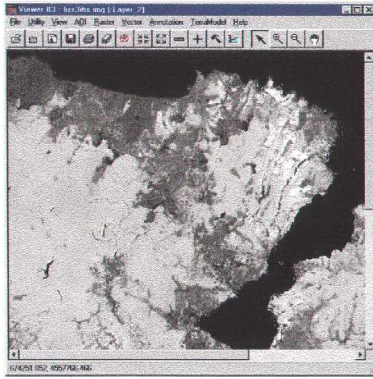
Aşağıda Layer 1 olarak tanımlanan, LISSIII'e ait Intensity bileşeni gösterilmektedir (Şekil 5.19). Öznitelik tablosundaki değerler 0 ile 1 arasındadır. Layer 2 olarak da Hue bileşeni gösterilmektedir (Şekil 5.20.). Burada da değerler 0 ile 360 arasında değişmektedir. Layer 3 olarak da Saturation bileşeni gösterilmektedir (Şekil 5.21.). Değerler 0 ile 1 arasında değişmektedir.



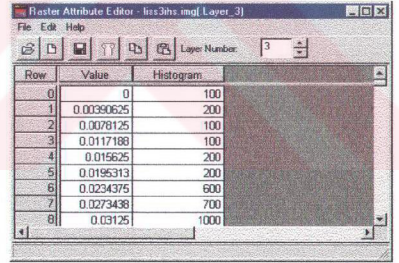
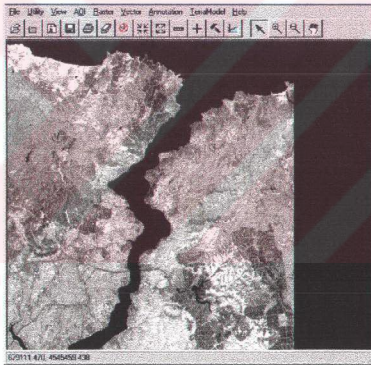
Row	Value	Histogram
0	0.145098	500
1	0.147756	800
2	0.150414	1800
3	0.153071	1900
4	0.155729	2300
5	0.158387	8900
6	0.161045	7400
7	0.163703	9100
8	0.16636	22800

Şekil 5.19 Intensity bileşeni ve piksel değerleri

LISSIII, RGB den IHS'ye dönüştürüldükten sonra, birinci bant yerine (yani Intensity bileşeni yerine) pankromatik görüntü konmuştur ve bu şekilde pankromatik ve LISSIII birleştirilmiştir. Daha sonra, bu görüntü IHS den RGB ye dönüştürülmüştür. Böylece LISSIII ve pankromatik görüntülerin birleştirme işlemi tamamlanmıştır(Ek 4).



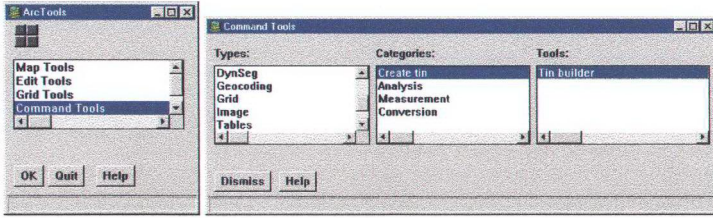
Şekil 5.20 Hue bileşeni ve piksel değerleri



• Şekil 5.21 Saturation bileşeni ve piksel değerleri

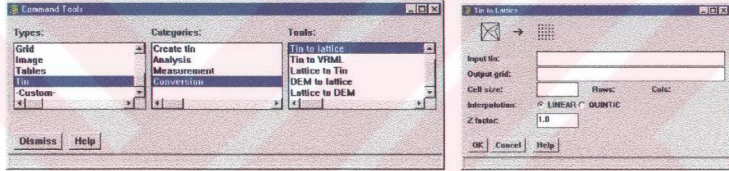
5.5.7. Dijital Arazi Modeli Oluşturmasına Hazırlık

Arc/Info programında MapInfo formatındaki yükseklik verileri, point coverage'a dönüştürülmüştür. Her on metrede bir nokta coverage'ı oluşturulmuştur. Bu verilerden TIN modeli oluşturulmuştur (Şekil 5.22).



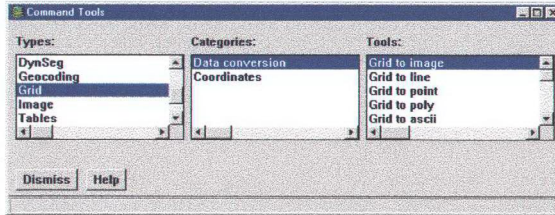
Şekil 5.22 TIN Oluşturulması

Böylece yükseklikleri bilinmeyen noktalara da yükseklik verilmiştir. Bozuk üçgenler düzeltilmiştir. Harita Genel Komutanlığı tarafından hazırlanan topoğrafik verilerde askeri bölgeler gösterilmediği için bu veriler 1/1000 ölçekli halihazır paftalardan düzeltilmiştir. TIN oluşturulduktan sonra Arc/Info'da "TIN to Lattice" komutu kullanılarak grid formatına dönüşüm yapılmıştır (Şekil 5.23.).



Şekil 5.23 TIN'den GRID'e Dönüşüm

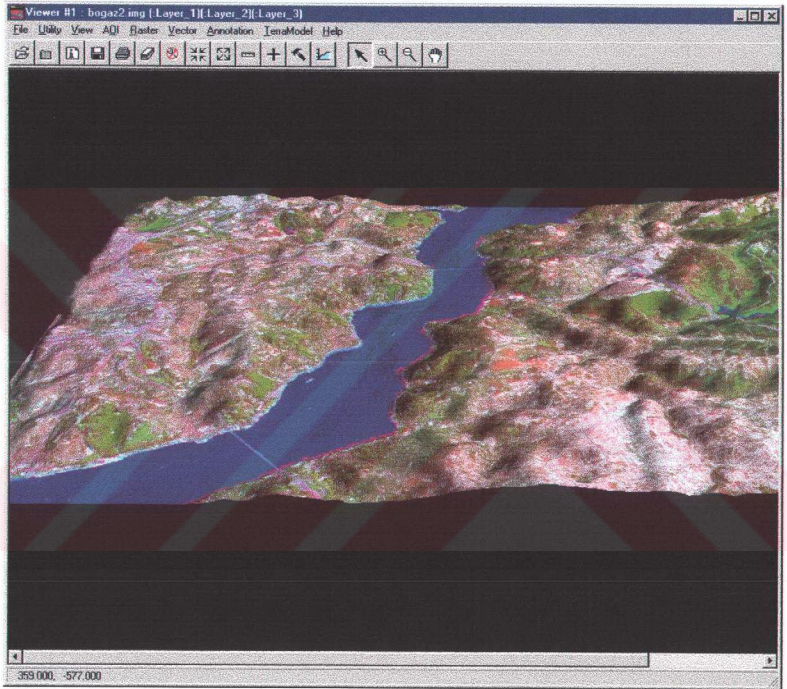
Grid formatındaki veri, "Grid to image" komutuyla Erdas Imagine programının görüntü formatı olan img formatı dönüştürülmüştür (Şekil 5.24). Bu formatta her pikselin gri değeri, o pikselin yüksekliğini temsil etmektedir. Bu veriler, öznetelik olarak img dosyasında tutulmaktadır.

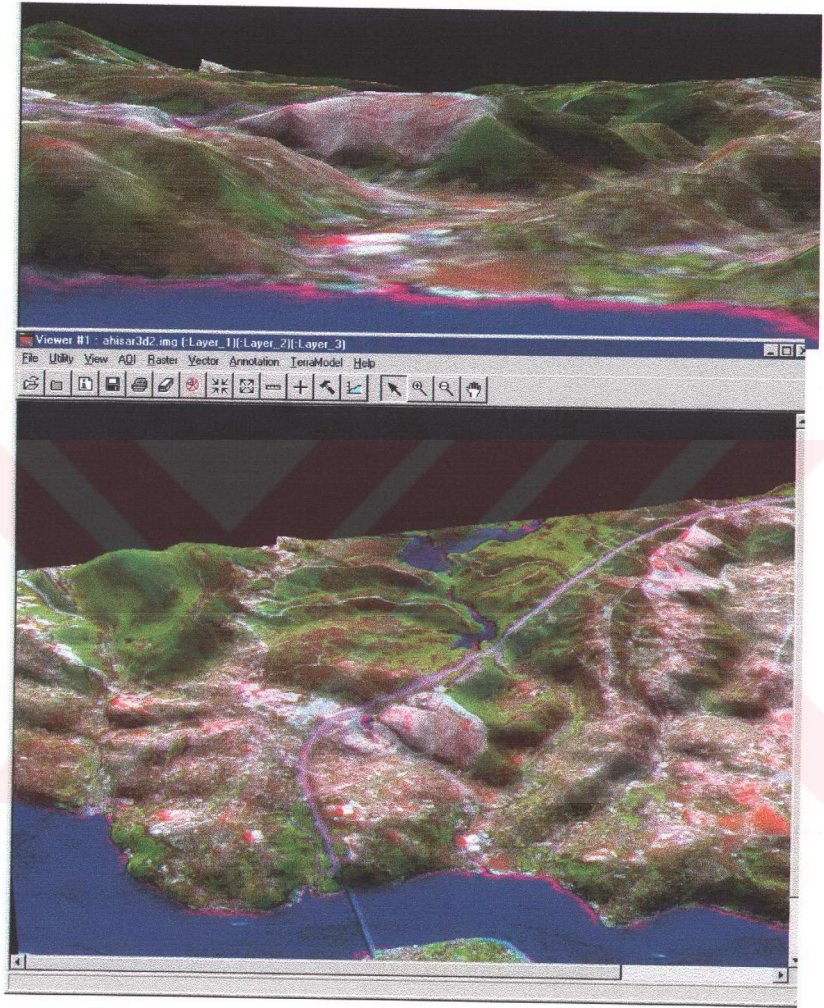


Şekil 5.24 Erdas Imagine için Grid görüntü dosyasının oluşturulması

5.5.8. Üç Boyutlu Dijital Arazi Modeli Oluşturulması

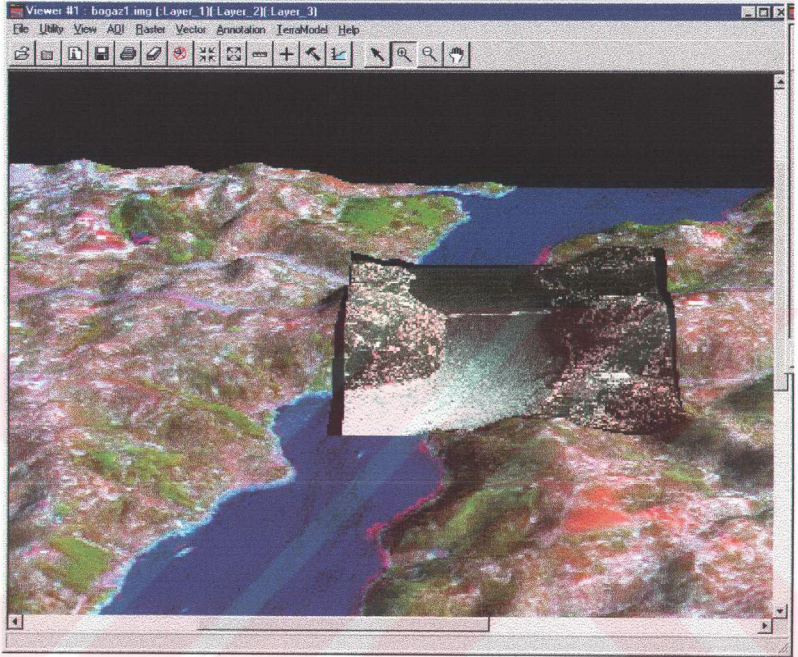
Son olarak da bu arazi modelinin üzerine uydu görüntüleri oturtularak uydu verileri ile dijital arazi modeli oluşturulmuştur (Ek 8). Daha sonra, aynı işlem ortofo planlar ile yapılmıştır. Böylece, ortofo planlar ile dijital arazi modeli oluşturulmuştur (Ek 9). Şekil 5.25 de uydu görüntüleri ile oluşturulan üç boyutlu dijital arazi modelinin perspektif görüntüleri gösterilmektedir.





Şekil 5.25 İstanbul Boğazı dijital arazi modelinden görüntüler

Şekil 5.26'de, hem ortofoto planlarla oluşturulan, hem de uydu görüntüleri ile oluşturulan üç boyutlu dijital arazi modellerinin üst üste çakıştırılması ile elde edilen perspektif görüntü görülmektedir. Son olarak ArcView ve Erdas yazılımları kullanılarak çıktılar alınmıştır.



Şekil 5.26 Üç boyutlu dijital arazi modellerinin çakıştırılması

5.5.9. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, ilk olarak mevcut LISSIII görüntüsünde bant kombinasyonu seçimi yapılmıştır ve band kombinasyonu seçilirken renk dağılım diyagramları incelenmiştir. Daha sonra pankromatik ve LISSIII görüntülerine Akropol Bilgisayar Mühendislik Ltd. Şti.'nin İstanbul Büyükşehir Belediyesine yapmış olduğu ve İstanbul'un tüm yollarının bulunduğu İstanbul Elektronik Rehberi datasındaki yollardan yararlanılarak geometrik düzeltme getirilmiştir. Aynı şekilde, 1/1000 ve 1/5000 ölçekli paftalardan yararlanılarak tiff formatındaki ortofotolarla koordinat verilmiş ortofoto planlar oluşturulmuştur. Ayrıca 36 cm çözebilirlikli ortofoto planlar 1 metreye resampling yapılmıştır. Pankromatik ve LISSIII görüntüleri RGB-IHS dönüşüm metodu

kullanılarak birleştirilmiş ve 5m çözünürlüklü çok spektrumlu renkli görüntü elde edilmiştir. Topoğrafik veriler kullanılarak düzensiz üçgenler ağı oluşturulmuştur. Bozuk üçgenler düzeltilmiş, 10 metrede bir oluşturulan grid dosyası oluşturulmuş ve bu dosya ve ortofo planlar kullanılarak üç boyutlu model oluşturulmuştur. Aynı grid dosyası kullanılarak birleştirilmiş uydu görüntüsü ile boğazın üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Daha sonra ArcView Masaüstü Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı ve Erdas görüntü işleme kullanılarak görüntü çıktıları alınmıştır.

Dijital ortofoto planların her biri yaklaşık 100 Mb büyüklüğündedir. Bu nedenle, kısa zamanda büyük alanların üç boyutlu modellerinin oluşturulması, mevcut bilgisayar kapasitelerini oldukça zorlamaktadır. Bu durumda, büyük alanlarda ortofoto planlar yerine yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanmak daha uygun olur. Ancak, arazideki verilerle ilgili daha detaylı bilgilerin elde edilebilmesi ve ayrıntılı yorumlama yapılabilmesi için ise, küçük alanlarda ortofoto planların kullanılması daha uygun olabilir. Ayrıca, ortofoto planların çözünürlüğü düşürülüp boyutları da azaltılabilmektedir. Karşılaşılan en büyük problem ise topoğrafik verilerin elde edilebilmesidir. Genellikle dijital ortamda olmayan bu verilerin, özellikle büyük alanlar söz konusu olduğunda, çeşitli dijitalleştirme metotları ile bilgisayar ortamına aktarılması oldukça zahmetli ve zordur. Bu çalışmada, topoğrafik verilerin dijital formatta alınabilmiş olması, çalışmayı hayli kolaylaştırmıştır. İstanbul için 1/5000 ve 1/1000 ölçekli halihazır paftalar dijital olarak mevcuttur, ancak bunlarda bulunan eş yükselti eğrileri düzenli değildir. Ormanlık bölgelerde eşyükselti eğrileri yoktur, ayrıca Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği'ne göre "eş yükselti eğrileri, binalardan ve yollardan geçmez ayrıca yolları dik keser" kuralı bulunduğu ve yerleşim bölgelerinde de bina ve yollar oldukça fazla olduğundan, eşyükselti eğrisine pek rastlanamamaktadır. Bu verilerin temizlenmesi ve mevcut kotlara göre ayrı bir tabakada eğrilerinin oluşturulması da oldukça zahmetli ve zaman alıcıdır. Ayrıca, kullanılan yazılımların çok pahalı (Yaklaşık 100.000 \$) olması ve yüksek kapasiteli bilgisayarlar gerektirmesi nedeni ile dijital arazi modellerinin kullanım imkanları kısıtlanmaktadır. Ancak, bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişmesi sonucu yüksek kapasiteli bilgisayarların fiyatlarının hızla düşmesi umut vericidir. Mevcut birkaç modülden oluşan masa üstü CBS yazılımlarının da yaygınlaşması ve fiyatlarının ucuzlaması ile dijital arazi modellerinin kullanımı oldukça yaygınlaşacaktır.

Bu çalışmanın sonucunda, halihazır harita üreten kuruluşların dijital arazi modeli oluşumuna uygun veri üretmeleri gerekliliğini belirtmek gerekir. Üretilcek halihazır haritalarda eşyükselti eğrileri kesintisiz ve tüm alanları kapsayacak biçimde ayrı bir

tabakada üretilmelidir. Ortofoto planlar oluşturulurken mevcut koordinatlar üç boyutlu elde edilebilmektedir. Ancak bu üç boyutlu koordinat ile değerlendirme yapabilmek, sadece ortofo planların üretiminin yapıldığı değerlendirme yazılımlarında mümkün olabilmektedir. Ortofoto planlar, başka yazılımların okuyabileceği formata çevrildiklerinde iki boyutlu görüntülere dönüşmektedir. Diğer yazılımlarca da üç boyutlu değerlendirmelerinin yapılabilmesi için, gerekli hassasiyette tüm ortofoto planların grid formatında dijital arazi modelleri de ayrı bir katman olarak oluşturulmalıdır. Ayrıca, Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği'nin biran önce modern bilgisayar teknolojilerine cevap verecek şekilde düzenlenmesi gerçeği de ortadadır.

Uydulardaki gelişmeler sonucunda 1999 yılı içerisinde 1 metre çözünürlüklü uydular hizmete girecektir. Uydulardan stereo görüntü elde edebilmek de mümkündür. Bu sayede uydu görüntülerinden hassas bir şekilde üç boyutlu arazi modellerinin dijital olarak elde edilebilmesi mümkün olabilecektir.

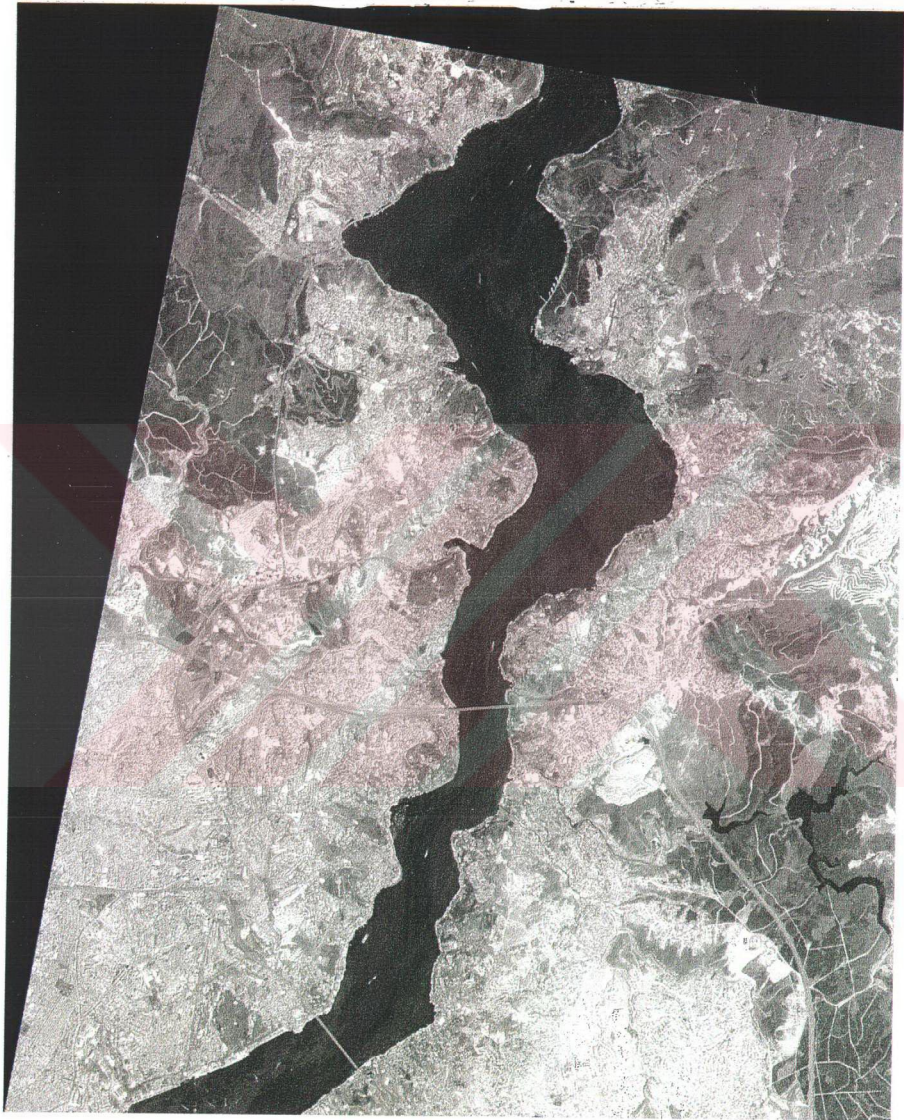
Bu çalışmada, ortofoto planlar ve uydu görüntüleri ile oluşturulan üç boyutlu dijital arazi modelleri yorumlanarak birbiri ile karşılaştırılmıştır ancak, dijital arazi modelleri üzerinde herhangi bir ölçme ve değerlendirme yapılmamıştır. Daha sonraki çalışmalarda bu model üzerinde eğim analizleri, görüş analizleri gibi değişik analizler uygulanabilir, kot kesit çıkartılabilir, uçuş simülasyonları yapılabilir. Ayrıca ortofoto planlar ve uydu görüntüleri ayrı ayrı çeşitli sınıflandırma yöntemlerine göre sınıflandırılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.



IRS-1C Pankromatik (çözünürlük :5.8m, Tarih :22.06.1996)



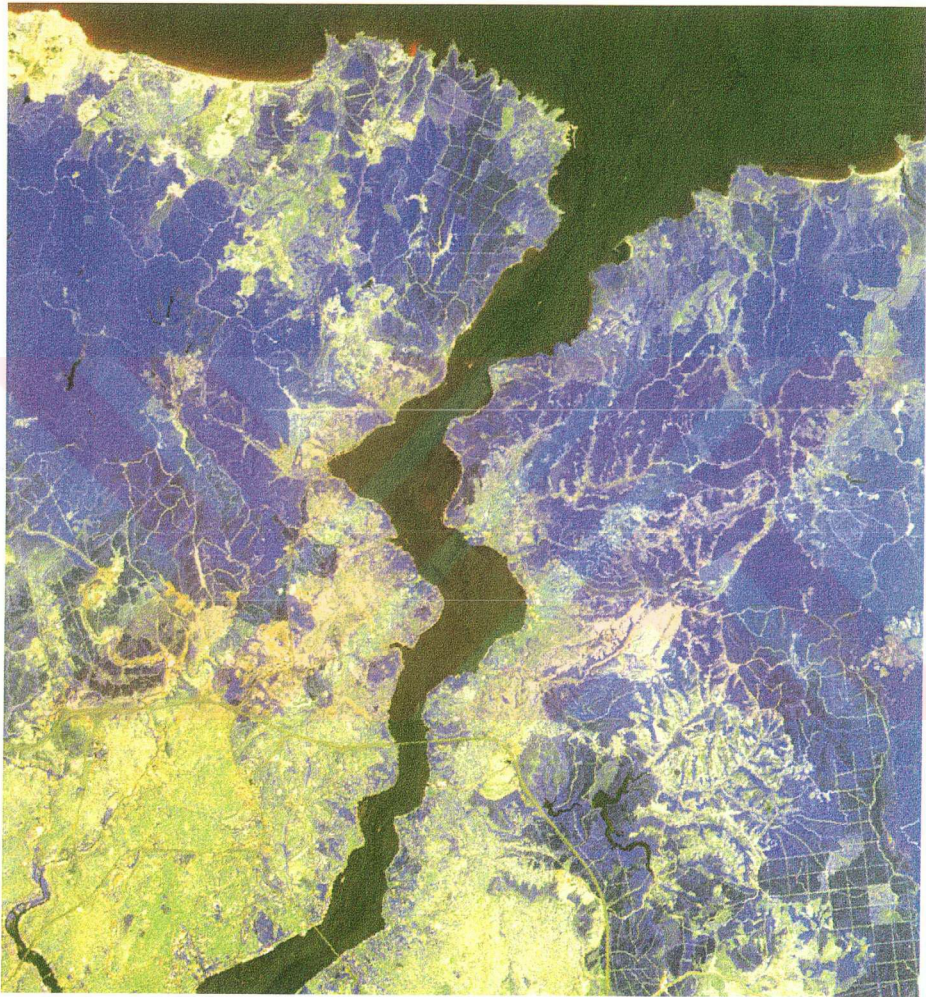
194 Y 618 CENGİZ ERDOĞAN



IRS-1C Pankromatik (çözünürlük :5.8m, Tarih :05.07.1996)



194 Y 618 CENGİZ ERDOĞAN S

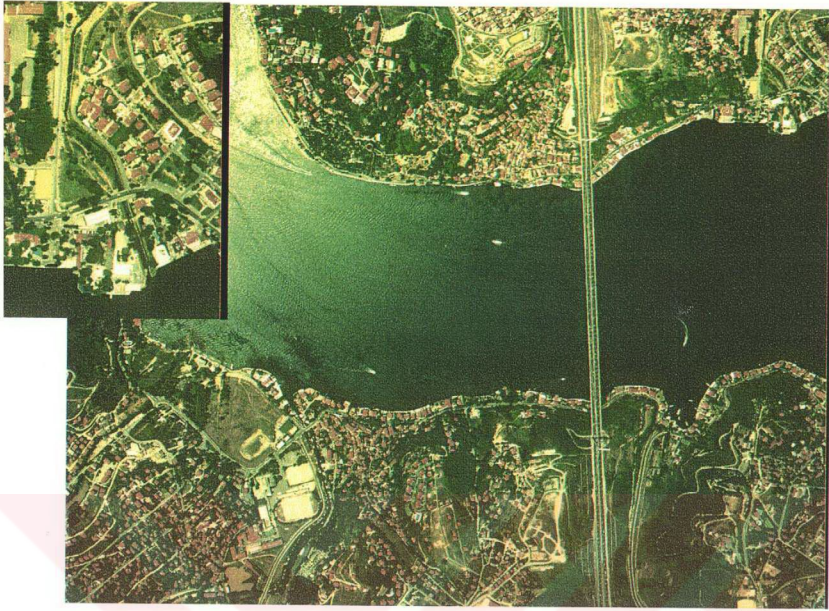


IRS-1C LISS III (çözünürlük :23m, Tarih :05.07.1996)



194 Y 618 CENGİZ ERDOĞAN S





a)



b)

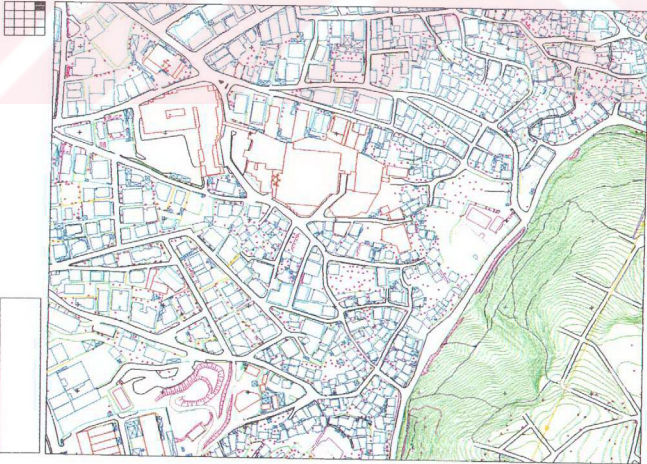
a) Ortofoto (F22D17A, Ölçek 1/5000)
b) Ortofoto (F22D17B, Ölçek 1/5000)



F22D17A VE F22D17B Ortofotolarının Koordinatlandırılmış ve Mozaik yapılmış hali



ÖRNEK 1/25000 LİK TOPOGRAFIK PAFTA



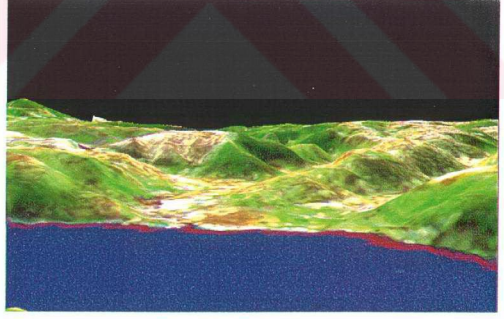
ÖRNEK 1/1000 LİK HALİ HAZIR PAFTA

- a) Örnek 1/25000 ölçekli dijital topoğrafik harita
b) Örnek 1/1000 ölçekli halihazır harita





KAVACIK VE HİSAR VE ÇEVRESİ



ANADOLU HİSARI VE ÇEVRESİ

İstanbul Boğazı dijital üç boyutlu görüntüleri
(IRS-1C PAN, IRS-1C LISS III Topoğrafik paftalar ile üretildi)

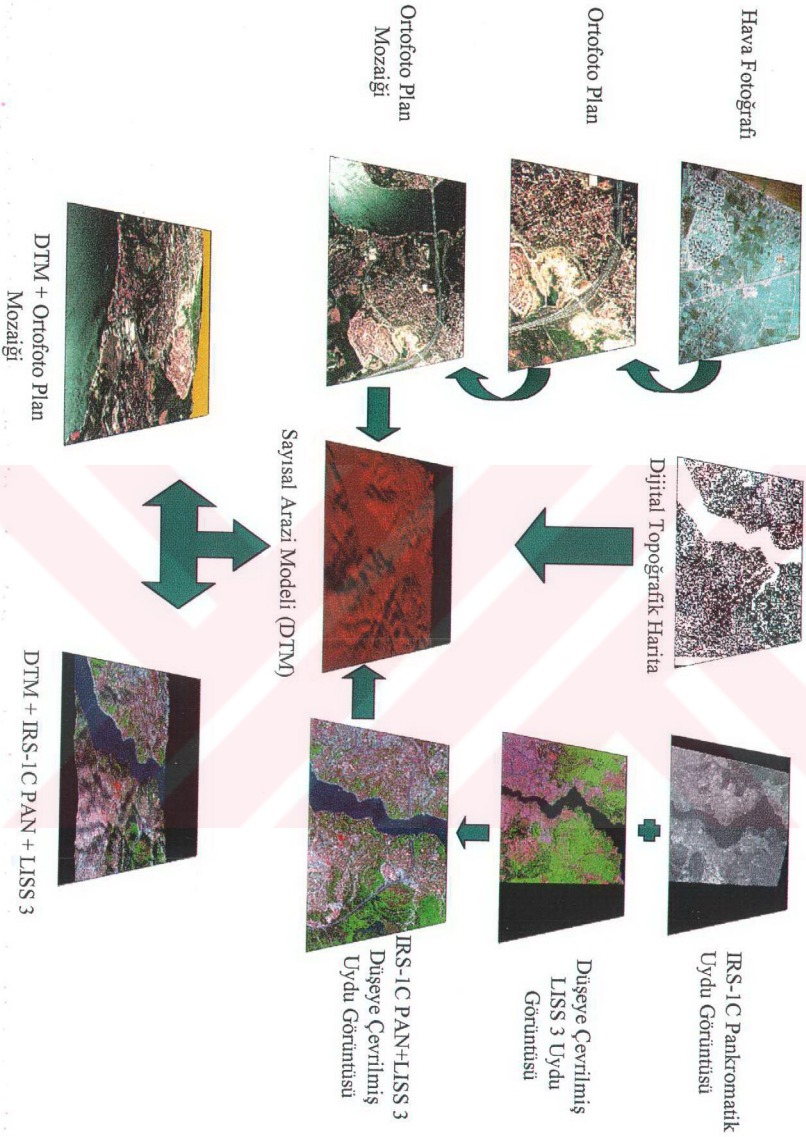


1 Metreye resampling yapılmış 1/5000 ölçekli ortofotolar (F22D17A ve F22D17B) ile 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan oluşturulan İstanbul Boğazı dijital üç boyutlu görüntüleri

677460.00000000 4554880.00000000 191.96523994
 677470.00000000 4554880.00000000 186.75621870
 677480.00000000 4554880.00000000 181.93289038
 677490.00000000 4554880.00000000 177.91561693
 677500.00000000 4554880.00000000 173.89400985
 677510.00000000 4554880.00000000 169.87673640
 677520.00000000 4554880.00000000 165.85946295
 677530.00000000 4554880.00000000 161.84218950
 677540.00000000 4554880.00000000 158.68730809
 677550.00000000 4554880.00000000 156.53349481
 677560.00000000 4554880.00000000 155.43275322
 677570.00000000 4554880.00000000 158.18027358
 677580.00000000 4554880.00000000 155.19440366
 677590.00000000 4554880.00000000 152.80224083
 677600.00000000 4554880.00000000 160.23874703
 677610.00000000 4554880.00000000 163.95700012
 677620.00000000 4554880.00000000 158.74364526
 677630.00000000 4554880.00000000 155.80977889
 677640.00000000 4554880.00000000 153.54762490
 677650.00000000 4554880.00000000 154.64403287
 677660.00000000 4554880.00000000 160.95379570
 677670.00000000 4554880.00000000 167.35456472
 677680.00000000 4554880.00000000 173.51698419
 677690.00000000 4554880.00000000 179.82674702
 677700.00000000 4554880.00000000 183.53199923
 677710.00000000 4554880.00000000 187.17658065
 677720.00000000 4554880.00000000 191.23285675
 677730.00000000 4554880.00000000 195.10712047
 677740.00000000 4554880.00000000 198.21866560
 677750.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677760.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677770.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677780.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677790.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677800.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677810.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677820.00000000 4554880.00000000 200.00412046
 677830.00000000 4554880.00000000 201.62056383
 677840.00000000 4554880.00000000 205.19147356
 677850.00000000 4554880.00000000 208.46769657

194 Y 618 CENGİZ ERDOĞAN

İstanbul Boğazına ait grid dosyasının içeriğinden bir örnek



ÖZGEÇMİŞ

Cengiz ERDOĞAN , 1973 yılında Tokat' da doğdu. İlk öğrenimini Tokat Alparslan İlkokulu'nda, Orta öğrenimini Tokat Gazi Osman Paşa Ortaokulu'nda, Lise öğrenimini Tokat Gazi Osman Paşa Lisesi'nde tamamladı. 1990 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı. 1994 yılında bu bölümden lisans diploması aldı ve aynı yıl aynı bölümde Yüksek Lisans programına başladı.

1994 yılından beri özel bir firmada yönetici olarak çalışmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] **Örmeci, C.**, 1987. Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri) İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul
- [2] **Maguire, D.J., GOODCHILD, M.F., RHIND, D.W.**, 1991 Geographical Information System, Vol. 1, Canada
- [3] **Sunar, F.**, 1991. Körfezdeki su kalitesinin uydu verileri yardımıyla incelenmesi. *Doktora Tezi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Coşkun, H., G.**, 1992. Uydu verileri ile İstanbul Boğazı ve Haliçte su kirliliğinin makro düzeyde belirlenmesi. *Doktora Tezi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Sabins, F., F.**, 1996, Remote Sensing, Third Edition, W. H. Freeman and Company, New York
- [6] **Aranoff, S.**, 1989, Geographic Information Systems: A Management Perspective, Canada.
- [7] **Uluğtekin, N.**1993. Kadastro paftalarının geometrik niteliğinin yükseltilmesinde ve yenilenmesinde homojenleştirme algoritmaları *Doktora Tezi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [8] **Maktav D., Sunar F.**, Uzaktan Algılama Kantitatif Yaklaşım, 1991, İstanbul
- [9] **FIG**, 1971.Fachwörterbuch. Benennungen and Definitionen im Deutschen Vermessungswesen, Heft 7, Photogrammetrie, Photointerpretation. Inst. For Angew.Geodäsie, Frankfurt.
- [10] **ESRI**, Arc/Info online manual NT version 7.1
- [11] **ERDAS** online manual Nt version 8.3.1

- [12] **Aydöner C.**, 1998 Sayısal arazi modeli ve batimetrik verilerin kıyı bilgi sistemine entegrasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [13] **Divan O.**, 1998 Dijital ortofoto üretimi ve kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

