

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇANAKKALE YÖRESİ ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN
FARKLI SAYISAL VERİ KARMA
YÖNTEMLERİYLE BELİRGİNLEŞTİRİLMESİ ve
BU YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Bora UĞURLU

Prof. Dr. Hülya YILDIRIM

Haziran, 2006

ÇANAKKALE

**ÇANAKKALE YÖRESİ ARAZI ÖRTÜSÜNÜN
FARKLI SAYISAL VERİ KARMA
YÖNTEMLERİYLE BELİRGİNLEŞTİRİLMESİ ve
BU YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bora UĞURLU

Prof. Dr. Hülya YILDIRIM

Haziran, 2006

ÇANAKKALE

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu araştırma, jürimiz tarafından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hülya YILDIRIM



Üye : Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL



Üye : Doç. Dr. Mehmed Ali SALAHLI



Üye :

Üye :

Kod No:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında büyük katkısı olan Prof. Dr. Hülya YILDIRIM'a, fikirlerini paylaşip, yol göstermesi, maddi ve manevi desteğini esirgmeden yardımcı olmasından dolayı teşekkür ederim. Çalışma boyunca ortaya çıkan olumsuzlukların çözümünde emeği olan Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL ve Doç. Dr. Mehmet Ali SALAHLI'ya da ayrıca teşekkür ederim.

Bu uzun ve yorucu süreçte beni yalnız bırakmayan, zor zamanlarımda bana vermiş oldukları destekleri ile umut ve sevinç kaynağım olan, annem Işıl UĞURLU, babam Candan UĞURLU ve kardeşim Damla UĞURLU'ya sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmam süresince sıkıntılarımı paylaşan, oda arkadaşlarım Okt.Ayhan ZORLUBAŞ ve Okt. Mehmet ULUTAŞ'a ve beni her zaman destekleyen tüm Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü çalışanlarına kendi adıma çok teşekkür ederim.

Bora UĞURLU

SİMGELER VE KISALTMALAR

KISALTMALAR

ADC	Analog to Digital Converter (Analog Sayısal Dönüştürücü)
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (Gelişmiş Uzay Kökenli Termal Emisyon ve Yansıma)
AVHRR	Advanced Very High Resolution Satellite (Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CCRS	Canada Centre for Remote Sensing (Kanada Uzaktan Algılama Merkezi)
CZCS	Coastal Zone Color Scanner (Sahil Bölgesi Renkli Tarayıcı)
DN	Digital Numbers (Sayısal Numara)
DWT	Discrete Wavelet Transform (Ayrık Wavelet Dönüşümü)
EARSel	European Association of Remote Sensing Laboratories (Avrupa Uzaktan Algılama Laboratuvarları Birliği)
ERSDAC	Earth Remote Sensing Data Analysis Center (Dünya Uzaktan Algılama Veri Analizi Merkezi)
ETM	Enhanced Thematic Mapper (Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı)
FT	Fourier Transform (Fourier Dönüşümü)
GOES	Geostationary Operational Environment Satellite (Sabit Kullanıma Hazır Yeryüzü Uydu)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
IFOV	Instantaneous Field of View (Anlık Görüş Sahası)
IHS	Intensity Hue Saturation (Yoğunluk, Renk, Doyum)
MESSR	Multispectral Electronic Self Scanning Radiometer (Çok Bandlı Tarayabilen Radyometre)
MS	Multispectral (Çok Bandlı)
MSR	Microwave Scanning Radiometer (Mikrodalga Tarayan Radyometre)

KISALTMALAR (Devam)

NASA	National Aeronautical and Space Administration (Amerikan Ulusal Uzay ve Havacılık Kurumu)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (Bitki İndisi)
NOAA	National Oceaning and Atmospheric Administration (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Kurumu)
PAN	Pankromatic (Pankromatik-Tek Renk)
PC	Principal Component (Temel Bileşen)
SPOT	Satellite Pour L'obsevation de la Terre (Yeryüzü Gözlem Uydusu)
STFT	Short Time Fourier Transform(Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü)
TBD	Temel Bileşenler Dönüşümü
TIROS	Television and Infrared Observation Satellite (Televizyon ve Yakıncızılötesi Gözlem Uydusu)
TM	Tematic Mapper (Tematik Haritalayıcı)
UTM	Universal Transverse Mercator (Evresnel Çapraz Merkator)
VTIR	Visible and Thermal Infrared Radiometer (Görünür ve Termal Kızılötesi Radyometre)

SİMGELER

m	Metre
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
Mb	Megabyte
t	Zaman
w	Frekans

**ÇANAKKALE YÖRESİ ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN FARKLI SAYISAL VERİ
KARMA YÖNTEMLERİYLE BELİRGİNLEŞTİRİLMESİ ve BU
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

ÖZET

Yeryüzü kaynaklarını yönetmek sürdürülebilir kalkınma açısından oldukça önemlidir. Kaynakların etkili bir şekilde yönetebilmek için, önlemler ile doğru kararların verilmesi, faydalı çözümlerin üretilmesi için gereklidir. Bu da ancak farklı uydu görüntüleri ile yerine getirilebilir. Görüntüler farklı mekansal, tayfsal, radyometrik ve zamansal çözümlenmeye sahiptir. Bu, böyle bir bilginin yoğun bir şekilde kullanımını gerektirir. Belirli bir bölge ve problem üzerinde çalışırken, doğru çözümlenme türlerine sahip olan uydu görüntüleri gerekmektedir. Görüntü karma, farklı uydu görüntülerinin tamamlayıcı ve yararlı bilgilerini tek bir görüntüde bir araya getirir. Karılmış görüntü, daha çok özelliğin görülmesi için orjinal görüntüden daha iyi çözümlenmeye sahiptir.

Bu çalışmada, farklı yöntemleri kullanarak çeşitli mekansal ve tayfsal çözünürlükteki farklı sayısal görüntülerden Çanakkale Bölgesi'nin arazi örtüsünün farklı özelliklerini vurgulamak için yeni görüntüler oluşturulması gerçekleştirilmiştir.

Bunun için bazı iyi bilinen görüntü karma yaklaşımları Çanakkale'deki aynı bölgeye ait uydu görüntüsü ve hava fotoğrafına uygulanmıştır. Karılan görüntüler değerlendirilip görsel ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Anahtar sözcükler : Uzaktan Algılama, Uydu Görüntüleri, Veri Karma, Görüntü İşleme.

**DIFFERENT DATA FUSION METHODS and THEIR COMPARISON
THROUGH THE LAND COVER, LAND USE ANALYSES IN CANAKKALE
PROVINCE BY SATELLITE IMAGES**

ABSTRACT

Managing the earth resources is very important for sustainable development. To manage the resources efficiently, making the right decisions, with the precautions, to produce beneficial solutions are required. This is mostly carried out with different satellite images. Images have different spatial, spectral, radiometric and temporal resolutions. This requires intensive use of such data. While working on a specific area and problem, satellite images having proper resolution are needed. Image fusion combines the different satellite images bringing the complementary and useful information into one single composite image. The fused image will have better resolution to see more features than the original images.

In this work, creating new images to emphasize the various properties of land cover of Canakkale Province from different digital images with various spatial and spectral resolution, by using different methods has been employed. To achieve the goal of assumption of different data fusion methods, some well-known image fusion approaches are applied to a satellite image and aerial photo, pair of the same region in Canakkale. Fused images by different methods are assessed and compared visually and statistically.

Keywords: Remote Sensing, Satellite Images, Data Fusion, Image Processing.

İÇERİK

	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – UZAKTAN ALGILAMADA TEMEL İŞLEMLER	4
2.1 Tanım.....	4
2.2 Uygulama Adımları	5
2.3 Uzaktan Algılama Uyduları	6
2.4 Uzaktan Algılamada Sayısal Görüntü	9
2.5 Uzaktan Algılamada Sayısal Görüntünün Özellikleri	10
2.6 Sayısal Görüntü İşleme	17
2.6.1 Geometrik Düzeltme	18
2.6.2 Görüntü Zenginleştirme	19
2.6.3 Görüntü Dönüşümleri	20
2.6.4 Görüntü Sınıflandırma ve Analiz	21
2.7 Sayısal Veri Karma ve İlgili Tanımlar	21
2.8 Önceki Çalışmalar.....	24
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM	28
3.1 Çalışma Bölgesi	28
3.2 Kullanılan Sayısal Görüntüler	28
3.3 Karma Yöntemleri	31
3.4 Farklı Görüntü Karma İşlemleri ve Sonuçları	33
3.4.1 Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doygunluk (IHS) Dönüşümü Yardımla Karma	33

3.4.2 Temel Bileşenler Dönüşümü (TBD) Yardımıyla Karma.....	38
3.4.3 “Brovey” Dönüşümü Yardımıyla Karma	48
3.4.4 “Ehlers” Dönüşüm Modeli Yardımıyla Karma.....	51
3.4.4.1 “Fourier” Dönüşümü	52
3.4.5 Keskinleştirilmiş Kenar Verisi Yardımıyla Karma	60
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI	65
4.1 Görüntü Karma Yöntemlerinin Sınırlılıkları	65
4.2 Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması	67
4.3 Sonuç Görüntülerin Değerlendirilmesi	68
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE TARTIŞMA	82
KAYNAKLAR	85
Ekler	I
Çizelgeler	XXII
Şekiller	XXIII
Yaşam Öyküsü	XXIX

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız coğrafya hakkında doğru ve güncel bilgilerin elde edilmesi zaman gerektiren bir işlemdir. Bunun yanında bu bilgilerin düzenli olarak oluşturulması ve kullanıma sunulması da maliyeti arttırmaktadır. Oysaki doğru kararların alınması, sorunlara çözümlerin üretilmesi ancak doğru ve güncel bilgi ile gerçekleşebilir.

Uzay çalışmaları kapsamında oluşan yeni bilim ve teknolojilerden uzaktan algılama uydularının kaydettiği sayısal veriler ile yeryüzü hakkında güncel ve doğru bilgi edinme süreci hızlanmıştır. Artık, dünyanın dört bir köşesi hakkındaki mekansal bilgi elde edilip sayısal ortamda saklanabilir duruma gelmiştir.

Uzaktan algılama uydu verileri önceleri daha çok askeri amaçlarla kullanılmıştır. Uydulardan elde edilen değişik ayırım gücündeki sayısal veriler ve bunlardan bilgisayar yazılımı ile, yeryüzünün detaylı bir şekilde modellenmesi, düşmanın yerinin tespiti, askeri birliklerin en uygun şekilde konumlandırılması ve komuta edilmesi, askeri uygulamaların başında yer almaktadır. Elde edilen hassas sayısal görüntüler sayesinde elektromanyetik bantın geniş bir aralığına bakılabilmekte ve doğal yapıya zıt düşen nesnelere derhal tespit edilebilmektedir. Daha sonraları yer gözlem uydularındaki gelişmeye paralel olarak sivil yaşamda da uzaktan algılama uydu verilerinin uygulama alanları katlanarak artmıştır.

Bu çalışmalarda uzaktan algılama ile ilgili diğer yeni teknolojilerden “Mekansal/Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)” ve “Küresel Konum Belirleme (*Global Positioning System, GPS*)” kullanılmıştır. Mekansal bilgi sistemlerinde, çok farklı kaynaklardan gelen grafik ve sözel verilerin bir arada bulunabildiği, analizlerinin ve sorguların yapılabilirdiği ileri veritabanları oluşturulmaktadır. Küresel konum belirleme sistemi, GPS uydularından elde edilen ölçümler ile yeryüzünün herhangi bir noktasının konumu gece-gündüzden ve hava şartlarından bağımsız olarak tespit edilebilmektedir.

Uzaktan algılama uydu verileri, planlama, şehircilik, madencilik, doğal afetler, arazi kullanım, okyanus bilimleri, meteoroloji, yeryüzü kaynaklarının belirlenmesi, takibi, yönetimi vb. gibi çok değişik uygulama alanları bulmuştur. Örneğin ülke genelindeki tarımsal faaliyetlerin uzaktan algılama uyduları ile izlenebilmesi, yıllık ürün tahminlerinin yapılarak tarım piyasasına dış pazarlarda yön verilmesi tarımsal boyutta gerçekleşen bir diğer boyuttur. Ayrıca doğal kaynakların devamlılığının sağlanması için gerekli önlemlerin alınması da bu kapsamda yer almaktadır. Buzul hareketleri, ENVISAT ve diğer uzaktan algılama uyduları ile adım adım izlenebilmektedir.

Herhangi bir coğrafyadaki doğal afetlerin izlenmesi ve etkin önlemlerin derhal uygulamaya konulması da yine uzaktan algılama uydularından elde edilen görüntülerle hızlı bir şekilde sağlanmıştır. Uydu verilerinin yardımıyla yakın zamanda yaşanan A.B.D'nin New Orleans bölgesinde meydana gelen su baskını, yine Uzakdoğu'da yaşanan tsunami felaketlerinin boyutlarını doğru biçimde gözönüne serilmiştir. En az can ve mal kaybının yaşanması için gerekli önlemlerin doğru ve hızlı bir şekilde alınmasında çok önemli katkıları olmuştur.

Şehir planlamacılığı bağlamında, kentin altyapı sisteminin oluşturulması için en uygun konumun neresi olacağı, park-bahçe gibi sosyal çevrelerin nerelerde oluşturulacağı, kaçak yapılaşma bölgelerinin tespiti ve takibi gibi arazi kullanım çalışmalarında uydu görüntüleri vazgeçilmez niteliktedir.

Özetle çevreye ait doğal kaynakların belirlenmesi, ormanlar, tarım alanları, toprak bozulmaları, çölleşme, yangınlar, kirlilikler, kutup buzulları kaynaklı iklim değişiklikleri, meteoroloji, doğal afetler vb. küresel ve/veya yersel boyutta güncel durum takibi ve yönetilmesi, anlaşılması ancak bu boyuttaki tekrarlanabilir uydu verileriyle mümkün hale gelmiştir.

Bütün bu işlemler farklı hassasiyetlerdeki uydu verilerinin kullanımını gerektirmektedir. Günümüzde, okyanus yüzeylerini inceleyen NOAA, atmosfer

olaylarını gözleyen METEOSAT gibi uydu verilerinin birkaç kilometre mertebesinde ayırım gücünden, IKONOS, QUICKBIRD gibi 1 metrenin altına inen ayırım gücüne kadar çok çeşitli uydular Dünya etrafında veri kaydetmektedir. Çalışmanın amacına göre verilerin hassasiyeti de değişecektir. Özellikle doğal afetlerin izlenmesi, askeri uygulamalar, şehir planlamacılığı gibi uygulama alanlarında ayırım gücü yüksek veriler doğru ve güvenilir bir şekilde ele alınması gerekmektedir.

Çalışılan bölge ile ilgili hem mekansal detayların, hem de renk bilgilerinin önem kazandığı bu gibi durumlarda, görüntü işleme yöntemlerinden “Veri Karma (*Data Fusion*)” işlemine gereksinim duyulmaktadır. Farklı özellikteki görüntülerin karılması sonucunda istenilen ayırım gücünde ve renk bilgilerini de içeren veri elde edilmektedir.

Bu tezde, Çanakkale Yöresi'nin, birbirinden farklı mekansal ve tayfsal özellikteki uydu verisi ve hava fotoğrafı kullanılarak, farklı veri karma yöntemleriyle yörenin arazi örtüsüne ait daha fazla bilgi içeren yeni sayısal veriler oluşturulmuştur. Bu yeni sayısal verilerin her biri görüntüye çevrilerek değerlendirilmiş. Elde edilen sonuç görüntüler kent bilgi sistemi oluşturma hedefli diğer çalışma alanlarına kaynaklık edecek niteliktedir.

BÖLÜM 2

UZAKTAN ALGILAMADA TEMEL İŞLEMLER

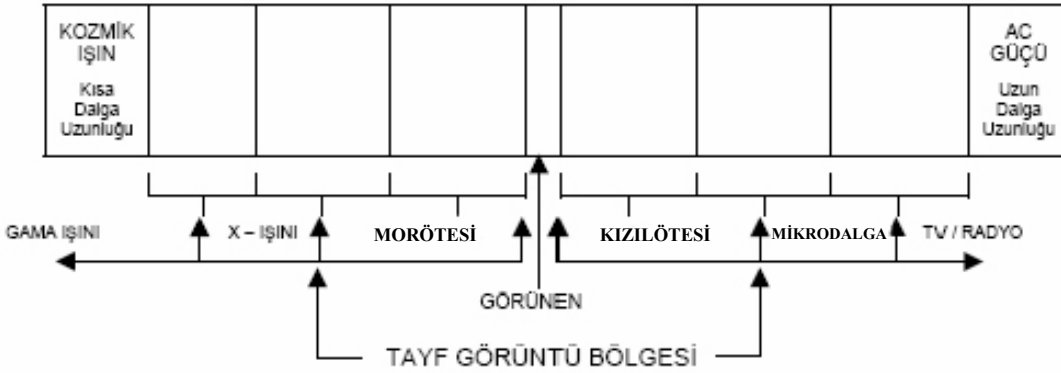
2.1 Tanım

Uzaktan algılama, yeryüzüne fiziksel bir temas olmaksızın cisimlerin gözlenmesi ve ölçülmesine ilişkin bilgi sağlayan bir bilim ve sanattır (Lillesand ve Kiefer, 1999).

Colwell(1960) göre uzaktan algılama, “bir nesne ve olguyla doğrudan fiziksel temasta bulunmadan ölçü cihazı yardımıyla o nesne ve olgunun bazı özellikleri hakkında bilgi elde edilmesi veya ölçümlenmesidir”.

Jensen (2000) göre “uzaktan algılama, algılayıcının anlık görüş sahası içerisindeki nesne ve olgular hakkında onlarla doğrudan fiziksel bir temas sağlamadan bilgi toplayan bir araçtır”.

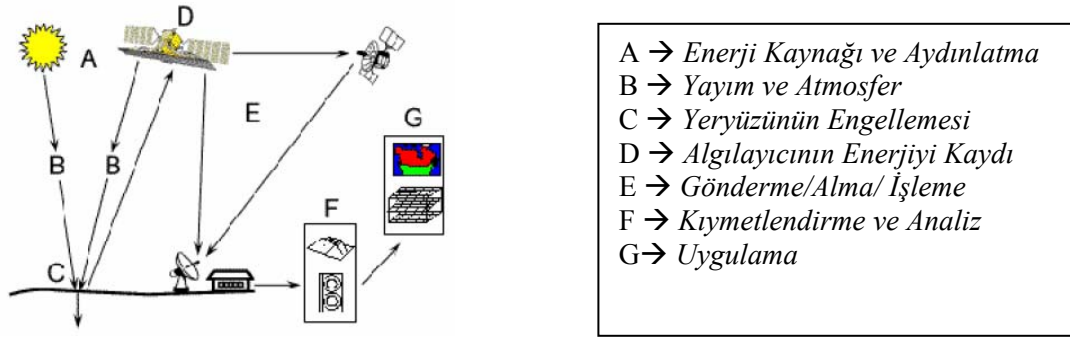
Bu tanımların ve diğerlerinin ortak noktası nesne veya olgu hakkında bilginin onlarla bir doğrudan bir etkileşim olmadan elde edilmesidir. Bilginin bu şekilde elde edilmesi elektromanyetik enerji sayesinde olur. Uydulardaki veya diğer platformlardaki algılayıcılar sayısal görüntüyü Şekil2.1’de görülen elektromanyetik tayfın morötesi, görünen ve kızılötesi bölgelerini içeren yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerjiyi ölçerek oluştururlar.



Şekil 2.1 Uzaktan algılama uyduları tarafından gözlemlenen elektromanyetik spektrum (Yılmaz, 2002)

2.2 Uygulama Adımları

Elektromanyetik spektrumun değişik bölümlerinde yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerji uydular aracılığı ile algılanıp sayısal forma dönüştürülmektedir. Sayısal uydu verileri daha sonra yer istasyonlarına ulaştırılıp bazı ön değerlendirmelerden geçirildikten sonra araştırmacı ve uygulayıcılar tarafından kullanılmaktadır.



Şekil 2.2 Uzaktan algılamada elektromanyetik enerjinin geçirmiş olduğu süreçler.

Uzaktan algılamada, elektromanyetik enerjiden uygulamaya kadar gerçekleştirilen ana adımlar (Şekil 2.2) özetle verilmektedir (CCRS, 1998).

(A) Enerji kaynağı ve aydınlatma; uzaktan algılamanın en temel unsurudur. Algılayıcı sistemler, herhangi bir enerji kaynağından yeryüzüne gelen ışınların yeryüzündeki cisimler ile etkileşmesi ve bu etkileşme sonucunda yansıyan ışınları kaydederek yeryüzü hakkında bilgi toplamaktadırlar. Buradaki enerji kaynağı güneş olabileceği gibi kendi enerjilerini kendileri üreten sistemlerde olabilir.

(B) Atmosfer ile etkileşim; enerji kaynağından gelen ve yeryüzünden yansıyan ışınları büyük ölçüde etkilemektedir. Atmosfer içindeki partiküller ve bazı gazlar enerjinin yayılımını engellemektedir. Bu etkileme dağılma (*scattering*) veya emme (*absorption*), iletme (*transmission*) şeklinde olur.

(C) Yeryüzünün etkileşim; gelen ışınların yeryüzü ile değişik şekilde etkileşime girmesi sonucunda oluşur. Atmosfer tarafından dağıtılamayan veya emilmeyen enerji dünya yüzeyine ulaştığında emme, geçme veya aktarma, yansıma olarak adlandırılan üç tür engelleme ile karşı karşıya kalır.

(D) Algılayıcının veriyi kaydetmesi; aşamasında yeryüzünden yansıyor tekrar atmosfer içinden geçen ve bu arada yine bazı engellemelerle karşılaşan değişik dalga boylarındaki enerji uydusu üzerindeki algılayıcılar tarafından kaydedilir.

(E) Yer istasyonlarına iletim ile; algılayıcı sistem tarafından kaydedilen enerji işlenmek üzere yeryüzündeki belirli yer istasyonlarına iletilir.

(F) Kıymetlendirme ve analiz; aşamasında yeryüzüne ait sayısal veri çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılarak herhangi bir uygulamaya hazır hale getirilir.

(G) Uygulama; uzaktan algılamanın en son aşaması olan uygulama kısmında kıymetlendirme ve zenginleştirme aşamasından geçmiş olan eldeki görüntü değişik amaçlara hizmet edecek şekilde kullanılır. Özellikle bu tür veriler CBS çalışmalarına kaynaklık ederler.

2.3 Uzaktan Algılma Uyduları

Çok çeşitli amaçlarla Dünya yörüngesinde uydular kullanılmaktadır. Yeryüzünü görüntüleme ve bunların yere ulaştırılıp değerlendirilme olanaklarını sağlayan uydular “Uzaktan Algılama” uydularıdır. İlk kez 1972’de Landsat’la bugünkü anlamda yeryüzü kaynaklı ticari amaçlı uydular yaşamımıza girmiştir. Ancak daha önceden beri meteoroloji ve askeri amaçlı uydular da kullanılmaktaydı.

Uzaktan algılama uyduları kullanım amaçlarına göre

- Meteoroloji uyduları
- Yeryüzü gözlem uyduları
- Radar Uyduları
- Deniz araştırma uyduları
- Gezegenlere yönelik uydular

olmak üzere 5 genel kategoriye ayrılabilir (Yılmaz, 2002). Bu uydular hakkında özet bilgiler aşağıda verilmiştir.

Meteoroloji Uyduları : Hava durumu ve tahminleri için kullanılan uydulardır. ABD'nin 1960 yılında uzaya gönderdiği TIROS-1 (*Television and Infrared Observation Satellite*) aynı zamanda ilk meteorolojik uydudur. Daha sonraları diğer ülkeler de kendi meteorolojik uydularını uzaya göndermişlerdir. Yine ABD'nin öncülüğünde 1975-1994 yılları arasında GOES (*Geostationary Operational Environment Satellite*) ve METEOSAT serisi uydular yörüngeye oturtulmuştur. Bu tip uyduların mekansal çözümlenmeleri daha büyük ve zamansal çözümlenmeleri de daha kısadır.

Yeryüzü Gözlem Uyduları: Meteorolojik uyduların algılayıcıları yeryüzü üzerinde oldukça geniş bir alanı gözlemlediklerinden dolayı bu algılayıcılardan elde edilen görüntülerin mekansal çözümlenmesi yeterince hassas değildir. Dolayısıyla yeryüzünün incelenmesine yönelik ihtiyacı karşılayan ve birçok tayfsal banta sahip uydu yörüngeye yerleştirilmiştir. Yörüngedeki bu uydular yeryüzü hakkında mekansal, zamansal, tayfsal bağlamda daha büyük hassasiyetlerde bilgi toplayabilmektedir. Bu uydular hakkında detaylı teknik bilgi Ek-2'de verilmiştir.

Bu türdeki uyduların gelişim süreci 1972 yılında yörüngeye yerleştirilen Landsat-1 uydusuyla başlamıştır. Bu uyduyu Landsat-2/3 uyduları takip etmiştir. Bu uydular kullanım sürelerini doldurdularından dolayı yerini Landsat 4-5 ve 7 uydularına bırakmışlardır. Landsat 1-2-3 serisi uydular yersel olarak 80m.'lik bir ayırım gücüne

sahip iken günümüzde dünya yörüngesinde dolaşan Landsat 7 15m.'lik ("siyah-beyaz"-pankromatik) bir ayırım gücüne sahiptir.

SPOT (*Satellite Pour L'obsevation de la Terre*) uydular serisi Fransa, Belçika ve İsveç tarafından ortaklaşa yapılmışlardır. Şu ana kadar fırlatılmış olan beş tane uydu vardır. Spot uyduları; arazi çalışmalarında etkili olması, geniş alanlara yayılmış doğal kaynakların temin edilmesi, jeolojik kaynakların tespiti, kartografik çalışmalarda 1/50.000 ve 1/100.000 ölçeğinde harita üretmek için veri toplamak amacıyla üretilmiştir.

IKONOS, yüksek çözümü, geometrik doğruluğu, harita bazlı olması ve çok bantlı oluşu gibi özellikleri ile uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarında tercih edilmektedir.

Hint uzaktan algılama uydusu (IRS- 1C/1D) 28 Aralık 1995'te Rus mekiği ile başarılı bir şekilde kutupsal yörüngeye oturtulmuştur. Ocak 1996'da ilk görüntüler alınmaya başlanmıştır. Benzeri bir uydu 29 Aralık 1997'de kutupsal yörüngeye başarılı bir şekilde oturtulmuş olup 1997'nin Ekim'inde çalışmaya başlamıştır.

ASTER(*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*); NASA, Japon Ekonomi-Ticaret-Endüstri Bakanlıkları ve Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC) arasındaki işbirliği sayesinde Japonyada yapılmıştır. Aster verileri, arazi yüzeyi sıcaklığı, reflektans, parlaklık değişim oranı (*emissivity*) ve yükseklik haritalarını çıkarmak için kullanılmaktadırlar.

Radar Uyduları : Radar uyduları aktif algılayıcılara sahip olup yeryüzü hakkında elde ettikleri veriler oldukça hassastır. En önemli avantajı, yeryüzünü algılarken kullandıkları mikrodalgardan kaynaklanmaktadır. Bu dalgalar, özelliklerinden dolayı, gündüz ve gece atmosfere nüfuz eder. Her türlü hava koşulunda veri elde edilebilir. 3 boyutlu sayısal yükseklik modellerinin yapımına olanak sağlarlar. JERS-1, ERS1/2, RADARSAT uyduları örnek olarak verilebilir.

Deniz Araştırma Uyduları : Yeryüzünün büyük bir bölümünü kaplayan okyanuslar, üzerinde yaşayan canlı hayatı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Okyanusların incelenmesi için özel amaçlı algılayıcılara sahip uydular geliştirilmiştir. CZCS (*Coastal Zone Color Scanner*) denizleri araştırma üzere 1978 yılında yörüngeye oturtulan ilk uydu algılayıcısıdır. MESSR (*Multispectral Electronic Self Scanning Radiometer*), VTIR (*Visible and Thermal Infrared Radiometer*), MSR (*Microwave Scanning Radiometer*), NOAA AVHRR (*Advanced Very High Resolution Satellite*) okyanusları incelemeye yönelik olarak geliştirilmiş uydu algılayıcılarıdır.

Gezegene Yönelik Uydular: Güneş sistemi kapsamındaki gezegenler ve onların uyduları hakkında bilgi edinmek için geliştirilmiş olan uydulardır. Yeryüzünü görüntüleyen ve değişik elektromanyetik bölgelerde algılama yapan uydu algılayıcıların bir çoğu güneş sistemindeki oluşumların incelenmesinde de kullanılmıştır. LUNA3, APOLLO11-12, MARINER 10, MAGELLANS, VOYAGER2 araçlarından Dünya yakınında iken elde edilen görüntülerden yararlanılmıştır.

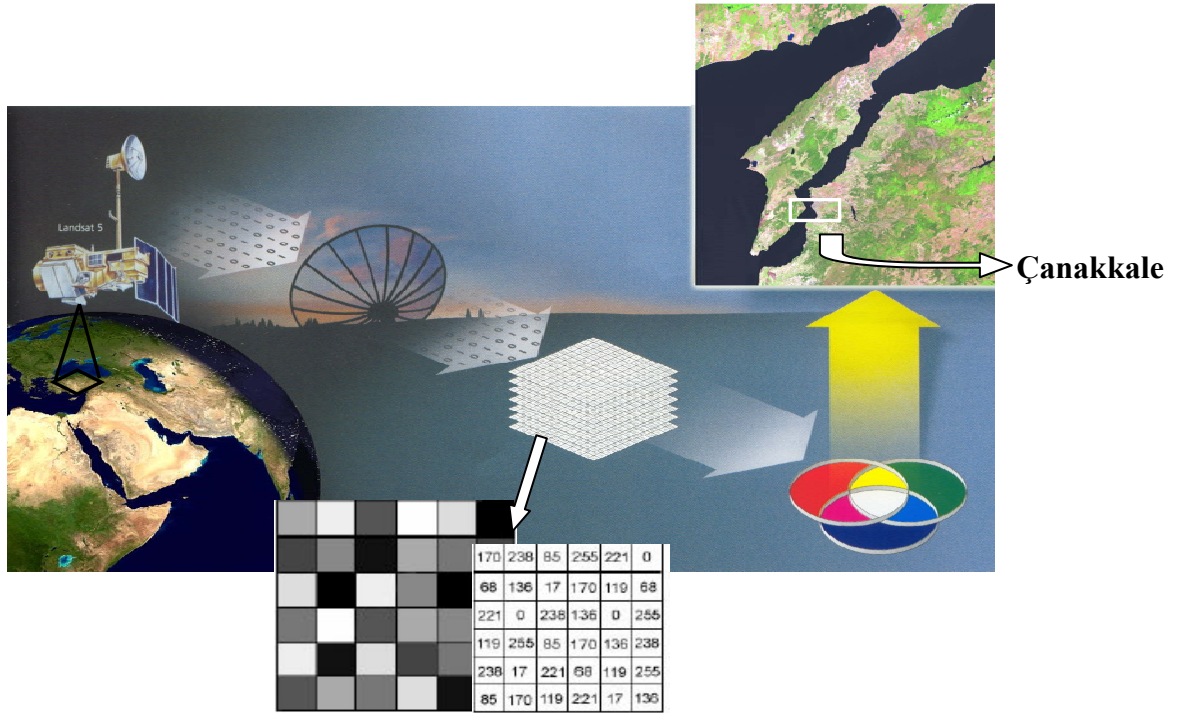
Nitekim bahsedilen bu uydu sistemlerinin yanı sıra yeryüzü üzerinde konum belirlemek amacıyla GPS uyduları bulunmaktadır. Bu sistem 1973 yılında A.B.D askeri birimleri tarafından geliştirilmiştir. GPS yardımıyla her türlü hava koşulunda 24 saat boyunca hassas bir şekilde konum belirlemek mümkündür. Bu uydular 21+3 şeklinde bir plana sahiptir (Yomralıoğlu, 2002). Bunlardan üçü yedektir. Bütün uydular 6 yörünge düzlemine yerleştirilmiştir. Bu düzlemler gök ekvatoru ile 55° lik açı yapar. Komşu yörünge düzlemine göre 60° döndürülmüştür. Yerküreden yükseklikleri yaklaşık 20.200 km.'dir. Bu yapıları ile yeryüzünün bütün noktalarından herhangi bir anda 24 saat süresince en az 4 uydudan sinyal alınarak konum belirlenebilmektedir.

2.4 Uzaktan Algılamada Sayısal Görüntü

Uzaktan algılamada kullanılan görüntüler, algılayıcılar elektromanyetik enerjinin analog olarak kaydedilmesi ve ardından sayısal hale dönüştürülmesi sonucunda meydana

gelmektedir. Yeryüzünü hakkında bilgi toplayan algılayıcı sistemlerden bazıları tarayıcılar, sayısal kamera sistemleri ve uydulardaki algılayıcılar olabilir.

Bu sistemlerden elde edilen veriler sayısal olup, bilgisayarlar yardımıyla kolay ve hızlı bir şekilde işlenebilirler. Üzerinde çalışılan sayısal görüntü, her bir dalga boyu için oluşturulmuş, sütun ve satırların hücre tarzı düzenlenmesinden oluşan bir veridir.



Şekil 2.3. Uydulardaki algılayıcılardan elde edilen görüntülerin sayısal yapısı ve tekrar görüntüye dönüştürülme işlemleri

Gözlenen parlaklık değerleri 0-255 arasında görece olarak değerlendirilip bir rakama dönüştürülür. Bu rakam 2'li sistemle 1-0'lar halinde yere ulaştırılır. Yerde görüntü tekrar yaratılır.

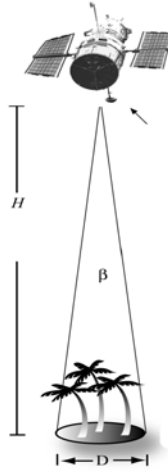
2.5 Uzaktan Algılamada Sayısal Görüntünün Özellikleri

Uydulardaki algılayıcı sistemlerden elde edilen görüntülerin özelliklerinin tespit edilip değerlendirilmesinde çözümlene kavramı önemli rol oynamaktadır. Sayısal

görüntülerin kullanım alanlarını çözümüleme belirler. Kendi içerisinde alt bölümlere ayrılır. Bunlar mekansal, tayfsal, zamansal, radyometrik ayırım güçleridir.

i) Mekansal çözünürlük, algılayıcının en küçük hedefi ayırt etme kabiliyetinin ölçüsü veya diğer bir deyişle her bir pikselin yeryüzünde karşılık geldiği alanı ifade etmektedir. Sensörlerin yersel çözümüleme ölçek ve anlık görüş alanı (*Instantaneous Field of View-IFOV*) denilen iki önemli faktöre bağlıdır.

IFOV, algılayıcının yeryüzü üzerinde herhangi bir anda gördüğü alanın büyüklüğü olarak ifade edilir. Şekil 2.4’de şekilde “D” algılayıcı sistemin yeryüzü üzerinde gördüğü alanın büyüklüğü, “ β ” IFOV değeri ve “H” ise sistemin yerden yüksekliğidir.



Şekil 2.4. Algılayıcının anlık görüş alanı, IFOV (Jensen, 2000)

Şekil 2.5a, b ve c’de da farklı mekansal çözümlemelere sahip görüntüler verilmiştir. Bu görüntülerde aynı yeryüzü parçası farklı büyüklüklerdeki piksellerle temsil edildiğinden görüntüdeki detaylar da deyişim gösterir. Mekansal çözünürlük arttıkça detaylar ön plana çıkarken, azaldıkça detaylar kaybolur (Jensen,2000).



Şekil 2.5.a Çanakkale Kent Merkezi'ne ait renkli Landsat görüntüsü (28,5 m.; 08.08.1999)



Şekil 2.5.b Çanakkale Kenti Merkezi'ne ait siyah-beyaz (PAN) Landsat görüntüsü (14,25 m.; 08.08.1999)

Şekil 2.5a ve b’de, Çanakkale Kent Merkezi’ni kapsayan Landsat 7 uydusunun ETM+ algılayıcısının mekansal çözünürlüğü 28,5 m. ve aynı uydunun daha yüksek mekansal çözümülemeli siyah-beyaz görüntüsünün mekansal çözümülemesi ise 14,25 m.’dir. Yine aynı bölgeye ait olan hava fotoğrafının (Şekil 2.5c) mekansal çözünürlüğü ise 4 m.’dir. Her üç görüntü incelendiğinde hava fotoğrafı kentteki dokuyu daha belirgin olarak ortaya koymaktadır.

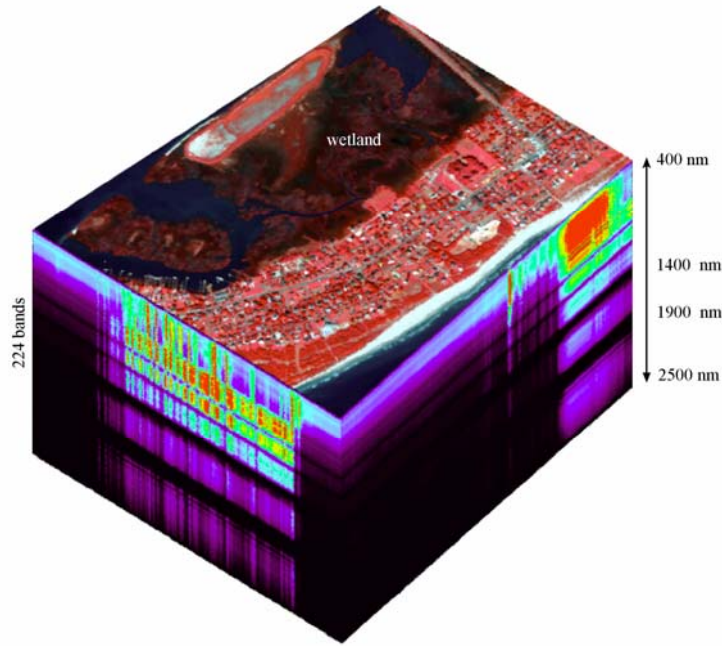


Şekil 2.5.c Çanakkale Kent Merkezi’ne ait hava fotoğrafı (4 m.)

ii) Tayfsal çözümlene türü algılayıcının, elektromanyetik tayfda belirgin dalga boyları arasında yapabileceği algılamayı belirtir. Yeryüzü üzerindeki her obje kimyasından dolayı farklı dalga boylarında elektromanyetik enerji ile kendi özelliklerine göre etkileşmekte, farklı yanıt vermektedir. Algılayıcılar da nesnelere elektromanyetik spektrumda verdikleri farklı tepkileri dikkate alarak tasarlanır. Algılayıcının her bir bantı, elektromanyetik tayfin bir bölümüne duyarlıdır. Bu bölüm, başlangıç ve bitiş dalga boyları veya merkez frekansı ve bant genişliği olarak ifade edilir. Elektromanyetik

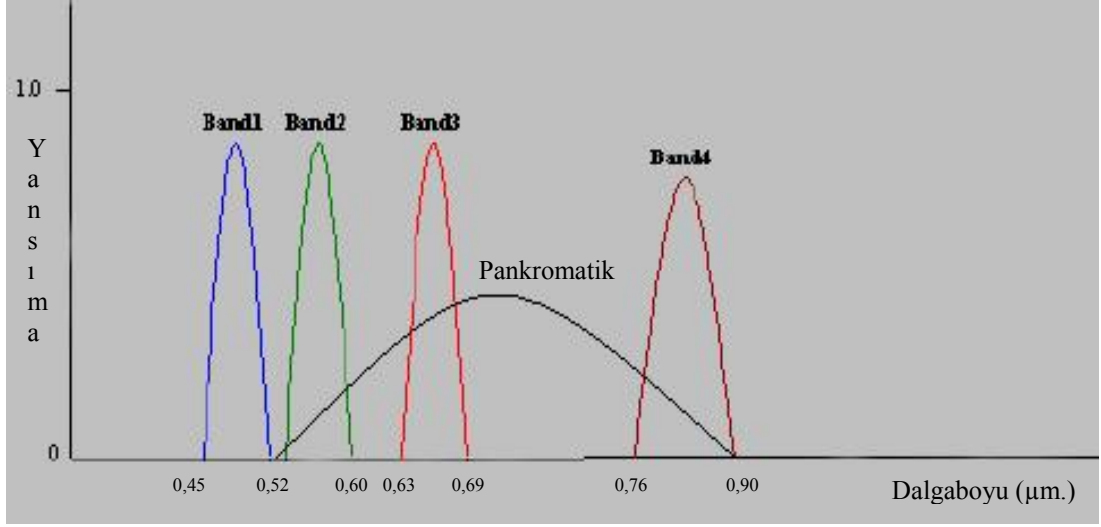
spektrum ne kadar fazla ve küçük parçaya ayrılırsa, yeryüzündeki farklı nesnelere de bu ayrımlara göre birbirinden ayırt etmek daha kolay olur (İnce,1986).

Algılayıcılar elektromanyetik spektrumun bir veya birkaç aralığında algılama yapabiliyorsa, bu tür algılayıcılar çok bantlı (*Multispectral-MS*) algılayıcılar; çok fazla sayıda aralıkta algılama yapabiliyorsa hyperspectral algılayıcılar olarak isimlendirilirler. Şekil 2.6'da 'hyperspectral' algılayıcının tayf aralıkları üç boyutlu bir şekilde görülmektedir.

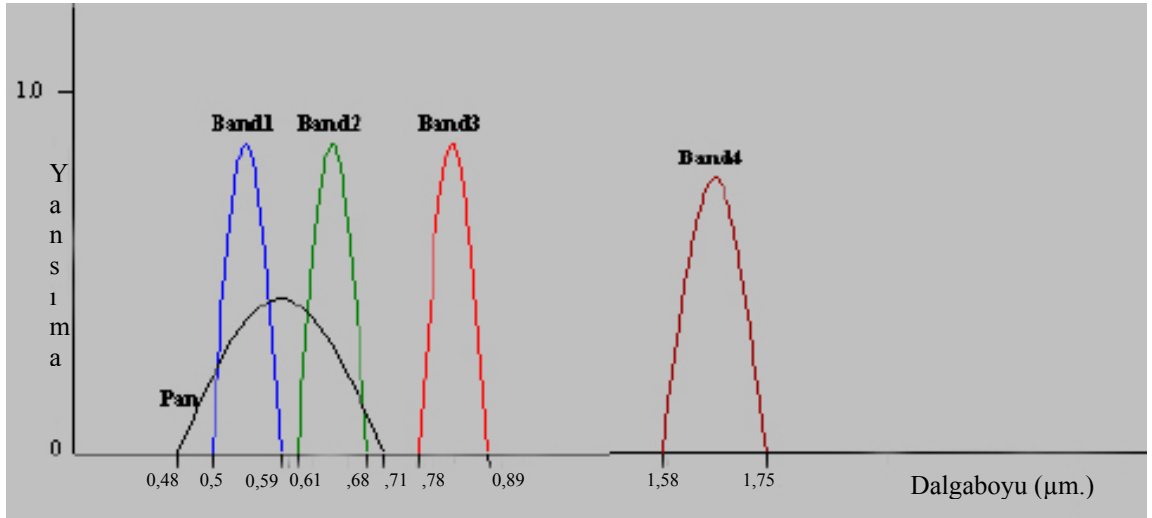


Şekil 2.6. Sullivan Adası'na ait 224 banttan oluşan tayfsal küp (Jensen,2000)

Landsat 7 ETM+ algılayıcısı 8 farklı aralıkta algılama yapabilmektedir. Hava fotoğrafı siyah-beyaz bir yapı sergilediği için, tayfsal ayırmadan söz etmek mümkün değildir. Landsat 7'nin ve SPOT uydusunun görünür bölgede algılamada bulunduğu alanlar Şekil 2.7'de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 2.7.a Landsat 7 uydusunun ETM+ algılayıcısının görünür, yakın kızılötesi ve pankromatik bantlarının dalga boyu aralıkları



Şekil 2.7.b SPOT 5 uydusunun tayfsal bantları

Şekil 2.7a ve b incelendiğinde her iki uydu için de siyah-beyaz bantın diğer tayfsal bantlara oranla daha geniş bir aralığa sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni her bant aralığı için algılayıcının sinyal hassaslığının farklı olmasıdır. Diğer bir deyişle her bir tayfsal aralık algılayıcının minimum sinyal hassaslığına göre belirlenmektedir.

iii) Radyometrik çözümleme ise algılayıcının, yeryüzünden yansıyan veya yayılan enerjinin değerlerine olan hassaslığını belirtir. Yansıyan veya yayılan bu enerji algılayıcı üzerindeki Analog-Sayısal dönüştürücülerde (*Analog to Digital Converter-ADC*) dönüşüm işleminden geçerken ne kadar çok bit ile temsil edilirse enerji kapsamındaki çok ince farklılıklar kolaylıkla ayırt edilebilir. Meteorolojik amaçlı uydular, bu enerjiyi daha fazla bitle temsil ettiği için ufak farklılıklar kolaylıkla görülebilir.

Radyometrik çözümlemede görüntü verisinin değerleri, sayısal numaralarla(*Digital Numbers-DN*) ifade edilir. Bu numaralar yeryüzündeki nesneden yansıyan enerjinin şiddetinin sayısal ortamdaki temsilidir. Parlaklık değeri olarak da isimlendirilir. Bu değerler ikili (*binary*) sayı sisteminde ve ikinin üstleri olarak ifade edilirler. Landsat görüntüsünün radyometrik çözümlemesi 8 bit(2^3)'dir. Şekil 2.8'de farklı radyometrik hassasiyetlerdeki görüntüler verilmiştir.



2 bit ile gösterim



4 bit ile gösterim



8 bit ile gösterim



16 bit ile gösterim

Şekil 2.8. Radyometrik çözümlemeleri farklı siyah-beyaz sayısal görüntüler (CEOS, 1996)

iv) Zamansal çözümlleme, yeryüzü bölgesinin farklı tarihlerde algılanmış verilerde zamansal farkın kullanılmasıdır. Algılayıcı tarafından aynı bölgenin tekrar görüntülenmesi için geçen zamanda bölgedeki nesnelere tayfsal anlamda değişime uğramaktadırlar. Bu durumdan yararlanılarak bölgeyle ilgili tespitlerde bulunulabilir. Örneğin kent içinde sanayi, doğal afetler, göç gibi değişik nedenlerden ötürü meydana gelen değişim uydu görüntülerindeki zamansal çözümlleme yardımıyla açık bir şekilde ortaya koyulabilir.

Her uydunun aynı bölge üzerinde bulunacağı zaman periyodu farklıdır. Örneğin Landsat uydusu 16 günde bir aynı bölgenin görüntüsünü tekrar algılayabilmektedir. Bu da aynı bölgeye ait farklı tarihli veriler sağlamaktadır. Çanakkale Kenti'nin zamansal ayırım gücü ile belirlenen doğal bitki örtüsünün zaman içerisinde yapılaşmaya dönüşümü Şekil 2.9a ve b'de verilmektedir (Şahin, 2005). Her iki şekildeki çokgenler yapılaşmanın olduğu bölgeleri belirtmektedir.



Şekil 2.9.a) Landsat 1987 Çanakkale görüntüsü(yapılaşmadan önce); b) Aster 2001 Çanakkale görüntüsü (yapılaşmadan sonra)

2.6 Sayısal Görüntü İşleme

Algılayıcılardan elde edilen sayısal görüntü uygulamaya geçirilmeden önce bir takım işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlemler en genel anlamda “Görüntünün radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmesi (*Geometric Correction*)”,

“Görüntü Zenginleştirme (*Enhancement*)”, “Görüntü Dönüşümleri (*Transformation*)” ve “Görüntü Sınıflandırma ve Analiz(*Classification and Analysis*)” olarak sayılabilir.

2.6.1 Geometrik Düzeltme

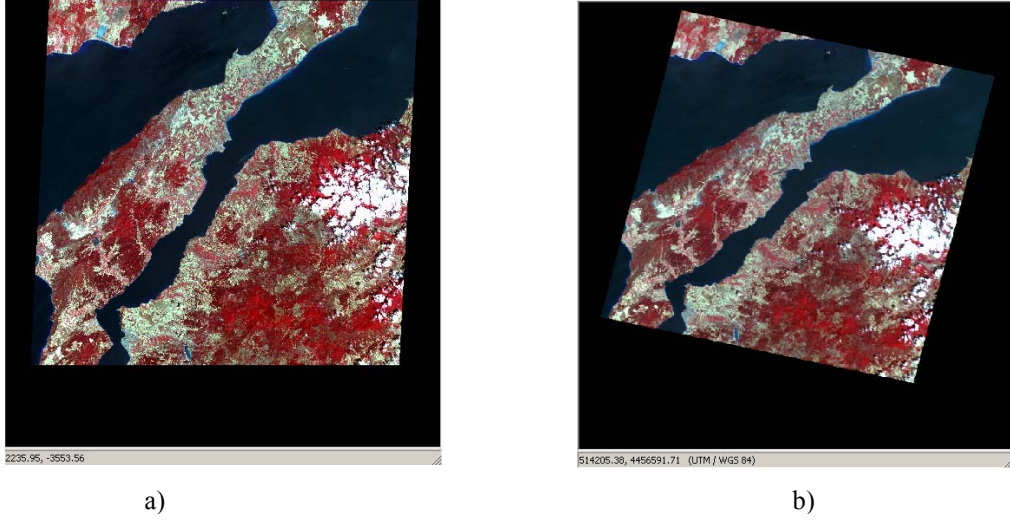
Algılayıcı platformun yüksekliğinde ve durumunda olan değişimler, tarama eğikliği, tarama mekanizmasındaki hatalar, hızda meydana gelen dalgalanmalar, dünyanın yuvarlaklığı ve kullanılan harita projeksiyon sisteminden kaynaklanan hatalar gibi nedenlerden ötürü algılanan görüntüde bozukluklar ve gürültüler yer almaktadır (İnce,1986). Görüntü düzeltme ve onarma işlemi, görüntüdeki bu nedenlerden kaynaklanan bozuklukların ve gürültülerin giderilmesi amacıyla uygulanmaktadır.

Sistemden elde edilen ham görüntü istenmeyen hatalara ve bozuklukların giderilmesi için görüntüler üzerinde bir dizi işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Sayısal görüntünün düzeltilmesi iki bölüme ayrılır. Bunlar, sayısal görüntünün radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmesidir. Uydudan ham olarak elde edilen görüntü, geometrik bozukluklardan ve gürültülerden arındırılmaya çalışılır. Düzeltme işleminde kullanılacak işlemlerin sırası büyük ölçüde algılamada kullanılan algılayıcının yapısına bağlıdır. Radyometrik düzeltme algılayıcının düzensiz algıladığı değerleri ve atmosferik gürültüleri azaltma işlemidir. Bu işlem sayesinde algılayıcı tarafından yeryüzünden yansıyan-yayılan enerjinin doğru bir şekilde temsil edilmesi sağlanır. Geometrik düzeltme çeşitli nedenlerle bozulmuş olan görüntü, orjinal coğrafi bölgeyi gerçeği yansıtacak şekilde düzeltilmeye çalışılır.

Geometrik düzeltme tüm bu faktörlerin birinin veya birkaçının etkisiyle ortaya çıkmış olan hataları gidermeye çalışır. Meydana gelen hatalar, tahmin edilebilen (sistemik) hatalar veya rastgele olan tahmin edilemeyen (sistemik olmayan) hatalar olarak ikiye ayrılır. Sistemik hatalar, belirli matematiksel fonksiyonların uygulanmasıyla kolayca düzeltilebilir. Sistemik olmayan hatalar ise coğrafi bölge üzerinde belirli yer kontrol noktaları seçilerek düzeltilebilir. Kesişim ve sahil hatları yer

kontrol noktaları olarak tercih edilebilecek en uygun bölgelerdir. Geometrik olarak düzeltmenin ilk aşaması, yer kontrol noktalarının seçilmesi ve bu noktalara göre yeni görüntünün oluşmasıdır. İkinci aşama ise örnekleme (*resampling*) aşamasıdır. Bu aşamada oluşturulmuş olan yeni görüntüdeki her pikselin parlaklık değeri ayarlanır.

Çalışma sırasında Çanakkale Yöresi'ne ait olan hava fotoğrafı Landsat uydu verisine göre geometrik olarak düzeltilmiş ve piksel değerleri yeniden örneklenmiştir. Böylece her iki görüntünün de yeryüzü üzerinde aynı coğrafi bölgeyi temsil etmesi sağlanmıştır.

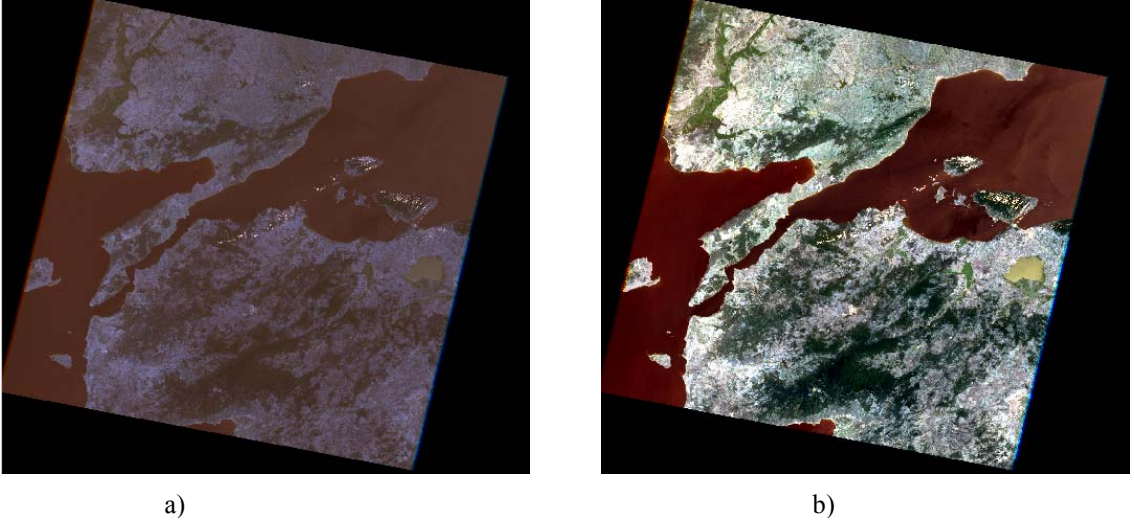


Şekil 2.10.a) Geometrik olarak düzeltilmemiş (ASTER 2001); b) Geometrik olarak düzeltilmiş görüntüleri

2.6.2 Görüntü Zenginleştirme

Görüntüdeki çapraşık, anlaşılması güç ufak farklılıkların insan gözü tarafından farkedilmesi oldukça güçtür. Görüntü zenginleştirmenin temel amacı ise görüntüdeki insan gözü tarafından ayırt edilemeyen bu farklılıkları daha belirgin hale getirmek, göz tarafından algılanmasını sağlamaktır.

Zenginleştirmede birçok teknik bulunmaktadır. Görüntü zenginleştirme yöntemleri genelde tek bantlı ve çok bantlı olmak üzere ikiye ayrılır (İnce,1986). Tek bantta yapılan işlemleri; noktasal(*point operations*), komşusal (*neighborhood operations*) ve frekans domeni (*frequency domain operations*) olarak kategorilendirmek mümkündür. Lillesand ve Kiefer (1999)'a göre pekçok zenginleştirme tekniğini noktasal işlemler (*point operations*) ya da mekansal işleme (*spatial operations*) olarak gruplamak mümkündür. Noktasal operasyonlar her bir pikselin parlaklık değerini bağımsız olarak değiştirmektedir. Fakat yersel işlemlerde her pikselin değeri komşusal piksellere bakılarak değiştirilir. Şekil 2.11'deki Landsat görüntüsü noktasal işlemler kullanılarak zenginleştirilmiştir.



Şekil 2.11. a) Zenginleştirme işleminden önce (Landsat 1999) ; b) Zenginleştirme işleminden sonra

2.6.3 Görüntü Dönüşümleri

Görüntü üzerinde gerçekleştirilen dönüşümler sayesinde sayısal veri renk ortamından (*RGB*) farklı bir ortamda temsil edilmiş olur. Böylece renk ortamı üzerinde yapılması zaman ve maliyet açısından anlamsız olan işlemler, yeni ortam üzerinde daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmiş olur. Eğer istenirse yeni ortamdan tekrar renk ortamına geçilerek sayısal görüntünün insan gözünün algılayabildiği şekilde

görüntülenmesi sağlanır. Bu dönüşümlerden en yaygın olarak kullanılanlardan bazılarını Yansıma Şiddeti-Renk Tonu-Doygunluk (*Intensity, Hue, Saturation-IHS*), Temel Bileşenler (*Principal Components Transformation-PCT*), Brovey, Fourier, ‘Tasseled Cap’ Dönüşümü (Yeşillik, Islaklık, Parlaklık / *Greenness, Wetness, Brightness*) olarak sayabiliriz. Farklı algılayıcılardan elde edilmiş olan verilerin karılarak daha zengin verilerin oluşturulmasında dönüşümlerden yararlanılmaktadır. Elde edilecek sonuç görüntünün kalitesi ise veri karma işleminde kullanılacak olan dönüşüme büyük ölçüde bağlıdır.

Farklı özellikteki sayısal görüntülerin karılmasında dönüşümlerden büyük ölçüde yararlanır. Karma işleminde kullanılan yöntemler daha çok istatistiki dönüşümleri bünyesinde barındırmaktadır. Çalışmada da bu dönüşüm türlerinden en yaygın olanları incelenmiş ve Çanakkale Yöresi’ne uygulanmıştır.

2.6.4 Görüntü Sınıflandırma ve Analiz

Sınıflandırılma aşamasında görüntüdeki piksellerin bazı özellikleri temel alınarak yapılan bir işlemdir. Bu işlem sırasında görüntüdeki pikseller birbirlerine olan benzerliklerine göre (çok çeşitli algoritmalar kullanılarak) kategorilendirilmeye çalışılır. Eğitilmiş, eğitimsiz, melez (*hybrid*) olmak üzere üç temel görüntü sınıflandırma çeşidi mevcuttur. Bu aşamanın sonunda elde edilen bilgi tematik bir yapıdadır ve artık bu bilgiler uygulama çalışmalarında bir altlık teşkil edebilir durumdadır.

2.7 Sayısal Veri Karma ve İlgili Tanımlar

Çok bantlı sistemler, algılayıcının minimum sinyali hassaslığını aşmış yeterli sinyali toplayabilmek için düşük mekansal çözünürlüklere veya kaba anlık görüş sahası değerine gereksinim duyan dar bant aralıklarına sahiptir (Vijayaraj, 2004). Benzer şekilde, yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntüler için, bant genişliği yeterli sinyali toplayabilmesi için daha geniş olmalıdır (Şekil 2.7). Çok bantlı ve pankromatik algılayıcıların mekansal ve tayfsal bağlamda karşılaştığı bu sınırlılıkların

üstesinden gelmek için “veri karma” yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler sayesinde hem yüksek mekansal hem de tayfsal çözünürlüklerde veriler elde edilmektedir.

Veri karılmasına gerek duyulmadan herhangi bir algılayıcıdan yüksek mekansal çözümlemeli ve tayfsal olarak hassas çok bantlı bir görüntü elde edilmek istenirse bu görüntünün veri hacmi oldukça büyük olacaktır. Böyle bir durumda ise veri saklama ve bu derece büyük boyutlardaki verinin iletiminde sorunlar yaşanacaktır. Ayrıca çok bantlı ve yüksek çözünürlüklü veri kaydeden IKONOS, QuickBird gibi uydu verilerinin geniş alanlar için kullanılmasında maliyet hala oldukça yüksektir.

Veri karılması kavramını anlamak kolaydır. Fakat, bu kavramın tam anlamı bir bilimciden diğerine değişmektedir. Aynı anlamlarda kullanılan karma, bileşim, sinerji ve entegrasyon gibi pek çok kelime ortaya çıkmıştır. Bütün bunlar az ya da çok aynı kavrama işaret etmesine rağmen, farklılıklarını da dile getirmektedirler. Kaynaklarda sınıflandırma kelimesi yaygın olarak kullanılırken, farklı kaynaklarda kaynaşım anlamı içeren İngilizce “fusion” kelimesi kullanılmıştır. Uzaktan algılamada bu alandaki çalışmalarda yerleşmiş tanımlara ihtiyaç vardır. Avrupa Uzaktan Algılama Laboratuvarları Birliği (*European Association of Remote Sensing Laboratories-EARSeL*) çalışmalarının bir bölümünü bu alanda bir “temel terimler” ortaklığı kurmaya harcanmaktadır.

Yeryüzü gözlem uydularının, elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde, değişik mekansal, tayfsal ve zamansal çözünürlüklerde temin ettiği farklı tipteki verileri, etkili bir şekilde kullanmak için geliştirilen pek çok veri karma tekniği ile mekansal ve tayfsal çözünürlükler yükselttilerek yeni veriler üretilmektedirler. Veri karma, bilginin niteliğini arttırmak için birden fazla verinin, araç ve yöntemin oluşturduğu bir bütündür.

Literatürde, sayısal veri karması (*data fusion*), görüntü karma (*image fusion*), görüntü entegrasyonu (*image integration*), görüntü keskinleştirme (*image sharpening*),

hat keskinleştirme (*pan-sharpening*) gibi değişik terimler iç içe geçmektedir. Bu terimler her ne kadar birbirine yakın gibi görünse de bazı farklılıklar içermektedirler.

Pohl ve Van Genderen (1998)'e göre “görüntü karma belirli algoritmaları kullanarak yeni bir görüntü oluşturmak için iki veya daha fazla görüntünün birleşimidir” şeklinde tanımlamıştır (Wald,1999). Bu tanım, bu işlemi görüntü ile sınırlandırılmıştır.

Mangolini (1994) veri karılmasını genelde bilgiye ve niteliğe doğru genişletmiştir. Ona göre veri karılması “istenilen bilginin kalitesini arttırmak için, doğanın farklı kaynaklarından gelen veriyi kullanan aletlerin, araçların ve yöntemlerin bütünüdür.”(Wald,1999).

Hall ve Llinas da tanımlamalarında bilginin niteliğine (kalitesine) işaret etmektedir; fakat yöntemler üzerinde odaklaşmaktadır. Hall ve Llinas (1997) göre “veri karılması teknikleri çok yönlü algılayıcılardan gelen ve ilişkili veritabanlarındaki verileri, gelişmiş doğruluğa ve tek bir algılayıcıdan elde edilebilecek belirgin çıkarımların daha fazlasına ulaşmak için bir araya getirir.”

Wald (1999)'a göre A.B.D Savunma Bakanlığı (1991) bu kavramı “veri karılması, çok yönlü kaynaklardan elde edilen veri ve bilgilerin birleşimi, tahmini, ilişkisi, birlikteliği ve otomatik belirlenmesi ile ilişkili çok aşamalı (*multilevel*), çok kesmeli (*multifaceted*) bir işlemdir” şeklinde tanımlamaktadır.

Buchroithner (1998) ve Wald (1998)'a istinaden, şu tanımlama Ocak 1998'de kabul edilmiştir: “veri karma (*data fusion*), farklı kaynaklardan veri oluşturmanın uyuşması için araçlar ve yöntemlerle ifade edilen biçimsel bir çatıdır. Daha yüksek nitelikte bilgi elde etmeyi amaçlar. Daha yüksek nitelik uygulamaya bağlıdır” . Bu tanım açık bir şekilde, genelde yapıdığı gibi araçlar ve yöntemlerin kendileri yerine, veri karmasının altını çizerek uzaktan algılamadaki çatı ve temelleri vurgulamaktadır.

Bu tanımlar dikkatli bir şekilde değerlendirildiğinde sayısal görüntü karma kavramının, veri karma kavramının bir alt kümesi içinde yer aldığı görülmektedir.

1980'lerin ortalarında 10 m. yüksek mekansal çözümlemeli pankromatik ve 20 m. düşük mekansal çözümlemeli multispektral görüntüleri elde edebilen SPOT 1 (1986) uydusunun fırlatılmasıyla birlikte görüntü karma (*image fusion*) araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmüştür.

Zhang (2004)'a göre aynı zamanda görüntü keskinleştirme olarak adlandırılan görüntü karılması, yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntünün detay bilgisini ve düşük mekansal çözünürlüklü çok bantlı görüntünün renk bilgisini bir araya getirip yüksek mekansal çözümlemeli renkli görüntü oluşturan bir tekniktir.

Goshtasby (2005)'a göre görüntü karma, bir ortamı görünümünü zenginleştirmek ve anlaşılabilirliğini arttırmak için ortama ait iki veya daha fazla görüntüdeki bilgileri biraraya getirme işlemidir.

2.8 Önceki Çalışmalar

Yapılan yayın tarama ile, veri karma konusunda ulaşılan yurtiçi ve yurtdışı yayınlar aşağıda özetlenmektedir.

Pohl ve diğ. (1998), görüntü karma işleminde kullanılan değişik yöntemlerin ve karılmış görüntülerin niteliğinin değerlendirilmesi ihtiyacının detaylı bir incelemesini gerçekleştirmiştir. Bunlardan IHS dönüşümü temelli karma işlemi, temel bileşenler dönüşümüne dayanan karma işlemi, Brovey karması, Wavelet dönüşümü temelli karma oldukça sık kullanılan tekniklerdir.

Carper ve diğ. (1990) görüntü karması için IHS dönüşümü yöntemini kullanmıştır. IHS dönüşümü temelli karma tekniğini SPOT verisinin çok bantlı verisi ile

pankromatik verisi üzerinde uygulamıştır. Bu yöntemle oluşturulan görüntü daha sonra harita oluşturmada kullanılmıştır.

Chavez ve diğ. (1991) çok bantlı ve mekansal çözünürlüklü verilerin birleştirilmesinde temel bileşenler dönüşümü yöntemini çok bantlı Landsat görüntüsü ile SPOT pankromatik görüntüsünün karılmasında kullanmıştır.

Zhang (2004) çok bantlı ve pankromatik görüntüler arasında gerçek parametreleri hesaplamak için regresyon analizini kullanan sentetik değişken oran yöntemini tanıtmıştır. Yine Zhang (2005) tarafından yapılan bir diğer çalışmada literatürde olan geleneksel görüntü karma yöntemlerinin sınırlılıkları ve bunların nedenleri ele alınmış ve IHS ve Wavelet dönüşümlerini kullanarak yeni bir görüntü karma yaklaşımı sunulmuştur. Görüntü karma yöntemleri değerlendirilirken karma sonucu oluşan yeni görüntülerin orjinal çok bantlı görüntüdeki parlaklık değerlerini korumasına göre bir değerlendirilmede bulunulmuştur.

Nunez ve diğ. (1999), çok bantlı Landsat TM görüntüsü ile SPOT pankromatik görüntüsünün birleştirilmesi için katkı sağlayan wavelet ayrışmasını kullanan görüntü karma yöntemini sunmuştur.

King ve diğ. (2001), Landsat 7 görüntüleri için wavelet tabanlı bir görüntü karma algoritmasını tanıtmıştır. Bu algorithmada, çok bantlı görüntüler IHS dönüşümü ve ayrık wavelet dönüşümü (*Discrete Wavelet Transform- DWT*) kullanılarak karılmaktadır. Wavelet sabitlerinin hesaplanmasının ardından görüntünün IHS transformasyonundan geçmesiyle elde edilen yansıma şiddeti (I) bileşeni ile karılmaktadır.

Yıldırım ve diğ. (1997) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Ömerli Barajı bölgesindeki ayrıntıda gizli kalmış insan yapısı öğelerin daha belirgin bir şekilde ön plana çıkmasını sağlayan yeni bir "Pan-sharpening" yaklaşımı bölge üzerinde

uygulamışlardır. Bu yaklaşımda karılmış görüntü, keskinleştirilmiş kenar verisi (*Edge Sharpened Image*) ile tekrar karılmaktadır.

Saroglu ve diğ. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada farklı görüntü karma algoritmalarının kontollü sınıflandırma ölçeği kullanılarak genel değerlendirilmesi yapılmıştır. Kontrollü sınıflandırmada en çok benzerlik sınıflandırması kullanılmış olup, sınıflandırma sonucu oluşan doğruluk tablolarına bakılarak algoritmalar hakkında karar verilmiştir.

Qi (2004) görüntü karma yöntemlerini; spektral bileşenlerin yer değiştirmesi (*spectral component substitution*) ve yersel alan teknikleri (*spatial domain techniques*) olarak iki farklı kategoriye ayırmaktadır. CBERS-1 uydusu üzerinde gerçekleştirdiği yöntemi “spektral doğruluğu koruyan yöntem” (*preserving spectral fidelity*) olarak aktarmaktadır.

Ehlers (2005) tarafından yeni bir görüntü karma yöntemi literatürde kendi adıyla yerini almıştır. Bu teknik, IHS dönüşümü ve Fourier dönüşümünün birleşiminden oluşmaktadır. Elde edilen sonuç görüntü spektral karakteristiği iyi bir şekilde korumaktadır.

Singh ve diğ. (2004) ise görüntü karma işleminde bulanık mantık ve bunun uygulamalarını tanıtmaktadır. Bu uygulamalar arasında askeri amaçlı olarak hedef belirleme, otomobillerde bilgisayar görüşüyle yol durumunun izlenmesi ve buna bağlı olarak bazı kararların verilmesi örnek olarak gösterilmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmalarda orjinal görüntüdeki tayfsal karakteristiklerin en iyi biçimde korunması, sınıflandırma, belirli özelliklerin çıkartımı gibi çeşitli uygulamalarda büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmalarda, belirli bir b6lgenin arazi 6rt6s6n6n6 farklı veri karma y6ntemleriyle belirginleştiren ve kullanılan y6ntemleri karşılaştıran bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu bakımdan bu çalışmalardaki uygulamalar, dar anlamıyla da olsa, kendi t6r6nde ilk uygulamalar olarak g6r6lmektedir.

BÖLÜM 3

MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Çalışma Bölgesi

Çalışma alanı olarak Çanakkale kenti ve çevresi seçilmiştir. Bu yörenin elimizdeki 1997 ve 1999 yıllarına ait verilerin ortak değerlendirilmesi amacıyla farklı veri karma yöntemleri uygulanmış ve yöntemlerin mukayesesi yapılmıştır.

Çalışma alanına ait uydu verisi ve hava fotoğrafı Şekil3.1’de gösterilmiştir. Bu bölge UTM(35N) projeksiyon sisteminde olup çalışma bölgesinin koordinatları sırasıyla; sol üst 445113.000 (Doğu-D), 4445942.000 (Kuzey-K), sağ alt 453685.000(Doğu), 4436738.000(Kuzey)’dir.

3.2 Kullanılan Sayısal Görüntüler

Çalışmada, Çanakkale kentine ait mekansal çözümlemesi 28,5 m. olan Landsat 7 verisi ile yine aynı görüntü içinde daha küçük bir bölgeye ait mekansal çözümlemesi 4 m. olan hava fotoğrafı kullanılmıştır. 8 Ağustos 1999 tarihine ait Landsat 7 uydu verisi ÇOMÜ Uzaktan Algılama Merkezi’nden; 1997 yılına ait hava fotoğrafı ÇOMÜ Fizik Bölümü’nden temin edilmiştir. Landsat görüntüsünde, hava fotoğrafına ait bölüm belirlenerek kesilmiş ve karşılaştırma işleminde kullanılmıştır.

Her iki veri arasında bazı temel farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklardan ilki, her ikisinin farklı mekansal ayırım güçlerine sahip olmasıdır. Landsat uydu verisinde her 28,5m. x 28,5m.’lik alan bir piksel olarak görülmekte iken, hava fotoğrafında 4m. x 4m. lik bir alan bir piksel olarak görülmektedir.

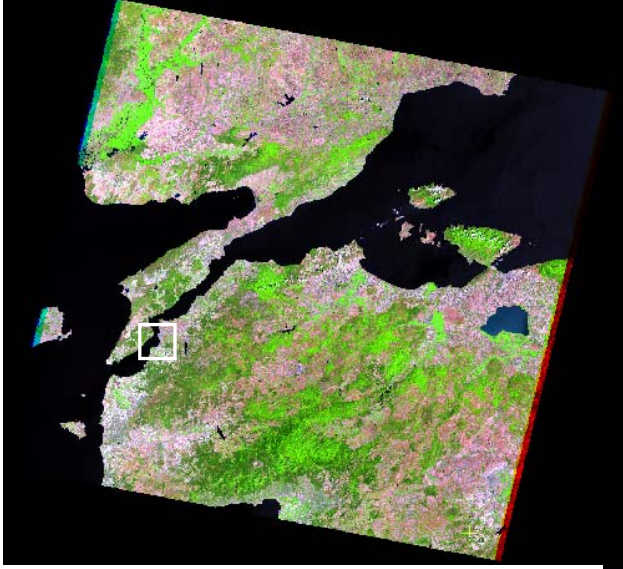
Bir diğerk belirgin farklılık ise her ikisi arasındaki tayfsal çözünlüklerin farklı olmasıdır. Landsat uydusu elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerine ait verileri içerirken; hava fotoğrafı sadece sınırlı bir bölgedeki verileri içerir.

Bu kıstaslara göre bakıldığında Landsat uydu verisi renk bakımından zengin fakat mekansal detayları ortaya koyma açısından zayıf kalmaktadır. Hava fotoğrafı ise mekansal detayları ortaya çıkarmada oldukça başarılı olmasına karşın renk bilgisi bakımından zayıftır.

Karma işlemi ile amaç, her iki verinin kendi başına sahip olduğu üstün yönleri bir araya getirerek yeni bir görüntü oluşturmaktır. Beklentimiz, oluşturulacak olan görüntünün mekansal çözünürlük bakımından zengin, spektral olarak da oldukça tatminkar olmasıdır. Böyle bir görüntüyü oluşturabilmek için bir dizi işlem adımını takip etmek gereklidir.

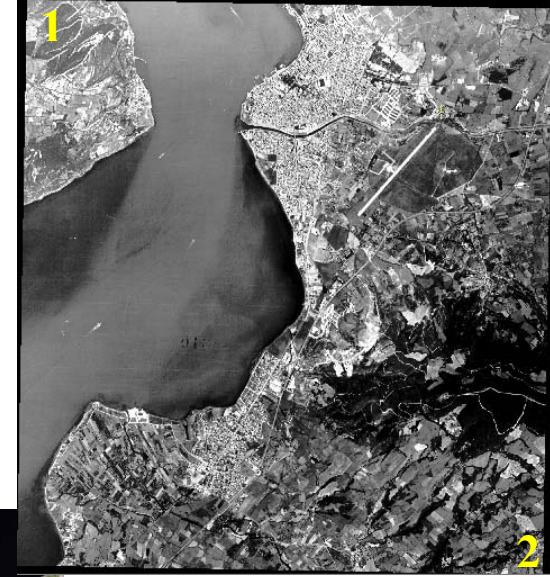
Çalışmadaki bütün uygulamalar Şekil 3.1'de özetlenen hava fotoğrafı, uydu verisi ve bu verinin hava fotoğrafına karşılık gelen bölümü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar sırasında uydu verisinin görünür bölge bantları (3-2-1) ve kızılötesi bantları (5-4-3) üzerinde çalışma yapılmıştır.

Çalışma süresince uygulamalar PCI Geomatica v9.0 ve Erdas Imagine 8.5 görüntü işleme yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki yazılımın etkin bir şekilde çalışabilmesi için bellek ve disk boyuları yeterince uygun olan bir masaüstü bilgisayar kullanılmıştır.



a) Landsat uydu verisi (Bant 5-4-3)

(08.08.1999)



b) Hava fotoğrafı

(12.5.1997)



c) Çalışma bölgesinin hava fotoğrafı ile Landsat uydusu verisi üzerinde gösterilmesi

Koordinatları (UTM) :

1 ; 445113.000 (D), 4445942.000 (K)

2 ; 453685.000 (D), 4436738.000(K)

Şekil 3.1. Kullanılan sayısal veriler

3.3 Karma Yöntemleri (*Data Fusion*)

Literatürde sayısız çeşitlilikte veri karma yöntemi bulunmaktadır. Bu bölümde, çalışmada kullanılan ve yaygın olarak bilinen geleneksel veri karma yöntemleri üzerinde durulmuştur. Bu yöntemler ve uygulamadaki ana adımlar aşağıda verilmektedir.

(i) *Veri Karma Yöntemleri:*

Gözönüne alacağımız veri karma yöntemleri şunlar olacaktır.

- a) Yansıma, Renk Tonu, Doygunluk Dönüşümü (*IHS Dönüşümü*) Yoluyla Karma
- b) Temel Bileşenler Dönüşümü Yoluyla Karma
- c) Brovey Dönüşümü Yoluyla Karma
- d) Ehlers Dönüşüm Modeli Yöntemiyle Karma
- e) Keskinleştirilmiş Kenar Verisi (*Edge Sharpened Image*) ile Karma

(ii) *Uygulama Adımları :*

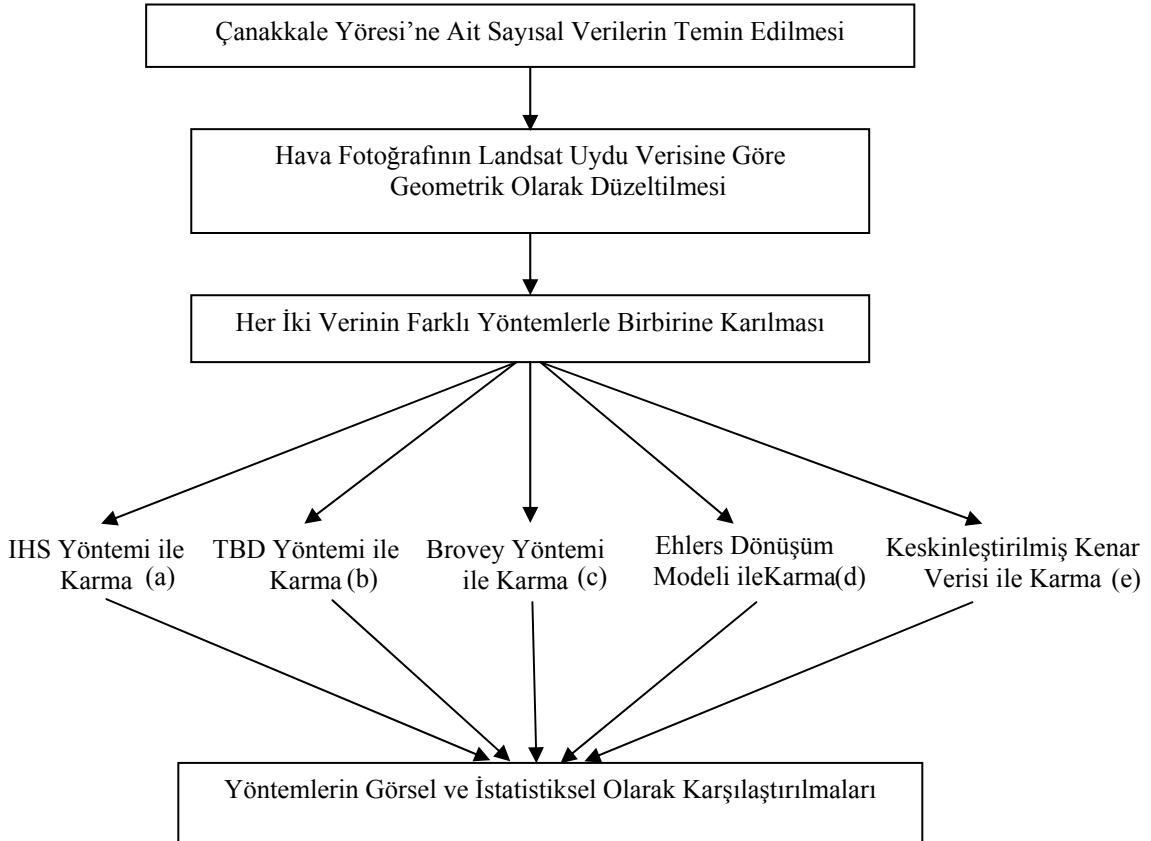
Sonuç görüntülerin üretilmesinde takip edilen ana işlemler, Şekil 3.2’de akış şeması olarak da verilmiştir.

(1) Verilerin geometrik olarak düzeltilmesi: Veri karmada, iki farklı veri üzerinde işlem yapmadan evvel, öncelikli olarak bu iki görüntü verisinin aynı koordinat sistemine sahip olması gerekir. Çalışmada kullanılan bölgeye ait Landsat 7 verisi daha önceki çalışmalar çerçevesinde geometrik olarak düzeltilmişti. Ancak hava fotoğrafının geometrik olarak düzeltilmesi bu çalışma için de gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için Erdas Imagine programının “Veri Hazırlama-Geometrik Düzeltme” (*Data Preparation-Image Geometric Correction*) modülü kullanılarak hava fotoğrafı, Landsat versine göre geometrik olarak düzeltilmiştir. Burada “görüntüden görüntüye düzeltme” tekniği

kullanılmıştır. Böylelikle her iki görüntünün aynı projeksiyon sistemine(UTM-35N) sahip olması sağlanmıştır.

(2) Verilerin karılması : Birbirine göre geometrik olarak düzeltilmiş, uyumlu hale getirilmiş olan iki görüntü sırasıyla IHS, TBD, Brovey, Ehlers Dönüşüm Modeli ve Keskinleştirilmiş Kenar Verisi ile Karma yöntemleri kullanılarak karılmıştır. Karılma işlemi sonucunda elde edilen çıktı görüntülerin hem mekansal çözümü yüksek hem de renk bilgisini taşımaktadır. Karılma aşamasında “PCI-Model Kurucu” (*PCI-Modeller*) modülünden yararlanılmıştır. (Yöntemlerin program adımları ve diğer detaylı açıklamaları Ek-1’de verilmiştir.)

Akış Şeması



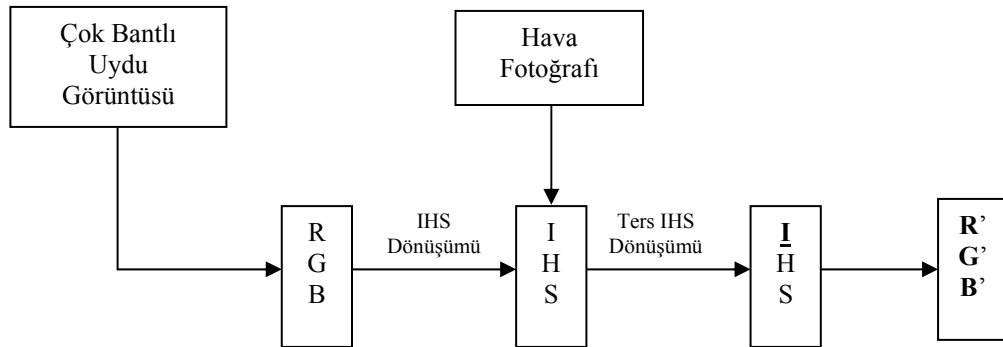
Şekil 3.2. Veri karma işleminde izlenen aşamalar

(3) Sonuç görüntülerin karşılaştırılması : Elde edilen karılmış çıktı verilerin görüntüye çevrilerek karşılaştırılmasında dikkat edilen en önemli ölçütlerden birisi, renk bilgisinin ve mekansal bilginin en iyi şekilde korunmasıdır. Bu durumu istatistiksel ve görsel açıdan en iyi şekilde sağlayan yöntemler karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan karma yöntemlerinin performansları elde edilen sonuç veriler üzerinde bu yaklaşım uygulanılarak karşılaştırılmıştır.

3.4 Farklı Görüntü Karma İşlemleri ve Sonuçları

3.4.1 Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doygunluk (Intensity, Hue, Saturation-IHS) Dönüşümü Yardımıyla Karma

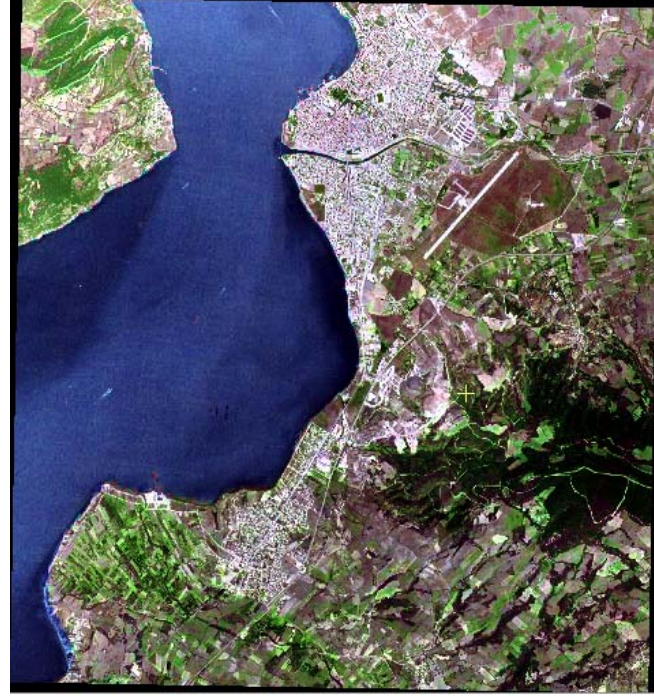
Bu yöntem ile Çanakkale yöresine ait sonuç görüntünün elde edilmesinde Şekil3.3'deki akış izlenmiştir. Yöntemin kullanımında öncelikle renk bilgisini barındıran düşük mekansal çözümümlü Landsat uydu görüntüsü, RGB ortamından IHS ortamına dönüştürülür. Bu ortamda görüntünün yansıma şiddeti (I) bileşeni, hava fotoğrafının şiddet ile yer değiştirilir. Renk Tonu (H) ve doygunluk (S) bileşenleri ise daha kaba pikseller (28.5 m.) içerdiğinden hava fotoğrafı görüntüsüne göre yeniden (4m.x 4m. olacak şekilde) örneklenir. Bir sonraki adımda ise IHS dönüşümünün tersi kullanılarak tekrar renk ortamına geçiş sağlanır.



Şekil 3.3 IHS dönüşümü kullanılarak sayısal görüntülerin karılması



Şekil 3.4a Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)



Şekil 3.4b Çanakkale yöresinin IHS yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü



Şekil 3.4c Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)

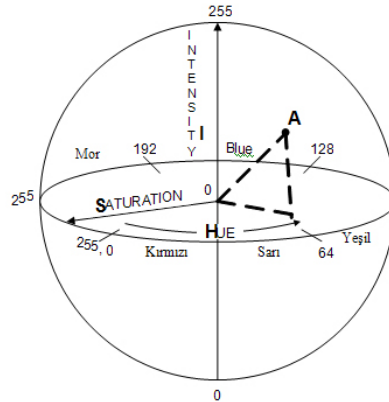


Şekil 3.4d Çanakkale Kent Merkezinin IHS yöntemiyle karılarak
oluşturulmuş görüntüsü

Bekleneceği gibi elde edilen sonuç görüntünün mekansal ayırım gücü uydu verisine göre artmıştır. Yöreye ait uydu verisi ile hava fotoğrafının karılması ile elde edilen görüntü Şekil 3.4b' de; detayların daha iyi görülebildiği kent merkezi ise Şekil 3.4d'de orjinal uydu verisiyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çanakkale yöresine ait iki farklı görüntünün karılmasında, bu yöntemin PCI programında gerçekleştirilmesi detaylı detaylı bir şekilde Ek-1A'da verilmiştir.

IHS dönüşümünün bilimsel temeli ve uygulama adımları aşağıda detayıyla anlatılmaktadır.

Sayısal görüntüler kırmızı, yeşil ve mavi (*RGB*) olmak üzere üç temel renk ile temsil edilir. Renkli sayısal bir görüntüyü bu şekilde bileşenlere ayırarak izleyebileceğimiz gibi, bir IHS sisteminde de görebiliriz (Şekil 3.5). Yansıma şiddeti (*intensity-I*) görüntünün toplam parlaklığını belirtir. Renk Tonu (*Hue-H*) görüntüyü oluşturan ışığın ortalama dalga boyunu ifade eder. Doygunluk (*Saturation-S*) bileşeni ise rengin saflığını belirtir. Bu dönüşüm mekansal bilginin bir tek yansıma şiddeti bantına (*I*) ayrılmasına izin verir. Diğer bantlar mekansal bilgi yerine renk ile ilgili bilgiler içerirler. RGB'den IHS ortamına dönüştürülen sayısal görüntü daha sonra yine renk ortamına dönüştürülebilir.



Şekil 3.5 IHS Küresi (Sabins,1987) (I: Yansıma şiddeti; H:Renk tonu; S:Doygunluk)

Bu dönüşümünün değişik modelleri bulunmaktadır. Modeller yansıma şiddeti I 'nin değerlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerde farklılık gösterir. Smith (1978)'in heksagonal (altıgensel) ve üçgensel modelleri yaygın olarak kullanılan modellerdir (Vijayaraj, 2004). Bu modeller yardımcıları hesaplanan yansıma değerleri sırasıyla şöyledir:

$$\text{Altıgensel :} \quad I = \max(R, G, B) \quad (3.1)$$

$$\text{Üçgensel :} \quad I = \frac{R + G + B}{3}. \quad (3.2)$$

Renk tonu ve doygunluk değerleri ise yansıma şiddeti değerlerinden hesaplanılarak elde edilir. Heksagonal model yansıma şiddetinin değerini hesaplarken iki renk değerini gözardı eder. Bu yüzden yansıma şiddeti değerini doğru bir şekilde yansıtmayabilir. Örneğin, kırmızı (255,0,0) ve beyaz (255,255,255) için hesaplanacak olan yansıma değerlerinin her ikisi için de 255 sonucu elde edilecektir. Bu durum veri karılması işlemi arzu edilmeyen bir durumdur. Çünkü bu yaklaşımla spektral özellikler iyi bir şekilde korunamaz. Üçgensel modelde ise yansıma şiddeti değeri her üç rengin genel bir ortalaması olacağından sayısal görüntünün karılmasında altıgensel modele oranla daha anlamlıdır.

Yansıma şiddeti değerini hesaplamada kullanılan bir başka yaklaşım ise üç rengin en parlakını ve en sönüğünü kullanarak oluşturulan modeldir.

$$I = \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{2}. \quad (3.3)$$

Bu hesaplama, üç bileşenden birini gözardı eder. Elde edilen değer, ters dönüşüm gerçekleştirildiğinde tüm renk bileşenlerine eşit bir şekilde dağıtılmayacaktır. Bu yüzden

bu model, görüntü karmada fazla tercih edilmez. Her üç model, renk tonu ve doygunluk değerlerinin hesaplanmasında farklı eşitlikleri kullanır.

Üçgensel modelde renk tonu ve doygunluk değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitliklerden faydalanılır. Buna göre renk tonu(H) ve doygunluk (S) değerleri :

$$S = \frac{2}{\sqrt{6}} \sqrt{R^2 + G^2 + B^2 - RG - GB - BR}, \quad (3.4)$$

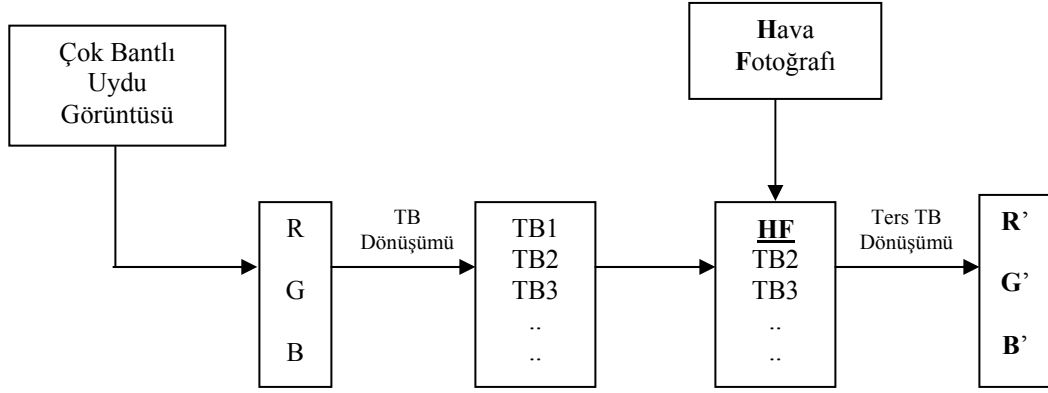
$$H = \begin{cases} H = 0; S = 0 \\ H = \tan^{-1}(\sqrt{3}(G - B), (2R - G - B)) \end{cases}; S \neq 0 \quad (3.5)$$

şeklinde elde edilir.

3.4.2 Temel Bileşenler Dönüşümü (TBD) Yardımıyla Karma

Uzaktan algılama alanında temel bileşenler dönüşümü, önceleri yoğun olarak görüntülerin sıkıştırılmasında kullanılsa da, sonraları değişim saptamada (*change detection*), sınıflandırılma işleminden önce bant sayısının azaltılmasında gibi farklı amaçlarla uygulanmaktadır.

TBD, iki farklı sayısal verinin karılmasında da kullanılabilir. Yöntemin, yöreye ait verilerin karılmasında kullanımı Şekil 3.6'de özetlenmiştir. Renk ortamındaki çok bantlı Landsat görüntüsü, TBD dönüşümünden geçirilerek birincil, ikincil ve üçüncül (TB1-TB2-TB3-....) bileşenlerine ayrılır. Birincil temel bileşen (TB1), siyah beyaz hava fotoğrafı ile yer değiştirmektedir ve ardından ters dönüşüm kullanılarak renk sistemine (RGB) geri dönülmektedir. Böylece mekansal ve tayfsal ayırım gücü yüksek yeni bir görüntü elde edilmiş olur (Şekil 3.10).



Şekil 3.6. TBD dönüşümü kullanılarak sayısal görüntülerin karılması

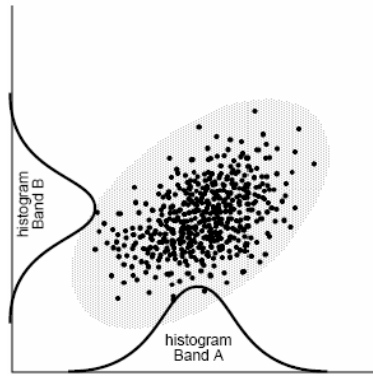
Bu yaklaşımda, görüntülerin karılmasında kullanılan TBD dönüşümü; aralarında yüksek ilişki (korelasyon) bulunan çok değişkenli verileri, aralarında korelasyon olmayan yeni bir koordinat sistemine dönüştüren istatistiksel bir veri dönüşümü yöntemidir (Akça ve Doğan, 2002). TBD sinyal işleme, istatistikte ve diğer bir çok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Karhunan-Loève Dönüşümü, Hotelling Dönüşümü veya Özvektör (*Eigen-vector*) isimleriyle de bilinmektedir. Bu dönüşümün en büyük özelliği dönüşümden sonra değişkenler arasında korelasyon bulunmamasıdır. Ayrıca bu dönüşüm, görüntünün geometrik özellikleri üzerinde yapılan konumsal bir dönüşüm olmayıp görüntünün spektral özellikleri üzerinde yapılan istatistiksel bir dönüşümdür.

Sayısal görüntünün herhangi iki bantı arasında korelasyon olması durumunda, bir banttaki herhangi pikselin parlaklık değerine bakılarak diğer banttaki parlaklık değeri belirli bir hata payı ile tahmin edilebilir. Bu durum, aynı zamanda veri setinde tekrarlamaların olduğunu gösterir. Tekrarların olması veri setinin boyutlarını gereksiz yere artırır. Temel bileşenler dönüşümü kullanılarak veri seti bu tekrarlardan arındırılarak daha öz bir şekilde temsil edilebilir.

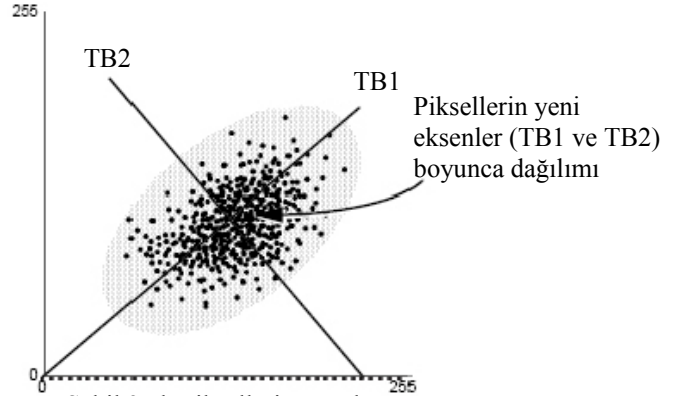
Her iki bant arasındaki korelasyonlara geçmeden önce bazı ön tanımların bilinmesi gerekmektedir. Bu tanımlardan ilki **varyanstır**. Varyans, herhangi bir değişkenin veri

setindeki ortalama değer etrafındaki yayılmasının büyüklüğüdür. Örneğin herhangi bir histograma bakıldığında piksel değerlerinin histogramın orta değerinden ortalama olarak ne kadar saptığı görülebilir. **Kovaryans** ise, herhangi iki değişken arasındaki bağımlılık derecesidir. İki değişken arasındaki bağımlılık incelenirken kullanılan bir diğer terim ise **korelasyon katsayısı**dır. Bu katsayı boyutsuzdur ve -1 ile +1 arasında değişim gösterir. Değerin +1' e yakın olması iki değişken arasında doğru; -1'e yakın olması halinde ise ters orantı bulunmaktadır. Bu da her iki değişkenin birbirine bağımlı olduğunu gösterir.

Dağılımların varyansları, ilgili rastgele değişkenlerin eksenleri boyunca olan yayılmalarını, kovaryansları ise bu yayılımın şeklini gösterir. Rastgele dağılımlı değişkenler normal dağılım gösteriyorlarsa, yayılımın şekli iki boyutlu dağımlarda elips, üç boyutlu dağılımlar için elipsoidtir (Erdas Field Guide, 1999).



Şekil 3.7a Piksellerin A ve B bantındaki dağılımları



Şekil 3.7b Piksellerin temel bileşenler boyunca dağılımı

Örneğin Şekil 3.7a'da belirli bir bölgeye ait piksel grubunun, Bant1(B1) ve Bant2 (B2) eksenleriyle temsili verilmektedir. Gösterim kolaylığı açısından iki bant seçilmiştir. Uygulamada görüntüdeki pikseller üç ve daha fazla bantta gösterilebilirler.

Bu dağılımdaki veri setinde değişkenler arasında pozitif bir korelasyon, diğer bir deyişle tekrarlar vardır. Bu durum dağılım sonucu oluşan elipsin eksenlerinin koordinat

sisteminin eksenlerine paralel olmamasından da rahatlıkla söylenebilir. Değişkenler arasındaki bu tekrarları azaltmak için yapılması gereken iki yöntem vardır. İlk yöntem, elipsinin eksenlerini koordinat sisteminin eksenlerine paralel hale getirmek, diğeri ise koordinat sisteminin eksenlerini elipsin eksenlerine paralel oluncaya kadar döndürmektir.

Temel bileşenler dönüşümü ikinci seçeneği kullanır. Yani bir veri setinin bantları arasındaki korelasyonun ortadan kaldırılmak için koordinat sisteminin eksenlerini dağılım sonucu oluşan şeklin eksenlerine paralel oluncaya kadar döndürür. Sonuçta oluşan yeni dağılımda korelasyon sıfır olur ve veri setindeki tekrarlar ortadan kalkar (Şekil 3.7b).

Bu dönüşüm türünde koordinat eksenlerin hangi yönde ve ne kadar döndürüleceği “öz değerler” ve “öz vektörler” tarafından tayin edilir. Bu vektörler ve değerleri görüntünün kovaryans matrisleri yardımıyla hesaplanırlar.

TBD sonucunda elde edilen bileşenler içerisinde, birincil ve ikincil bileşenler (TB1 - TB2 –TB3) veri setindeki mümkün olan değişkenliğin büyük bir bölümünü temsil eder. Şekil 3.8a’daki Landsat görüntüsünün orjinal bantlarından bazıları arasındaki korelasyon değerleri Çizelge 3.1’dir.

Çizelge 3.1 Landsat ETM+ verisinin bantları arasındaki ilişki

	Bant 3-2-1		
	Bant1&Bant2	Bant1&Bant3	Bant2&Bant3
Orjinal Landsat Görüntüsü	0,97	0,95	0,99

Bu tabloda bantlar arasında veri tekrarlarının olduğu rahatlıkla görülür.

Şekil 3.8b’de, temel bileşenler dönüşümü gerçekleştirildikten sonra oluşan 6 adet temel bileşenden, verideki değişkenliğin büyük bir bölümünü içeren ilk üçü için

korelasyon değerleri ise izelge 3.2’dedir. Burada, korelasyonun hemen hemen 0 olduğu görülebilir.

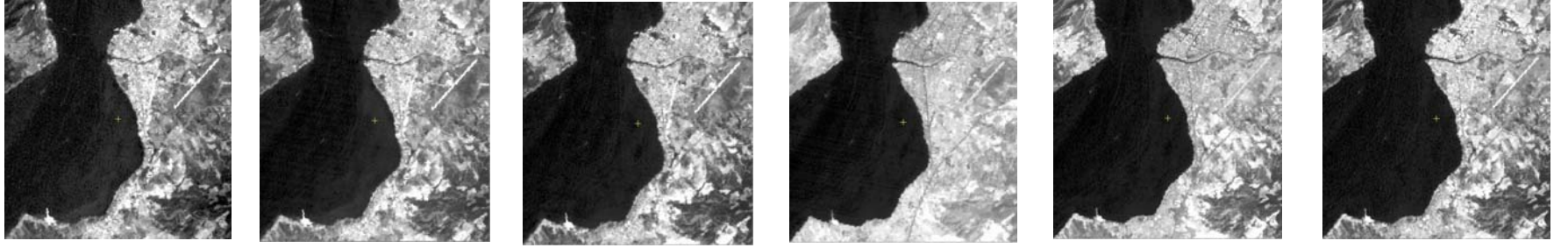
Çizelge 3.2 Temel bileşenler arasındaki ilişki

	Görünür Bölge (Bileşenler 3-2-1)		
	TB1&TB2	TB1&TB3	TB2&TB3
TBD’den Sonraki Görüntü	0,02	-0,04	0,05

Bölgeye ait Landsat görüntüsü sadece birincil ve ikincil temel bileşenlerle temsil edilirse çok az bir kayıpla veri seti temsil edilmiş olur. Bünyesinde altı bant barındıran Landsat görüntü dosyasının boyutları 1/3 oranında azalmaktadır (Tipik bir görüntüde 414 Mb’dan 276 Mb.’a düőmektedir). Böylece veri saklama ortamlarının yetersiz olduğu durumlarda yerden tasarruf saęlanılmıő olur. Uydu verisinin bantları arasındaki korelasyon değerlerine saçılma diyagramı (*scatter diagram*) zerinde bakıldığında orjinal görüntü ile TBD sonra oluşan bileşenlerin aralarındaki fark açık bir Şekilde görülebilir (Şekil 3.9a ve b). Şekil 3.9a’da yüksek korelasyon (elips Şekli) bulunmaktadır. Şekil 3.9b’de ise düşük korelasyonlu (hemen hemen dairesel) dağılma oluőmuőtur.

TBD yardımıyla görüntü karılması, üzerinde çalışılan bölgeye de oldukça bağımlıdır. Piksel değerlerinin varyansı ve çeşitli bantlar arasındaki korelasyon, arazi örtüsüne bağlı olarak farklılıklar gösterebilmektedir. Dönüşüm sırasında kovaryans matrisi hesaplandığından, dönüşümün performansı bantlar arasındaki farklı korelasyona sahip olan görüntülerde çeőitlilik gösterir. (Şekil 3.6’daki uygulamanın Erdas Imagine Programı’ndaki detayları Ek-1B’de verilmiştir.)

Bu dönüşüm yardımıyla yörenin uydu verisi ve hava fotoğrafı karılmıştır. Elde edilen görüntü Şekil 3.10b’ de; detayların daha iyi görülebildiği kent merkezi ise Şekil 3.10d’de verilmiştir.



i) Bant 1

ii) Bant 2

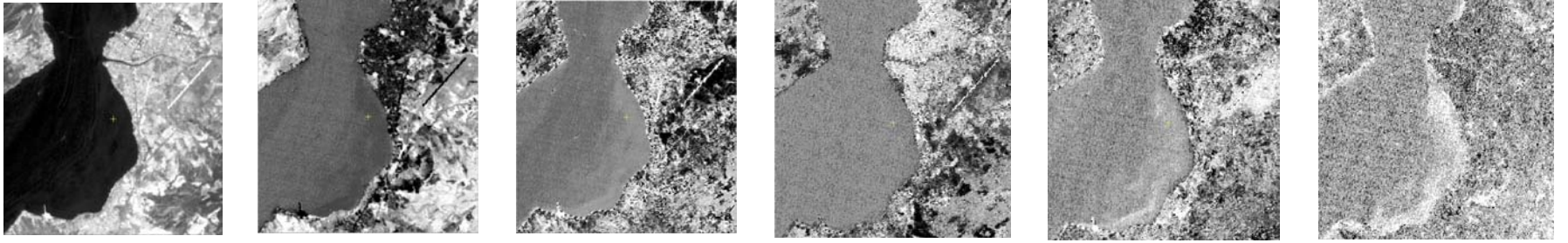
iii) Bant 3

iv) Bant 4

v) Bant 5

vi) Bant 6

a)



i) TB 1

ii) TB 2

iii) TB 3

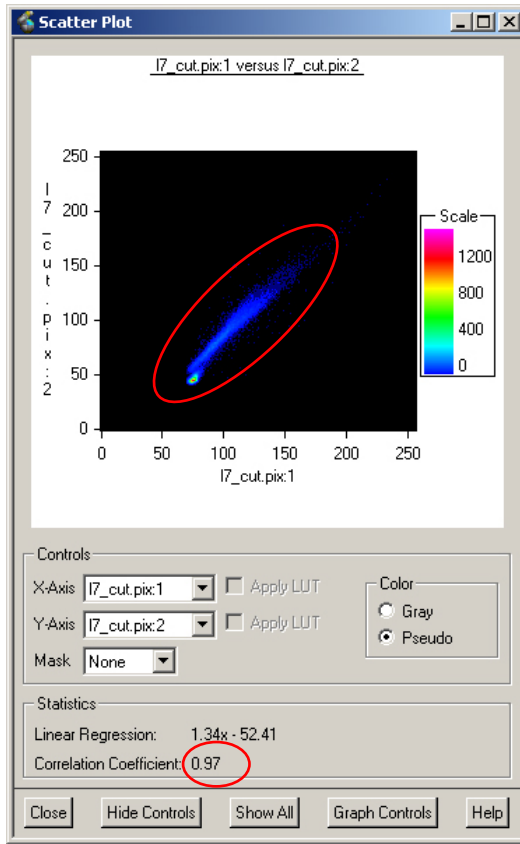
iv) TB 4

v) TB 5

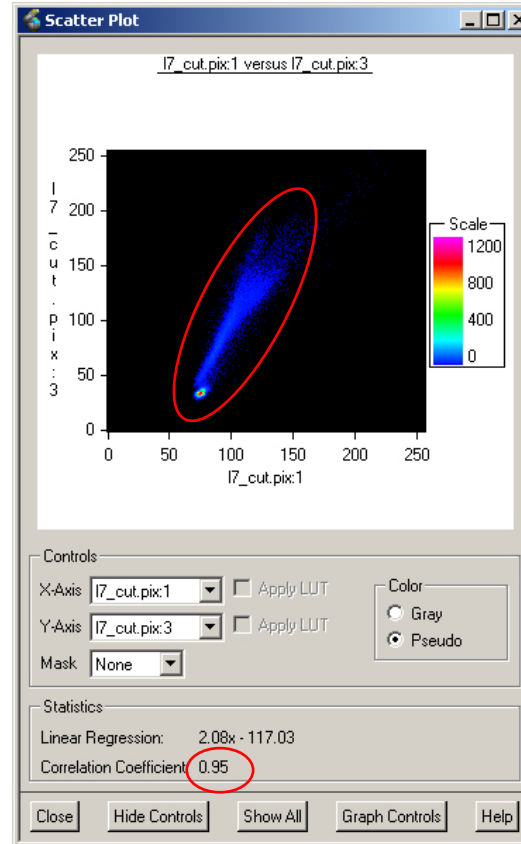
vi) TB 6

b)

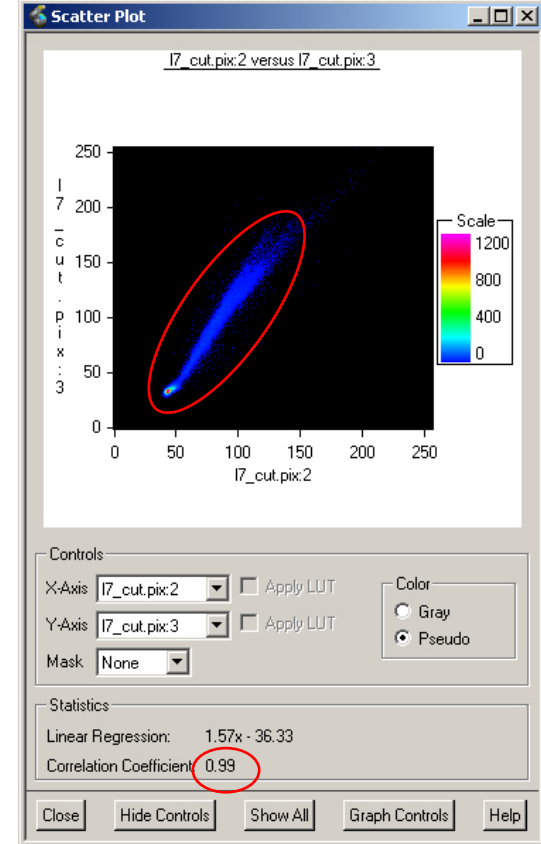
Şekil 3.8. a) Landsat orjinal verisinin bantlarının görünümleri; b) TBD'den sonra oluşan bileşenlerin görünümleri



Bant1 ve Bant2

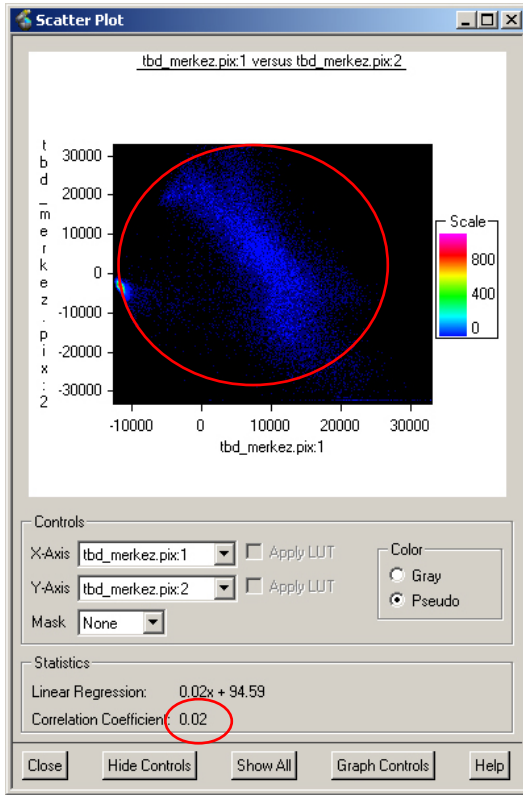


Bant1 ve Bant3

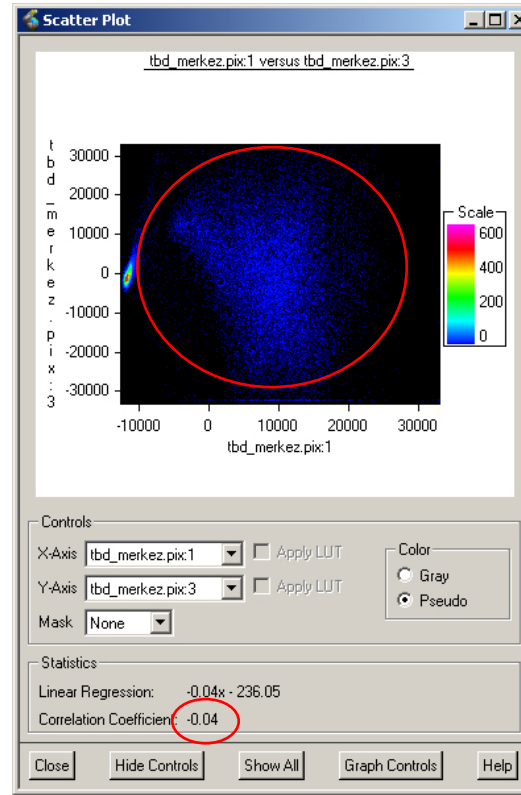


Bant2 ve Bant3

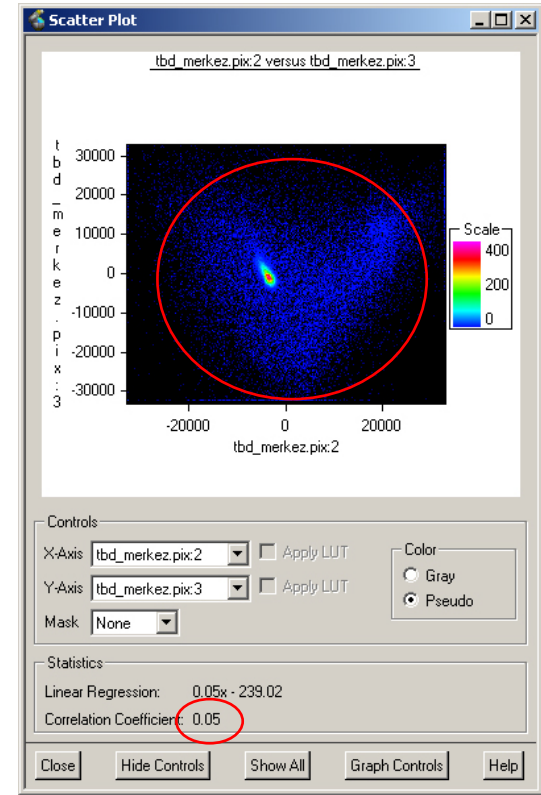
Şekil 3.9a Landsat verisinin görünür bölge bantlarının saçılma diyagramı olarak görünüşleri



TB1 ve TB2



TB1 ve TB3



TB2 ve TB3

Şekil 3.9b Landsat verisinin temel bileşenlerinin saçılma diyagramı olarak görünüşleri



Şekil 3.10a Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)



Şekil 3.10b Çanakkale yöresinin TBD yöntemiyle karılarak
oluşturulmuş görüntüsü



Şekil 3.10c Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)



Şekil 3.10d Çanakkale Kent Merkezinin TBDR yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü

3.4.3 Brovey Dönüşümü Yardımıyla Karma

Brovey dönüşümü, görüntü oranları ile değişikliklerin belirlenmesinde oldukça kullanışlıdır. Yörenin, bu yöntemle elde edilen Şekil 3.11b'deki görüntünün detayları Şekil 3.11d incelendiğinde zıtlıklar daha belirgin şekilde fark edilir.

Bu dönüşüm, çok bantlı görüntülerin karılmasında belirli bir oran kullanmaktadır. Bu yöntemde çok bantlı görüntünün parlaklık değerleri, hava fotoğrafının parlaklık değerleri ile çarpılır. Bu dönüşüm formülü, şu şekilde ifade edilebilir :

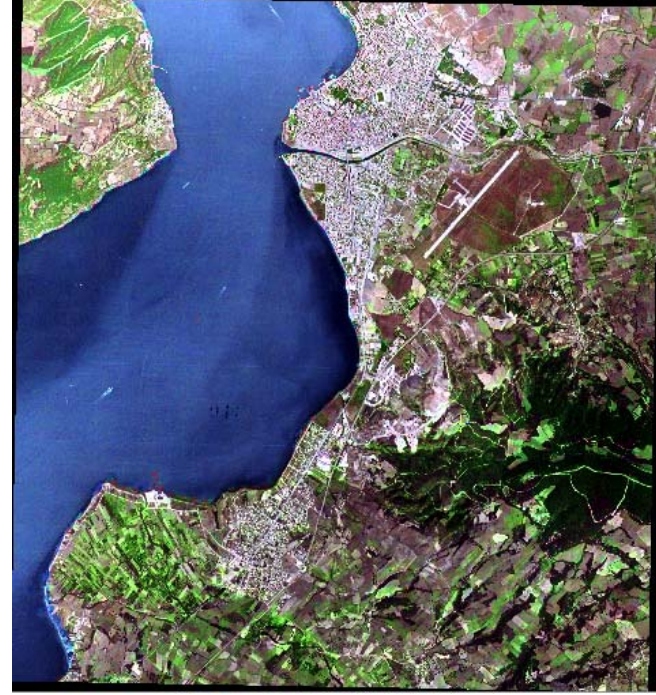
$$DN_{\text{yeni}} = \frac{DN_{bn}}{Dnb1 + Dnb2 + \dots + Dnbn} \times Dn_{\text{Hava Fotoğrafi}} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki dönüşüm ifadesi kullanılarak karılmış görüntüde olumlu yönde zıtlıklar yaratarak farklılıkları daha belirgin olarak ortaya çıkarmaktadır. Brovey dönüşümü görüntü histogramındaki düşük ve yüksek kenardaki zıtlığı görsel olarak arttırmak için geliştirilmiş bir tekniktir (Saroğlu ve diğ., 2004). Bu yüzden bu teknik daha çok, sadece zıtlıkların göz tarafından daha iyi anlaşılmasının önemli olduğu uygulamalarda kullanılabilir.

Sınıflandırma gibi spektral özelliklerin önemli olduğu çalışmalarda bu yöntem güvenilir sonuçlar vermeyecektir. Çünkü, işlemler sırasında piksel değerleri değişmektedir. (Bu dönüşümün uygulama detayları Ek-1C'dedir.)



Şekil 3.11a Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)



Şekil 3.11b Çanakkale yöresinin Brovey yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü



Şekil 3.11c Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)

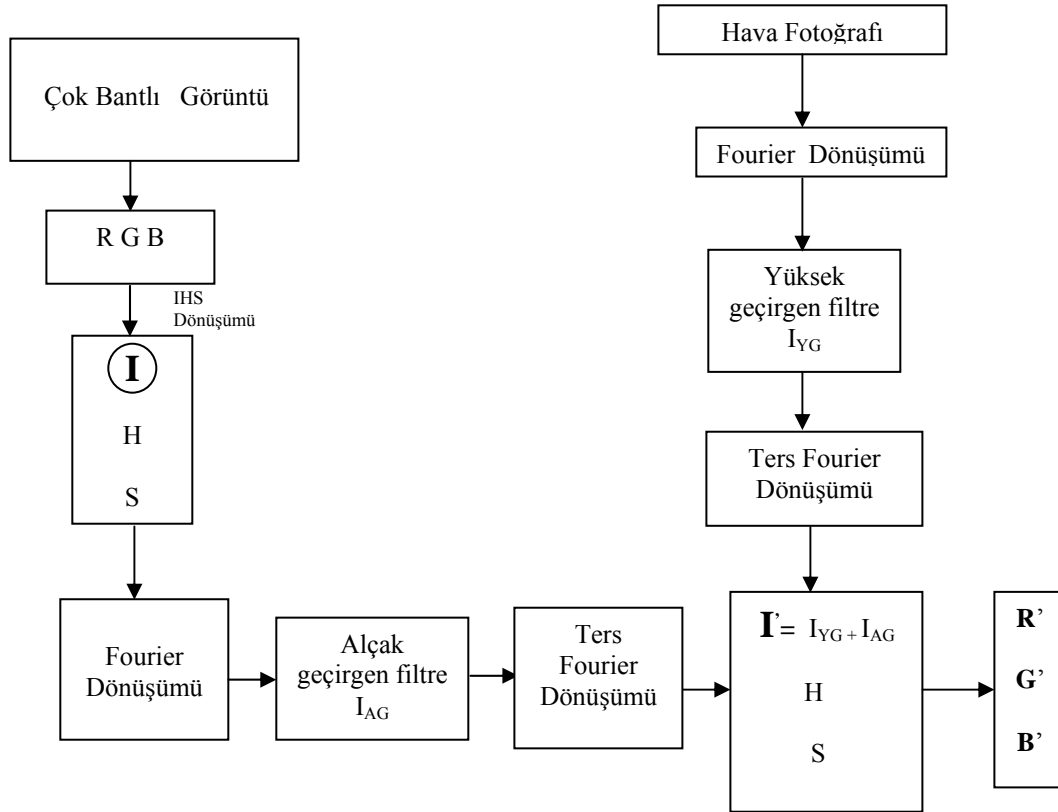


Şekil 3.11d Çanakkale Kent Merkezinin Brovey yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü

3.4.4 Ehlers Dönüşüm Modeli Yardımıyla Karma

Ehlers modeli IHS ve Fourier dönüşümünü bir arada kullanan bir modeldir. Modelde Şekil 3.12'deki akış diyagramı izlenmektedir. Bu akışta, yöreye ait yüksek ayırım gücüne sahip hava fotoğrafı Fourier dönüşümüyle frekans ortamına geçirildikten sonra yüksek geçirgen filtreleme işlemi uygulanır ve ters Fourier dönüşümü yardımıyla yersel koordinatlara geçiş sağlanır. Böylelikle hava fotoğrafındaki mekansal detaylar kuvvetlendirilmiş olur.

Çok bantlı Landsat uydu verisi IHS dönüşümünden geçirilir ve yansıma şiddeti (I) bileşeni frekans ortamına aktarılır. Frekans ortamındaki yansıma şiddeti üzerinde alçak geçirgen filtreleme işlemi gerçekleştirildikten sonra yersel koordinatlara geri geçiş yapılır.



Şekil 3.12 Ehlers dönüşüm modeli uygulama adımları(Ehlers,2005)

Elde edilen yüksek ve alçak geçirgen filtre sonuçları toplanır ve ortaya çıkan yeni yansıma şiddeti bileşeni kullanılarak ters IHS dönüşümü ile renk ortamına geçiş sağlanır.

Şekil 3.13b’de elde edilen yeni görüntü hem meksal detay bilgisini içerir hem de spektral özellikleri korur. Şekil 3.13d’deki Kent merkezinde bu durum daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu yöntemdeki filtreler, yüksek çözünürlüklü bileşenden kaynaklanan renk değişim etkilerini en az hale getirecek şekilde tasarlanmalıdır. Yöntem, diğer görüntü karma tekniklerinden farklı olarak, hava fotoğrafından sadece mekansal bilgileri almakta grilik değerlerini gözardı etmektedir (Ehlers, 2005). Modelin uygulama detayları Ek-1D’dedir.

Yöntem yardımıyla karılan görüntülerin oluşturduğu sonuç görüntü spektral karakteristiği iyi bir şekilde korur. Ehlers modeliyle sayısal görüntülerin karılmasında Fourier dönüşümü önemli rol oynar. Yöntemin anlaşılabilmesi için Fourier dönüşümünün uzaktan algılama alanındaki uygulamalardaki kullanım şekillerini kısaca açıklamak faydalı olacaktır.

3.4.4.1 Fourier Dönüşümü

Fourier dönüşümü (FD), herhangi bir sinyali zaman dizisi yerine, frekans dizisi ile ifade eder; sinyali, farklı frekansların meydana getirdiği bir sinyal şeklinde gösterir. Bir çok sinyal, genellikle içindeki şiddet değişimleri olarak temsil edilir. Bu durumu iki boyutlu bir grafik ile gösterecek olursak, eksenlerden biri zamanı diğeri ise sinyalin şiddetini (genliğini) temsil eder. Burada zaman bağımsız bir değişken iken genlik bağımlı değişkendir. Sinyal Fourier dönüşümünden geçtikten sonra, sinyalin zaman eksenini frekans ile yer değiştirir. Böylece sinyal zaman ortamından, frekans ortamına taşınmış olur. Artık bağımsız değişken frekans, bağımlı değişken ise yine genliktir (Arellano,2003).



Şekil 3.13a Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)



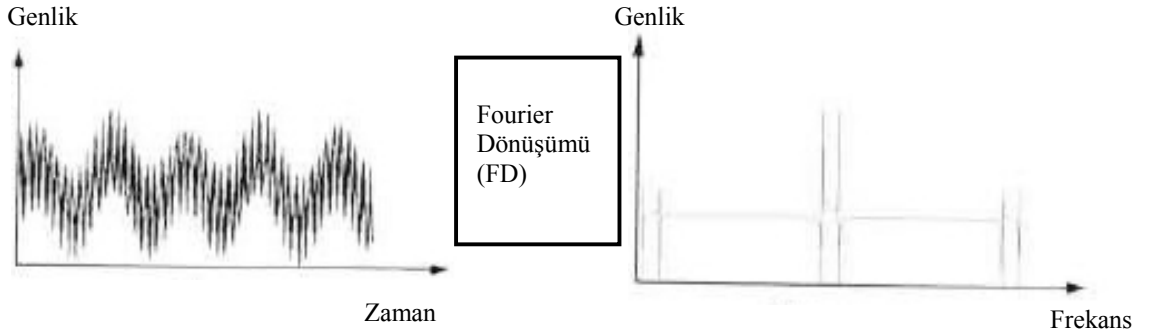
Şekil 3.13b Çanakkale yöresinin Ehlers Dönüşüm Modeli
yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü



Şekil 3.13c Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)



Şekil 3.13d Çanakkale Kent Merkezinin Ehlers Dönüşüm Modeli
yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü



Şekil 3.14. Fourier dönüşümü ile zaman ortamından frekans ortamına geçiş

Fourier dönüşümü ile zaman ortamından frekans ortamına geçildiğinde zaman bilgisi kaybolur. Böyle bir durumda sinyal üzerinde herhangi bir durum ortaya çıktığında, bu durumun ne zaman gerçekleştiği belirlenemez. Fakat, dönüşümün ters dönüşümü mevcuttur. Yine eğer istenilirse frekans ortamından zaman ortamına geri dönülebilir ve zaman bilgisi kazanılabilir.

Dönüşüm matematiksel olarak sinyali, iki temel fonksiyon olan sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının doğrusal bileşimi şeklinde ayrıştırır.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cos(\omega t) dt + j \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \sin(\omega t) dt \quad (3.7)$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-2j\pi\omega t} dt \quad (3.8)$$

Burada

t; zaman,

w; frekans,

F; frekans ortamında sinyal genliğidir.

f(t) ise sinyalin zaman ortamındaki genliği (şiddeti) dir.

Dönüşümün tersi ise;

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{2j\pi\omega t} d\omega \quad (3.9)$$

şeklindedir.

Eğer sinyal zamana bağlı olarak değişim gösteriyorsa, bu dönüşümle belirli bir zaman diliminde (pencerede) sinyalin bir kısmına bakılabilir. Bu tekniğe ‘pencereleme’ (*windowing*) ismi verilir. Bu teknik, sinyali, zamanın ve frekansın iki boyutlu fonksiyon gösterimi şeklinde ifade eder. Böylece bir sinyal üzerinde gerçekleşen bir değişimin, hangi zamanda ve frekansta meydana geldiği görülebilir. Fakat bu metod seçilecek pencerenin boyutu ile sınırlıdır. Bir sinyal bu şekilde bir pencerelenmiş dönüşümden geçiyorsa buna Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KSFD) adı verilir.

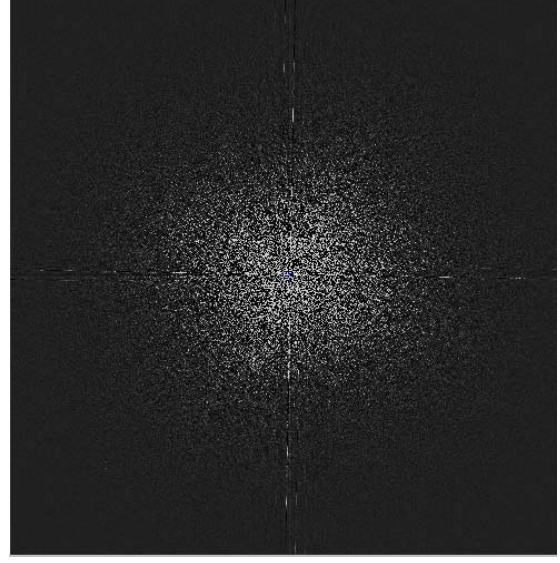
Sayısal görüntülerin gösterimi mekansal alanın gösteriminde kullanılan x ve y koordinatlarından oluşmaktadır. Bu görüntü Fourier dönüşümünden geçtikten sonra frekans alanında temsil edilmiş olur. Dönüşüm sonucundaki gösterimde, görüntüdeki yüksek frekanslar kenarlarda, alçak frekanslar ise orta kısımlarda toplanır. Yersel ortamda yatay olan çizgiler dikey; dikey olan çizgiler ise yatay olarak görüntülenir. İstenirse görüntü işleme programındaki fonksiyonlar kullanılarak tekrar yersel ortama geçiş sağlanabilir.

İnce (1986)’ye göre görüntünün Fourier dönüşüm görüntüsü uygun bir fonksiyon ile çarpılıp ters dönüşümü alındığında orjinal görüntüdeki bazı yersel frekanslar vurgulanmış bazıları da bastırılmış olarak ortaya çıkabilir.

Orjinal görüntü frekans ortamında temsil edildikten sonra(Şekil 3.15b) üzerinde filtreleme işlemleri uygulanabilir. Filtreleme işlemlerinin ardından tekrar yersel ortama geri dönüldüğünde görüntüdeki bazı unsurların ön plana çıkarıldığı bazılarının ise yumuşatıldığı görülür.



Şekil 3.15a.Orjinal hava fotoğrafı



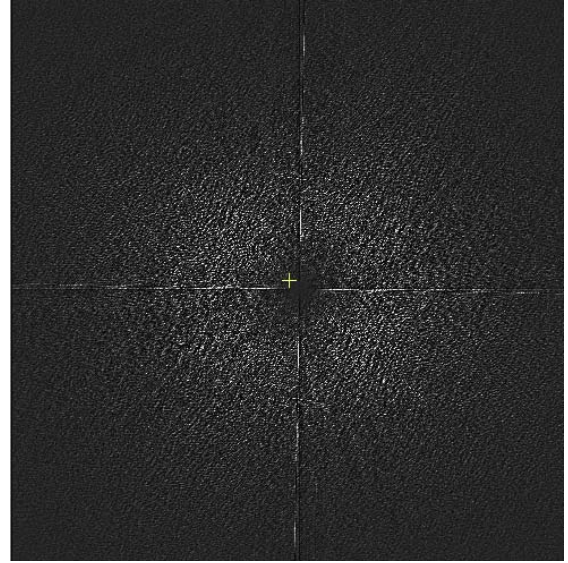
Şekil 3.15b. Aynı görüntü FD'den sonra

Alçak geçirgen filtreleme işleminde, filtre fonksiyonu şeklin merkezinde toplanan frekansların geçişine izin verirken, kenarlarda toplanan yüksek frekansların geçişine izin vermeyip süzmektedir. Böylece yersel ortamda piksellerdeki ani geçişler ortadan kalkar ve görüntü yumuşar, bulanıklaşır. Yüksek geçirgen filtreleme işlemi de bu işlemin tam tersi bir yaklaşımla şeklin merkezindeki frekansları süzerken kenarlardaki yüksek frekansların geçişine izin vermektedir. Yersel x,y koordinatlarına geri dönüldüğünde keskin hatların daha da güçlenmesi ve belirgin bir şekilde görülmesi sağlanır. Aşağıda frekans ortamında olan görüntü üzerinde yüksek ve alçak geçirgen filtreleme işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Görüntü üzerinde yüksek geçirgen filtre olarak “Gaussian Yüksek Geçirgen Filtresi” uygulandığında elde edilen görüntüler Şekil 3.16a-b’dedir. Frekans ortamında yüksek geçirgen filtreleme işleminden geçen görüntüde, kent merkezine yaklaşılacak bakıldığında kent dokusundaki keskin hatların çok daha belirgin bir şekilde ön plana çıktığı görülebilir. Bu detaylar Şekil 3.17a-b’de net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.16a. Şekil 3.15a'daki orjinal görüntü üzerinde yüksek geçirgen filtreleme işleminden sonraki genel görünüm



Şekil 3.16b Şekil 3.16a'nın frekans ortamındaki görünümü



Şekil 3.17a Orjinal hava fotoğrafı (Kent Merkezi)

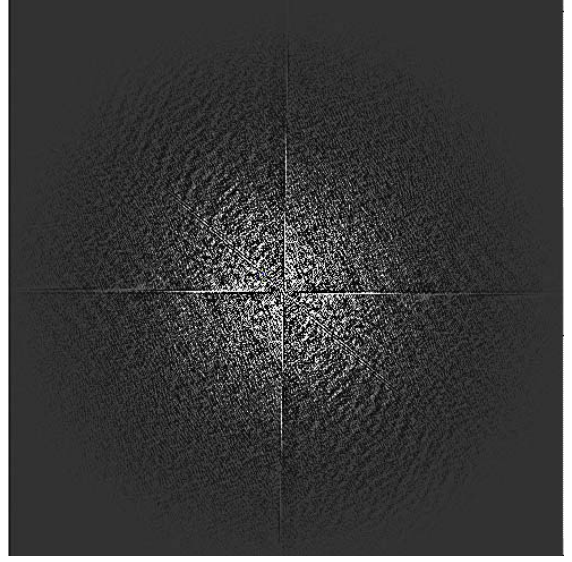


Şekil 3.17b. Yüksek geçirgen filtreleme işleminden sonra (Kent Merkezi)

Görüntü üzerinde gerçekleştirilen “Gaussian Alçak Geçirgen Filtresi” sonucunda elde edilen görüntü ve bu görüntünün yersel koordinat ortamına geçmeden evvel frekans ortamındaki görüntüsü Şekil 3.18a-b’dedir. Alçak geçirgen filtrelenmiş görüntünün kent merkezindeki yapısı ise Şekil 3.19b’dedir.



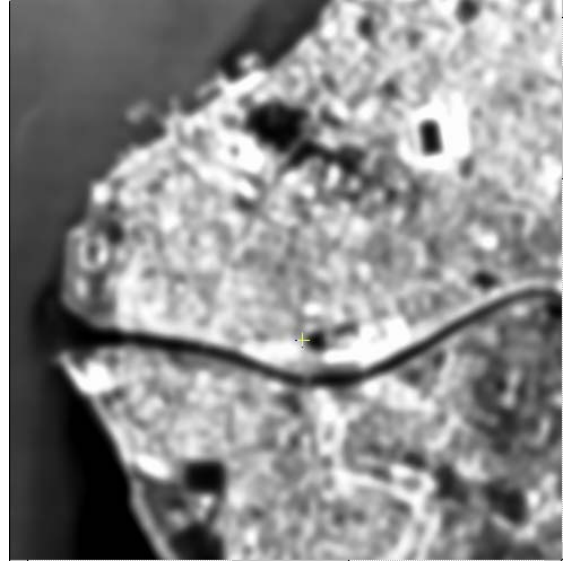
Şekil 3.18a Şekil 3.15a'daki orjinal görüntü üzerinde alçak geçirgen filtreleme işleminden sonraki genel görünüm



Şekil 3.18b Şekil 3.18a'nın frekans ortamındaki görünümü



Şekil 3.19a Orjinal hava fotoğrafı (Kent Merkezi)



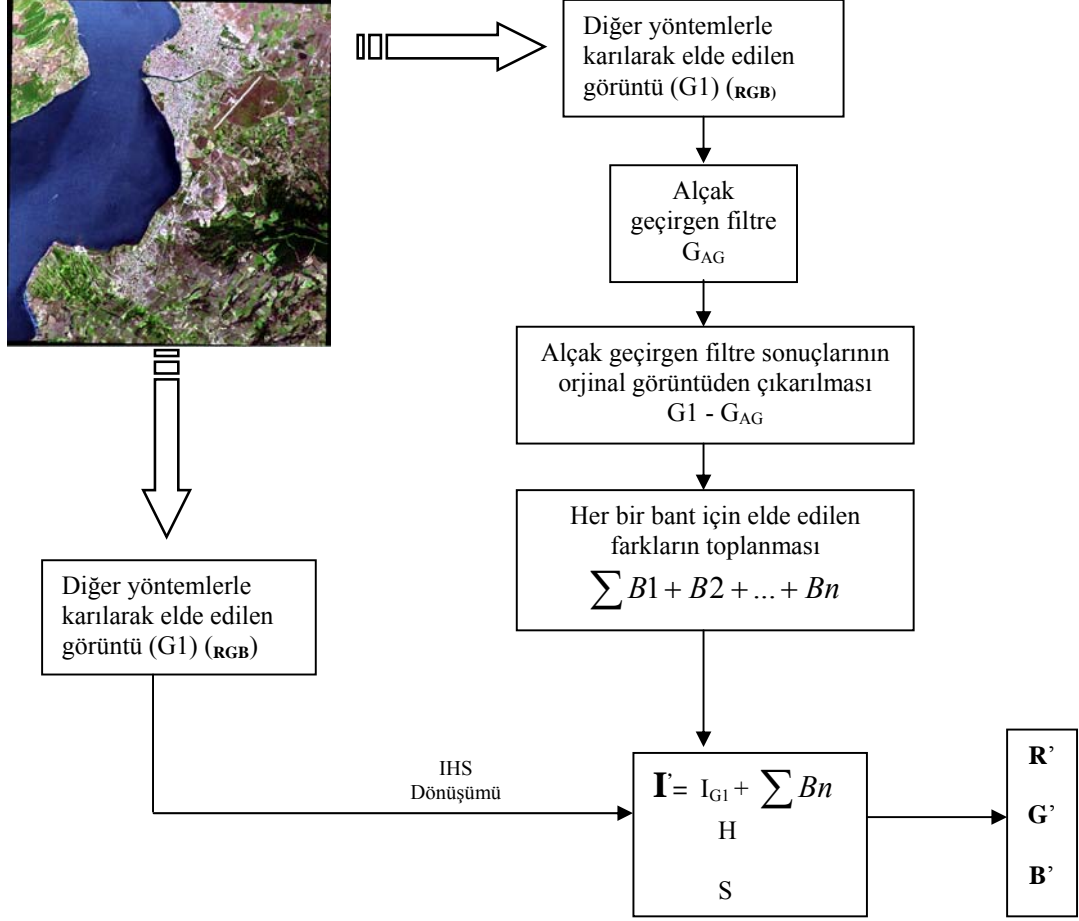
Şekil 3.19b Alçak geçirgen filtreleme işleminden sonra (Kent Merkezi)

3.4.5 Keskinleştirilmiş Kenar Verisi (*Edge Sharpened Image*) ile Veri Karma

Görüntü işlemede, eldeki tayfsal ve yersel ayırım gücü birbirinden çok farklı verilerden, tayfsal ve yersel ayırım gücü yüksek olan yeni bir veriyi üreten sayısız veri karma yöntemleri geliştirilmiştir. Buna rağmen, hala karılmış görüntüleri zenginleştirilecek yeni algoritmalara gerek vardır. Özellikleri iyi bir şekilde koruyarak arazi örtüsünün dokusunu daha belirginleştiren yeni bir “Keskinleştirilmiş Kenar Verisi (*Edge Sharpened Image*)” yaklaşımı Yıldırım ve diğ. (1997) tarafından geliştirilmiştir. Bu yaklaşımın akış şeması Şekil 3.20’de verilmektedir.

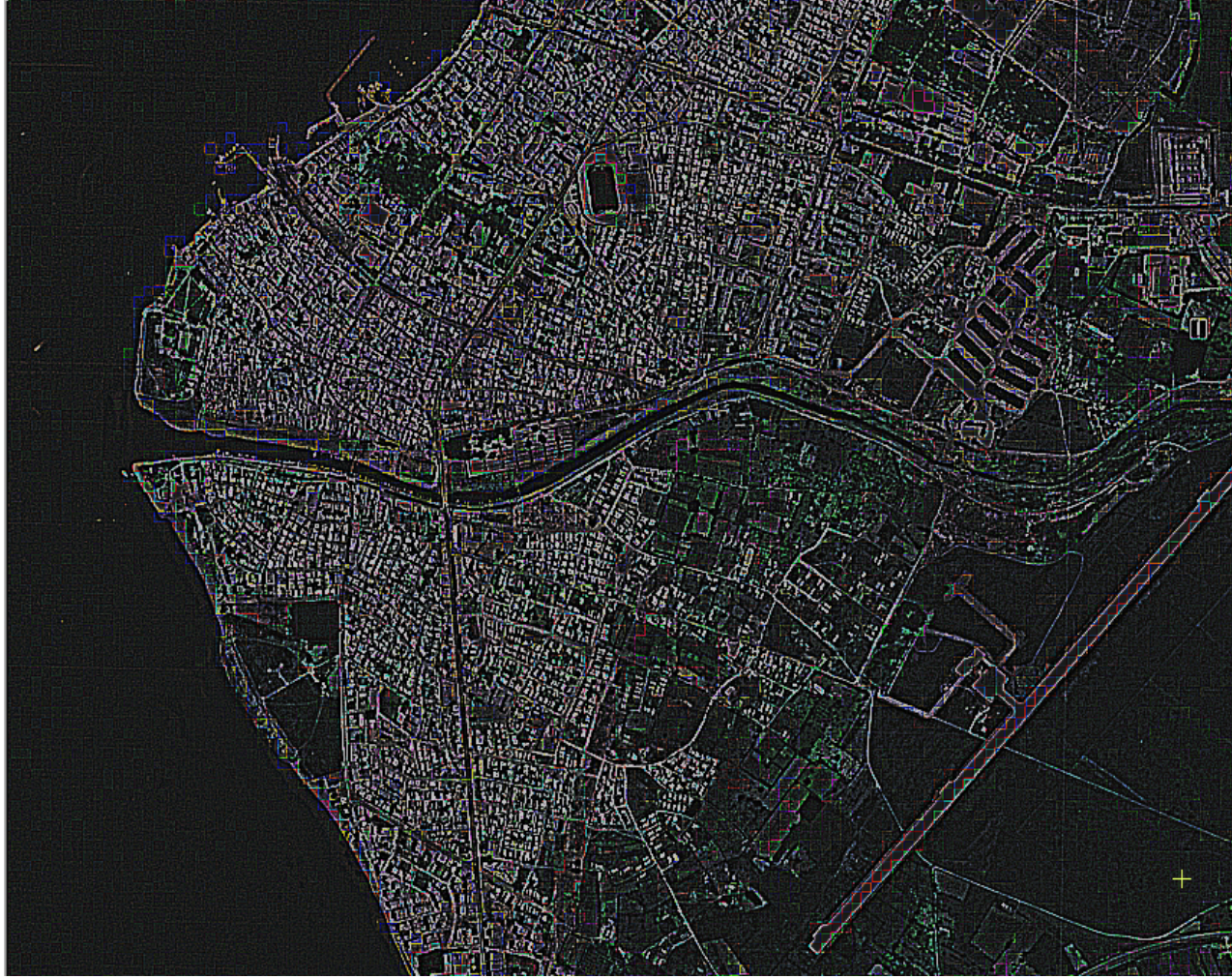
Uygulanan bu yöntemin getirdiği yeni yaklaşımla, karılmış veri (Çanakkale yöresi Landsat ETM uydu verisinin, Hava Fotoğrafı ile karılmış) girdi olarak kullanılarak, üretilen “kenar keskinleştirilmiş veri (*edge sharpened image*)” ile tekrar karılmakta, daha da zenginleştirilmiş yeni bir veri elde edilmektedir. Kenar – keskinleştirilmiş - veri’ nin içerdiği yüksek frekanslar ki bunlar, güçlendirilmiş kenarlar, ince detaylar, çizgilerdir, IHS dönüşümünde, orijinal verinin “Şiddet” bileşeni olarak kullanılması yerine, belli bir oranda kullanılması, orijinal veride taşınan diğer frekansların sıfırlanmaması açısından önerilmektedir. Buradaki uygulamada da, bu oran %65 olarak kullanılmıştır.

Bu yaklaşımda, ilk olarak farklı yöntemlerle önceden karılarak oluşturulmuş sayısal görüntü IHS dönüşümünden geçirilir. Ardından, renk ortamındaki orijinal karılmış görüntünün her bir bantına alçak geçiren filtreleme işlemi uygulanır. Elde edilen sonuçlar, orijinal görüntüden çıkarılarak yüksek frekanslar elde edilir. Her bir bant için yapılan bu işlem sonucunda ortaya çıkan değerler toplanarak görüntüdeki objelerin daha belirgin bir hale gelmesi sağlanır.

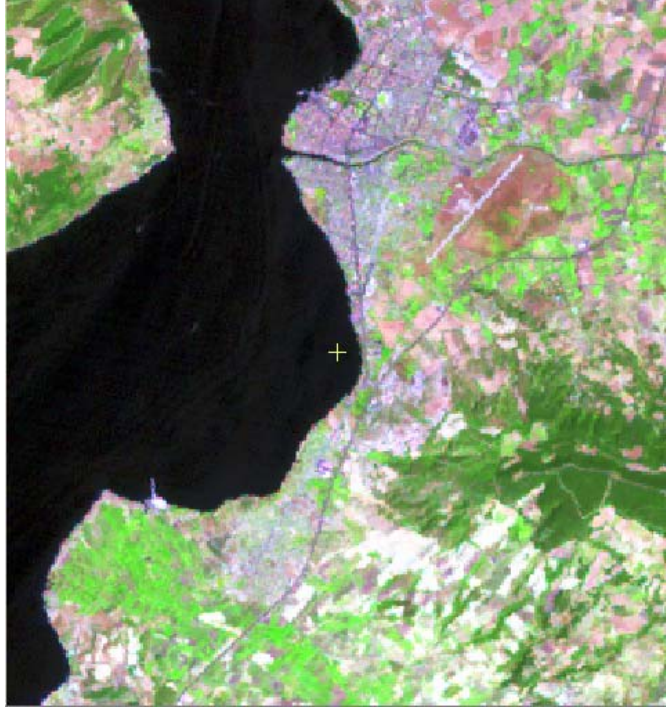


Şekil 3.20. Keskinleştirilmiş Kenar Verisi ile Karma yönteminin işlem adımları

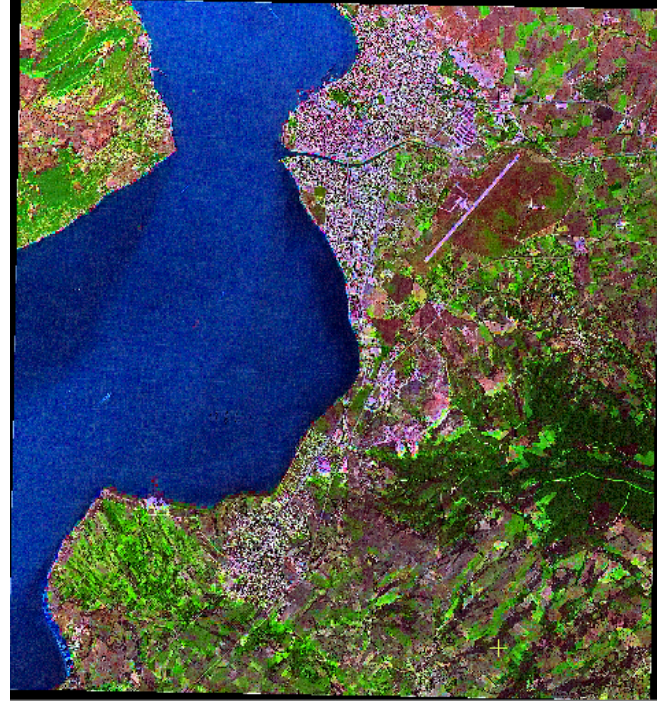
Bu aşama sonucunda elde edilen kent merkezine ait görüntüde (Şekil 3.21), objeler daha belirgin olarak görülmektedir. Son olarak IHS ortamındaki görüntünün yansıma şiddeti ile yüksek frekansların toplamı belirli bir ağırlıkta toplanarak ters IHS dönüşümünden geçirilerek yeni görüntü elde edilir(Şekil 3.22b). Bu görüntüde kent merkezi yakından incelendiğinde, farklılıklar daha da belirgin olarak görünür(Şekil 3.22d). Bu yaklaşımın uygulama detayları Ek1-E' de verilmiştir.



Şekil 3.21 Her bir banttaki keskin hatların (yüksek frekanslar) toplanmasıyla elde edilen görüntü



Şekil 3.22a Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü
(Bant 5-4-3)



Şekil 3.22b Çanakkale yöresinin karılmış görüntüsünün yüksek
frekanslar toplamı ile tekrar karılarak zenginleştirilmesi



Şekil 3.22c Çanakkale Kent Merkezinin önceden IHS yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü



Şekil 3.22d Karılmış görüntünün (Şekil 3.22c) yüksek frekanslar toplamı ile tekrar karılarak zenginleştirilmesi

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde veri karmada kullanılan farklı yöntemlerin değerlendirilmesi, yorumu ve karşılaştırılması elde edilen karılmış sonuç verilere göre, yapılmaktadır. Karılmış sonuç veriler görüntülenerek, mekansal ayırım gücündeki artış ve karşı geldiği yöreye ait bilgi içeriğindeki ile yakaladığı zenginlik, yönünden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, kullanılan yöntemin niteliği hakkında bilgi vermektedir. Ancak daha önce, görüntü karma yöntemlerinin sınırlılıkları üzerinde durulacaktır.

4.1 Görüntü Karma Yöntemlerinin Sınırlılıkları

Görüntülerin karılmasında var olan sınırlılıkları üç kategoriye ayırmak mümkündür. Bunlar :

- a) Sonuç görüntüdeki renk bozulmaları (*color distortions*)
- b) Kullanıcı deneyimi
- c) Seçilecek olan veri kümesi'dir.

Görüntü karma işlemi sonucunda ortaya çıkan sonuç görüntü ile girdi görüntüsü olarak kullanılan çok bantlı görüntü arasında tayfsal anlamda var olan ilişkinin yüksek olması arzu edilir. Ancak bu durumda var olan tayfsal değerler korunmuş durumda olur. Aksi takdirde sonuç görüntü orjinal tayfsal karakteristikleri doğru bir şekilde yansıtamayacağı için herhangi bir anlam ifade etmez. Özellikle sonuç görüntü sınıflandırma gibi tayfsal değerlerin önem kazandığı uygulamalarda kullanılacaksa renk bilgilerinin korunması daha da önem kazanır.

Bununla birlikte yapılacak uygulamanın türü seçilecek veri kümesini ve doğru yöntemlerin seçimini büyük ölçüde etkilemektedir. Elde edilecek görüntünün niteliksel açıdan girdi görüntülerle örtüşmesi ise kullanıcının önceki deneyimlerine bağlıdır. Her

ne kadar kullanıcı tecrübesini ve renk kayıplarını ortadan kaldıran yöntemler geliştirilse de uygulamada var olan geleneksel yöntemler bu öğelere hala bağımlıdır.

Uygun görüntü karma yöntemini seçerek ve doğru değişkenleri kontrol ederek yüksek ayırım güçlü SPOT veya IRS pankromatik görüntüleri ile düşük ayırım güçlü Landsat TM, SPOT MS, IRS MS görüntülerinde başarılı sonuçlar elde edilebilir. Fakat görüntü karmada özellikle 1999 yılından sonra yörüngeye yerleştirilen IKONOS, Quickbird, Orbview, Landsat 7 vb. uyduların verileri kullanıldığında istenilen nitelikte sonuçlar alınamamaktadır. Çünkü bu uydular görüntü karılmasında kullanıldığında belirgin renk bozulmaları meydana gelmektedir. Bunun nedeni Zhang(2004)'a göre pankromatik dalga boyunun genişlemesidir. Bu uyduların algılayıcılarında pankromatik görüntülerin dalga boyları görünür bölgeden yakın kızılötesine doğru uzamıştır. Bu yüzden bu tip algılayıcıların görüntüleri kullanılarak nitelikli sonuçlara ulaşmak mümkün değildir.

Çizelge 4.1 Farklı uyduların pankromatik dalga aralığı(Zhang,2004)

Uydu Algılayıcısı	Tayfsal Aralık(μm)
SPOT 1,2,3 (HRV)	0,51-0,73
SPOT 5 (HRG)	0,51-0,73
IRS 1C,1D(Pan)	0,50-0,75
Landsat 7 ETM+	0,52-0,90
IKONOS	0,45-0,90
Quickbird	0,45-0,90
Orbview	0,45-0,90

Bu temel sorunun aşılması için çalışmalar çeşitli gruplar ve araştırmacılarca devam etmektedir. Sorunu çözmek için bazı yeni dalgasal (*wavelet*) dönüşüm tabanlı görüntü karma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler sayesinde renk bozulmaları en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca bazı IHS tabanlı ve PCA dönüşümü tabanlı yöntemlerde bazı değişkenleri (bileşenlerin gerilmesi gibi) ayarlayarak daha iyi

sonuçlara ulaşmak mümkündür. Ayrıca PCI Geomatica v.90 tarafından tanıtılan Pan-Sharp modülü renk bozulmalarını en az seviyeye indirmektedir.

4.2 Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması

Öznel (*subjective*) ve nesnel (*objective*) ölçütler, görüntü niteliğini değerlendirmede kullanılan iki tür uygulamadır (Vijayaraj,2004). Öznel ölçütlerin kullanımında kullanıcılar görüntüyü kendilerinin belirlenmiş olduğu bir ölçeğe göre değerlendirmektedir. Dolayısıyla öznel ölçütler kişiden kişiye değişiklik gösterir. Nesnel ölçütler ise, görüntüde var olan belirli ilişkilerin istatistiki yöntemlerle (piksel farklılıkları, korelasyon, histogram değişimleri gibi) elde edilen sonuçlarını kullanırlar. Bu durumda, genel olarak değerlendirme ölçütlerini görsel (*visual*) ve istatistiksel (*statistical*) olarak iki kategoriye ayırmak yerinde olur (Vani ve diğ.,2001).

Veri karma yöntemlerinde genel olarak çok bantlı (*multispektal*) ve siyah-beyaz (*pankromatik*) uydu verileri kullanılmaktadır. Bu çalışma da ise, yörenin uydu verisi ve elde bulunan hava fotoğrafı kullanılarak karıldığından yöntemlerin değerlendirilmesinde istatistiksel yaklaşımlar yerine, ağırlıklı olarak görsel yaklaşımlar üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda, Çanakkale Yöresi'nin arazi örtüsünü farklı açılardan belirgin şekilde ortaya koyabilen yöntemler, görsel olarak yorumlanarak değerlendirilmiştir.

İstatistiki yöntemlerden ise sadece korelasyon katsayısı kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Görsel olarak yorumlanarak elde edilen sonuçlar, istatistiksel olarak da birbirini desteklemiştir. Elde edilen sonuçlar diğer çalışmalara kaynaklık etmesi açısından ayrıca önemlidir.

4.3 Sonuç Görüntülerin Değerlendirilmesi

Farklı karma yöntemleri kullanılarak elde edilen Çanakkale yöresine ait sonuç görüntülerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden olan görsel yorumlamada kullanıcının önceki deneyimleri oldukça önemliken, istatistiksel yaklaşımlarda var olan veri setinin karakteristik özellikleri oldukça önemlidir.

Görüntü karma yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan çok bantlı ve siyah-beyaz uydu görüntülerinin mekansal ayırım güçleri arasındaki oran yaklaşık 2-4 arasındadır (Çizelge 4.2). Bizim uygulamamızda ise bu oran çok fazladır (Landsat ETM 28.5m; Hava Fotoğrafı 4m.; oran yaklaşık 8). Bu çalışmada kullanılan verilerin ayırım güçlerindeki farkın bu derece yüksek olmasına rağmen elde edilen sonuç görüntüler oldukça başarılıdır. Özellikle yollarda, kıyılardaki renklerde çok hassas bir karılmanın varlığı gözlemlenmekte ve herhangi bir renk, şekil kaymasına rastlanılmamaktadır.

Çizelge 4.2 Farklı uyduların renkli ve siyah-beyaz algılayıcılarının ayırım güçleri

Uydu	Çok Bantlı Veri Çözünürlüğü	Siyah-Beyaz Veri Çözünürlüğü	Oran (Renkli/Siyah-Beyaz)
Landsat 7	30 m.	15m.	2
SPOT 5	10 m.	5 m.	2
IRS 1C	23 m.	5.8 m.	3,96
IKONOS	4 m.	1 m.	4
Bu çalışmada	28.5 m.	4 m.	7.125

i) İstatistiksel Olarak Değerlendirme

İstatistiki karşılaştırma yöntemlerinden sadece korelasyon katsayısına bakılmıştır.

Farklı Görüntü karma yöntemlerini istatistiksel olarak korelasyon katsayısı yöntemi ile değerlendirirken, sonuç görüntünün bantları arasındaki korelasyon değerleri

ile orjinal renkli görüntünün bantları arasındaki korelasyon değerleri karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada sonuç görüntünün bantları arasındaki korelasyonun orjinal görüntünün bantları arasındaki korelasyon değerlerine **yakın** olması, karma işleminde kullanılan yöntemin başarılı olduğunu göstermektedir(Vijayaraj,2004). Bunu sağlayan, sonuç görüntülerin spektral karakteristiğinin, orjinal görüntüye en fazla şekilde benzer olduğudur. Korelasyon değerleri karşılaştırmasına ait bir örnek Çizelge 4.3a ve b’de verilmektedir.

Çizelge 4.3a Orjinal ve sonuç görüntülerin bantları arasındaki korelasyon değerleri

Yöntem	(Bant 3-2-1)		
	Bant1&Bant2	Bant1&Bant3	Bant2&Bant3
Orjinal Landsat Görüntüsü	0,97	0,95	0,99
TBD Yöntemi	0,98	0,96	0,99
IHS Yöntemi	0,96	0,88	0,98
Ehlers Yöntemi	0,96	0,82	0,93
Brovey Yöntemi	0,91	0,76	0,95
Keskinleştirilmiş Verisiyle Karma Kenar	0,85	0,63	0,91

Çizelge 4.3b Orjinal ve sonuç görüntülerin bantları arasındaki korelasyon değerleri

Yöntem	(Bant 5-4-3)		
	Bant3&Bant4	Bant3&Bant5	Bant4&Bant5
Orjinal Landsat Görüntüsü	0,87	0,94	0,94
TBD Yöntemi	0,85	0,94	0,92
IHS Yöntemi	0,80	0,79	0,94
Ehlers Yöntemi	0,78	0,80	0,85
Brovey Yöntemi	0,70	0,64	0,90
Keskinleştirilmiş Verisiyle Karma Kenar	0,45	0,42	0,81

Yukarıdaki Çizelge 4.3 incelendiğinde, görüntüdeki spektral karakteristikleri en iyi biçimde koruyarak, orijinal görüntüye en yakın sonuç görüntü üreten görüntü karma yaklaşımı Temel Bileşenler Dönüşümü yöntemi olarak görülmektedir.

ii) Görsel Olarak Değerlendirme

Farklı karma yöntemleri kullanarak elde edilen Çanakkale yöresine ait sonuç görüntüleri görsel olarak incelendiğinde; uygulanan her yöntemin görüntü üzerinde farklı unsurları ön plana çıkardığı görülmüştür. Dolayısıyla kullanılan yöntemler, başarı sıralamasına konulmamıştır.

Görsel olarak Brovey, Ehlers Modeli ve IHS dönüşümleri yardımıyla oluşturulan karılmış görüntüler yörenin Boğaz akıntısını belirgin bir yapı olarak ortaya çıkarmıştır(Şekil 4.1a,b ve c). Brovey yöntemi ile elde edilen görüntüdeki detaylar daha belirgin olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca Ehlers Modeli ile elde edilen görüntüde Sarıçay'ın iç su ve denize ulaşma noktasında olan ton farklılıkları nedeni ile Boğazdan belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir (Şekil 4.1c).

Ehlers Dönüşüm Modeli yeşil alanlardaki farklılık da ortaya çıkmıştır. Bu fark, özellikle Terzioğlu Yerleşkesi'nin çevresinde daha belirgin bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 4.2).

Keskinleştirilmiş Kenar Verisi ile karılarak oluşturulan görüntüde, kent merkezindeki yapılar daha net olarak doğal nesnelere ayrılarak, belirgin hale gelmektedir. Sarıçay civarında kıyıda olan su taşıtları diğer sonuç görüntülerden daha net olarak görülmektedir. Yine, arazi üzerinde olan farklı parseller daha da kolay bir şekilde ayırt edilebilmektedir (Şekil 4.4).

Temel Bileşenler Dönüşümü yöntemi ile elde edilen sonuç görüntüde; liman bölgesine bakıldığında, 1997 tarihli hava fotoğrafında bu bölge bulunmamaktadır(Şekil 4.3). Ancak elde edilen sonuç görüntüde bölgedeki oluşum, Landsat görüntüsünün tayfsal bilgileri örneklenilerek kısmen oluşturulmuştur. Bu durum sırasıyla, IHS ve Keskinleştirilmiş Kenar Verisi ile Karma yöntemlerinde daha az belirgin olarak

bulunmaktadır. Dolayısıyla bu yaklaşımlarda tayfsal anlamda orjinal görüntüdeki verilerin korunmasına çalışıldığı söylenebilir.

Her bir yöntem sonucunda elde edilen görüntülerdeki kent merkezinin bire-bir görüntüsü ise Şekil4.5’de sırasıyla görülmektedir.

Yörenin arazi örtüsünün daha belirgin olarak ortaya konulmasında yukarıda öne çıkan bu yaklaşımlar planlama, e-belediye gibi şehircilik hizmetlerinde kullanılmasında oldukça anlamlıdır. Yüzey örtüsünün detaylı bir şekilde ortaya konulmasının önemli olduğu bu tip uygulama alanlarında, kullanılan sayısal görüntülerin mekansal ve tayfsal ayırım güçleri arttıkça sonuçlar daha tatmin edici olacaktır.



a)



b)

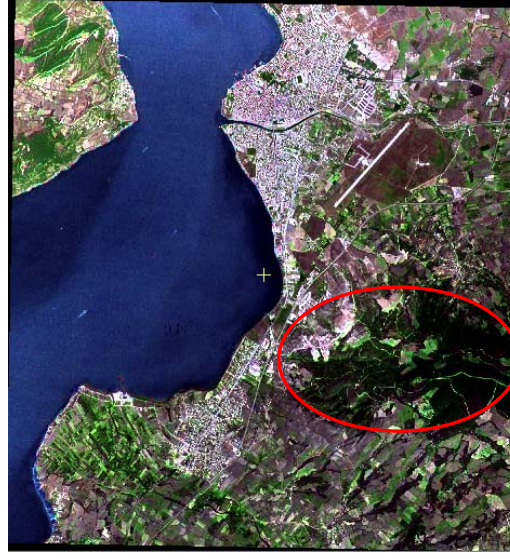


c)

Şekil 4.1 a) IHS; b) Brovey; c) Ehlers dönüşümleri yardımıyla belirginleşen Boğaz akıntısı



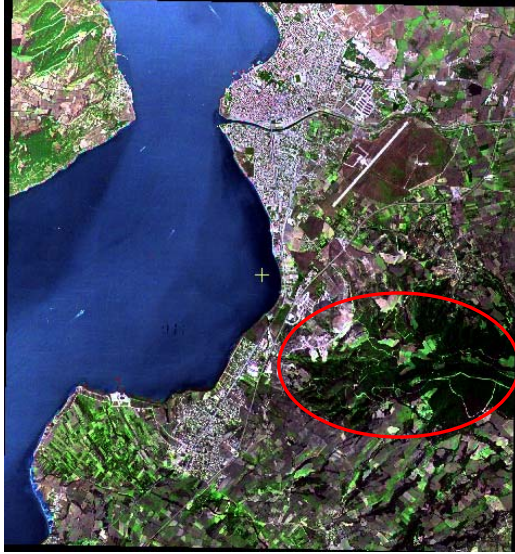
i) Orjinal görüntü



ii) IHS karması



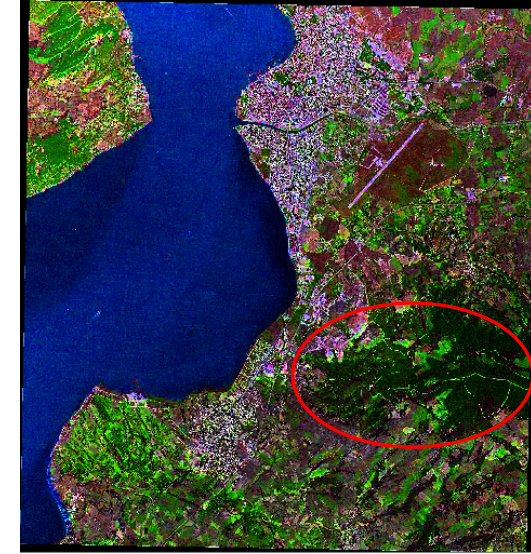
iii) TBD karması



iv) Brovey karması



v) Ehlers karması

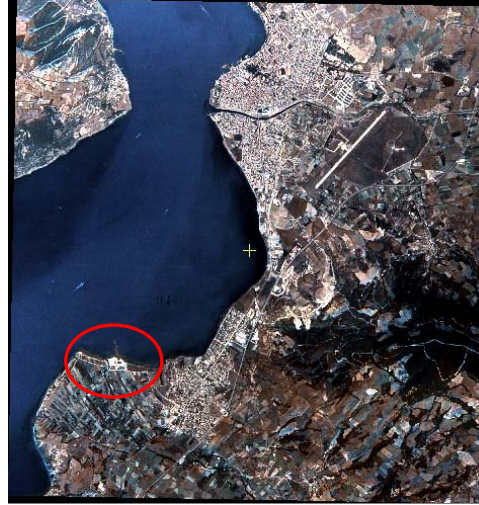


vi) Keskinleştirilmiş kenar verisiyle karma

Şekil 4.2 Farklı görüntü karma yöntemleriyle elde edilen sonuç görüntülerde belirginleşen Terzioğlu Yerleşkesi civarındaki yeşil alanlar
(Kullanılan bantlar: 5-4-3)



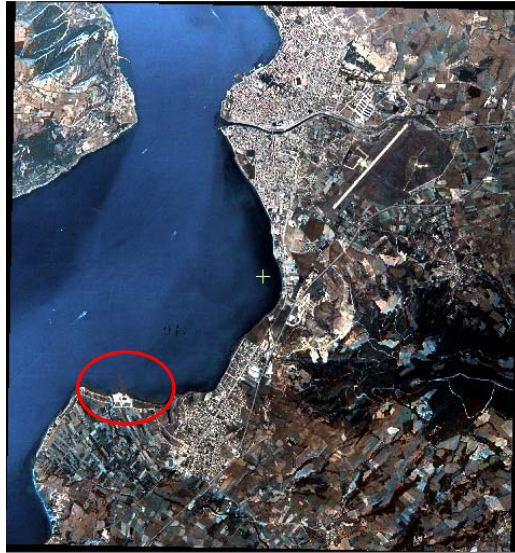
i) Orjinal görüntü



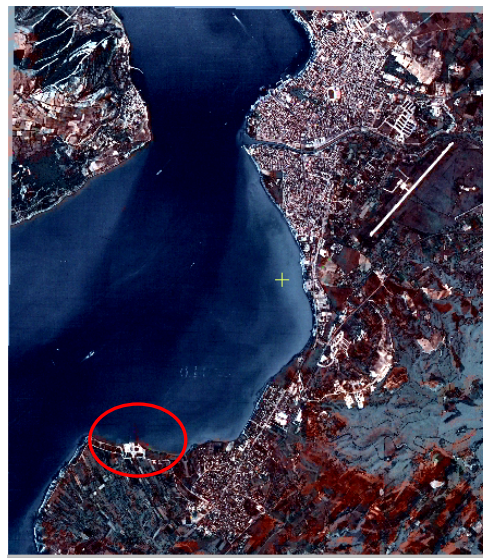
ii) IHS karması



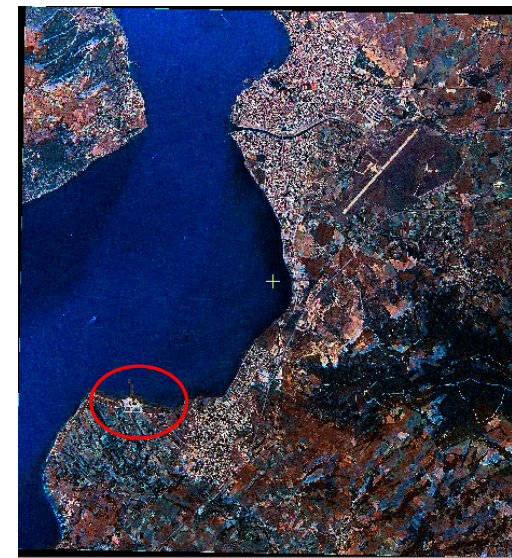
iii) TBD karması



iv) Brovey karması



v) Ehlers karması

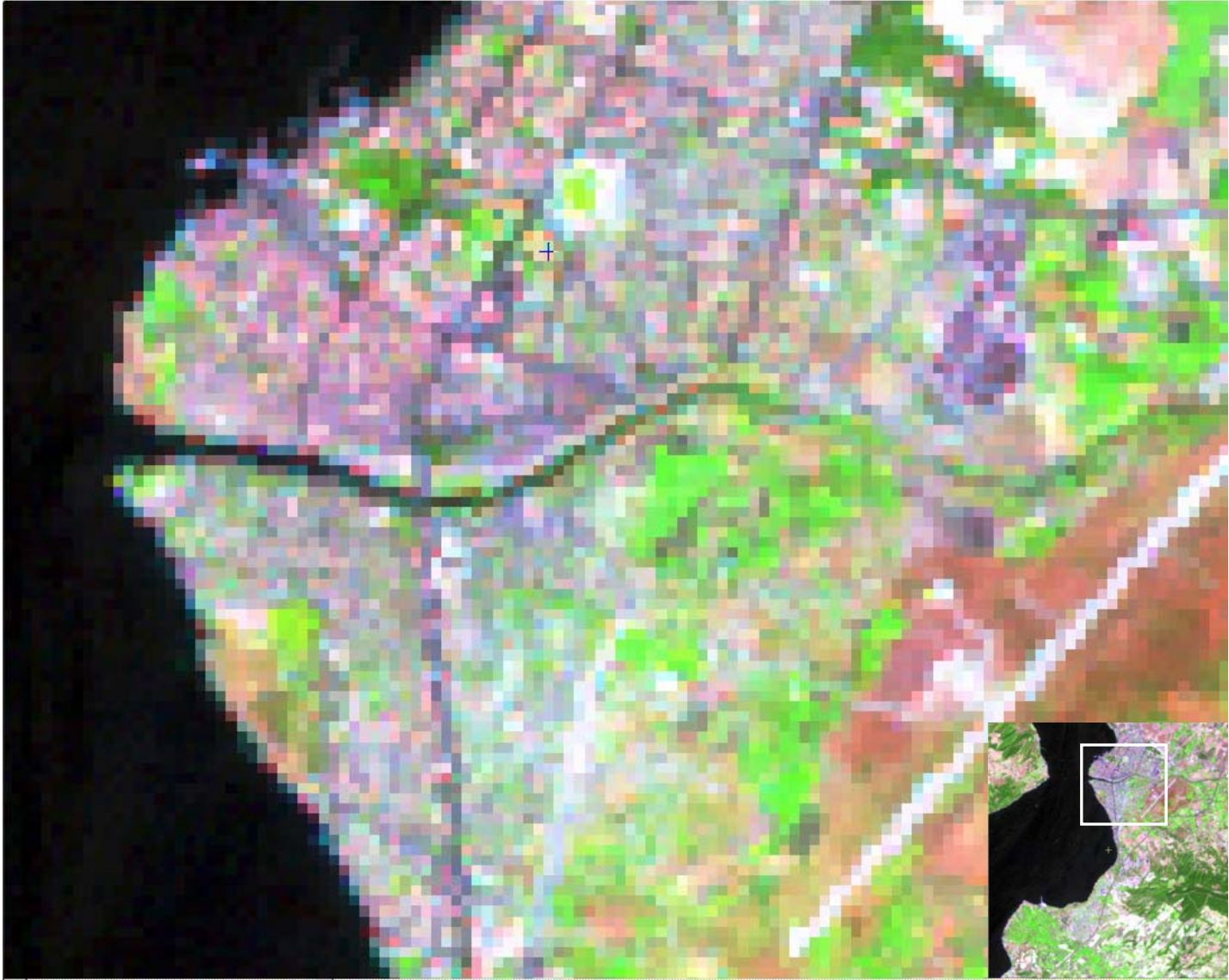


vi) Keskinleştirilmiş kenar verisiyle karma

Şekil 4.3 Farklı görüntü karma yöntemleriyle elde edilen sonuç görüntülerde belirginleşen liman bölgesi (Kullanılan bantlar: 3-2-1)



Şekil 4.4 Çanakkale Kent Merkezinin Keskinleştirilmiş Kenar Verisi yöntemiyle karılarak oluşturulmuş detaylı görüntüsü



Şekil 4.5a Kent merkezinin birebir Landsat görüntüsü



Şekil 4.5b Çanakkale Kent Merkezinin IHS yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü



Şekil 4.5c Çanakkale Kent Merkezinin TBD yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü



Şekil 4.5d Çanakkale Kent Merkezinin Brovey yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü



Şekil 4.5e Çanakkale Kent Merkezinin Ehler dönüşüm modeli yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü



Şekil 4.5f Çanakkale Kent Merkezinin Keskinleştirilmiş Kenar Verisi yöntemiyle karlı olarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü

BÖLÜM 5

SONUÇ ve TARTIŞMA

Çalışmada, görüntü işlemede yaygın olarak bilinen ve kalıcı olmuş veri karma yöntemleri literatürden araştırmaları ile belirlenmiştir. Bu yöntemlerden, hangilerinin uygulanacağına eldeki veriler ve yöntemin özellikleri göz önüne alınarak karar verilmiştir. Yöntemlerin uygulamadaki kritik detayları kavranarak, çalışmadaki verilere doğru bir şekilde uygulanmasına ve sonuçların hedeflenene ulaşmasına çalışılmıştır.

Bu çalışmada Çanakkale yöresine ait 1999 tarihli bir Landsat 7 ETM uydu verisi ve 1997 tarihli bir sayısal hava fotoğrafı kullanılarak, yöre üzerinde uygulanan bu temel veri karma yöntemleri, “Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doygunluk Dönüşümü”, “Temel Bileşenler Dönüşümü”, “Brovey Dönüşümü”, “Ehlers Dönüşüm Modeli” ve “Keskinleştirilmiş Kenar Verisi ile Karma” dır.

Çalışma sonucunda elde edilen yeni sonuç görüntülerde, farklı yöntemlerde yörenin farklı detaylarının daha zengin ayırdedilebildiği, farklı tayfsal bilgilerin içerildiği ve bu özelliklerin tümünün birlikteliği ile, yörenin arazi örtüsünün daha da belirginleştirilerek ortaya çıkarıldığı görülmektedir.

Yüksek ayırım gücündeki uydu görüntülerin temin edilmesinin mümkün olmadığı durumlarda veya daha hassas çalışma gerektiren uygulamalarda bu tip “veri karma” oldukça yardımcı olacaktır

Farklı yaklaşımlar yardımıyla elde edilen sonuç görüntüler, görsel ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yöntemlerin genel bir karşılaştırması Çizelge 5.1’dedir.

Kullanılan her bir yöntem, görsel olarak bölge üzerinde bitkisel alanlar, yerleşim alanları, Boğaz yüzeyindeki akıntılar gibi farklı objeleri belirgin hale getirmiştir.

Dolayısıyla görsel anlamda herhangi bir sıralamaya tabi tutulmayıp, nerelerde daha iyi sonuçlar verdiği, görüntü üzerinden verilen çeşitli örneklerde, gösterilmiştir.

Kullanılan yöntemler, çok bantlı görüntüdeki tayfsal karakteristikleri koruması açısından istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda “Temel Bileşenler Dönüşümü” ve “Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doygunluk (*IHS*) Dönüşümü” yardımıyla gerçekleştirilen karma işlemleri sonucundaki görüntülerin parlaklık değerlerini diğer yöntemlere kıyasla daha iyi koruduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.3a ve b)

Görsel ve istatistiksel olarak yapılan değerlendirmelerde kullanılan uydu verisi ve hava fotoğrafı arasındaki mekansal ayırım gücü arasındaki farkın oldukça yüksek olmasına rağmen (Çizelge 4.2), elde edilen sonuçlar oldukça anlamlıdır.

Çizelge 5.1 Farklı karma yöntemlerinin genel değerlendirilmesi

Yöntemler	Avantajları	Dezavantajları
Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doygunluk Dönüşümü (<i>IHS</i>) Yardımıyla Karma	<ul style="list-style-type: none"> Tayfsal karakteristikleri iyi bir şekilde koruyabilmektedir. 	<ul style="list-style-type: none"> Mekansal detayları çok fazla ön plana çıkarmamaktadır.
Temel Bileşenler Dönüşümü Yardımıyla Karma	<ul style="list-style-type: none"> Tayfsal karakteristikleri en iyi şekilde koruyabilmektedir. 	<ul style="list-style-type: none"> Mekansal detayları çok fazla ön plana çıkarmamaktadır.
Brovey Dönüşümü Yardımıyla Karma	<ul style="list-style-type: none"> Görsel olarak en fazla tatminkardır. 	<ul style="list-style-type: none"> Tayfsal karakteristikleri koruyamamaktadır.
Ehlers Dönüşüm Modeli Yardımıyla Karma	<ul style="list-style-type: none"> Mekansal detayları ön plana çıkarabilmektedir. 	<ul style="list-style-type: none"> Tayfsal karakteristikleri çok fazla koruyamamaktadır.
Keskinleştirilmiş Kenar Verisiyle Karma	<ul style="list-style-type: none"> Mekansal detayları en iyi bir şekilde ortaya çıkarmaktadır. 	<ul style="list-style-type: none"> Tayfsal karakteristikleri koruyamamaktadır.

Ülkemizde Harita Genel Komutanlığı, tüm Ülkemizin kaydedildiği, zengin bir sayısal hava fotoğrafı arşivine sahiptir. Bu arşivdeki sayısal hava fotoğraf verilerinin tarihleri oldukça öncelere gitmektedir. Bu tür çalışmalarda, böyle bir veri arşivinin var olması büyük bir avantajdır. Bu arşiv, değişikliklerin takibinde çok yararlı olduğu gibi burada ayrıntılandırılan veri karma yöntemleri ile, kendilerine yakın tarihli uydu görüntüleri ile çok daha yararlı işlevler görmektedirler. Görüntü karma yöntemleri hava fotoğraflarından çok daha fazla yararlanılmasının yolunu da açmaktadır.

Bu durum, uydu verilerinin, sayısal hava fotoğraflarıyla karılabilme çalışmalarını daha anlamlı kılmaktadır. Yüksek ayırım güçlü uydu verilerin, günümüzdeki fiyatlarının oldukça yüksek olduğu düşünülürse, veri karma uygulamalarında hava fotoğrafı kullanılarak iyi sonuçlar alınması, ekonomik açıdan da önemli faydalar getirecektir.

Ayrıca, metre mertebelerindeki yüksek çözünümlü uydu verileri çok pahalıdır (km.² başına 10-50\$). Bunun durumun aşılması veri karma yöntemleri ile mümkündür. Böylece ekonomik uydu verileri ve hava fotoğrafları karılarak askeri, tarımsal, ormancılık, kartoğrafya, şehir planlamacılığı gibi birçok değişik alanlarda kaynaklık görevi görececek nitelikteki karma verilerin üretilmesini yaygınlaştırılıp, arttırılacaktır.

KAYNAKLAR

Akça, D.M. ve Doğan, S. 2002. Sayısal Görüntülerde Ana Bileşenler Dönüşümü. *Harita Derg.*, (129):1-15.

Arellano, P.2003. *Missing Information in Remote Sensing:Wavelet Approach to Detect and Remove Clouds and Their Shadows*. Master Dissertation. The International Institute for Geo-Information Science and Observation, Nerherlands.

Carper, W.J., Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. 1990. The Use of Intensity-Hue-Saturation Transformations for Merging SPOT panchromatic and multispectral image data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56 (4):459-467.

CCRS. 1998.*Fundamentals of Remote Sensing*. Canada Centre for Remote Sensing., 258p.

CEOS. 1996. *Resources in Earth Observation: Case Studies, Data and Information for Schools and Developing Countries*. *Committee on Earth Observation Satellites*. 19 Mayıs 2006, <http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom/ceos1/irsd/pages/dre4.htm>.

Chavez, P., Sides, S., Anderson, J. 1991. Comparison of Three Different Methods to Merge Multiresolution and Multispectral Data: Landsat TM and SPOT panchromatic. *Photometric Engineering and Remote Sensing*, 57 (3):295:303.

Colwell, R.N. 1960. *Manual of Photographic Interpretation*. Falls Church, VA: American Society for Photogrammetry & Remote Sensing.

Ehlers, M. 2005. Beyond Pansharpening:Advances In Data Fusion For Very High Resolution Remote Sensing Data. *ISPRS Hannover Workshop 'High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information'*, :6pp.

Erdas. 1999. *Field Guide* (5th ed.). Erdas Inc. Atlanta Georgia, 672p.

Goshtasby, A. A. 2005. *2-D and 3-D Image Registration*. John Wiley&Sons, Inc. Pub., 167-179.

Hall, D.L., Llinas, J. 1997. An Introduction to Multisensor Data Fusion. *IEEE*, 85:6-23.

İnce, F. 1986. *Uzaktan Algılamada Sayısal Görüntü İşleme* (Özel Yayın No:ÖY-86/02). Tügam Mat., Ankara.

Jensen, R.J. 2000. *Remote Sensing of the Environment*. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey, NJ 07458, 544p.

King, R., Wang, J. 2001. A wavelet based algorithm for pansharpening Landsat 7 Imagery. *Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2 : 849-851.

Lillesand, M.T. ve Kiefer, W.R. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation* (4th ed.). John Wiley&Sons, Inc. Pub., 724p.

Nunez, J., Otazu, X., Fors, O., Prades, A., Pala, V., Arbiol, R. 1999. Multiresolution-Based Image Fusion with Additive Wavelet Decomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37 (3):1204-1211.

Pohl, C., Van Genderen, J.L. 1998. Multisensor Image Fusion In Remote Sensing: Concepts, Methods and Application. *International Journal of Remote Sensing*, 99 (5):823-854.

Qi, Z.R. 2004. A new Data Fusion Method For Improving CBERS-1 IRMSS Images Based On CCD Image. *XXth ISPRS Congress, Commission IV Papers., XXXV* (part B4): p.910ff.

Sabins, F.F.Jr. 1987. *Remote Sensing-Principles and Interpretation* (2nd ed.). W.H. Freeman and Co., New York.

Saroglu, E., Bektas, F., Musaoglu, N., Goksel, C. 2004. Fusion of Multisensor Remote Sensing Data: Assessing The Quality of Resulting Images. *XXth ISPRS Congress, Commission IV Papers., XXXV* (part B4): p.575ff.

Smith, A.R. 1978. Color Gamut Transform Pairs. *Computer Graphics*, 13 (3):12-19.

Singh, H., Raj, J., Kaur, G. 2004. Image Fusion Using Fuzzy Logic and Applications. *Fuzz-IEEE, International Conference on Fuzzy Systems.*, 1:337-340.

Şahin, E. 2005. *Uydu Görüntüleri Kullanılarak Çanakkale Kent Dokusunun Belirlenmesi* . Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

Vani, K., SHANMUGAVEL, S. ve MARRUTHACHALAM, M. 2001. Fusion of IRS-LISS III and PAN Images Using Different Resolution Ratios. *The 22nd Conference on Remote Sensing.* , 1 :146-151.

Vijayaraj, V. 2004. *A Quantative Analysis Of Pansharpened Images*. Master Dissertation. Mississippi State University, USA.

Wald, L. 1999. Some Terms of Reference In Data Fusion, *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing.*, 37 (3):1190-1193.

Yildirim, H., Alparslan, E., Özel M.E. 1997. Detection of Man-made Structures around Ömerli Dam Through A New Approach In Image Enhancement. *The Journal of Electrical Engineering&Computer Sciences.*,5 (1) :155-160.

Yilmaz, Z. 2002. *Uzaktan Algılama*. İşlem Ltd., Ankara.

Yomralioğlu, T. 2002. *Coğrafi Bilgi Sistemleri* (2. baskı). İber Ofset, Trabzon, 97-98.

Zhang, Y. 2004. Understanding Image Fusion. *Photogrammetric Engineering&Remote Sensing.*,70 (6):657-661.

Zhang, Y., Hong G. 2005. An IHS and Wavelet Integrated Approach to Improve Pan-Sharpning Visual Quality of Natural Colour IKONOS and QuickBird Images. *Information Fusion.*, 6 (3):225-234.

EKLER

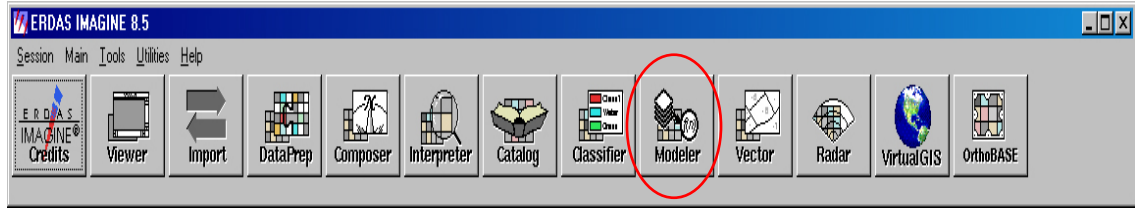
EK-1

Uydu Görüntüsü ile Hava Fotoğrafının Farklı Yöntemler Kullanılarak Karılması

Farklı görüntü karma yöntemlerinin uygulanmasında PCI Geomatica v9.0 ve Erdas Imagine 8.5 programlarının “Modeler” programları kullanılmıştır. Bu programlar, sayısal görüntü üzerindeki işlemlerin hazır nesnelere kullanılarak hızlı ve kolay bir şekilde yapılmasına imkan sağlar. Her iki programın çalıştırılmasından sonra ana menüde yer alan düğmelere tıklanarak çalıştırılır.



a)



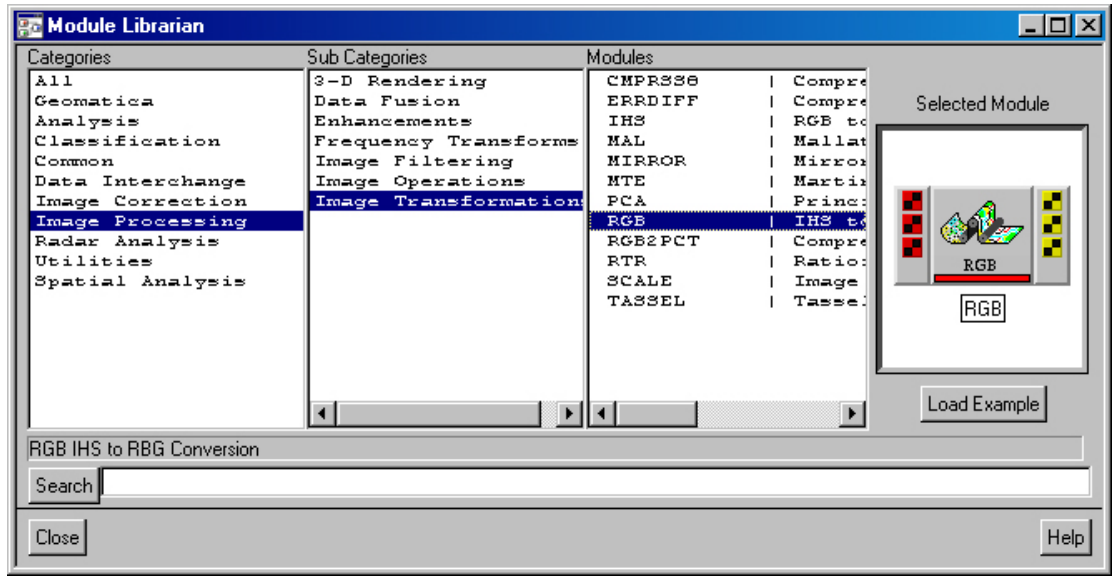
b)

Şekil E1.1 Modeler modülünün PCI Geomatica(a) ve Erdas Imagine programı (b) ana menülerindeki yerleri

Görüntülerin karılması sırasında “Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doygunluk Yöntemi”, “Brovey Yöntemi”, “Ehlers Modeli” ve “Keskinleştirilmiş Kenar Verisi ile Karma” işlemleri için PCI Geomatica programı; “Temel Bileşenler Yöntemi” için ise Erdas Imagine programı kullanılmıştır.

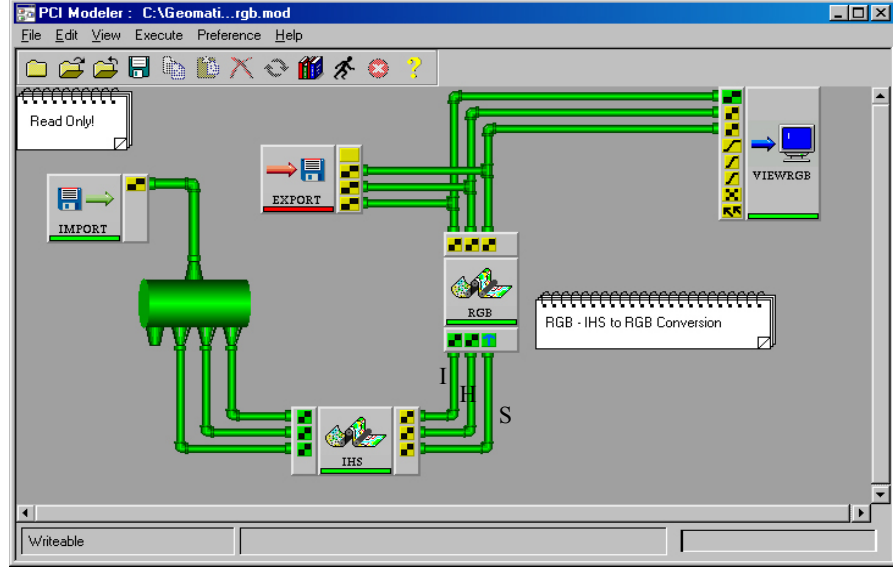
A) Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doymunluk (*Intensity, Hue, Saturation-IHS*) Dönüşümü Yardımıyla Uydu Görüntüsü ve Hava Fotoğrafının Karılması

Landsat ve hava fotoğrafının karılması için PCI programının ana menüsünden “Modeller” seçeneği seçilir. Araç çubuğundaki “Module Librarian” düğmesine tıklanılarak “Modeller” kapsamında kullanılabilir olan fonksiyonların kategorilendirilmiş listesi ekranda görüntülenir. Bu liste kategorilerden sırasıyla “Image Processing-Image Transformations-RGB” seçenekleri seçilir ve en son olarak “Load Example” düğmesine tıklanarak RGB modülü çalışma alanına yüklenir.



Şekil E1.2 Modül kütüphanesinde RGB nesnesinin yeri

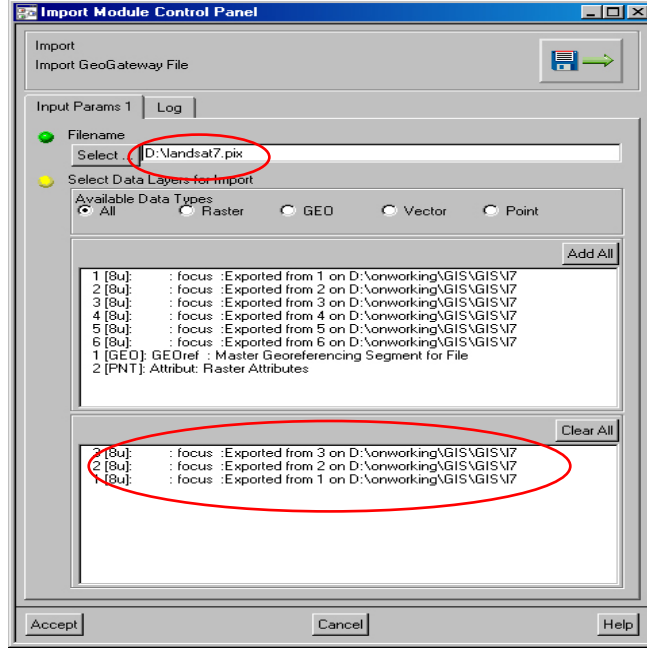
RGB fonksiyonuna ait örnekte girişten “Import Module” nesnesi ile alınan çok bantlı bir veri bantlarına ayırmakta ve IHS ortamına çevirilerek yansıma şiddeti (I), renk tonu(H) ve doymunluk (S) bileşenlerine dönüştürülmektedir. Bu bileşenler daha sonra ters dönüşüm işleminden geçerek ekranda görüntülenmekte ve çıktı olarak belirtilen konuma kaydedilmektedir(Şekil E1.3).



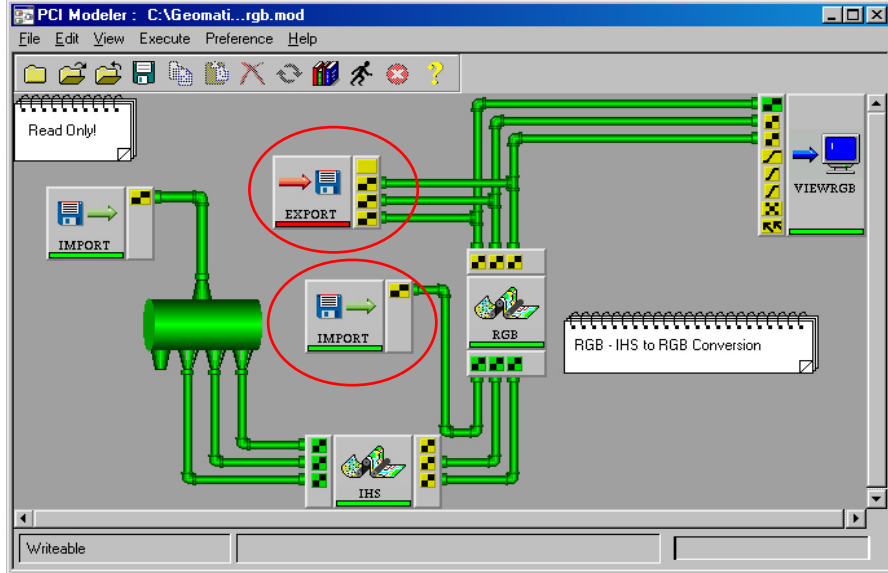
Şekil E1.3 PCI programında IHS ve RGB dönüşümü

Bu işlemler çok bantlı Landsat verisi ve hava fotoğrafı üzerinde uygulayabilmek için öncelikle “Import Module” nesnesinin üzerinde çift tıklayarak Landsat verisinin konumu belirtilir. Bu aşamada karma işleminde Landsat görüntünün hangi bantlarının kullanılacağına karar verilir (Şekil E1.4).

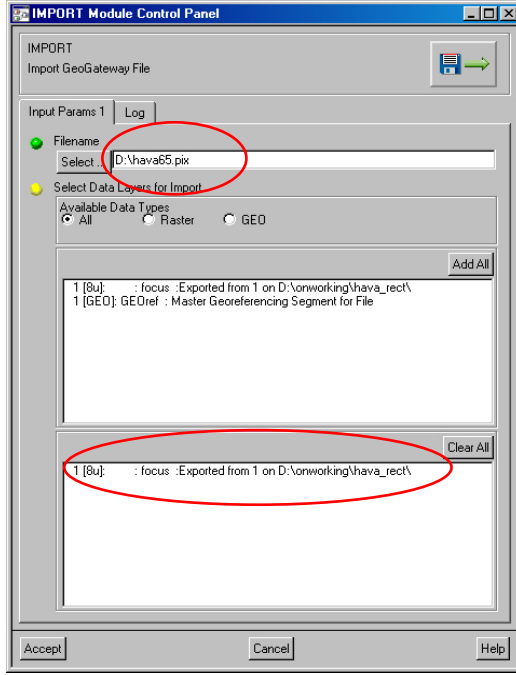
“IHS Module” nesnesi ile “RGB Module” nesnesi arasındaki yansıma şiddeti hattı (*Intensity Pipe*) kaldırılarak bir adet “Import Module” nesnesi eklenir(Şekil E1.5) ve eklenmiş olan girdi nesnesi ile bölgeye ait olan hava fotoğrafının yeri belirtilir (Şekil E1.6). Daha sonra ise “Export Module” nesnesi yardımıyla sonuç görüntünün nerede saklanılacağına karar verilir(Şekil E1.7).



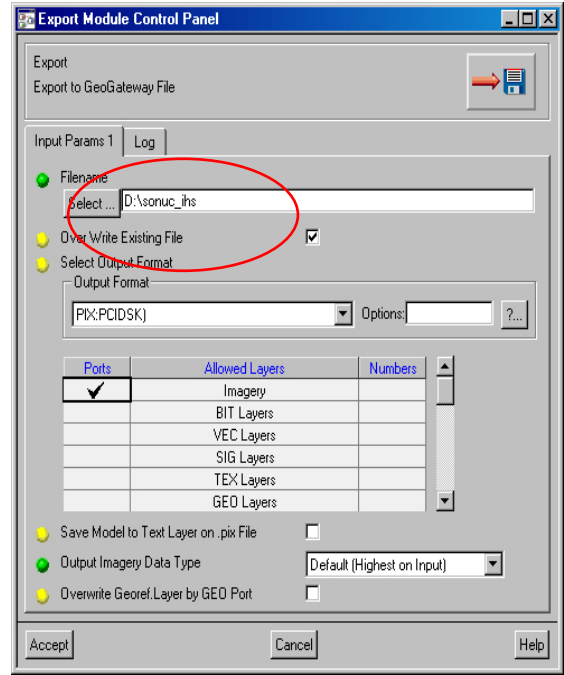
Şekil E1.4 Landsat görüntüsünün bulunduğu yerin belirtilmesi



Şekil E1.5 Kullanılan modül içerisinde import nesnesi ile hava fotoğrafının eklenmesi

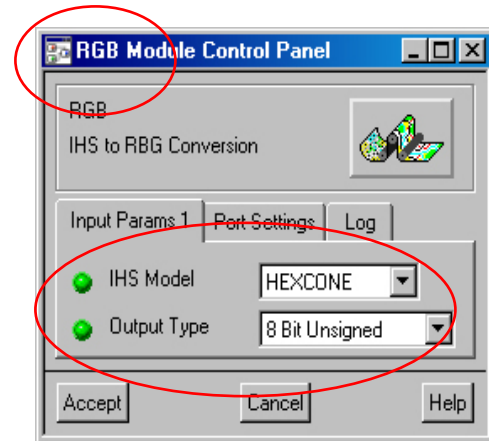
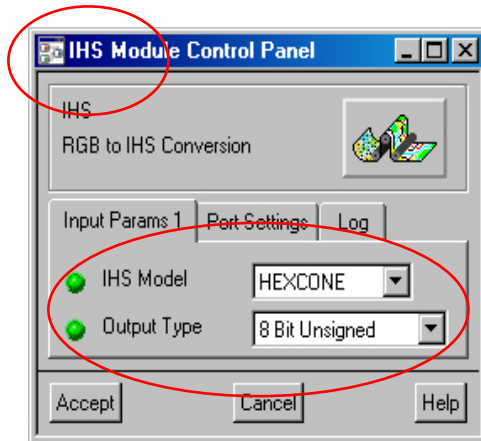


Şekil E1.6 Hava fotoğrafının bulunduğu yerin belirtilmesi



Şekil E1.7 Sonuç görüntünün konumunun belirtilmesi

IHS dönüşümü ve ters IHS dönüşümü için kullanılacak dönüşüm modelleri belirlenir. Görüntülerin karılması sırasında heksagonal model kullanılmıştır(Şekil E1.8). Dönüşüm sırasında kullanılan Landsat görüntüsünün radyometrik çözünürlüğü 8 bit olduğundan çıktı türünün 8 bit olması için 8 bit işaretli (8 bit unsigned) seçeneği seçilir.



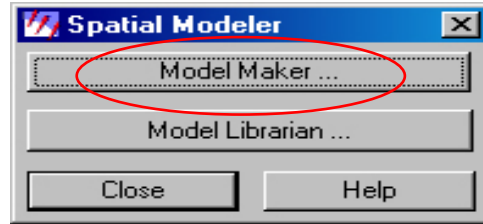
Şekil E1.8 IHS ve RGB nesnelere için dönüşüm modellerinin belirtilmesi

İşlemlerin tamamlanmasından sonra “Run Model” düğmesine basılarak görüntü karma işlemi başlatılır. Karma işlemde kullanılan görüntülerin büyüklüklerine göre işlem süresi değişir.

B) Temel Bileşenler Dönüşümü (TBD) Yardımıyla Uydu Görüntüsü ve Hava Fotoğrafının Karılması

Landsat uydu görüntüsü ve hava fotoğrafının karılmasında PCI Geomatica programındaki “Modeler” programı ile aynı işleve sahip olan Erdas Imagine içerisinde yer alan “Modeler” programı kullanılmıştır.

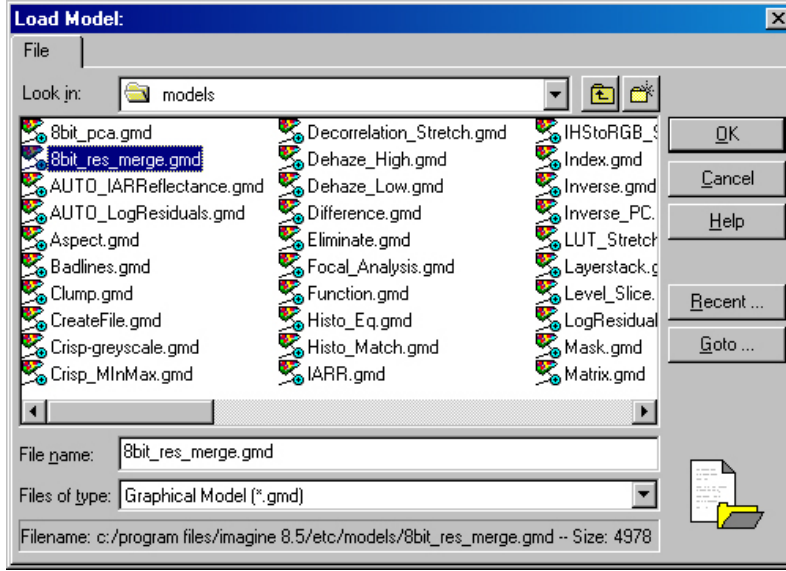
“Modeler” içerisinde yer alan “Principal Component Resolution Merge” hazır fonksiyon örneğinden yararlanılmıştır. Bu hazır örnek fonksiyon, radyometrik çözünürlüğü 8 bit olan çok bantlı görüntü ile pankromatik bir görüntüyü temel bileşenler dönüşümünü kullanarak karmaktadır. Ana menüden “Modeller” düğmesine(Şekil E1.1) tıklandıktan sonra ekran gelen “Spatial Modeler” menüsünden “Model Maker” seçeneği seçilir(Şekil E1.9).



Şekil E1.9 Spatial Modeler menüsü

Ekranı gelen çalışma alanında kullanıcı sağ kısımda bulunan “Tool Palette” menüsünde bulunan nesnelere yardımıyla yeni yapılar oluşturularak görüntü üzerinde çalışmalar gerçekleştirir.

Çalışma ekranında iken “Open an existing Model” düğmesine tıklanarak Erdas Imagine programı ile beraber gelen hazır fonksiyon örneklerinden “8bit_res_merge” seçilir(Şekil E1.10)

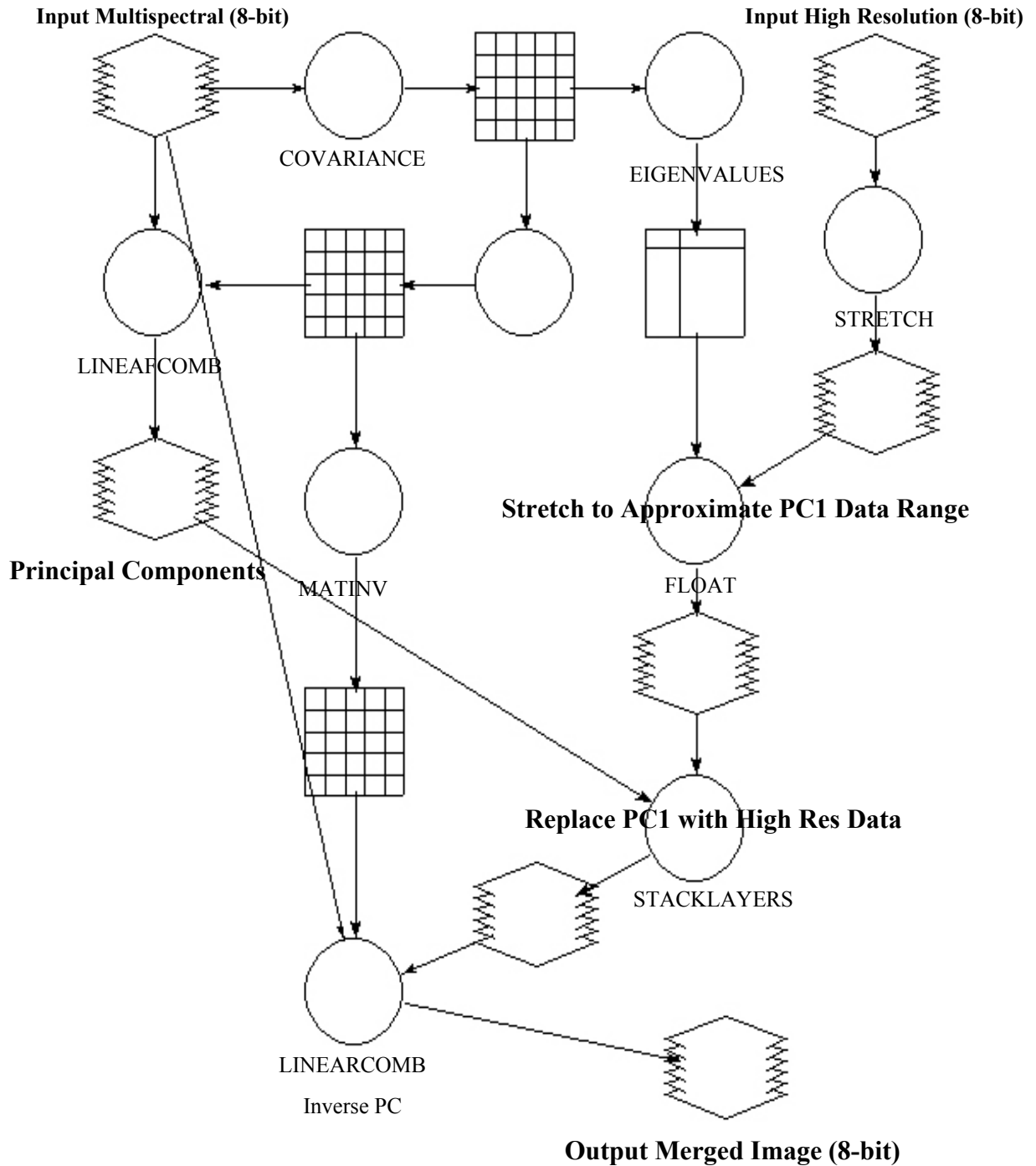


Şekil E1.10 Modelin kütüphaneden seçilmesi

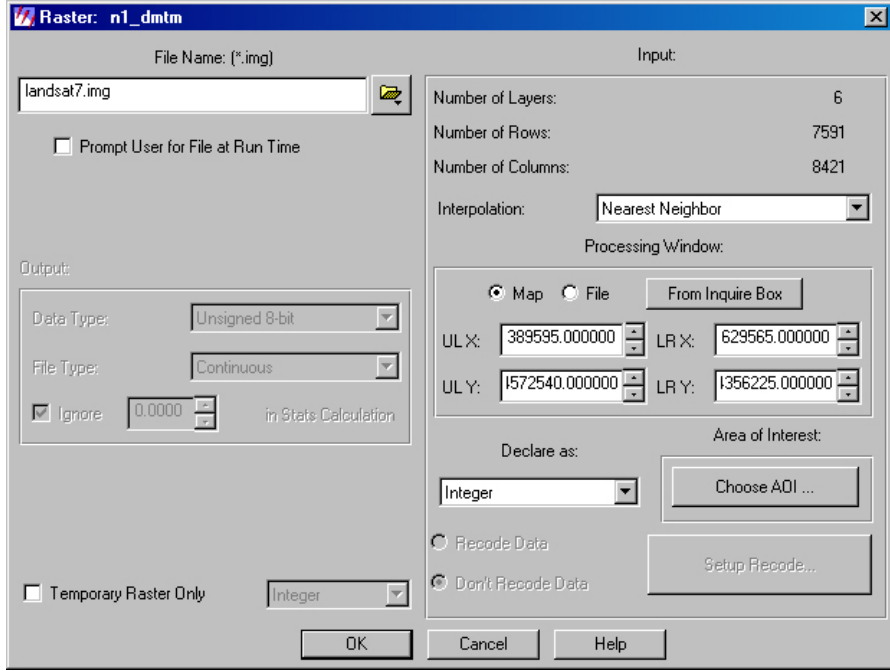
Modül çok bantlı görüntünün kovaryans matrisini hesaplamakta ve hesaplanmış olduğu bu matristen yararlanarak dönüşüm matrisi, öz değerleri ve vektörleri oluşturmaktadır. Bu vektörler belirtildiği gibi koordinat eksenlerinin hangi yönde ve açıda döndürüleceğini belirlemektedir. Bir sonraki adım da ise pankromatik görüntüyü, özdeğerleri kullanarak germektedir. Ardından birincil temel bileşen ile pankromatik görüntü yer değiştirmektedir ve tekrar renk ortamına(RGB) geçiş yapılmaktadır(Şekil E1.11).

Modelin çalışma ekranına yüklenmesinin ardından sırasıyla “Input Multispectral (8-bit)”, “Input High Resolution (8-bit) ve “Output Merged Image (8-bit)” kısımlarına tıklanarak çok bantlı Landsat görüntüsü, bu görüntü ile karılacak olan yüksek mekansal çözömlmeli hava fotoğrafının konumları ve çıktı görüntüsünün bulacağı konumlar belirtilir(Şekil E1.12).

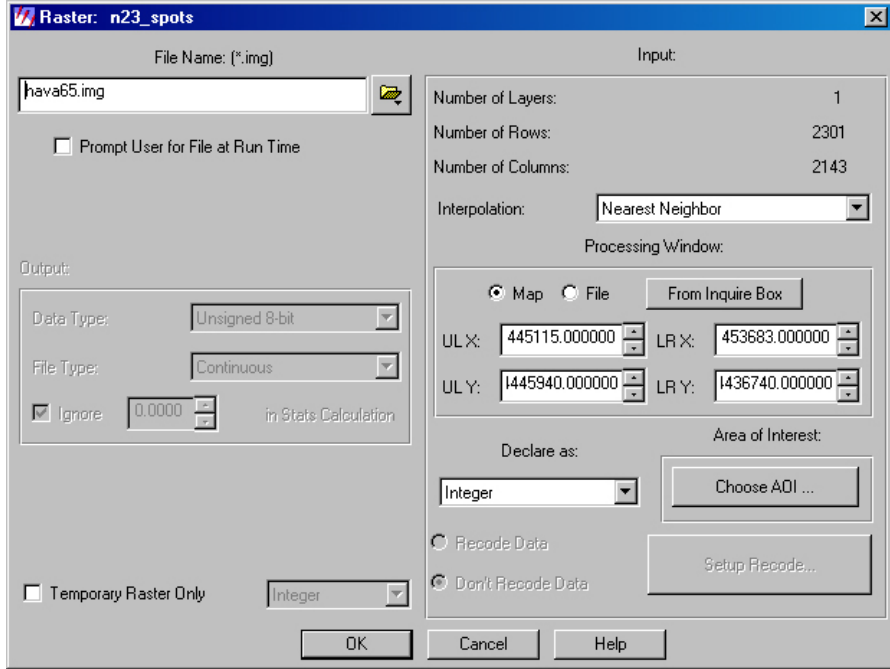
Principal Components Resolution Merge



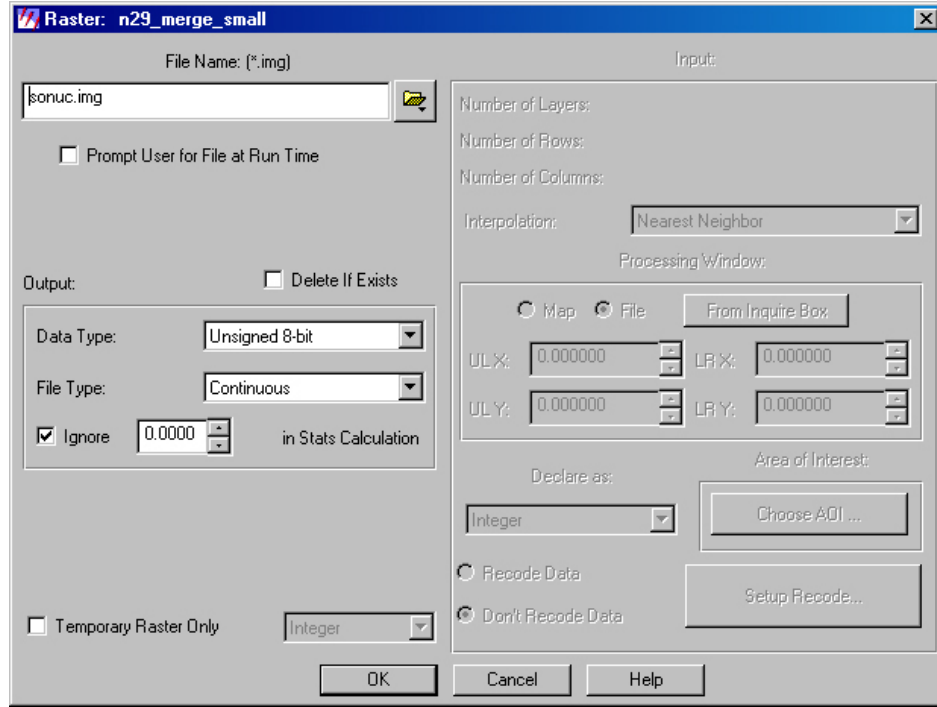
Şekil E1.11 TBD modelinin Erdas Imagine programında oluşturulması



Şekil E1.12a Landsat görüntüsünün bulunduğu yerin belirtilmesi



Şekil E1.12b Hava fotoğrafının bulunduğu yerin belirtilmesi



Şekil E1.12c Sonuç görüntünün konumunun belirtilmesi

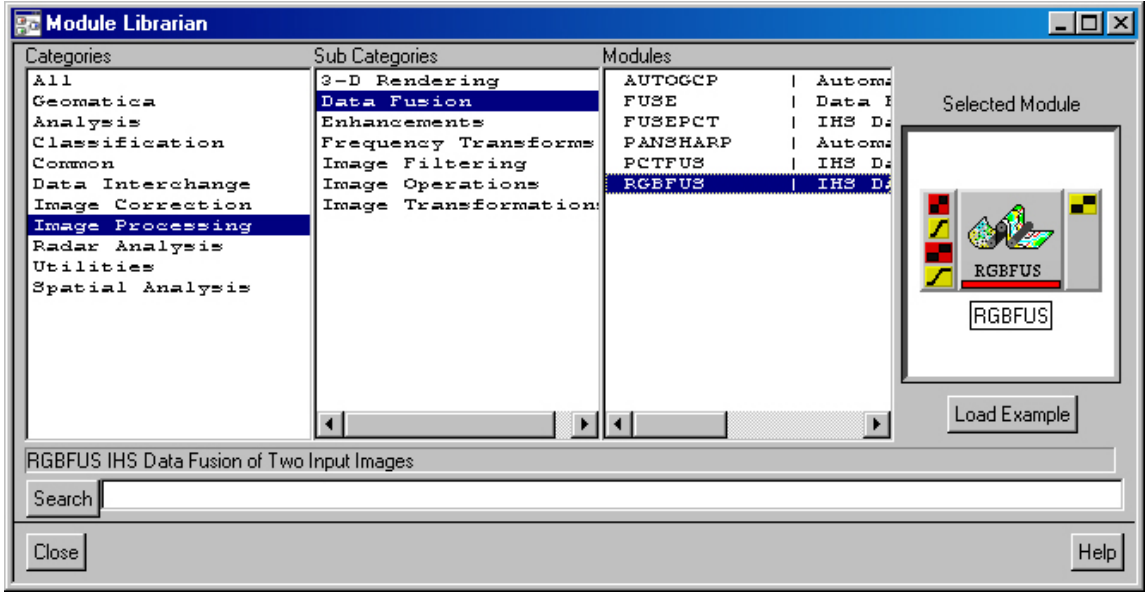
“Process” menüsündeki “Run” düğmesine tıklanarak görüntü karma işlemi başlatılır.

C) Brovey Dönüşümü Yardımıyla Uydu Görüntüsü ve Hava Fotoğrafının Karılması

Sayısal iki görüntünün karılmasında PCI programının modül kütüphanesinde yer alan “RGBFUS” nesnesinden yararlanılır. Bu nesne farklı dönüşüm modelleri kullanarak (IHS ve Brovey) girişten aldığı sayısal görüntüleri karar.

“Module Librarian” düğmesine tıklanarak kategorilendirilmiş fonksiyonlardan sırasıyla “Image Processing-Data Fusion-RGBFUS” seçenekleri seçilir ve “Selected

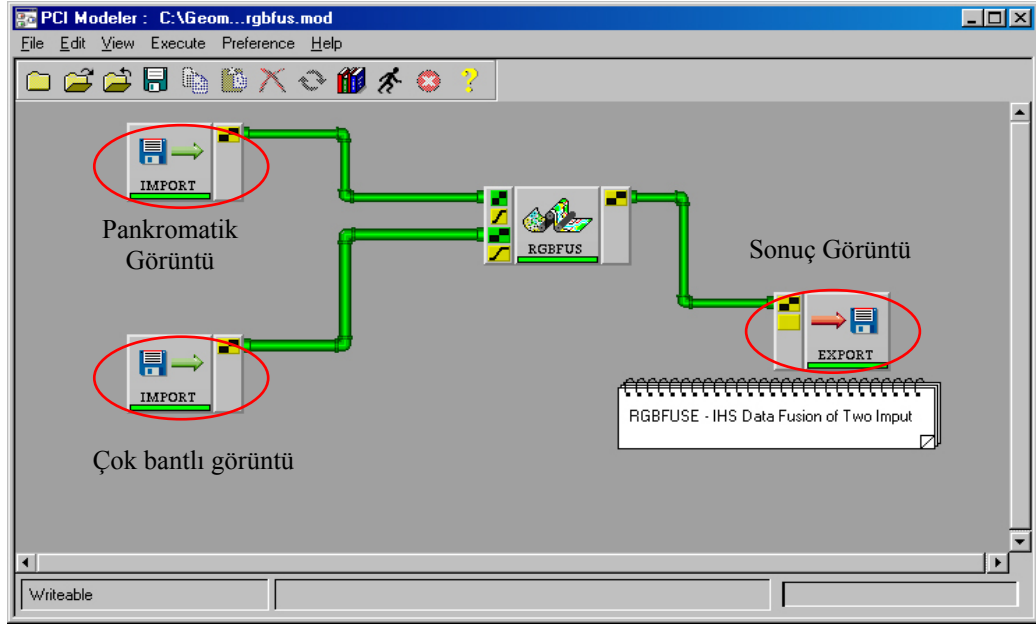
Module” kısmında bulunan nesnenin üzerine bir kere tıklanılır ve ardından çalışma alanı üzerinde yine bir kere tıklanılarak nesne çalışma alanına yerleştirilir(Şekil E1.13).



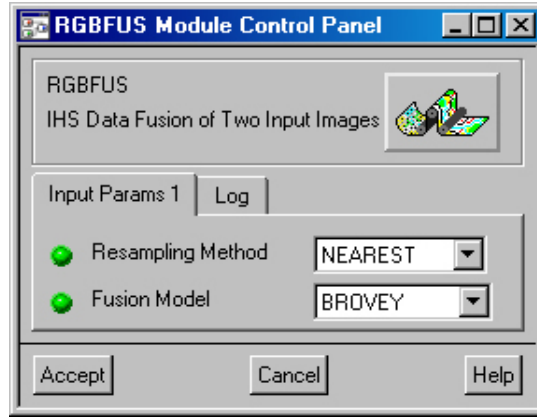
Şekil E1.13 Modül kütüphanesinde RGBFUS nesnesinin yeri

Bu nesneye iki adet “Import Module” ve bir adet “Export Module” nesnesi “Module Librarian” (Common-Common-Import/Export) kullanılarak eklenir(Şekil E1.14). Dönüşümün türü “RGBFUS” nesnesine çift tıklayarak açılan pencereden “Brovey” olarak seçilir. Örneklemeye metodu olarak en yakın komşu yöntemi seçilir(Şekil E1.15).

Girdi nesnelere bir tanesi çok bantlı Landsat verisinin konumunu gösterirken, diğeri de pankromatik özellik gösteren hava fotoğrafının konumunu göstermektedir (Şekil E1.4) ve Şekil E1.6). Çıktı nesnesine ise karma işlemi sonucunda oluşacak görüntünün hangi adreste saklanacağı belirtilir(Şekil E1.7).



Şekil E1.14 Brovey Modeli'nin PCI programında oluşturulması



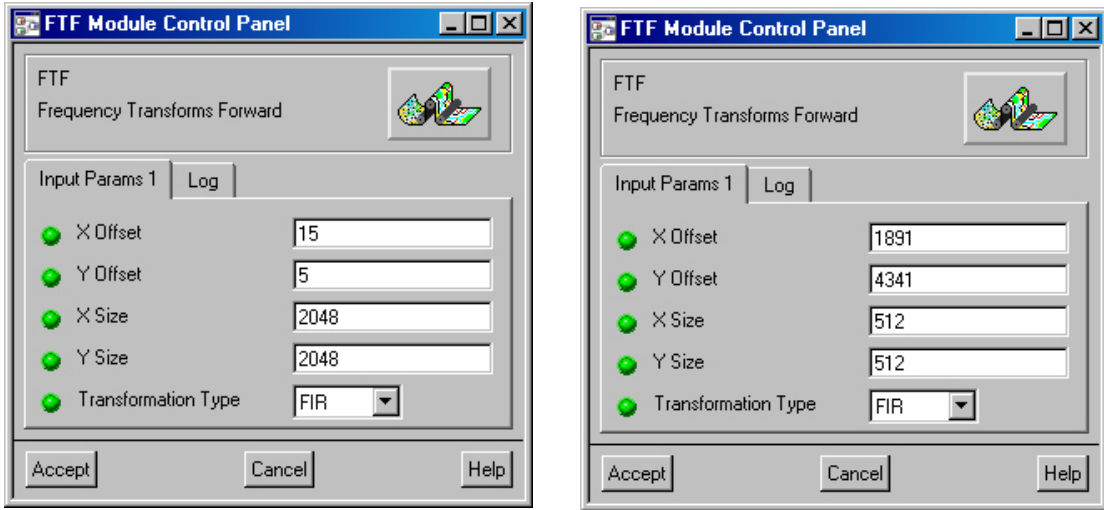
Şekil E1.15 Dönüşümün türü ve örnekleme modunun seçilmesi

İşlemler tamamlandıktan sonra “Run Model” düğmesine basılır.

D) Ehlers Dönüşüm Modeli Yardımıyla Uydu Görüntüsü ve Hava Fotoğrafının Karılması

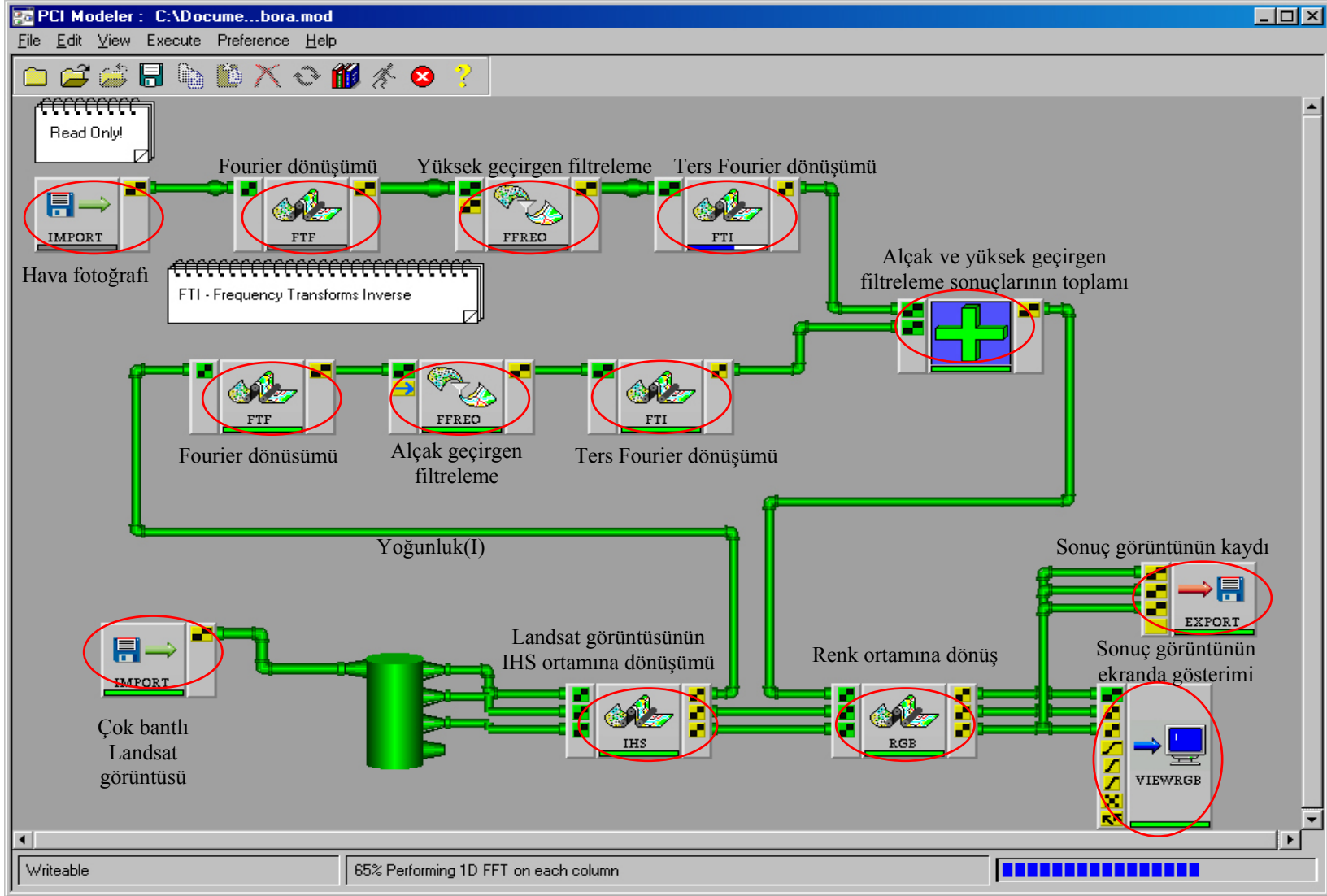
Ehlers Modelinin nesnelere yardımcıyla oluşturulmuş hali Şekil E1.17’de görülmektedir. Girdi verisi olan sayısal görüntülerin seçimi giriş nesnelere üzerine çift tıklanarak konumları belirlenir (Şekil E1.4 ve E1.6). Ardından aynı işlem oluşturulacak sonuç görüntüsü için de tekrarlanır (Şekil E1.7).

Kurulan yapıda sayısal görüntüyü frekans ortamına çeviren FTF nesnesidir. Bu nesne üzerine çift tıklanarak hava fotoğrafı ve pankromatik görüntünün hangi bölgeleri üzerinde dönüşümün gerçekleştirileceği “X Size” ve “Y Size” değerleri ile belirlenir (Şekil E1.16).

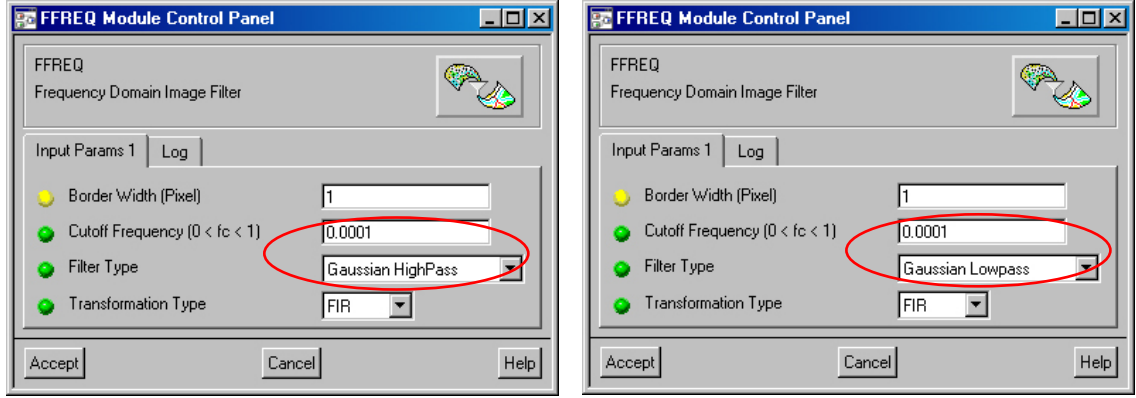


Şekil E1.16 Hava fotoğrafı ve Landsat verilerinin için FTF nesnesinin düzenlenmesi

Her iki görüntü için hangi filtreleme işleminin uygulanacağı “FFREQ” nesnesi yardımcıyla belirlenir (Şekil E1.18). Hava fotoğrafı üzerinde “Gaussian” yüksek geçiren filtreleme işlemi uygulanırken, IHS dönüşümünden geçmiş olan Landsat görüntüsünün yoğunluk (I) bileşeni üzerinde “Gaussian” alçak geçiren filtreleme işlemi uygulanır.

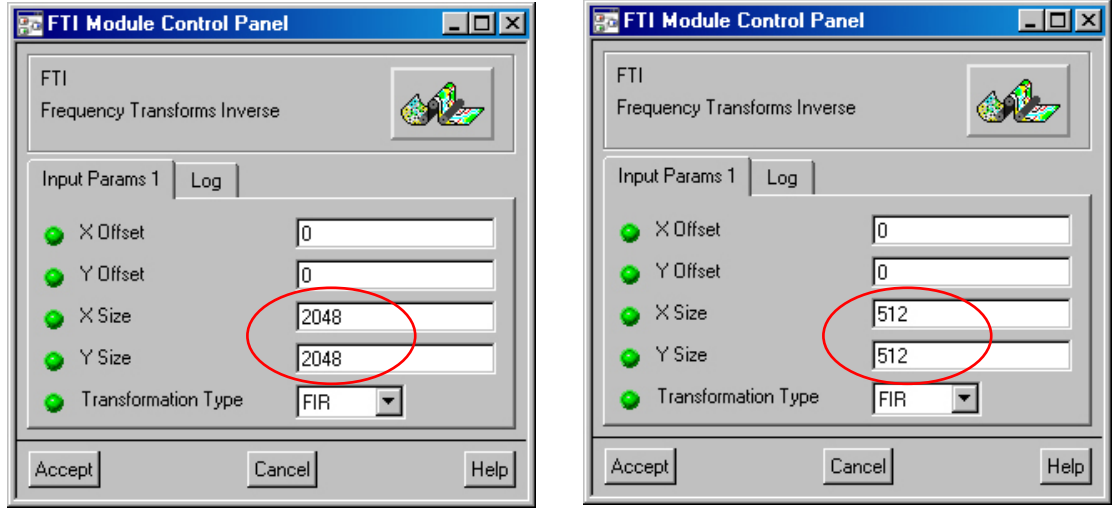


Şekil E1.17 Ehlers Modeli'nin PCI programında oluşturulması



Şekil E1.18 Hava fotoğrafı ve Landsat verilerinin için FFREQ nesnesinin düzenlenmesi

Her iki görüntü için de kesim frekansları (Cutoff Frequency) 0,0001 değerine ayarlanır. Filtreleme işleminde geçen görüntülerin ters Fourier dönüşümleri “FTI” nesnesi yardımıyla sağlanır. Bu nesne yardımıyla frekans ortamında olan görüntülerin ne kadarlık bölümünün yersel koordinatlara çevrileceği “X size” ve “Y size” parametreleri ile ayarlanır(Şekil E1.19).



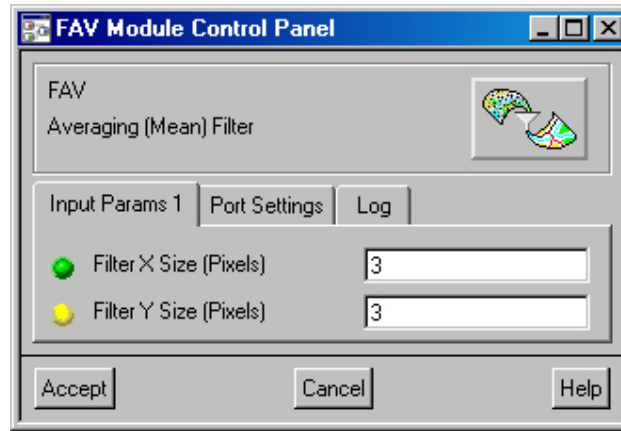
Şekil E1.19 Hava fotoğrafı ve Landsat verilerinin için FTI nesnesinin düzenlenmesi

Alçak ve yüksek geçirgen filtrelerden elde edilen sonuçlar toplanarak “RGB” nesnesine bağlanır. “RGB” nesnesi bu sonucu ve IHS dönüşümünden elde edilen renk

tonu, doygunluk değerlerini kullanarak tekrar renk ortamına geçişi sağlar. Bütün bu işlemler sonucu elde edilen görüntü mekansal olarak detay verisini ve spektral özellikleri doğru bir şekilde barındıran görüntü elde edilir.

E) Keskinleştirilmiş Kenar Verisi Yaklaşımıyla Uydu Görüntüsü ve Hava Fotoğrafının Karılması

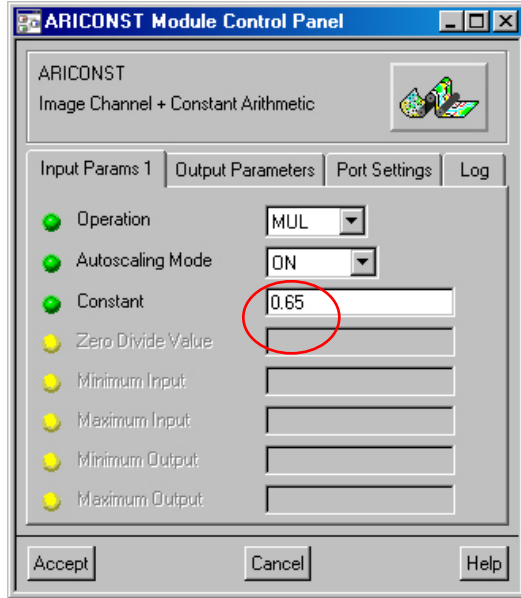
“Modeler” programı çalıştırılarak Şekil E1.22’deki yapı oluşturulur. Bu yapıda önceden karılmış olan görüntü Ek-1A’da anlatılan şekilde IHS ortamına aktarılır. Yine aynı görüntünün her bir bantına alçak geçirgen (Average Filter) bir filtre uygulanır. Bu işlem için program modül kütüphanesindeki “FAV” nesnesi kullanılır(Şekil E1.20). Bu nesne üzerine tıklanılarak her bir banta uygulanılacak olan filtre çekirdeği 3x3 olarak seçilir. Her bir bantta elde edilen alçak frekanslar “ImageSub” nesnesi yardımıyla orjinal görüntüden çıkarılır. Elde edilen farklar yüksek frekanslardır. Bu farklar “ImageSum” nesnesi ile toplanarak güçlendirilir.



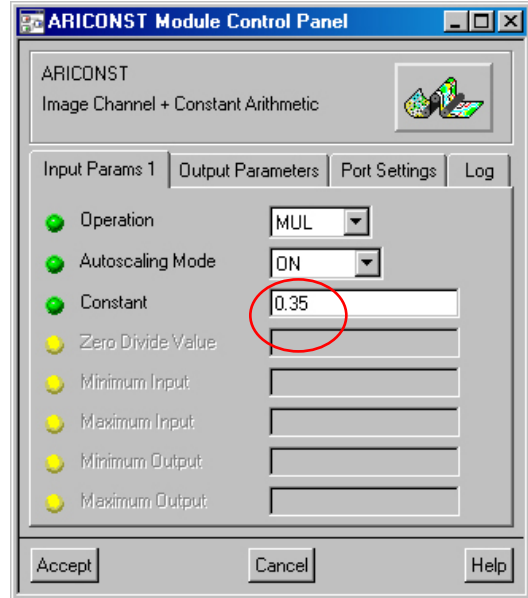
Şekil E1.20 Alçak geçirgen filtre çekirdeğinin seçimi

IHS ortamındaki yansıma şiddeti bileşeni ve her üç banttan elde edilen toplam fark değerler belirli bir oran dahilinde (yüksek frekansların %65’i ve yansıma şiddetinin %35’i) toplanır. Her iki yapıdan gelen oranların oluşturulmasında modül kütüphanesinde bulunan “ARICONST” nesnesi kullanılır. Bu nesne, girişten aldığı bantın parlaklık

değerleri üzerinde belirlenecek olan bir sabit yardımıyla temel aritmetik işlemleri gerçekleştirir (Şekil E1.21). Toplam, yüksek frekanslar için 0,65; önceden karılmış IHS ortamındaki görüntünün yansıma şiddeti değeri için 0,35 seçilir.

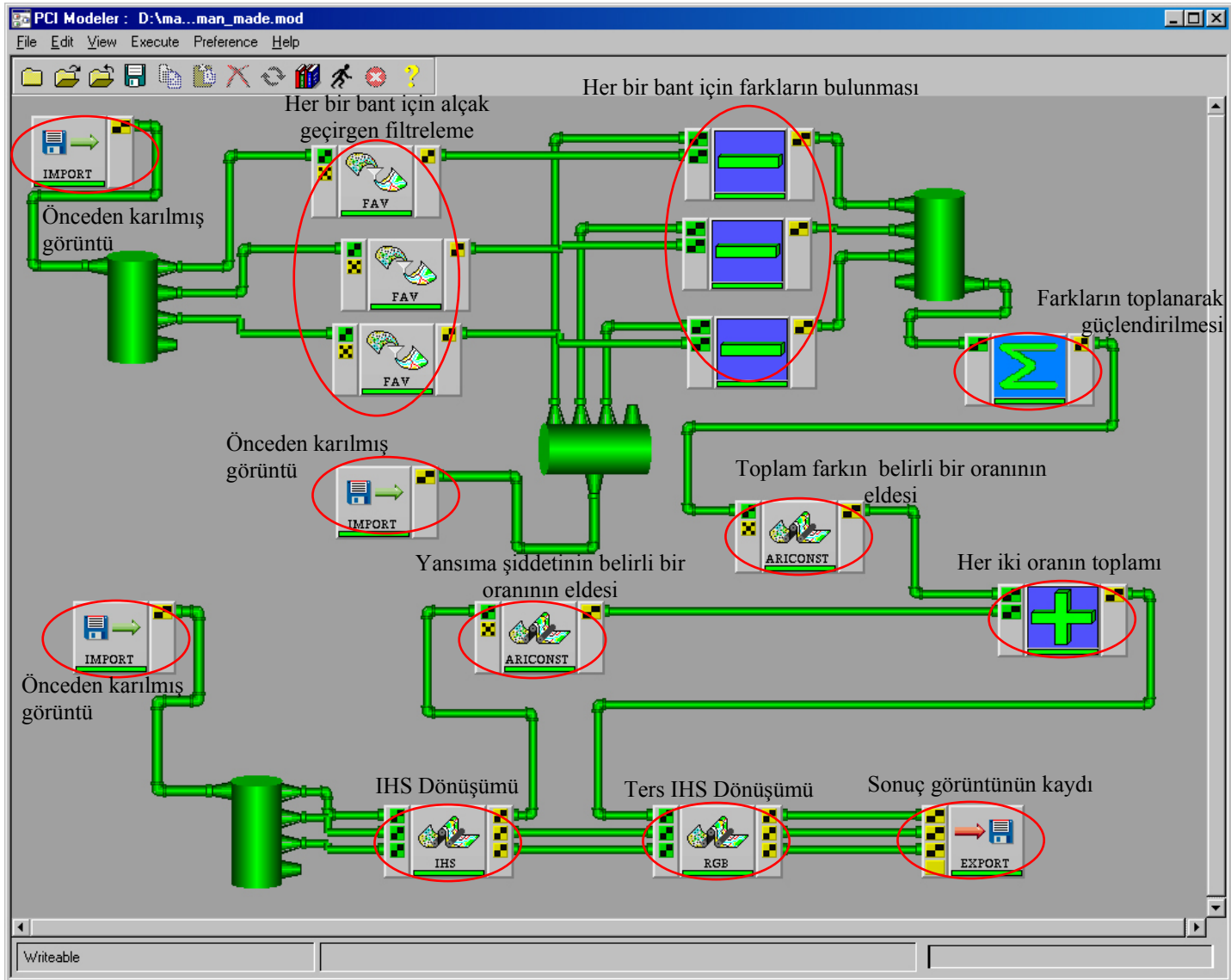


Şekil E1.21a Yüksek frekanslar için katkı değeri



Şekil E1.21b Yansıma şiddeti için katkı değeri

Toplam sonuçları, ters IHS dönüşümü gerçekleştiren “RGB” nesnesinin yansıma şiddeti kanalının (I) girdisi niteliğindedir. Ters dönüşümün ardından oluşan olan görüntü “Export” nesnesi yardımıyla belirlenecek olan bir konuma kaydedilir.



Şekil E1.22 Kekinleştirilmiş kenar verisiyle karma yaklaşımının PCI programındaki yapısı

EK-2

Çeşitli Uzaktan Algılama Uydularının Özellikleri (Yılmaz,2002)

Çiz. E2.1 LANDSAT serisi uyduların teknik özellikleri

SENSÖRLER		LANDSAT 4-5 MSS	LANDSAT 4-5 TM	LANDSAT 7 ETM
MEKANSAL ÇÖZÜMLEME (Spatial Resolution)		Pan: 30 m. MS:79 m.	28.5 m.	PAN: 15 m. MS: 30-60 m.
TAYFSAL ÇÖZÜMLEME(Spectral Resolution)		0.50-1.10	0.45-12.50	0.45-12.50
RADYOMETRİK ÇÖZÜMLEME (Radiometric Resolution)		6 Bit	8 Bit	8 Bit
ZAMANSAL ÇÖZÜMLEME (Temporal Resolution)		16 Gün	16 Gün	16 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ (Swath)		185 x 170 Km.	185 x 170 Km.	185 Km.
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)		900 Km.	705 Km.	705 Km.
BANTLAR	DALGA UZUNLUĞU (μ m)	KULLANIM ALANLARI		
LANDSAT 4-5 MSS				
Bant1: Yeşil	0.50-0.60	Sağlıklı bitkiler ve su havzalarını belirleme		
Bant2: Kırmızı	0.60-0.70	Bitkileri ayırma, toprak ve jeolojik sınırları kararlaştırma		
Bant3: Yakın IR	0.70-0.80	Ürün rekolte tahmini ve toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Bant4:Yakın IR	0.80-1.10	Bitkileri gözleme ve pusa nüfuz etme		
LANDSAT 4-5 TM				
Bant1:Mavi	0.45-0.52	Toprak/bitki ayırımı, Bathmetry/sahil haritacılığı, kültürel / iskan özelliklerini tespit		
Bant2:Yeşil	0.52-0.60	Yeşil bitkileri haritalama ve kültürel / iskan özelliklerini tespit		
Bant3:Kırmızı	0.63-0.69	Bitki türlerini ayırmak ve toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Bant4:Yakın IR	0.76-0.90	Canlı ve sağlıklı bitki miktarı, toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Bant5:Orta IR	1.55-1.75	Bitki ve topraktaki nem, kar, buz ve bulutlu sahaları ayırma		
Bant6:Termal IR	10.40-12.50	Bitki ve sağlıklı ürünleri ayırma, haşarat ilacı uygulama, ısı yoğunluğu ve termal kirlenme		
Bant7:Orta IR	2.08-2.35	Jeolojik kaya tiplerini ve toprak sınırlarını ayırmak, toprak ve bitkilerdeki rutubeti belirlemek		
LANDSAT 7				
Bant1:Mavi	0.45-0.515	Landsat 4 ve 5 kapsamındaki MSS ve TM bandlarının uygulandığı alanlarda kullanılır.		
Bant2:Yeşil	0.525-0.605			
Bant3:Kırmızı	0.63-0.69			
Bant4:Yakın IR	0.75-0.90			
Bant5:Orta IR	1.55-1.75			
Bant6:Termal IR	10.40-12.50			
Bant7:Orta IR	2.08-2.35			
PAN	0.52-0.90			

Çiz. E2.2 SPOT serisi uyduların teknik özellikleri

SENSÖRLER		SPOT PAN	SPOT XS	SPOT 5
MEKANSAL ÇÖZÜMLEME (Spatial Resolution)		10 m.	20 m.	10m. ve 5m.
TAYFSAL ÇÖZÜMLEME(Spectral Resolution)		0.51-0.73	0.50 -0.89	0.50-1.75
RADYOMETRİK ÇÖZÜMLEME (Radiometric Resolution)		8 bit		
ZAMANSAL ÇÖZÜMLEME (Temporal Resolution)		26 gün	26 gün	26 gün
TARAMA GENİŞLİĞİ (Swath)		60 km.	60 km.	60 km.
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)		832 Km.		
BANTLAR	DALGA UZUNLUĞU (µ m)	KULLANIM ALANLARI		
SPOT PAN				
PAN	0.51-0.73	Bitki ve kereste yönetimi, güzergah ve yerleşim analizi, sel ve erozyon analizi/yönetimi, yer altı suları ve havza analizi		
SPOT XS				
Bant1:Yeşil	0.50-0.59	Sağlıklı bitkileri belirleme		
Bant2:Kırmızı	0.61-0.68	Bitki türlerini ayırma, toprak ve jeolojik sınırları nitelendirme		
Bant3:Yakın IR	0.79-0.89	Canlı ve sağlıklı bitki miktarı, toprak / ürün ve arazi / su tasnifi		
SPOT 4				
Bant1:Yeşil	0.50-0.59	Spot kapsamındaki PAN ve XS modları görüntülerinin uygulandığı alanlarda daha hassas olarak kullanılır.		
Bant2:Kırmızı	0.61-0.68			
Bant3:Yakın IR	0.79-0.89			
Bant4:Yakın IR	1.58-1.75			
PAN	0.61-0.68			

Çiz. E2.3 IKONOS uydusunun teknik özellikleri

MEKANSAL ÇÖZÜMLEME (Spatial Resolution)		PANKROMATİK: 1 m., MULTISPEKTRAL: 4 m
TAYFSAL ÇÖZÜMLEME(Spectral Resolution)		0.45-0.90
RADYOMETRİK ÇÖZÜMLEME (Radiometric Resolution)		11 bit
ZAMANSAL ÇÖZÜMLEME (Temporal Resolution)		2.9 gün
TARAMA GENİŞLİĞİ (Swath)		13 km.
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)		681 km.
BANTLAR	DALGA UZUNLUĞU (µ m)	KULLANIM ALANLARI
Bant1:Mavi	0.45-0.52	Landsat, SPOT ve IRS uyduları sensör bandlarının uygulandığı alanlarda kullanılmaktadır.
Bant2:Yeşil	0.52-0.60	
Bant3:Kırmızı	0.63-0.69	
Bant4:Yakın IR	0.76-0.90	
PAN	0.45-0.90	

Çiz. E2.4 IRS 1C uydusunun teknik özellikleri

SENSÖRLER		PAN	LISS-III	WiFS
MEKANSAL ÇÖZÜMLEME (Spatial Resolution)		5.8 m.	23 m. (SW:70 m.)	188 m.
TAYFSAL ÇÖZÜMLEME(Spectral Resolution)		0.50-0.75	0.52-1.70	0.79-0.89
RADYOMETRİK ÇÖZÜMLEME (Radiometric Resolution)		8 bit		
ZAMANSAL ÇÖZÜMLEME (Temporal Resolution)		24 Gün	24 Gün	5 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ (Swath)		70 Km.	142 Km.	774 Km.
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)		Km.		
BANTLAR	DALGA UZUNLUĞU (μ m)	KULLANIM ALANLARI		
PAN				
PAN	0.50-0.75	Ulaşım ağları, büyük gemiler, parklar, açık alanlar ve iskan sahalarının belirlenmesi		
LISS-III				
Band1:Yeşil	0.52-0.59	Landsat ve SPOT uyduları sensör bandlarının uygulandığı alanlarda kullanılır.		
Band2:Kırmızı	0.62-0.68			
Band3:Yakın IR	0.77-0.86			
Band4: Kısa IR	1.55-1.70			
WiFS				
Band1:Kırmızı	0.62-0.68	Landsat ve SPOT uyduları sensör bandlarının uygulandığı alanlarda kullanılır.		
Band2:Yakın IR	0.77-0.86			

ÇİZELGELER

Çizelge No	Çizelge Adı	Sayfa No
Çiz. 3.1	Landsat ETM+ verisinin bantları arasındaki ilişki	41
Çiz. 3.2	Temel bileşenler arasındaki ilişki	42
Çiz. 4.1	Farklı uyduların pankromatik dalga aralığı	66
Çiz. 4.2	Farklı uyduların renkli ve siyah-beyaz algılayıcılarının ayırım güçleri	68
Çiz. 4.3a	Orjinal ve sonuç görüntülerin bantları arasındaki korelasyon değerleri	69
Çiz. 4.3b	Orjinal ve sonuç görüntülerin bantları arasındaki korelasyon değerleri	69
Çiz. 5.1	Farklı karma yöntemlerinin genel değerlendirilmesi	83
Çiz. E2.1	LANDSAT serisi uyduların teknik özellikleri	XIX
Çiz. E2.2	SPOT serisi uyduların teknik özellikleri	XX
Çiz. E2.3	IKONOS uydusunun teknik özellikleri	XX
Çiz. E2.4	IRS 1C uydusunun teknik özellikleri	XXI

ŞEKİLLER

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 2.1	Uzaktan algılama uyduları tarafından gözlemlenen elektromanyetik spektrum	4
Şekil 2.2	Uzaktan algılamada elektromanyetik enerjinin geçirmiş olduğu süreçler.	5
Şekil 2.3	Uydulardaki algılayıcılardan elde edilen görüntülerin sayısal yapısı ve tekrar görüntüye dönüştürülme işlemleri	10
Şekil 2.4	Algılayıcının anlık görüş alanı, IFOV	11
Şekil 2.5a	Çanakkale Kent Merkezi'ne ait renkli Landsat görüntüsü (28,5 m.; 08.08.1999)	12
Şekil 2.5b	Çanakkale Kenti Merkezi'ne ait siyah-beyaz (PAN) Landsat görüntüsü (14,25 m.; 08.08.1999)	12
Şekil 2.5c	Çanakkale Kent Merkezi'ne ait hava fotoğrafı (4 m.)	13
Şekil 2.6	Sullivan Adası'na ait 224 banttıan oluşan tayfsal küp	14
Şekil 2.7a	Landsat 7 uydusunun ETM+ algılayıcısının görünür, yakın kızılötesi ve pankromatik bantlarının dalga boyu aralıkları	15
Şekil 2.7b	SPOT 5 uydusunun tayfsal bantları	15
Şekil 2.8	Radyometrik çözümlenmeleri farklı siyah-beyaz sayısal görüntüler	16
Şekil 2.9	a) Landsat 1987 Çanakkale görüntüsü(yapılaşmadan önce); b) Aster 2001 Çanakkale görüntüsü (yapılaşmadan sonra)	17
Şekil 2.10	a) Geometrik olarak düzeltilmemiş (ASTER 2001); b) Geometrik olarak düzeltilmiş görüntüleri	19
Şekil 2.11	a) Zenginleştirme işleminden önce (Landsat 1999) ; b) Zenginleştirme işleminden sonra	20
Şekil 3.1	Kullanılan sayısal veriler	30

ŞEKİLLER (Devam)

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 3.2	Veri karma işleminde izlenen aşamalar	32
Şekil 3.3	IHS dönüşümü kullanılarak sayısal görüntülerin karılması	33
Şekil 3.4a	Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	34
Şekil 3.4b	Çanakkale yöresinin IHS yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	34
Şekil 3.4c	Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	35
Şekil 3.4d	Çanakkale Kent Merkezinin IHS yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	35
Şekil 3.5	IHS Küresi (I: Yansıma şiddeti; H:Renk tonu; S:Doygunluk)	36
Şekil 3.6	TBD dönüşümü kullanılarak sayısal görüntülerin karılması	39
Şekil 3.7a	Piksellerin A ve B bantındaki dağılımları	40
Şekil 3.7b	Piksellerin temel bileşenler boyunca dağılımı	40
Şekil 3.8	a) Landsat orjinal verisinin bantlarının görünüşleri; b) TBD'den sonra oluşan bileşenlerin görünüşleri	43
Şekil 3.9a	Landsat verisinin görünür bölge bantlarının saçılma diyagramı olarak görünüşleri	44
Şekil 3.9b	Landsat verisinin temel bileşenlerinin saçılma diyagramı olarak görünüşleri	45
Şekil 3.10a	Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	46
Şekil 3.10b	Çanakkale yöresinin TBD yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	46
Şekil 3.10c	Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	47
Şekil 3.10d	Çanakkale Kent Merkezinin TBD yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	47

ŞEKİLLER (Devam)

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 3.11a	Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	49
Şekil 3.11b	Çanakkale yöresinin Brovey yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	49
Şekil 3.11c	Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	50
Şekil 3.11d	Çanakkale Kent Merkezinin Brovey yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	50
Şekil 3.12	Ehlers dönüşüm modeli uygulama adımları(Ehlers,2005)	51
Şekil 3.13a	Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	53
Şekil 3.13b	Çanakkale yöresinin Ehlers Dönüşüm Modeli yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	53
Şekil 3.13c	Çanakkale Kent Merkezinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	54
Şekil 3.13d	Çanakkale Kent Merkezinin Ehlers Dönüşüm Modeli yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	54
Şekil 3.14	Fourier dönüşümü ile zaman ortamından frekans ortamına geçiş	55
Şekil 3.15a	Orjinal hava fotoğrafı	57
Şekil 3.15b	Aynı görüntü FD'den sonra	57
Şekil 3.16a	Şekil 3.15a'daki orjinal görüntü üzerinde yüksek geçirgen filtreleme işleminden sonraki genel görünüm	58
Şekil 3.16b	Şekil 3.16a'nın frekans ortamındaki görünümü	58
Şekil 3.17a	Orjinal hava fotoğrafı (Kent Merkezi)	58
Şekil 3.17b	Yüksek geçirgen filtreleme işleminden sonra (Kent Merkezi)	58

ŞEKİLLER (Devam)

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 3.18a	Şekil 3.15a'daki orjinal görüntü üzerinde alçak geçirgen filtreleme işleminden sonraki genel görünüm	59
Şekil 3.18b	Şekil 3.18a'nın frekans ortamındaki görünümü	59
Şekil 3.19a	Orjinal hava Fotoğrafı (Kent Merkezi)	59
Şekil 3.19b	Alçak geçirgen filtreleme işleminden sonra (Kent Merkezi)	59
Şekil 3.20	Keskinleştirilmiş Kenar Verisi ile Karma yönteminin işlem adımları	61
Şekil 3.21	Her bir banttaki keskin hatların (yüksek frekanslar) toplanmasıyla elde edilen görüntü	62
Şekil 3.22a	Çanakkale yöresinin Landsat görüntüsü (Bant 5-4-3)	63
Şekil 3.22b	Çanakkale yöresinin karılmış görüntüsünün yüksek frekanslar toplamı ile tekrar karılarak zenginleştirilmesi	63
Şekil 3.22c	Çanakkale Kent Merkezinin önceden IHS yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü	64
Şekil 3.22d	Karılmış görüntünün (Şekil 3.22c) yüksek frekanslar toplamı ile tekrar karılarak zenginleştirilmesi	64
Şekil 4.1	a) IHS; b) Brovey; c) Ehlers dönüşümleri yardımıyla belirginleşen Boğaz akıntısı	72
Şekil 4.2	Farklı görüntü karma yöntemleriyle elde edilen sonuç görüntülerde belirginleşen Terzioğlu Yerleşkesi civarındaki yeşil alanlar (Kullanılan banlar: 5-4-3)	73
Şekil 4.3	Farklı görüntü karma yöntemleriyle elde edilen sonuç görüntülerde belirginleşen liman bölgesi (Kullanılan bantlar: 3-2-1)	74

ŞEKİLLER (Devam)

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 4.4	Çanakkale Kent Merkezinin Keskinleştirilmiş Kenar Verisi yöntemiyle karılarak oluşturulmuş detaylı görüntüsü	75
Şekil 4.5a	Kent merkezininin birebir Landsat görüntüsü	76
Şekil 4.5b	Çanakkale Kent Merkezinin IHS yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü	77
Şekil 4.5c	Çanakkale Kent Merkezinin TBD yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü	78
Şekil 4.5d	Çanakkale Kent Merkezinin Brovey yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü	79
Şekil 4.5e	Çanakkale Kent Merkezinin Ehler dönüşüm modeli yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü	80
Şekil 4.5f	Çanakkale Kent Merkezinin Keskinleştirilmiş Kenar Verisi yöntemiyle karılarak oluşturulmuş görüntüsü bire-bir görüntüsü	81
Şekil E1.1	Modeller modülünün PCI Geomatica(a) ve Erdas Imagine programı (b) ana menülerindeki yerleri	I
Şekil E1.2	Modül kütüphanesinde RGB nesnesinin yeri	II
Şekil E1.3	PCI programında IHS ve RGB dönüşümü	III
Şekil E1.4	Landsat görüntüsünün bulunduğu yerin belirtilmesi	IV
Şekil E1.5	Kullanılan modül içerisine import nesnesi ile hava fotoğrafının eklenmesi	IV
Şekil E1.6	Hava fotoğrafının bulunduğu yerin belirtilmesi	V
Şekil E1.7	Sonuç görüntünün konumunun belirtilmesi	V

ŞEKİLLER (Devam)

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil E1.8	IHS ve RGB nesnelere için dönüşüm modellerinin belirtilmesi	V
Şekil E1.9	Spatial Modeler menüsü	VI
Şekil E1.10	Modelin kütüphaneden seçilmesi	VII
Şekil E1.11	TBD modelinin Erdas Imagine programında oluşturulması	VIII
Şekil E1.12a	Landsat görüntüsünün bulunduğu yerin belirtilmesi	IX
Şekil E1.12b	Hava fotoğrafının bulunduğu yerin belirtilmesi	IX
Şekil E1.12c	Sonuç görüntünün konumunun belirtilmesi	X
Şekil E1.13	Modül kütüphanesinde RGBFUS nesnesinin yeri	XI
Şekil E1.14	Brovey Modeli'nin PCI programında oluşturulması	XII
Şekil E1.15	Dönüşümün türü ve örnekleme modunun seçilmesi	XII
Şekil E1.16	Hava fotoğrafı ve Landsat verilerinin için FTF nesnesinin düzenlenmesi	XIII
Şekil E1.17	Ehlers Modeli'nin PCI programında oluşturulması	XIV
Şekil E1.18	Hava fotoğrafı ve Landsat verilerinin için FFREQ nesnesinin düzenlenmesi	XV
Şekil E1.19	Hava fotoğrafı ve Landsat verilerinin için FTI nesnesinin düzenlenmesi	XV
Şekil E1.20	Alçak geçirgen filtre çekirdeğinin seçimi	XVI
Şekil E1.21a	Yüksek frekanslar için katkı değeri	XVII
Şekil E1.21b	Yansıma şiddeti için katkı değeri	XVII
Şekil E1.22	Kekinleştirilmiş kenar verisiyle karma yaklaşımının PCI programındaki yapısı	XVIII

YAŞAM ÖYKÜSÜ

Adı ve Soyadı : Bora UĞURLU

Doğum Tarihi : 03.05.1980

Doğum Yeri : Antalya

Adres: İsmetpaşa mah. Kayaalp cad. Osman Şahin Apt. No:9/8 17100 ÇANAKKALE

Eğitim Durumu:

1986-1991 Mehmet Akif Ersoy İlkokulu, Antalya

1991-1994 Faruk Tugayoğlu Ortaokulu, Antalya

1994-1998 Anadolu Meslek Lisesi, Antalya

1998-2002 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim
Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri
Eğitimi Bölümü (Lisans), Çanakkale

Mesleki Deneyim :

2002- Araştırma Görevlisi, Çanakkale Onsekiz Mart
Üniversitesi Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve
Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü