

**UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLEN
ÇİZGİSELLİKLER VE FLUVİYAL YAPILAR İLE
NEOTEKTONİĞİN ARAŞTIRILMASI**

Fırat OLCA Y
Yüksek Lisans Tezi

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim
Dalı

Haziran-2015

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Fırat Olcay'ın "Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Çizgisellikler ve Fluviyal Yapılar ile Neotektoniğin Araştırılması" başlıklı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 17.06.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye	: Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU
Üye (Tez Danışmanı)	: Yrd. Doç. Dr. Emrah PEKKAN
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Uğur AVDAN

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLEN ÇİZGİSELLİKLER VE FLUVİYAL YAPILAR İLE NEOTEKTONİĞİN ARAŞTIRILMASI

Fırat OLCAY

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emrah Pekkan
2015, 93 Sayfa

Neotektonizma, yer kabuğunun deformasyonları ve hareketini sağlayan Pliyosen ve sonrası meydana gelen jeolojik ve jeomorfolojik süreçleri inceleyen bir tektonizma alt disiplini. Aktif tektonizma olarak da nitelendirilebilen neotektonizma, kalıcı topoğrafyadaki aktif rolü ile jeolojik süreçleri anlamak ve öngörebilmek adına çalışılması gereken bir alandır. Çalışmada uydu görüntülerinden elde edilen çizgisellikler ile uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilmiş sayısal yükseklik modeli kullanılarak çıkartılan fluviyal yapıların tektonizma ile ilişkisi incelenmiştir. Çizgisellikler, jeomorfolojik olarak haritalanabilen lineer yüzey özelliklerinin birbirleri ile kurduğu topolojik ilişkinin ortaya çıkartılması olarak tanımlanmaktadır. Vadiler, sırtlar, litolojik sınırlar, drenaj ağları ve kırılma zonları gibi yüzey yapıları çizgisellikler olarak nitelendirilebilmektedir. Çizgisellik çıkarımı mevcut yapıların bölgedeki genel tektonik yöneliminin belirlenmesi için uygulanan en yaygın yöntemlerden birisidir. Bir başka çizgisel yapı olarak değerlendirilebilecek drenaj ağları, bölgedeki yapısal ve litolojik değişimler hakkında bilgi veren karakteristik unsurlar olarak tanımlanır. Bu değişimler, akarsu gelişimini sürdürürken yapısal özelliklerine eklenen izler olarak gözlemlenir. Drenaj anomalileri olarak da nitelendirilebilecek bu süreksizlikler, uzaktan algılama ve konumsal analizler kullanılarak drenaj sisteminin analiz edilmesi ile saptanabilir. Çalışmada, seçilen bölgelerden elde edilen çizgisellik ve drenaj sistemleri arasındaki ilişkinin bölgenin neotektonik rejimini açıklamak için bir gösterge olduğu düşünülerek, yapıların birincil ve ikincil gerilme eksenlerinin yönelimleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırılma, gül diyagramları üzerinden yapılarak, göstergeleri uzaktan algılama verisinin üzerine yansıtılmıştır. Çalışma, bu bilgiler ile çizgisellikler ve drenaj ağlarının uzaktan algılama yöntemleri ile incelenerek neotektonizmanın araştırılmasını önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Çizgisellikler, Drenaj Anomalileri, Neotektonik, Görüntü İşleme

ABSTRACT

Master of Science Thesis

INVESTIGATION OF NEOTECTONICS WITH LINEAMENTS AND FLUVIAL STRUCTURES EXTRACTED FROM SATELLITE IMAGES

Fırat OLCAY

Anadolu University

Graduate School of Sciences

Remote Sensing and Geographical Information Systems Program

Supervisor: Assistant Prof. Dr. Emrah Pekkan

2015, 93 pages

Neotectonics is a sub-discipline studying geological and geomorphological processes that provide movement and deformation of Earth's crust occurring in Pliocene Epoch to present. Neotectonics, or active tectonics in some cases, is an imperative field of study for understanding and predicting geological processes with an essential role in contemporary topography. In this study, the relationship between two morphologic features, extracted lineaments from satellite imagery and digital elevation model from remotely sensed data were studied in order to understand the tectonic regime. Lineament extraction can be defined as revealing the topology between mappable geomorphological linear surface structures. Surface features like valleys, ridges, lithological boundaries, drainage networks and fault zones could be described as lineaments. Lineament extraction for existing structures is one of the common methods used to determine tectonic trends. Fluvial structures can be considered linear structures, defined as an element providing unique information about structural and lithological changes in the region. These changes could be observed as structural discontinuity traces integrated during evolution of these features. Discontinuities, in other words drainage anomalies, can be determined by analyzing drainage systems using remote sensing techniques and spatial analyses. In this study, tendencies of the primary and secondary stress axes of the features were compared based on the assumption that the information about the relationship between the lineaments and drainage systems of the chosen regions is an indicator to interpret the region's neotectonic regime. This comparison was carried out with rose diagrams, which overlaid on remotely sensed imagery. With this information, this study aims at investigating neotectonics by revealing the relationship between lineaments and drainage anomalies extracted with remote sensing and spatial detection techniques.

Keywords: Remote Sensing, Lineaments, Drainage Anomalies, Neotectonics, Image Processing

TEŞEKKÜRLER

Anadolu Üniversitesi Uzaktan Algılama Anabilim Dalı'nda bulunduğum süre boyunca, bana yardımlarını esirgemeyen, sabrı asla tükenmeyen ve bilginin değerini tekrar anlamama vesile olan sevgili hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Emrah PEKKAN'a,

Uzaktan algılama ile beni tanıştıran ve lisans dönemi boyunca öğrettikleri ve perspektifi ile jeoloji bilimini sevdiren sevgili hocam Prof. Dr. Tekin YÜRÜR'e,

Anadolu, ODTÜ, Hacettepe Üniversiteleri ve WorldCat çevrimiçi kütüphanelerinin kaynak imkanlarına,

Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü çalışanlarına,

Hayatım boyunca beni bilginin, erdemin, hoşgörünün değerleri ile tanıştırmış ve tanıştırmaya devam eden, sevgili babam Necip Erol OLCAY ile sevgili annem Nilgün OLCAY'a,

Yer bilimleri ve jeolojinin etkileyiciliğinden heyecanlanarak günler geceler boyu anlattıklarım ve tartıştıklarımız ile başlarını şişirdiğim sevgili arkadaşlarıma,

Çalışma süresi boyunca, yanımda olan ve güler yüzünü eksik etmeyen, konuşmaya bayıldığım, çok sevdiğim tüm insanlara,

En derin saygılarım, en güzel dileklerim ve en kalpten sevgilerimle;

Fırat OLCAY

Haziran 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	İ
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. AMAÇ VE MOTİVASYON	3
3. LİTERATÜR	6
3.1 Türkiye'nin Tektonik Geçmişi	6
3.2 Uzaktan Algılama ile Çizgisellik Saptama ve Tektonizma Çalışmaları ...	7
3.3 Diğer Literatür Çalışmaları	10
4. YÖNTEM	12
4.1 Çizgisellik Tanımlaması	12
4.2 Drenaj Tanımlaması	16
4.3 Neotektonizma ve Yapısal İlişkiler	17
4.4 Yapısal Elipsler ve Tektonik İlişkiler	20
5. VERİLER	26
5.1 Uydu Görüntüleri	27
5.2 Sayısal Yükseklik Modeli	31
5.3 Çizgisellik Çıkarımı	32
5.4 Drenaj Sistemlerinin Çıkarımı	33
5.5 Drenaj ve Çizgisellik ilişkisi	37
5.5.1 Beklenen gül diyagramları	37
6. VARSAYIMLAR	40
7. ÇALIŞMA ALANLARI	42
7.1 Test alanı 1	42

7.1.1 Değerlendirme	50
7.2 Test alanı 2	54
7.2.1 Değerlendirme	61
7.3 Test alanı 3	64
7.3.1 Değerlendirme	71
7.4 Test alanı 4	74
7.4.1 Değerlendirme	81
8. BULGULAR	84
9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	87
KAYNAKLAR	89
TERİMLER DİZİNİ	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

3.1. Türkiye tektonik birlikleri, (Ketin, 1966'dan renklendirilerek sadeleştirilmiştir).....	6
3.2. Ana Neotektonik Yapıları Gösterir Türkiye'nin Basitleştirilmiş Tektonik Haritası (Şengör ve ark. 1985 ve Bozkurt, 2001'tan değiştirilerek).....	7
4.1. Karar verme prosedürü olarak çizgisellik sınıflama diyagramı (Ustaszewski, M. 2007'den esinlenilerek).....	14
4.2. NDWI indeksi uygulanmış görüntüden örnek: Gerçek Renk (Sol), NDWI (Sağ) ..	15
4.3. Temel drenaj desenleri sınıflamaları (Bloom, 1991'den kısaltarak)	16
4.4. Wallace Irmağı'nın aktif tektonik etkilerle ötelenmesini gösterir illüstrasyon, ardışık sayılar kronolojik sıralamayı göstermektedir (Sieh, K.E. ve Jahns, R.H. 1984; Keller, E. ve Pinter, N. 1996'dan sadeleştirilerek)	19
4.5. Büyüksu Nehri'nde Bürnük Fayı'nın neden olduğu öteleme örneği, Seyitoğlu ve ark. 2015'den alınmıştır).....	20
4.6. Üç fay tipi için gerilme projeksiyonları; Normal Fay (Sol), Ters/Bindirme Fayı (Orta), Doğrultu atımlı fay (Sağ) σ_1 , σ_2 , σ_3 sırasıyla büyükten küçüğe değişen gerilmeleri ifade etmektedir (Moores ve Twiss, 1995'den esinlenerek)	21
4.7. Faylanma çeşitlerine göre gerilme yönleri (Anderson, 1951; Hills, 1963; Ketin, 1972'den alınmıştır).....	21
4.8. Normal ve Ters Fay sistemlerindeki mekanik ilişkileri gösteren diyagram, R: Sintetik kırık, R ¹ : Antitetik kırık (Dirik, 2011' den esinlenilerek).....	22
4.9. Doğrultu Atımlı Fay sistemlerindeki mekanik ilişkileri gösteren yamulma elipsi, Y: Doğrultu atımlı rejime bağlı ilerleyen kırık, R: Sintetik kırık, R ¹ : Antitetik kırığı; P: Sintetik olarak gelişen ve R kırığına simetrik gelişen kırıklar (Wilcox ve ark. 1973'ten esinlenerek).....	23
4.10. Doğrultu atımlı fay zonunda görülen R ve R ¹ kırıklarının teorik dağılımlarını gösterir illüstrasyon (Swanson, 2006'dan esinlenilerek)	24

4.11. Wilcox ve ark. (1973) tarafından yapılmış sağ yönlü faylarda görülen kırık sistemleri (Görüntülerdeki A,B ve C gelişimin ilerleyişini göstermektedir)	25
5.1. Landsat 8 OLI spektral reflektans grafiği (Rocchio ve Barsi, 2013' den)	28
5.2. Test alanı 1'in mozaikleme işlemi sonuç görüntüsü (Üst şekildeki sarı çizgi mozaikleme sınırını göstermektedir).....	30
5.3. Test alanı 3'ün mozaikleme işlemi sonuç görüntüsü (Sol şekildeki sarı çizgi mozaikleme sınırını göstermektedir).....	30
5.4 Test alanı 1'in mozaikleme işlemi sonucu sayısal yükseklik modeli görüntüsü.....	31
5.5. Drenaj çıkarımı için kullanılan akış şeması (Jenson ve Domingue, 1988'den esinlenilerek)	36
5.6. Beklenen gül diyagramları ve yapısal elipsler arasındaki ilişkiler (Özgün), Doğrultu atımlı tektonik rejimi belirten ilişki ve yamulma elipsi (Üst), Açılma tektonik rejimi belirten ilişki ve gerilme diyagramı (Orta), Sıkışma tektonik rejimini belirten ilişki ve gerilme diyagramı (Alt).....	39
7.1. Çalışma alanları, Test alanı 1 (KAFZ'nun batısı), Test alanı 2 (KAFZ'nun doğusu) Test alanı 3 (Menderes Grabeni ile Gediz Grabeni'nin doğusu), Test alanı 4 (EFZ üzeri)	42
7.2. Test alanı 1'e ait yer bulduru haritası.....	44
7.3. Test alanı 1'e ait RGB uydu görüntüsü.....	45
7.4. Test alanı 1'e ait SWIR, 5. Bant görüntüsü	46
7.5. Test alanı 1'e ait sayısal yükseklik modeli	47
7.6. Test alanı 1'e ait çizgisellikleri gösterir harita	48
7.7. Test alanı 1'e ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir	49
7.8. Test alanı 1 için bölünmüş paftaları gösterir harita	50
7.9. Pafta numaraları ve çalışma alanındaki lokasyonlarına göre çizgisellikler (Sol) ve drenaj sistemlerine (Sağ) ait gül diyagramlarını gösterir diyagram.....	51

7.10. Test alanı 1 dahilindeki 4 paftanın yamulma elipslerinin doğrultuları (Orta), çizgiselliklerin (Sol) ve drenaj sistemlerinin (Sağ) gül diyagramlarını gösterir harita (Almacık Bloğu “Seyitoğlu, (2000)”den, mekanizmalar “Hitchcock ve ark., (2003)”den esinlenerek).....	53
7.11. Test alanı 2’ye ait yer bulduru haritası	55
7.12. Test alanı 2’ye ait RGB uydu görüntüsü	56
7.13. Test alanı 2’ye ait SWIR, 5. Bant görüntüsü.....	57
7.14. Test alanı 2’ye ait sayısal yükseklik modeli.....	58
7.15. Test alanı 2’ye ait çizgisellikleri gösterir harita	59
7.16. Test alanı 2’ye ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir	60
7.17. Test alanı 2’ye ait çizgiselliklerin yönelimini gösteren gül diyagramı	61
7.18. Test alanı 2’ye ait drenaj sistemlerinin yönelimini gösteren gül diyagramı.....	62
7.19. Test alanı 2 için çizgisellikler ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları ile yamulma elipsini gösterir harita (KAFZ’yi temsilen).....	63
7.20. Test alanı 3’e ait yer bulduru haritası	65
7.21. Test alanı 3’e ait RGB uydu görüntüsü	66
7.22. Test alanı 3’e ait SWIR, 5. Bant görüntüsü.....	67
7.23. Test alanı 3’e ait sayısal yükseklik modeli.....	68
7.24. Test alanı 3’e ait çizgisellikleri gösterir harita	69
7.25. Test alanı 3’e ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir	70
7.26. Test alanı 3’e ait çizgiselliklerin yönelimini gösteren gül diyagramı	71
7.27. Test alanı 3’e ait drenaj sistemlerinin yönelimini gösteren gül diyagramı.....	72
7.28. Test alanı 3’e ait Horst-Graben yapısını gösterir kesit.....	73

7.29. Test alanı 4'e ait yer bulduru haritası	75
7.30. Test alanı 4'e ait RGB uydu görüntüsü	76
7.31. Test alanı 4'e ait SWIR, 5. Bant görüntüsü	77
7.32. Test alanı 4'e ait sayısal yükseklik modeli	78
7.33. Test alanı 4'e ait çizgisellikleri gösterir harita	79
7.34. Test alanı 4'e ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir	80
7.35. Test alanı 4'e ait çizgiselliklerin yönelimini gösteren gül diyagramı	81
7.36. Test alanı 4'e ait drenaj sistemlerinin yönelimini gösteren gül diyagramı.....	82
7.37. Test alanı 4'e ait çizgisellikler ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları ile yamulma elipsini gösterir harita (Altunel ve Barka, 1998; Ocakoğlu, 2007; Emre ve ark. 2011a; Seyitoğlu ve ark. 2015b'den esinlenilerek)	83
8.1. Test alanı 1 için çizgisellikler, drenaj sistemleri, yamulma elipslerinin birlikte gösterimi.....	85
8.2. Test alanları 2,3 ve 4 için çizgisellikler, drenaj sistemleri, yamulma elipsleri ve gerilme diyagramının birlikte gösterimi	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

5.1. Test alanları için kullanılan Landsat 8 OLI uydu görüntüleri bilgileri.....	26
5.2. Test alanları için kullanılan ASTER algılayıcısından elde edilmiş DEM verisi bilgileri	26
5.3. Landsat 8 OLI algılayıcısının bant tipleri ve spektral aralıkları	28
5.4. LINE algoritmasında kullanılan parametreler	33

KISALTMALAR DİZİNİ

ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission
CR	: Cirrus (Sirüs)
DAFZ (EAFZ)	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
EASI/PACE	: Engineering Analysis and Scientific Interface
EFZ	: Eskişehir Fay Zonu
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper Plus
FCC	: False Colour Composite
GPS	: Global Positioning System
KAFZ (NAFZ)	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
LLR	: Lunar Laser Ranging
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NDWI	: Normalized Difference Water Index
OLI	: Operational Land Imager
PAN	: Panchromatic (Pankromatik)
PCA	: Principal Component Analysis
SLR	: Satellite Laser Ranging
SWIR	: Short Wave Infrared
TIR	: Thermal Infrared
TIRS	: Thermal Infrared Sensor
TM	: Thematic Mapper
USGS	: United States Geological Survey
UTM	: Universal Transverse Mercator
V	: Visible (Görünür)
VLBI	: Very Long Baseline Interferometry
WGS84	: World Geodetic System 1984

1. GİRİŞ

Tektonizma, Latince *tectonicus*, gezegen kabuğunun gelişimi ile ilişkili olgulara verilen bir isim olarak tanımlanmıştır. Kabuğun deforme olması ile ilgili her süreç, yapı ve yüzey şekilleri ile ilgilenen bu bilim alanı, küresel olarak kıta ve okyanus basenleri, bölgesel olarak yükselme alçalma mekanizmaları, yerel olarak kıvrımlar, faylar ve jeomorfolojik yapılar ile ilgilenmektedir.

Aktif tektonizma terimi bu anlamda güncel olarak devam eden tektonik mekanizmaları tanımlamak için kullanılsa da, jeolojik zaman belirteci olarak güncel kavramını, içinde olduğumuz yaş sistemi olarak değerlendirmek gerekmektedir. Bu anlamda tektonizmanın inceleneceği zaman aralığı, incelenen sürecin özelliği ile doğrudan ilişkilidir. Bölgesel tektonik mekanizmalar için sistem zaman aralığı kullanılırken, yerel tektonizmada seri zaman aralığında inceleme yapılmaktadır.

Bir tektonizma alt disiplini olan neotektonik, bir bölgenin tektonik rejimini araştırırken kullanılan bir zaman aralığıdır. Jeolojik evrimin herhangi bir zamanında başlayarak, niteliğini ve karakteristiğini değiştirmeden günümüz olarak nitelediğimiz Holosen serisinde de devam etmekte olan tektonik rejimler olarak ifade edilen bu kavram, geniş bir tektonik sınıflama yelpazesine sahiptir. Bölgenin coğrafi karakteristiğini şekillendirme konusunda oldukça yetkin olan bu içsel mekanizmalar, yer kabuğunda meydana gelen ve jeomorfolojik olarak anlamlı yükselme, alçalma ve ötelenme denilen göreceli hareketler ile gözlemlenmektedir.

Türkiye gibi, özellikle tektonizmanın böylesine etkin, bölgesel olarak özgün tektonik değerlere sahip bir coğrafyada, bu hareketlerin doğru ve evirgen olarak belirlenmesi oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Bölgenin tektonik olarak bu kadar aktif olması, beraberinde depremselliğinin de aktif olmasını getirmektedir. Sismik hareketlerin ölçülmesi, yer kabuğunun yapısı ve hareketlerinin araştırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Son zamanlarda uzaktan algılama, *Global Positioning System (GPS)*, *Satellite Laser Ranging (SLR)* ve *Very Long Baseline Interferometry (VLBI)* gibi sayısal yöntemler, tektonizma ve yerbilimleri araştırmaları ve uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama yöntemleri kullanarak yapılan tektonizma çalışmaları, uydu teknolojisi gelişmeden önce hava fotoğrafları yardımı ile manuel gözlem teknikleri kullanılarak yapılmaktaydı. Neotektonizmanın fluviyal yapılarda meydana getirdiği deformasyonların saptanması, bu yapıların jeolojik etkilerle aldıkları form ve drenaj desenleri üzerine yoğunlaşarak, belirli fotojeolojik yöntemler yardımı ile uygulanan örnekler bulunmaktadır. Drenaj desenlerinin bölgesel tektonik gelişim ve morfolojik yapılarından oldukça kolay etkilendiği düşünülerek yapılan bu çalışmalar, çoğu yer ölçümünden daha farklı bir perspektif sunmaktadır. “Henderson (1960)” Afrika’da yaptığı bir fotojeoloji çalışmasında, tektonizmanın drenaj desenlerinin üzerinde bıraktığı izleri takip etmiş ve tektonizmanın bıraktığı kıtasal izleri incelemiştir.

Uzaktan algılama sistemlerinin gelişimi ile sayısal yükseklik haritaları, aktif ve pasif ölçüm sistemleri ortaya çıkmış, bu sistemler daha yüksek doğruluk, konumsal ve spektral çözünürlüklerini yükselterek bu çalışmalara verdikleri desteği arttırmışlardır. Bu anlamda yapılan çalışmalar daha etkili ve geçerli olmuştur. Ovalar, sırtlar, faylar gibi morfolojik unsurların şüphesiz ki, yerinde gözlemlenmesi oldukça önemlidir; ancak arazide daha detaylı olarak incelenmesinden önce uzaktan algılama yöntemleri ile ön çalışma yapılması çalışmalara ışık tutmakta ve kolaylık sağlamaktadır.

2. AMAÇ VE MOTİVASYON

Bir deprem ülkesi olan Türkiye'nin, neotektonik gelişiminin belirlenmesi fay hatlarının hareketlerinin yorumlanması adına son derece gereklidir. Tektonik hareketler, yeryüzünde çeşitli süreksizliklere sebep olmaktadır. Bu süreksizliklerin incelenerek doğru yorumlanması, bölgenin içsel hareketlerinin doğru saptanması anlamına gelmektedir. Neotektonizmanın belirlenmesi için farklı yöntemler olsa da, drenaj sistemleri ve yüzey kırıkları arasında ilişki bu sistemleri anlama yöntemlerinden birisidir.

Sıkışma, açılma ve doğrultu atımlı olarak gruplandırılan tektonik rejimler, yerkabuğunda kıvrımlanmalara, kırılmalara ve fay sistemlerine sebep olmaktadır. Mantoda meydana gelen konveksiyonel akımlar sayesinde meydana gelen tektonik hareketler, litosferde son derece büyük miktarda enerji değişimlerine sebep olabilmektedirler. Bu enerji değişimlerinin meydana getirdiği gerilmelere kuvvetlerine kayalar farklı deformasyon tipleri gösterirler. Kayacın elastisitesine ve maruz kaldığı gerilme büyüklüğüne göre değişen deformasyonlar, bazı kayalarda kıvrımlanmalara yol açarken bazı kayalarda da kırılmalar meydana getirmektedir. Bazı durumlarda, fay olarak isimlendirilen sistemli kırıkların üzerinde gerilmeye bağlı biriken yamulma enerjisinin aniden boşalması bu sistemleri aktifleştirerek sismik dalgalara sebep olur. Bu olaya deprem denilmektedir. Bu sebeple, bir bölgenin depremselliğinin araştırılması için, o bölgenin tektonizmasının belirlenmesi ve doğru yorumlanması gereklidir.

Drenaj desenleri, yeraltında devam etmekte olan içsel hareketlerin en hassas göstergelerinden birisidir. Tektonik hareketler de drenaj desenlerini şekillendiren faktörlerden bir tanesidir. Kaya türü, gravitasyonel gradyan gibi başka faktörlerden etkilense de, bölgenin tektonizması hakkında hatırı sayılır bilgiler sunabilmektedirler. Tektonik aktivitenin yoğun ve hızlı olduğu bölgelerde, neotektonizma doğrudan bu bilgiler ışığında incelenebilmekte ve bölgeye ait sismik aktivite belirlenebilmektedir.

Neotektonik rejimleri temsil eden deformasyon izlerinin bulunması ve ölçülmesi sırasında, ortamın morfolojik özelliklerinden dolayı karmaşık deformasyonlar da oluşabilir. Ölçüm geleneksel yöntemlere göre arazide yapıldığında, birçok düzensiz ve ilgisiz deformasyon izleri de ölçülebilmektedir. Bu gibi durumlar, arazide yapılan ikincil ve/veya karmaşık neotektonik izlerin ana rejim izlerinden ayrılmasını tecrübeli jeologlar

için dahi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle arazi jeologları, yaptıkları ön çalışma ile belirledikleri tektonik model üzerinden araziden aldıkları ölçümlerin uyumlarını değerlendirerek çalışmalarını geliştirirler. Bu çalışma sistemi, küçük alanlardaki uygulamalar için uygun olarak görülebilir. Ancak daha geniş alanları kapsayan çalışmalar için oldukça zor, zahmetli ve vakit alıcıdır. Kıtasal levha hareketlerinin bilgisi olmaksızın, geniş alanlarda yapılan neotektonik çalışmalar eksik kalacaktır. Bu ilişki, karşılıklı bir sistematik kullanılarak incelenmekte ve geniş alanları etkileyen gerilme ve deformasyon ilişkilerinin, bölgede gelişen tektonizma hakkında bilgi verdiği düşünülmektedir. Geniş alanlar ile ifade edilen bölgelerde bu sorunun yaşanmaması için, ikincil veya kaotik/karmaşık deformasyonların sistematik bir şekilde elenmesi ana tektonik rejimin doğru bir şekilde belirlenmesi için gereklidir.

Bu anlamda, tektonizma çalışma tekniklerinden GPS, SLR ve VLBI'nın daha küçük hareketleri algılayabilmesi mikro tektonizma çalışmaları için oldukça büyük bir avantaj olsa da, bu sistemlerin kurulumu oldukça pahalı ve zahmetli olmaktadır.

Bahsedilen sistemlere nazaran, sayısal yükseklik modelleri verileri ve pasif uzaktan algılama yöntemleri kullanarak oluşturulan haritalar üzerinden yapılan neotektonizma yorumlama çalışmaları, morfolojik unsurların belirlenerek ayırt edilmesi ile gerçekleşmektedir. Morfolojik yapıların uzaktan algılama ile incelenmesi, araştırma bölgesinin daralabilmesine, ölçüm aralığının sıklaşmasına ve başka çalışmalarda kullanılacak morfometrik indislerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen sayısal yükseklik modeli kullanılarak fluviyal yapıların belirlenerek drenaj desenlerinin saptanması, uydu görüntülerinden çizgisellik saptamaları bu çalışmalara örnekler olarak düşünülmektedir.

“GİRİŞ” bölümünde de bahsedilen diğer yöntemlere nazaran, uzaktan algılama yöntemlerinin belirgin avantajları bulunmaktadır. Verilerin kolay ve hızlı edinilebilmesi, zamansal sıklığının oldukça yüksek olması ve çalışılması için dizüstü bir bilgisayarın dahi yeterli olabilmesi bu avantajlardan birkaç tanesidir. Bunlarla birlikte, bölgesel ve kıtasal tektonizmayı araştırırken incelenen unsurların zamansal ölçümleri yapılamadığı için bir arazi çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmalarda incelenen tektonik rejim izlerinin, arazilerdeki genç morfolojik yapılardan seçilmesi ve çizgiselliklerin

ilişkilendirildiği drenaj sistemlerinin güncel olması sebebiyle paleotektonik rejimleri ifade eden unsurlar dikkate alınmamaktadır.

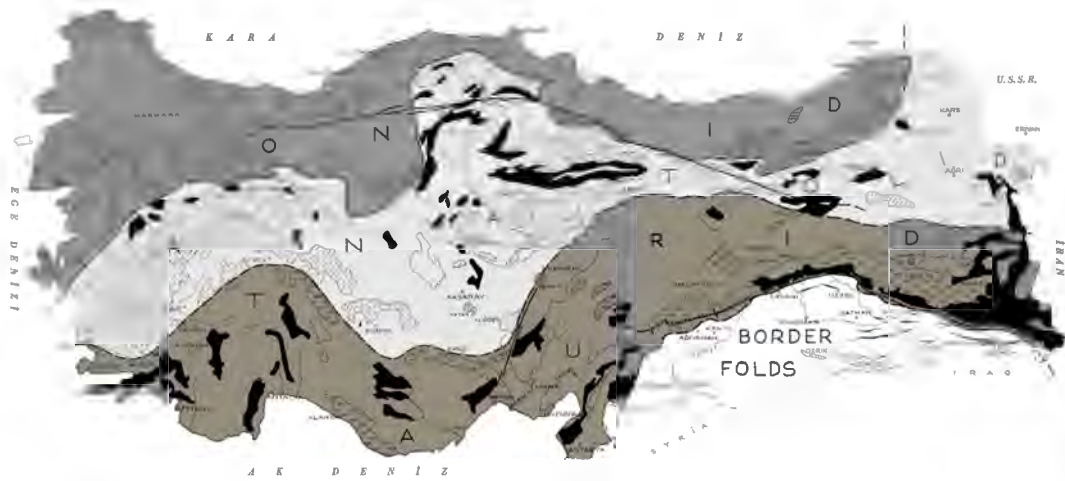
Bu tez çalışmasında, tektonik etkiyi belirlemek adına uzaktan algılama teknolojisi ve yöntemleri kullanarak elde edilen drenaj desenlerindeki izleri uydu görüntülerinden elde edilen çizgisellikler yardımı ile saptayarak çalışma alanlarındaki neotektonik rejim hakkında bilgi edinme amaçlanmıştır.

3. LİTERATÜR

3.1 Türkiye'nin Tektonik Geçmişi

Türkiye, jeolojik hareketlerin muazzam çeşitlilik gösterdiği, *Alp-Himalaya Kıvrım Kuşağı* olarak bilinen tektonik kuşağın ortalarında ve deformasyon seviyesi oldukça yüksek bir bölgede bulunmaktadır.

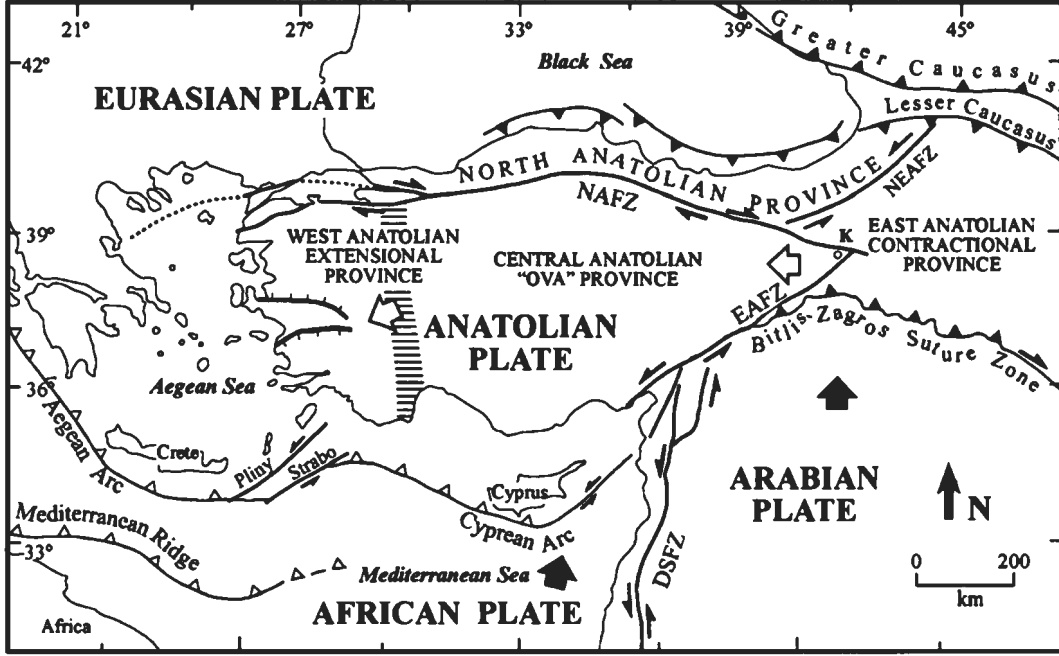
Tektonik sınıflaması deformasyon yaşları temel alınarak yapılan bu coğrafya üç ana tektonik kuşak ile sınıflandırılmıştır (Ketin, 1966). Kuzeyde Geç Paleozoik, Geç Triyas ve Orta Jura yaşlı Pontid Kuşağı sıkışma rejimi olarak tanımlanır. Orta Anadolu'da Anatolid Kuşağı Kretase dönemindeki orojenez ve Eosen sonrası Torid Kuşağı'na olan etkisi ile karakteristiktir. Güneyde Torid Kuşağı ise, en şiddetli aktivitesini Geç Eosen-Erken Oligosen döneminde geçirmiş ve Miyosen döneminde büyük ölçüde evrimini tamamlamıştır (Şekil 3.1). Bu anlamda Türkiye'nin tektonik evrimi, kuzeyden güneye bir şekilde yavaş yavaş ilerlemiştir (Ketin, 1966; Şengör ve Yılmaz, 1981).



Şekil 3.1. Türkiye tektonik birlikleri, (Ketin, 1966'dan renklendirilerek sadeleştirilmiştir)

Bölgenin aktif tektonizması ise, kuzeyde sağ yanal atımlı bir fay zonu olan *Kuzey Anadolu Fay Zonu* (KAFZ) ve doğuda sol yanal atımlı bir fay zonu olan *Doğu Anadolu Fay Zonu* (DAFZ) karakteristikleri ile batıda Ege Yayı'na ilerleyen Anadolu Plakası ile şekillenmektedir. Arap Plakası'nın Geç Neojen'den beri devam eden Bitlis-Zagros Sütür Zonu boyunca olan çarpışma hareketinin bu tektonik rejimin bir sonucu olduğu, Doğu

Anadolu'nun litosferik kalınlaşmasına ve bu sayede Anadolu'da meydana gelen kaçış tektonizmasına sebep olduğu kabul edilmektedir (Şekil 3.2) (Şengör ve ark. 1985).



Şekil 3.2. Ana Neotektonik Yapıları Gösterir Türkiye'nin Basitleştirilmiş Tektonik Haritası (Şengör ve ark. 1985 ve Bozkurt, 2001'tan değiştirilerek)

Güncel olarak Türkiye, Batı Anadolu'da doğrultu atımlı bileşenli normal fayların egemen olduğunu bir açılma rejiminin etkisi altındadır (Şengör ve ark. 1985). Doğu Anadolu'da doğrultu atımlı fayların genellikle ters bileşenlerinin egemen olduğu sıkışma rejimi ile deforme olmaktadır (Dewey ve ark. 1986). Bu birbirine zıt iki tektonik rejim, doğrudan batıya uzanan doğrultu atımlı fayların etkisi ile sıkışma bileşenlerini açılma bileşenlerine doğru değiştirmektedir (Şekil 3.2).

Türkiye'nin bulunduğu bölgede yapılan tektonik çalışmalar, deprem tehlikeleri ve yoğun aktivitelerinden dolayı Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Batı Anadolu Fay Sistemleri üzerinde belirgin bir şekilde yoğunlaşmıştır (Şengör ve ark. 1985).

3.2 Uzaktan Algılama ile Çizgisellik Saptama ve Tektonizma Çalışmaları

Uzaktan algılama ile yerbilimleri uygulamaları oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir. Tektonizma çalışmaları için otomatik, yarı-otomatik ve manuel olmak üzere farklı yöntemler geliştirilmiştir. Literatürdeki mevcut uzaktan algılama yöntemlerinden

esinlenilerek ve/veya türetilerek tektonizma ve çizgisellik çalışmaları yapılmaktadır. Bu anlamda, belirgin ve kesin bir uygulama olmaması ile birlikte farklı uygulamalar algılayıcı sistemlerinin konumsal, spektral çözünürlüklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Çizgisellik saptama uygulamaları ile ilgili en bilindik çalışma yöntemi görüntü iyileştirme tekniklerini ve bant kombinasyonlarını kullanarak çizgiselliklerin diğer yapılara göre karşıt olmasını sağlamaktır (Süzen ve Toprak, 1998).

1972’de Landsat MSS fırlatılıp ilk görüntüler elde edilene kadar, uzaktan algılama ile çizgisellik saptama çalışmaları hava fotoğrafları üzerinden manuel yöntemler ile yapılmıştır. Bu sayede birçok paleotektonik ve neotektonik özellik saptanmış oldukça da başarılı sonuçlar alınmıştır. Ancak ilk görüntüleme uydusunun atılması ile yerbilimi uygulamalarındaki teknikler değişmeye ve gelişmeye başlamıştır. İnsan emeğinin daha ekonomik kullanımını ve hata miktarını düşürmeyi amaçlayarak yarı-otomatik ve otomatik teknikler üzerinde yoğunlaşmıştır. Literatür geçmişinde, konu gereği görüntü iyileştirme çalışmalarından kısa örnekler verilip, otomatik çizgisellik saptama uygulanan çalışmalara ağırlık verilmiştir.

“Vanderburg (1976)”, uydu görüntülerine uygulanabilirliği olan bir çizgi saptama algoritması üzerine çalışmış ve bu algoritmayı ilk Landsat görüntüleri üzerinde uygulamıştır. Yarı otomatik bir algoritma üzerinden yapılan çalışma, uzaktan algılamada jeoloji ve yer bilimleri uygulamalarının çeşitlenmesini sağlamıştır.

“Qari (1991)”, Landsat TM görüntülerinden litolojik ve yapısal unsurları algılama çalışması yapmıştır. Çalışmada *Principal Component Analyses* (PCA) ve kenar iyileştirmeleri kullanarak yapısal ve litolojik unsurları haritalamıştır.

“Kumar ve Reddy (1991)”, önceki çalışmalara göre farklı bir perspektif ile uydu görüntüsünden çıkarttıkları çizgisellikleri doğrultu, uzunluk, eğrilik ve lokasyonlarına göre sınıflayarak yoğunluk analizi yapmışlardır.

“Mah ve ark. (1995)”, Landsat TM algılayıcısının 4,5 ve 7. bantlarına asimetrik kenar iyileştirme filtresi uygulayarak Avustralya’nın kuzeyindeki çizgisellikleri elde etmişlerdir.

“Süzen ve Toprak (1998)”, farklı çizgisellik saptama tekniklerini tek bant, çok bant ve konumsal iyileştirme filtreleri ile test etmişlerdir. Çalışma sonucunda, görüntüye

yumuşatma ve gradyan filtrelerinin kombinasyonunu uygulayan bir algoritma türetmişlerdir. Bu sayede bölgesel ölçekte çizgisellik saptama çalışmaları yapmışlardır.

“Arlegui ve Soriano (1998)”, Landsat TM görüntüsü için en iyi bant kombinasyonunu seçerek yeni bir yöntem önermişlerdir. Çizgisellikleri, tonal karışıklık olan genel yaklaşımın aksine bant oranlama yöntemi ile elde etmişlerdir. Çalışmaları manuel çizgisellik çıkarımını desteklemektedir.

“Zakir ve ark. (1999)”, çizgiselliklerin kırılma doğasından yola çıkarak yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışmaları, *Optimal Cell Dimension* (OCD) kullanarak raster tabanlı çizgiselliklere frekanslarına göre bir değer atanması ve bu değer üzerinden seçilmiş en uygun çizgiselliklerin yoğunluk haritası çıkartılarak yapılmıştır.

“Novak ve Soulakellis (2000)”, Landsat TM görüntüsünden elde ettikleri çizgisellik verilerini arazi çalışması ile elde ettikleri morfolojik bilgiler ile birleştirmiştir. Bu çalışmanın en önemli özelliği, elde ettiği sonuçlar ile multispektral görüntülerin yer bilimleri çalışmalarındaki kullanımında PCA ve *False Colour Composite* (FCC) tekniğinin önemini gözler önüne sermesidir.

“Madani (2001)”, otomatik çizgisellik saptama üzerine çalışmıştır. Landsat TM üzerinden yapılan çalışmada, *PCI Engineering Analysis and Scientific Interface* (PCI EASI/PACE) uygulaması kullanılarak çizgisellik saptaması için en uygun bant araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, *Short Wave Infrared* (SWIR) spektral aralığının jeolojik yapıların reflektansını daha iyi saptadığı görülmüştür.

“Ricchetti (2002)”, Landsat ETM+ görüntülerini yer bilimleri amacı ile ilk kullanan araştırmacılardan biri olarak, görsel destekli yarı otomatik çizgisellik saptaması yapmıştır. Önceki çalışmalardan esinlenerek kenar yakalama algoritmaları ve morfolojik filtreleme kullanmıştır.

“Fu ve Lin (2002)”, burada bahsedilen çalışmalardan farklı olarak spektral çözünürlüğü Landsat’a kıyasla daha yüksek olan ASTER algılayıcısı ile Landsat görüntülerini birleştirerek görsel olarak iyileştirilmiş FCC’ler elde etmiş ve bu sayede aktif bir fayın yüzey zonundaki çizgisellikleri yarı otomatik bir şekilde saptayabilmişlerdir.

“Akman ve Tüfekçi (2004)”, uzaktan algılama tekniklerini kullanarak Türkiye’de bulunan bir alanın tektonik karakterini çalışmışlardır. Landsat TM ve ASTER kullanarak

yaptıkları görsel saptama çalışmasına ek olarak ASTER'den elde ettikleri sayısal yükseklik modeli ile tektonik unsurları saptamışlardır.

Oldukça çeşitli alanlar ve uygulamalar ile hatırı sayılır çeşitliliğe sahip olan çizgisellik saptama çalışmalarının en güncellerinden bir tanesi “İbrahim ve Mutua (2014)” çalışmasıdır. Landsat 8 *Operational Land Imager ve Thermal Infrared Sensor* (OLI ve TIRS) görüntülerini kullanarak PCI Geomatica yazılımı dahilindeki LINE algoritmasını kullanarak çizgisellikler saptamış ve önceden el ile belirlenmiş çizgiselliklerin mevcut olduğu çalışma alanları ile uyumunu test edilmiştir.

“Mwaniki (2015)”, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI ve TIRS'ün çizgisellik performansları açısından karşılaştırmasını yapmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Landsat 8 üzerindeki OLI algılayıcısının SWIR aralığını iki kanalda algılamasından dolayı daha yüksek olan spektral çözünürlüğünün çizgisellik saptama çalışmalarına faydası olduğu görülmüştür.

3.3 Diğer Literatür Çalışmaları

Mekânsal veri toplama teknolojileri ile yapılan tektonik araştırmalar sadece uzaktan algılama yöntemleri ile yapılmamaktadır. Kıtasal tektonizma ölçümleri için kullanılan yöntemlerden bir tanesi, Dünya'nın çevresindeki yansıtıcı özelliği olan uyduları kullanarak uygulanan SLR yöntemidir. Bu tekniğe göre, yersel bir lazer istasyonu, konumları belli uydulara gönderdiği lazerlerin dönüş süresini ve yansımaları ölçmekte ve buna göre yıllık ortalama kıtasal hareket belirlenmektedir (Blewitt, 2015). Teknik, Ay yüzeyinden aldığı yansımayı ölçen *Lunar Laser Ranging* (LLR) ile paralel olarak geliştirilmiştir. Uygulama sistemleri aynı olsa da, veri kaynakları farklıdır (Shuanggen, 2013).

Geometrik bir uzay jeodezisi tekniği olan VLBI ile Samanyolu Galaksisi dışındaki *kuasar*lardan Dünya'ya gelen radyo dalgalarının yersel olarak birbirlerine uzak iki sabit yer antenine ulaşımındaki oldukça dar bir zaman farkı ölçülerek, kıtasal tektonik hareketler hesaplanabilmektedir (Schuh ve Behrend, 2012). Yöntem, aynı radyo dalgasının antenlere geliş zamanı arasındaki süre farkından elde edilen model ile değişen yersel uzaklığı hesaplamakta ve bu uzaklık kıtaların rölatif hareketlerini ifade etmektedir.

Oldukça çok yönlü bir uygulamaya ihtiyaç duysa da, tektonik hareketlerin sayısal yöntemler ile hesaplanması açısından ilham vericidir.

Sıklıkla kullanılmakta olan yaklaşımlardan bir tanesi, GPS uydularının konumlarını toplayan yersel GPS istasyonları ile görelî hareket modelleri üzerinden yapılan kıtasal hareket çalışmalarıdır (Wellenhof, 1997). Belli aralıklarla tekrarlanan yersel GPS gözlemlerinin değerlendirilmesi sonucu yıllık 1-15 cm gibi oldukça küçük değişimlerin gerçekleştiği kıtasal tektonik hareketlerin ölçümler arasında meydana gelen yer değiştirmeleri belirlenir. Yaklaşık 2 cm doğrulukta yapılabilen bu ölçümler, SLR ve VLBI gibi sistemler ile kalibre edildiğinde daha hızlı ve çözümü daha kolay modeller ile sonuçlara ulaşabilmektedir (Blewitt, 2015).

Çalışmanın diğere bir parçası olan drenaj sistemlerinin çıkartımı için, uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen sayısal yükseklik modelleri kullanılmıştır. “Jenson ve Domingue (1988)”, sayısal yükseklik modeline uygulanacak bir algoritma dizisi geliştirmiş ve bu algoritma sayesinde akıntılar, su birikim alanları ve havzalar gibi yüzey unsurlarını saptayabilmişlerdir. Mevcut CBS yazılımlarının çoğu, yüzey yapısal unsur çıkarımı algoritmalarını bu yöntemi kullanarak uygulamaktadır.

Bu anlamda tez çalışması, literatürde bulunan çizgisellik saptama, drenaj ağlarının çıkarımı ve çizgisellik analizi yöntemlerini kullanarak daha önce uygulanmamış bir ilişkilendirme ile neotektonik hareketlerin araştırılmasını amaçlamaktadır. Çalışmanın içeriğinde daha önce yapılan neotektonizma araştırmalarından esinlenilse de, uygulamanın diğere çalışmalardan veri kaynağı ve coğrafi analiz tekniğı ile ayrı tutulması gerekmektedir.

4. YÖNTEM

Uzaktan algılama ile tektonizma araştırması konusu incelenen bu tez çalışmasında, bilgisayar ortamında hazırlanan coğrafi veriler ve veri tabanları üzerinden yorumlama çalışmaları yapılmıştır. Bu yorumlamayı yapabilmek için, konuya ilişkin belirlenen kıstaslar yerine getirilmiştir.

İlk bölümde, uydu görüntülerinden çıkartılan çizgiselliklerin kapsamı, çalışmada ne amaçla kullanıldığı ve ifade ettiği unsurlardan bahsedilmektedir. Ayrıca, çizgisellik ve drenajlara ait çizgisel verilerin sınıflandırılmaları ve çalışmada kullanımları ile ilgili bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, drenaj sistemlerinin çalışmadaki yeri ve neotektonizma çalışmalarındaki önemi üzerine değinildikten sonra, tektonik hareketlerin drenaj desenlerinin oluşumlarındaki etkileri ve bu etkilerin izlerinden bahsedilecektir. Üçüncü bölümde, çizgisellik ve drenaj sistemlerinin neotektonizma ile kurdukları yapısal ilişkiler, bu ilişkilerin paleotektonik izlerden farkları literatürden örnekler ile aktarılacaktır. Dördüncü bölümde ise, bu ilişkileri belirlerken kullanılan yöntemler ve yapılan analizler jeolojide deformasyon, yamulma, gerilme ve tektonik rejim kavramları üzerinde durularak bahsedilecektir.

Bu bölümde tektonizma çalışması için kullanılan unsurlar, bu unsurları elde etmek için kullanılan uzaktan algılama yöntemler ve bu yöntemlerin uygulandığı verilere ilişkin detaylı bilgiler bulunmaktadır.

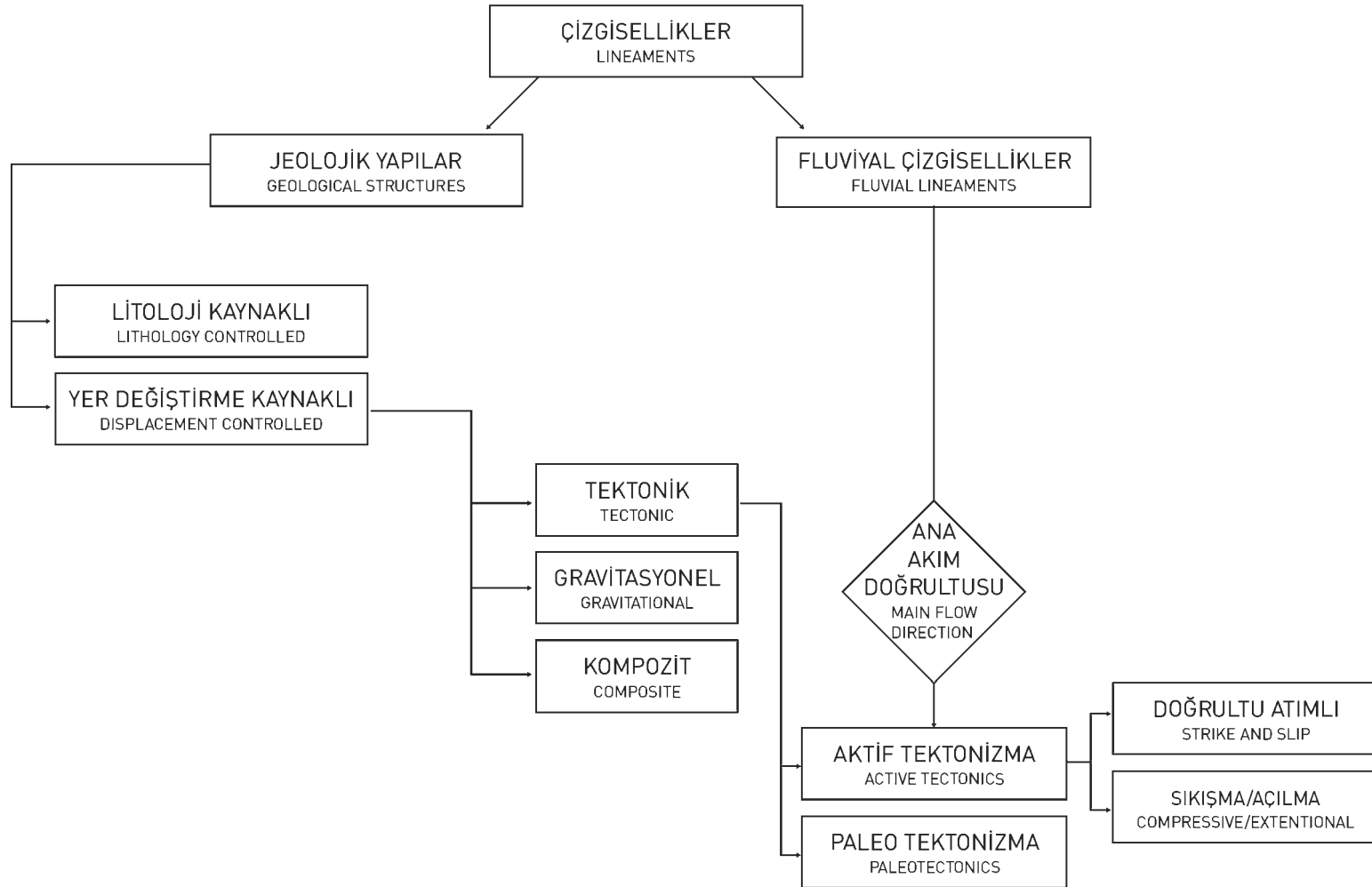
4.1 Çizgisellik Tanımlaması

Çizgisellikler, yüzey altında meydana gelen yer hareketlerini yansıtan ve çizgisel gösterge ile haritalanabilen yüzey yapıları olarak tanımlanmaktadır (O'Leary ve ark. 1976). Bu anlamda, yeryüzüne bakıldığına seçilebilen ve çizgi izlenimi veren detaylar genellikle akıntılar, sırtlar, kanyonlar, süreksizlikler, litolojik sınırlar, çatlaklar ve faylar olarak söylenmektedir (Hobbs, 1904). Bu unsurlar ile birlikte, şehirleşmiş alanlarda bulunan tarla sınırları ve yollar gibi insan yapıları da uzaktan algılama çalışmalarında çizgisellik olarak nitelendirilebilmektedir. Uydu görüntülerinde çizgisellik, görelilik olarak karanlık piksel ile aydınlık piksel arasında kalan sayısal sınır olarak gözlemlenmekte,

başka bir deyişle görüntüdeki parlaklık değişiminin sınırındaki komşu piksel serisi olarak tanımlanmaktadır (Shorth, 2004).

Tektonizma üzerine yapılan çizgisellik çalışmalarında, bu hareketlerin karakteristiğinin anlamlandırılmasında en önemli ipucunu verebilecek unsurlar olan faylar ve süreksizliklerden kaynaklı çizgisellikler incelenmektedir. Bu anlamda fayların ve belirgin süreksizliklerin çizgisel olarak belirlenmesi bölge ile ilgili tektonik süreçlerin açıklanmasında oldukça faydalı olmaktadır. Bu çalışmanın temel teknik amacı, Şekil 4.1’de görülen yaklaşım ile uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilmiş fluviyal çizgisellikler ve tektonik etkiler ile oluşmuş yapısal unsurları ifade eden çizgiselliklerin ayrı ayrı değerlendirilip bölge üzerindeki neotektonik ilişkilerin açıklanmasıdır. Çalışmanın bu amacı gereği fluviyal yapılara ait çizgisellikler, tektonizmaya bağlı morfolojik yapıların çizgiselliklerinden ayrı tutulmuştur.

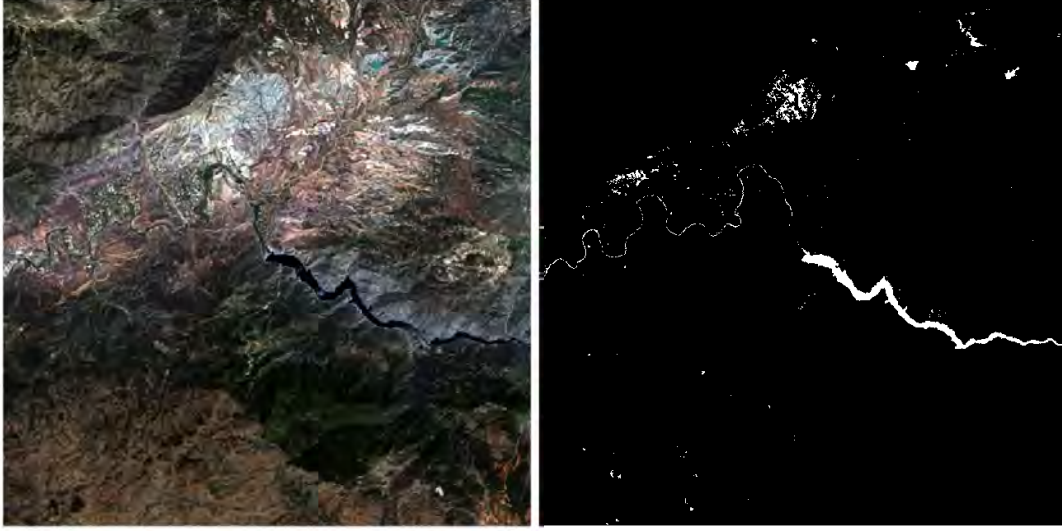
Çalışmada çizgisellikler, yer değiştirme kaynaklı olarak sınıflandırılıp, tektonizma bilgisini içermeleri sebebi ile faylar ve hareketin varlığına bağlı tektonik izler olarak öngörülmüştür. Bu nedenle, çalışmada aktif tektonik hareketler ile meydana gelen yer değiştirme kaynaklı çizgisel izlerden kısaca “çizgisellikler” olarak bahsedilmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Karar verme prosedürü olarak çizgisellik sınıflama diyagramı (Ustaszewski, M. 2007'den esinlenilerek)

Uzaktan algılama çalışması içinde, çizgisellik olarak tanımlanan unsurlara fluviyal sistemlerin dahil olmaması amacı ile, bu alanların çizgisellik saptama çalışmasından çıkartılması gerekmektedir. Bu sebeple, uydu görüntülerine bir ön çalışma yapılması gerekli görülmektedir.

Sulak alanları tanımlayan piksellerin maskelenmesi için *Normalised Difference Water Index (NDWI)* algoritması kullanılmıştır. Bu indeks, yeşil dalga boyunda (0.533-0.590 μm) seçilebilen su taşıyıcı piksellerin reflektansını maksimize etme ve yakın kızılötesi (0.851-0.879 μm) dalga boyundaki su taşıyıcı piksellerin reflektansını minimize etmek için tasarlanmıştır (McFeeters, 1996).



Şekil 4.2. NDWI indeksi uygulanmış görüntüden örnek: Gerçek Renk (Sol), NDWI (Sağ)

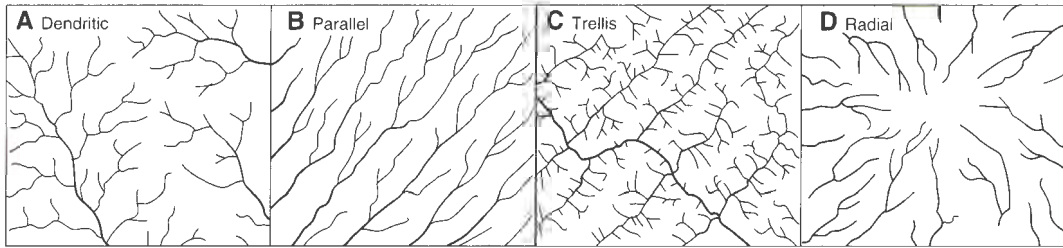
Su maskesi, “ $(G-NIR)/(G+NIR)$ ” aritmetik raster hesaplaması ile elde edilmektedir. Su taşıyan piksellerin bulunmasında “McFeeters (1996)” referansı ile değiştirilip geliştirilen birçok algoritma vardır (Xu, 2006; Li ve ark. 2013). Bu algoritmalar görüntüye deneme amaçlı uygulansa da, “McFeeters (1996)” algoritmasının bölgede en kullanışlı sonucu verdiği düşünülmüştür.

Çıkartılan su maskesi *PCI Geomatica 2015* yazılımı kullanılarak saptanan çizgiselliklere uygulanmış, drenajları ifade eden çizgisellikler silinmiştir. Bu bağlamda, çıkartılan çizgiselliklerin belirlenen yapısal unsurlara, yani aktif tektonik etki ile meydana gelen yer değiştirmeye ait çizgisellikler olduğu varsayılmaktadır.

4.2 Drenaj Tanımlaması

Akarsu oluşum süreçleri ile meydana gelen yer şekilleri, fluvial jeomorfolojik yer şekilleri olarak tanımlanır (Schumm, 1977). Bölge morfolojisinin oluşumunda oldukça etkili olan bu yapıların formları, tektonik hareketler ile ilişki içerisinde. Yer hareketlerinin etkin olduğu bir bölgede yapılacak morfolojik çalışmalarda, yapısal unsurlara bağlı oluşan akarsuların üzerinde analizlerin yapılması kaçınılmazdır. Drenaj sistemlerinin gelişiminde, bölge eğimi, kaya türü, bölgenin yapısal özellikleri ve zaman tarafından karakterize edilmekte ve bu sebeple yeryüzünde bu değişkenlerin farklılığından dolayı çok çeşitli drenaj sistemleri oluşmaktadır. Bu sistemler, kaotik bir evrime sahip olsalar da sistematik olarak gelişim göstermekte, bu sebeple de sınıflandırılabilirler. Gelişirken geçirdikleri evrimi kaydeden bu drenaj sistemleri, sınıflandırılmalarına göre buldukları bölgelerdeki jeolojik aktiviteler hakkında bilgi verdikleri düşünülmektedir (Bloom, 1991).

Temel drenaj desenleri *dendritic* ⁽¹⁾, *parallel* ⁽²⁾, *trellis* ⁽³⁾ ve *radial* ⁽⁴⁾ olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.3). Drenaj desenlerinin geometrileri bölgenin yapısal ve litolojik unsurları tarafından kontrol edilmektedir. Bu kapsamda bu unsurlar ile ilgili önemli bilgiler sunmaktadır (Howard, 1967).



Şekil 4.3. Temel drenaj desenleri sınıflamaları (Bloom, 1991'den kısaltarak)

Drenaj analizi genellikle bölgenin alt drenaj desenlerine ayrılması ile yapılmaktadır. Alt drenaj desenlerine ayırma bölgesel drenaj deseninin ve akış yönlerinin incelenmesi ile yapılabilir. Alt gruplara ayrılan drenaj desenleri genellikle biyoiklimsel

(1) Bknz. Terimler Dizini

(2) Bknz. Terimler Dizini

(3) Bknz. Terimler Dizini

(4) Bknz. Terimler Dizini

bölgeleri ya da litolojik, yapısal değişimleri gösterir (Howard, 1967; Deroin ve Deffontaines, 1991). Bu desenler *consequent* ⁽⁵⁾, *subsequent* ⁽⁶⁾ ve *insequent* ⁽⁷⁾ olarak jenetik sınıfına sahip olabilirler. Bu yapılar, litolojik ve yapısal değişimlerin alt gruplar halinde gösterdikleri değişime gösterge olmaktadır.

Bu bağlamda, bölgesel topoğrafya gradyanına ve jenetik sınıfına uyumsuz olan akış yönlerine sahip akarsular, literatürde “*misfit*” veya “drenaj anomalisi” olarak isimlendirilmekte ve bu uyumsuzluğun yapısal ve litolojik süreksizlikler tarafından meydana geldiği düşünülmektedir (Deffontaines ve ark. 1991; Pubellier ve ark. 1994). Bölgedeki tektonik kuvvetlerin etkisinin artması ile bu uyumsuzluklar da artmakta ve bu etkilerin izleri drenaj desenlerinde daha belirgin görülmektedir. Çalışmada seçilen alanlar, tektonizmaya bağlı gelişen yapıların yoğunluğunda, bu yapıların etkilediği drenaj sistemlerinin bulunduğu bölgelerden seçilmiştir.

Çalışmada, yoğun tektonik aktivitenin olduğu bölgelerdeki fluviyal yapıların tektonik kuvvetler tarafından kontrol edilmesinden esinlenerek, uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen drenaj sistemlerinin uydu görüntülerinden çıkartılan çizgisellikler ile uyumlu olup olmadığı karşılaştırılmıştır. Bu anlamda, çizgiselliklerin güncel tektonik rejim süresince gelişen karakteristiklere uyumsuzluk gösterip göstermediği incelenmiş, tektonik rejimleri ifade edebileceğini desteklemek için kullanılmıştır.

4.3 Neotektonizma ve Yapısal İlişkiler

Dünya'nın yüzeyinde meydana gelen onlarca yapı arasında jeomorfolojik çalışmalarda mutlaka yeri bulunan drenaj sistemlerinin, karmaşık ve çeşitli olsalar dahi sistematik yapılarının olduğu bilinmektedir (Keller ve Pinter, 1996).

Fluviyal yapıların gelişimi düşünüldüğünde, akarsuların sürekli eğimli, dar ve uzun bir çukurlukta hareketine devam ettikleri söylenir (Dirik, 2011). Akarsuların akabilmesi için bir eğime gerek olması bu yapıları benzer, dar ve çukur yer şekillerinden

⁽⁵⁾ Bknz. Terimler Dizini

⁽⁶⁾ Bknz. Terimler Dizini

⁽⁷⁾ Bknz. Terimler Dizini

ayrı bir yerde tutar. Bir akarsu vadisinin boyutları, akarsuyun hacmi ile uyum göstermektedir. Akarsu vadisi oluşurken, akarsuyun biriktirme ve aşındırma etkilerine göre değişmekte bu süreç akarsu vadisinden takip edilebilmektedir. Bu anlamda, vadilerde izlenen jeomorfolojik oluşumlar sadece yatak içinde gelişen olaylara bağlı olmaksızın, tüm drenaj havzasında meydana gelen kütle hareketlerini de kapsamakta, bu hareketler de akarsu vadisinden takip edilebilmektedir. Bu bağlamda, bir akarsu vadisi, enine ve boyuna jeomorfolojik evrim geçirirken, havzasında meydana gelmiş tüm jeolojik olayları kaydeder.

Bu olayların güncel fluviyal sistemlerde takip edilmesi, bölgedeki neotektonik izlerin varlığının bir göstergesidir. Aşındırma ve biriktirme süreçlerinin, iç dinamikleri oldukça hassas olan kütle hareketleri gibi değişkenlere bağlı olması drenaj desenlerinde farklılıklar yaratır, bu bağlamda bölgenin jeolojik süreçleri ile bilgi taşıma kapasiteleri oldukça yüksektir (Schumm, 1977).

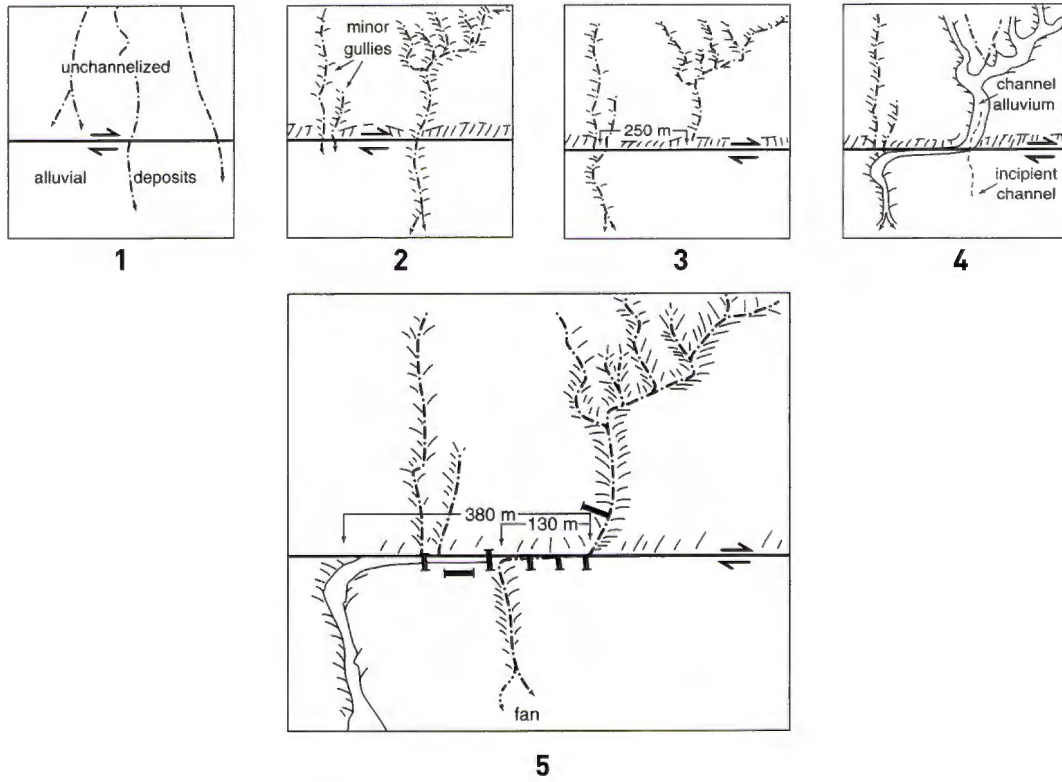
Akarsuyun kendi iç sistemlerinin daha etkili olduğu *dendritic* tipi drenaj sistemlerinin görüleceği bu kütle hareketi açısından pasif bölgelerde fluviyal yapılardaki kuvaterner yaşlı deformasyonların yılda 10 mm'den küçük olduğu belirtilmiştir (Schumm, 1977; Keller ve Pinter, 1996). Drenaj desenlerinin işaret ettiği jeolojik hareketler belirlenirken, yer hareketlerinin pasif ve istikrarlı, litolojik olarak homojen bir bölgede gelişen desenler üzerinden yapılan bir karşılaştırma ile belirlenir.

Aktif tektonizmanın etkileri ile kıyaslandığında *dendritic* tipi drenaj sistemlerinin gelişim süresi oldukça yavaş kalmaktadır (Ouchi, 1985). Tektonik etkiler, bu sürecin süresi ve gelişimi üzerinde değişiklikler yaparak drenaj desenlerinin çeşitlenmesini dolayısı ile uyumsuzluk yapılarının gelişmesini sağlar.

Deformasyon geçirmiş ve bu etkiyi gösteren kayaların en önemli özelliklerinden bir tanesi kırıklı ve çatlaklı yapıları olmasıdır. Bu özellikler, morfolojik yapıların üzerlerindeki süreksizlikler olarak izlenebilirler. Bu izlerin bir kısmı görülmeyecek kadar küçük olsa da, bir kısmı da belirgin bir yer değiştirme hareketine bağlı olarak gelişen izlerdir. Ötelenme, dönme, hacim ve değişimi olarak görülen deformasyonlar, unsurların etkilendiği tektonik rejimlerin gelişimi hakkında bilgi vermektedirler. Neotektonik çalışmalarda, yapıların belirgin deformasyonları, güncel ya da genç depolama sistemlerinde izlenebildiklerinden dolayı kolayca tanınırlar. Bu deformasyonlardan

bazıları tektonik aktiviteye bağı olarak zaman içerisinde yavaş bir hızla meydana gelebileceği gibi, ötelenme gibi keskin deformasyonlar depreme bağı ani hareketlerle de meydana gelebilmektedirler.

“Sieh ve Jahns, (1984)”, *San Andreas Fayı*’nın yakınlarında bulunan *Wallace Irmağı*’nın üzerinde yaptığı ve Karbon-14 analizi ile desteklediği kayma hızı çalışmasında, fay hareketine bağı nehir yatağı ötelenmesini gözler önüne sermiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Wallace Irmağı’nın aktif tektonik etkilerle ötelenmesini gösterir illüstrasyon, ardışık sayılar kronolojik sıralamayı göstermektedir (Sieh, K.E. ve Jahns, R.H. 1984; Keller, E. ve Pinter, N. 1996’dan sadeleştirilerek)

Türkiye’de, *San Andreas Fayı* ile aynı genel özelliklere sahip bir fay olan KAFZ’unda bu örnelemeye benzer bir çalışma yapılmıştır. Çalışma, “Seyitoğlu ve ark. (2015)” tarafından KAFZ üzerindeki Almacık Blok’u üzerinde yapılmış, uzaktan algılama çalışmaları ve sismik yansıma ölçümleri ile desteklenmiştir (Şekil 4.5).

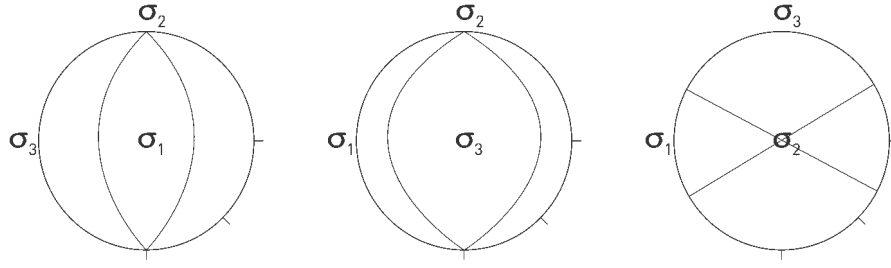


Şekil 4.5. Büyüksoy Nehri'nde Bürnük Fayı'nın neden olduğu öteleme örneği, Seyitoğlu ve ark. 2015'den alınmıştır)

Görülmektedir ki, neotektonizma bölgedeki yapısal unsurlarda belirgin izler bırakmaktadır. Çalışmada, neotektonizma etkisi ile oluşan yapısal unsurların, başka belirgin iz olan drenaj sistemleri ile arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

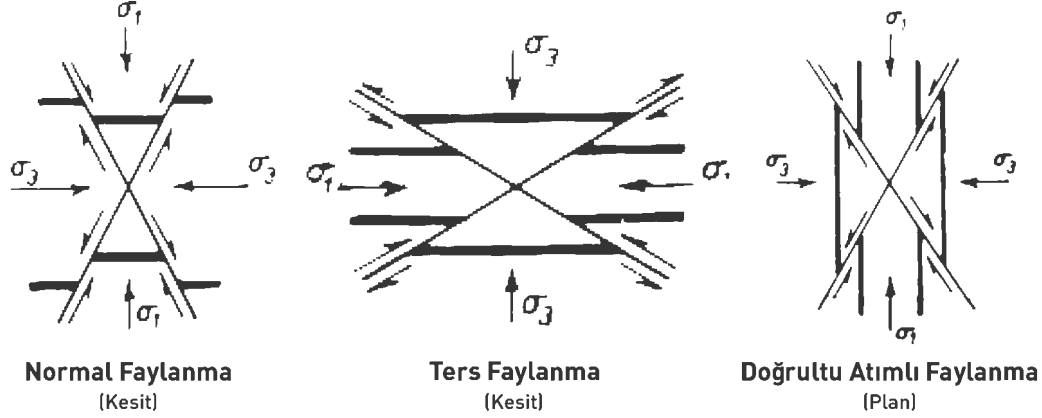
4.4 Yapısal Elipsler ve Tektonik İlişkiler

Bir bölgedeki tektonik rejim sıkışma, açılma ve makaslama sistemleri tarafından denetlenir. Yapısal olarak, normal, ters ve oblik fay sistemleri sıkışma ve açılma rejimlerinin olduğu bölgelerde gözlemlenirken, doğrultu atımlı fay sistemleri doğrultu atım rejimine bağlı olarak gelişen makaslama gerilmeleri ile karakterize olurlar (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Üç fay tipi için gerilme projeksiyonları; Normal Fay (Sol), Ters/Bindirme Fayı (Orta), Doğrultu atımlı fay (Sağ) σ_1 , σ_2 , σ_3 sırasıyla büyükten küçüğe değişen gerilmeleri ifade etmektedir (Moore ve Twiss, 1995'den esinlenerek)

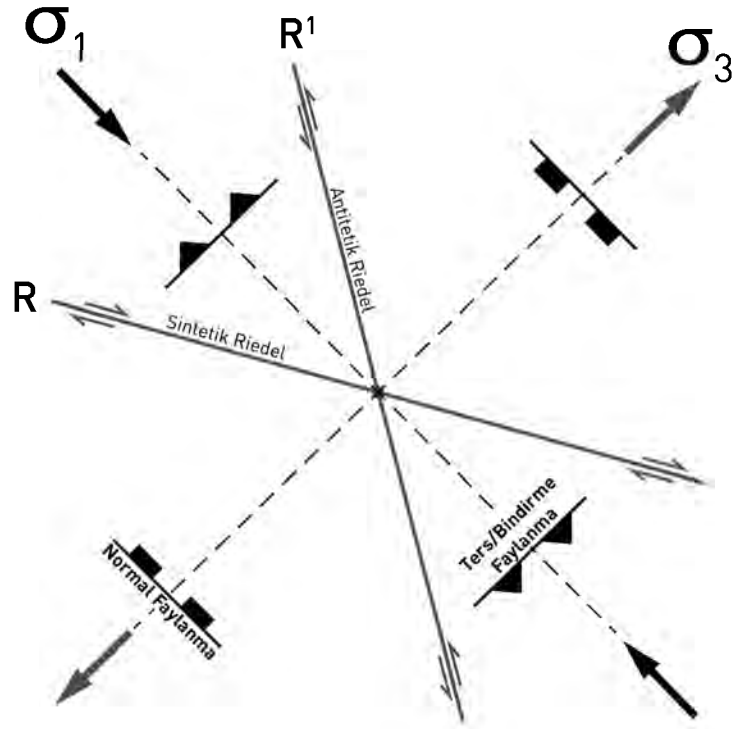
Tektonik rejimlerin tanımlanmasında etkili olan fay sistemleri, gerilme yönleri belirlenerek geliştirdikleri mekanik özelliklerine göre üç sınıfta değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeyi yapabilmek için, incelenen bölgeyi etkileyen kuvvet eksenlerinin etki düzeyine göre ayrılması gerekmektedir. Asal gerilme yönleri olarak tanımlanan bu ayırım yapısal jeoloji notasyonunda σ_1 (en büyük), σ_2 (orta) ve σ_3 (en küçük) olarak gösterilir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Faylanma çeşitlerine göre gerilme yönleri (Anderson, 1951; Hills, 1963; Ketin, 1972'den alınmıştır)

Açılma rejiminin hüküm sürdüğü, başka bir deyişle σ_1 'in dikey ve σ_2 'nin yatay düzende olduğu bir bölgede normal faylanma görülmektedir (Şekil 4.7). Bu yapısal unsurlar, yerkabuğundaki gerilmelerin bir sonucu olarak meydana gelmektedirler. Bu anlamda, bölgesel ölçekte orojenik çökmeler görülürken, kıtasal ölçekte kabuk kalınlaşması görülmektedir.

Sıkışma rejiminin hüküm sürdüğü, başka bir deyişle σ_1 , σ_2 'nin yatay ve σ_3 'ün dikey düzemde olduğu bir bölgede ters ya da bindirme faylanması görülmektedir (Şekil 4.7). Bu yapısal unsurlar, yerkabuğunda meydana gelen sıkışma veya daralmayı temsil etmektedirler. Bu rejimin yüksek olduğu bölgelerde, derinliği sığdan çok derine kadar değişen sismik etkinlikler görülebilmektedir. Bu tip rejimlerin egemen olduğu bölgelerde meydana gelen yapısal unsurların arasında mekanik ilişkiler mevcuttur. Bu ilişkiler iki boyutlu düzlemde, yapıların göreceli dönüklükleri ile gösterilir. Sıkışma ve açılma rejimlerinde görülen unsurların oryantasyonları Şekil 4.8'de olan gerilme diyagramında verilmiştir.

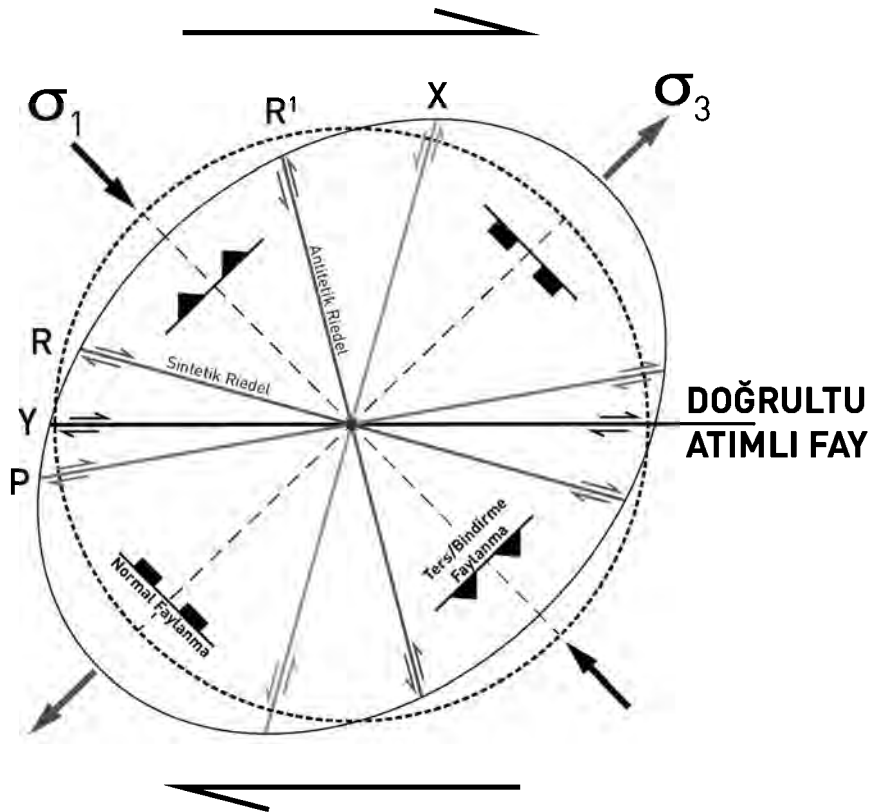


Şekil 4.8. Normal ve Ters Fay sistemlerindeki mekanik ilişkileri gösteren diyagram, R: Sintetik kırık, R¹: Antitetik kırık (Dirik, 2011' den esinlenilerek)

Doğrultu atım tektonik rejimi, σ_1 ve σ_3 'ün yatay ve birbirine dik, σ_2 'in ise dikey düzemde görüldüğü doğrultu atımlı faylar ile karakterize olan tektonik rejim olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.7). Bu anlamda, sıkışma ve açılma gerilimlerinin ikincil kuvvetler olduğu, ana kuvvetin doğrultu atımlı hareketi beslediğini belirtmek gerekmektedir. Bu rejimin hakim olduğu bölgelerde, sintetik ve antitetik kırıklara bağlı olarak gelişen ters ya da bindirme ve normal fayların izleri sıklıkla görülebilir. Doğrultu

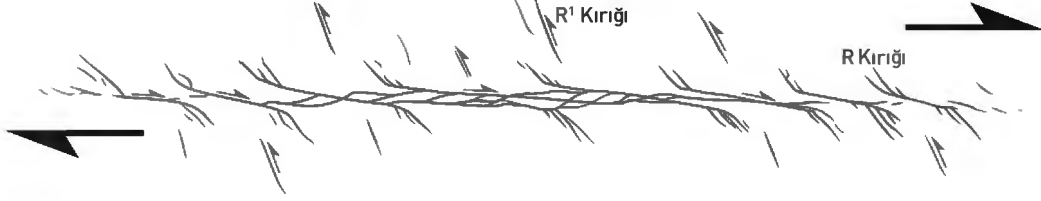
atımlı rejimlerde görülen unsurların oryantasyonları Şekil 4.9'da olan yamulma elipsinde verilmiştir.

Yamulma, süregelen gerilme hareketlerinin bir sonucu olduğundan dolayı bu iki unsur arasında geometrik ilişkiler mevcuttur (Park, 1989). Bu ilişkilerin görülebilmesi için, mekanik ilişkileri gösteren teorik elipslerin deforme olmuş bölgedeki bilinen kırıklara göre konumlandırılması gerekmektedir. Bu sayede, gerilme eksenlerinin doğrultuları belirlenebileceği düşünülmüştür. Bu çalışmalar, neotektonizma araştırmalarında kuvvet eksenlerinin hangi tür tektonik rejimi desteklediğini görebilmek ve idrak edebilmek için yapılmaktadır (Hatcher, 1995). Bu anlamda yamulma elipsi, bu yapıların göreceli dönüklüklerinin birbirleri ile ilişkisinin açıklandığı bir rehber olarak tanımlanabilmektedir.



Şekil 4.9. Doğrultu Atımlı Fay sistemlerindeki mekanik ilişkileri gösteren yamulma elipsi, Y: Doğrultu atımlı rejime bağlı ilerleyen kırık, R: Sintetik kırık, R¹: Antitetik kırığı; P: Sintetik olarak gelişen ve R kırığına simetrik gelişen kırıklar (Wilcox ve ark. 1973'ten esinlenerek)

Şekil 4.9’de görülen yamulma elipsi bir doğrultu atımlı fay referans alınarak konumlandırılarak beklenen ikincil gerilme kuvvetlerinin, kırıklar ve kıvrımların beklenen konumları verilmektedir.



Şekil 4.10. Doğrultu atımlı fay zonunda görülen R ve R¹ kırıklarının teorik dağılımlarını gösterir illüstrasyon (Swanson, 2006’dan esinlenilerek)

Şekil 4.10’da görülen sağ yönlü doğrultu atım sisteminde geliştiği düşünülen kırıkların gözlemlenmesi için kil birimlerde yapılan deneyler arazide gözlemlenebilecek kırıklar hakkında fikir vermektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Wilcox ve ark. (1973) tarafından yapılmış sağ yönlü faylarda görülen kırık sistemleri (Görüntülerdeki A,B ve C gelişimin ilerleyişini göstermektedir)

Çalışmada gerilme, yamulma elipsleri ve tektonik rejim bilgileri, belirlenen aktif tektonik aktiviteleri tanımlayıcı çizgiselliklerin ikincil rejimlere ilişkin ipuçları verip vermediklerini inceleme amacı ile kullanılmıştır.

5. VERİLER

Çalışmada, iki farklı uzaktan algılama verisi üzerinde çalışılmıştır. Uydu görüntülerinden çizgisellik çıkarma amacıyla için Landsat 8 *Operational Land Imager* ve *Thermal Infrared Sensor* (OLI ve TIRS), sayısal yükseklik modelinden drenaj sistemlerini çıkarma amacıyla ise *Advanced Spaceborne Thermal Emission* (ASTER) algılayıcısından elde edilen veriler kullanılmıştır. Her iki veri tipine de *United States Geological Survey* (USGS)'in resmi sitesinden ücretsiz olarak erişilebilmektedir. Test alanları için kullanılan veriler veri tipine göre sınıflandırılıp çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 5.1, 5.2).

Çizelge 5.1. Test alanları için kullanılan Landsat 8 OLI uydu görüntüleri bilgileri

	Path / Row	Tarih	Görüntü Kodu	Datum/ Projeksiyon
Test alanı 1	178/32	27.04.2013	LC81780322013117LGN01	WGS84 UTM 36
	179/32	24.06.2014	LC81790322014175LGN00	
Test alanı 2	174/32	23.07.2014	LC81740322014204LGN00	WGS84 UTM 37
Test alanı 3	180/33	06.11.2014	LC81800332014310LGN00	WGS84 UTM 35
	180/34	06.11.2014	LC81800342014310LGN00	
Test alanı 4	179/32	24.06.2014	LC81790322014175LGN00	WGS84 UTM 36

Çizelge 5.2. Test alanları için kullanılan ASTER algılayıcısından elde edilmiş DEM verisi bilgileri

	Veri Kodu	Datum/ Projeksiyon
Test alanı 1	ASTGTM2_N40E030	GSC_1984 / Coğrafi
	ASTGTM2_N40E031	GSC_1984 / Coğrafi
	ASTGTM2_N40E032	GSC_1984 / Coğrafi
Test alanı 2	ASTGTM2_N40E037	GSC_1984 / Coğrafi
Test alanı 3	ASTGTM2_N37E028	GSC_1984 / Coğrafi
Test alanı 4	ASTGTM2_N39E030	GSC_1984 / Coğrafi

5.1 Uydu Görüntüleri

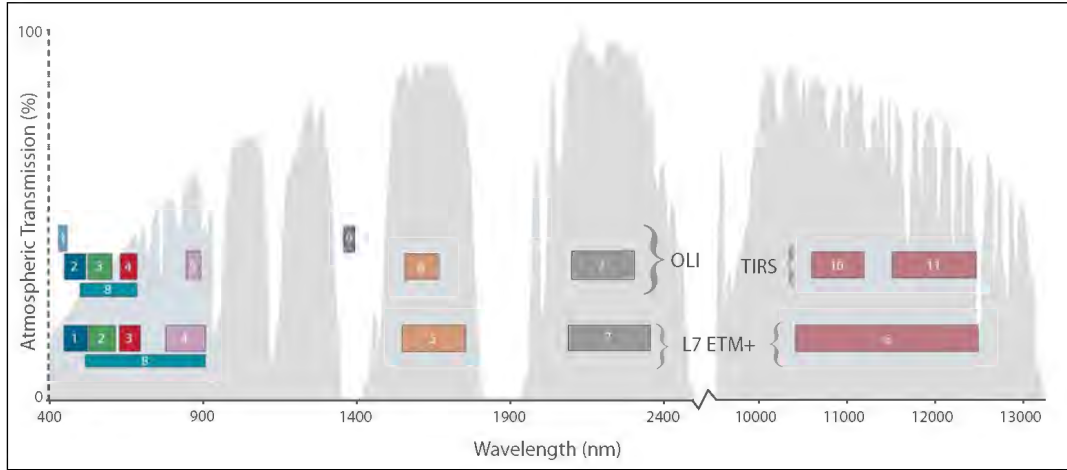
Çalışmada, belirtildiği gibi Landsat 8 OLI ve TIRS 9 kanallı optik multispektral görüntü kullanılmıştır. Landsat 8 uydusunda OLI ve TIRS isimlerinde iki adet algılayıcı vardır. Algılayıcılardan ilki olan OLI, *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) 'ta bulunan V, NIR, SWIR kanallarına ek olarak kıyı ve aerosol çalışmaları için derin mavi (Bant 1), sirüs bulutlarını gözlemek için CR (Bant 9) ve veri içerisinde ayrı bir görüntü dosyası olarak gelen kalite değerlendirme kanalı bulunmaktadır. TIRS üzerinde ise 2 adet termal algılayıcı bulunmaktadır. 15 m konumsal çözünürlüğe sahip pankromatik bant dışında 30 m konumsal çözünürlüklü 4 görünür, 1 yakın kızılötesi (NIR), 2 kısa dalga kızılötesi (SWIR) ve 1 sirüs (CR) bant yer almaktadır. Ayrıca termal kanallar 100 m konumsal çözünürlüğe sahiptir (Çizelge 5.3). USGS'in Seviye 1 (L1G) görüntülerinde, her iki algılayıcıdan elde edilen verinin konumsal çözünürlük açısından uyum sağlaması amacı ile termal kanallara 100 m'den 30 m'ye yeniden örnekleme yapılmıştır. OLI algılayıcısı dairesel olarak 12 m hata payına ve %90 doğrulukta, TIRS algılayıcısı ise 41 m dairesel hata payına ve % 90 doğruluk değerine sahiptir. Görüntüler 16bit radyometrik çözünürlüğünde elde edilmektedir. Uydu görüntülerinin her biri 185 km 185 km'lik bir alanı kapsamaktadır (USGS, 2013).

USGS'in resmi veri bankası olan Earth Explorer platformundan görüntüler edinilirken her görüntü için bir kod verilmektedir. Bu kod sistemi, kullanıcıyı görüntünün teknik özellikleri ile ilgili bilgilendirilmesi için oluşturulmuştur. Landsat 8 görüntülerinin kodları "LXSPPPRRRYYYYDDDGSI VV" olarak düzenlenmiştir. Bu sisteme göre, *Landsat* (L), *algılayıcı tipi* (X), *uydu kodu* (S), *path numarası* (PPP), *row numarası* (RRR), *yıl* (YYYY), *gün* (DDD), *yer istasyonu* (GSI) ve *sürümü* (VV) olarak belirtilmektedir. Çalışmada kullanılan görüntüler ve kodları Çizelge 5.1'den incelenebilir.

Çizelge 5.3. Landsat 8 OLI algılayıcısının bant tipleri ve spektral aralıkları

Bant Tipi	Bant	Spektral Aralık (μm)	Konumsal Çözünürlük (m)
V	1	0.435 - 0.451	30
	2	0.452 - 0.512	30
	3	0.533 - 0.590	30
	4	0.636 - 0.673	30
NIR	5	0.851 - 0.879	30
SWIR	6	1.566 - 1.651	30
	7	2.107 - 2.294	30
PAN	8	0.503 - 0.676	15
CR	9	1.363 - 1.384	30
TIR	10	10.60 - 11.19	100
	11	11.50 - 12.51	100

Önceki çalışmalarda görüldüğü gibi, çizgisellik çalışmalarında Landsat 7 ETM+ oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Çalışma için Landsat 8 OLI'nin seçilme nedeni, multispektral bir algılayıcı olarak litoloji değişimleri, kayaç süreksizlikleri gibi yapısalıkların çıkarımlarının yapılabildiği kısa dalga kızıl ötesi dalga boyunu iki bant ile yüksek bir spektral çözünürlük ile algılayabilmesidir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Landsat 8 OLI spektral reflektans grafiği (Rocchio ve Barsi, 2013' den)

Landsat 8 OLI, Seviye 1 (L1G) olarak edinilmektedir. Bu anlamda, algılayıcıya bağlı titreşim, *tangential distortion* ⁽⁸⁾ gibi geometrik hataları; Dünya'nın dönüşü ve eğikliğinden kaynaklı sapmaları düzeltilmiştir. Bu veri seviyesinde yer kontrol noktaları kullanılarak jeodezik doğruluk sağlanmamış olsa da mevcut konumsal doğruluk çalışma için yeterlidir (USGS, 2013). Çizgisellik çıkarımı işleminin aksamaması amacı ile bulut kapsamı %10'un altında olarak işaretlenmiş ve bu koşulu sağlayan görüntüler seçilmiştir. Görüntüler belirlenirken, bölgelerin kırsal alanlar ve dağlık bölgeler içermesi sebebiyle çizgisellik çıkarımını engelleyebilecek kar örtüsü olmamasına dikkat edilmiş, bu sebeple yaz-güz döneminde elde edilmiş veriler seçilmiştir (Çizelge 5.1).

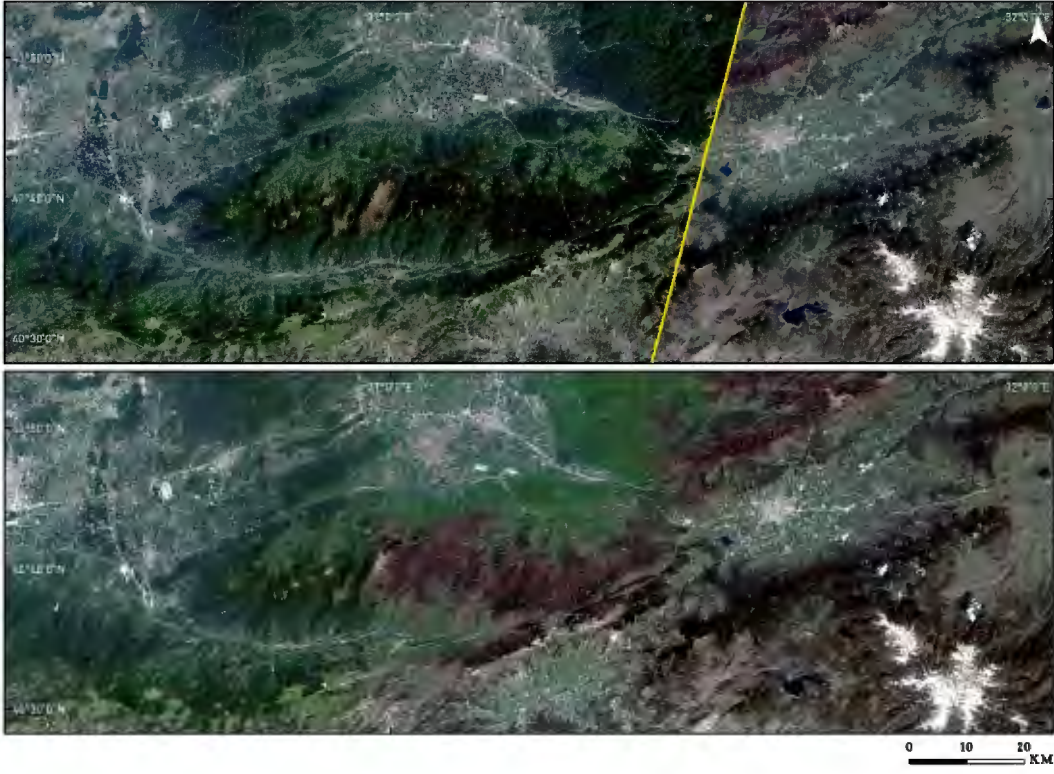
Seviye 1 (L1G), radyometrik düzeltmeleri kapsamamaktadır. Bu sebeple ön işleme çalışması olarak temel atmosferik düzeltme yapılması gerekmektedir (USGS, 2013). *PCI Geomatica 2015* yazılımı içerisindeki *Atmospheric Correction* (ATCOR) algoritması kullanılarak atmosferik düzeltmeler yapılmıştır. Düzeltmeler, görüntülerin uydu tarafından edildiği gün ve saatteki güneş açısına bağlı oluşabilecek optik pus etkisini silmek için yapılmaktadır.

Çizelge 5.1'den görülebileceği gibi *Test alanı 1* ve *Test alanı 3*'ün olduğu sınırlara iki adet Landsat görüntüsü düşmektedir. Bu sebeple, görüntüler *PCI Geomatica 2015* yazılımı *OrthoEngine* modülü kullanılarak mozaiklenmiştir. Mozaik görüntü, görüntüler arası *colour correction* ⁽⁹⁾ yapılarak elde edilmiş, datum ve projeksiyon sistemleri korunmuştur (Şekil 5.2, Şekil 5.3).

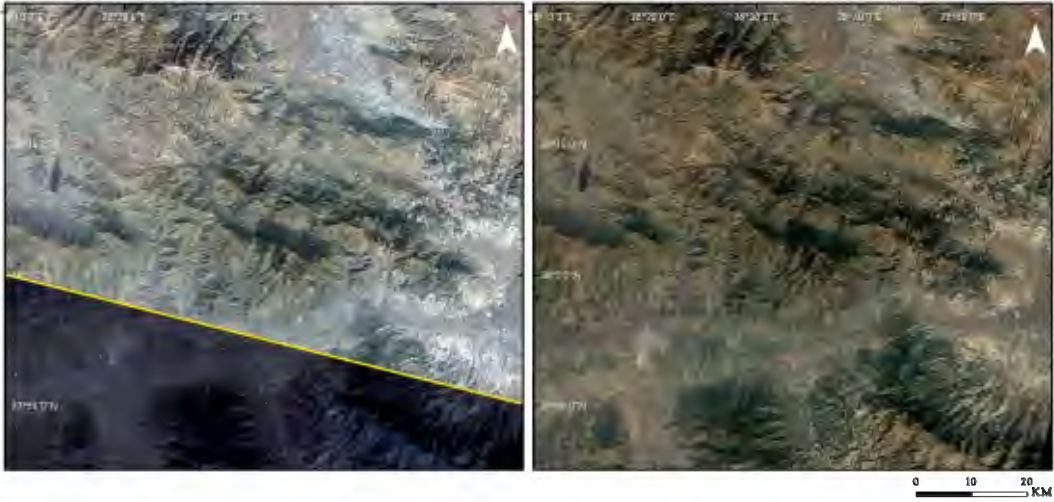
Bu işlemden sonra, görüntüler çizgisellik devamını koruma amacı ile belirlenen bölgele sınırlarına 1 km tampon koyularak kesilmiş ve işlemeye hazır hale getirilmiştir.

⁽⁸⁾ Bknz. Terimler Dizini

⁽⁹⁾ Bknz. Terimler Dizini



Şekil 5.2. Test alanı 1'in mozaikleme işlemi sonuç görüntüsü (Üst şekildeki sarı çizgi mozaikleme sınırını göstermektedir)



Şekil 5.3. Test alanı 3'ün mozaikleme işlemi sonuç görüntüsü (Sol şekildeki sarı çizgi mozaikleme sınırını göstermektedir)

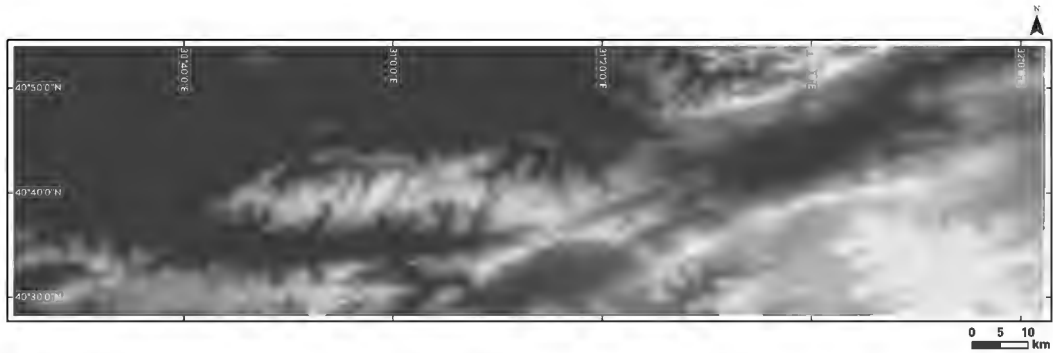
Uydu görüntüleri üzerinden yapılan tüm çalışmalardan türetilen verilerin coğrafi datum ve projeksiyonları WGS 84 ve görüntülere göre Test alanları 1, 2, 3 ve 4 için sırasıyla UTM 36, 37, 35 ve 36 olarak korunmuştur.

5.2 Sayısal Yükseklik Modeli

Çalışma için, konumsal çözünürlüğü, doğruluğu ve uygunluğu sebebiyle *ASTER Global Digital Elevation Model* (GDEM) verisi kullanılmıştır. ASTER, NASA'nın Terra (EOS AM-1) uydusuna bağlı 14 spektral bant içeren pasif bir uzaktan algılama sistemidir. Bu sistemde, 3 adet 15 m çözünürlüğe sahip görünür kızıl ötesi (VNIR), 6 adet 30 m çözünürlüğe sahip adet kısa dalga kızılötesi (SWIR) ve 5 adet 90 m çözünürlüğe sahip termal kızılötesi (TIR) bant yer almaktadır. Bu sistemin görünür kızılötesi 3B bandının geriye bakma özelliği sayesinde “1 Arc Saniye (30 m)” çözünürlüğe sahip 60 km*60 km alanını kapsayan yükseklik modeli verisi oluşturulabilmektedir (Coppin, 2013). ASTER GDEM, dikey veri doğruluğunda %95 güvenirlilik düzeyinde 20 m, yatay veri doğruluğunda %95 güvenirlilik düzeyinde 30 m geçerliliğe sahiptir.

USGS'in resmi veri bankası olan Earth Explorer platformundan veriler edinilirken her veri için bir kod verilmektedir. Bu kod sistemi, kullanıcıyı verilerin teknik özellikleri ile ilgili bilgilendirilmesi için oluşturulmuştur. ASTER GDEM verilerinin kodları “ASTGTMV_LTXXLNYYY” olarak düzenlenmiştir. Bu sisteme göre, *ASTER GDEM* (ASTGTM), *sürüm* (V), *boylam yarım küresi* (LT), *boylam derecesi* (XX), *enlem yarım küresi* (LN) ve *enlem derecesi* (YYY) olarak belirtilmektedir. Çalışmada kullanılan veriler ve kodları Çizelge 5.2'den incelenebilir.

Çizelge 5.2'den görülebileceği gibi *Test alanı 1*'i 3 adet sayısal yükseklik modeli verisi kapsamaktadır. Bu sebeple, *PCI Geomatica 2015* yazılımı *OrtoEngine* modülü kullanılarak bu veriler birleştirilmiştir. Veri, görüntüler arası dengeleme yapılarak elde edilmiş, datum ve projeksiyon sistemleri korunmuştur (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Test alanı 1'in mozaikleme işlemi sonucu sayısal yükseklik modeli görüntüsü

Sayısal yükseklik modeli kullanılarak yapılan tüm çalışmalardan türetilen verilerin coğrafi datum ve projeksiyonları coğrafi GSC_WGS 84 olarak korunmuştur.

5.3 Çizgisellik Çıkarımı

Uzaktan algılama ile otomatik ya da yarı otomatik çizgisellik saptama çalışmalarında farklı özelleşmiş algoritmalar kullanılmaktadır. Bu algoritmaların büyük bir çoğunluğu kenar geliştirme ve eşikleme gibi görüntü işleme işlemlerinden sonra *Hough* ⁽¹⁰⁾ ve benzeri görüntü dönüşümleri takip etmektedir. Bu uygulamaların çoğunda görüntü ön işleme adımları algoritmanın içine bütünleştirilmiştir (PCI Geomatica User Manual, 2015).

Çalışmada, çizgisellik çıkarımı için *PCI Geomatica 2015* yazılımı kullanılmıştır. Geomatica yazılımının kullanılma sebeplerinden en önemlisi, *LINE* isminde özelleştirilmiş bir algoritma ile otomatik çizgisellik çıkarımı yapabilmesidir. Bu algoritma ile yapılan çizgisellik çıkarımı çalışmaları, bölgelere uygun parametreler seçilerek, manuel yöntemler ile saptanmış çizgisellikler ile karşılaştırıldığında, algoritmanın yüksek doğrulukta sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur (Hung, 2005).

LINE algoritması 3 ana aşamadan meydana gelmektedir. Girdi olarak multispektral bir verinin tek kanalını alan bu algoritma, ilk aşamasında görüntüye 8-bit ölçeklendirmesini, çizgisel görüntü geliştirme yöntemi ile uyguladıktan sonra kenar yakalama filtresi ile kenar saptama uygulaması yapılmaktadır. Ardından elde edilen ikili raster görüntü vektör veriye dönüştürülmekte ve farklı eşik değerlerine göre topolojik düzeltmeler gerçekleştirilmektedir.

LINE algoritmasının ilk aşaması olarak görüntü, *RADI (Radius of filter pixels)* parametresi ile kontrol edilen *Gaussian* fonksiyonu ile filtrelenmektedir. Parametre *Gaussian Fonksiyonu*'nun çapını belirlemektedir. Bu değer büyük seçilmesi daha az gürültü değeri sağlayacağından, kenar yakalama filtresinden daha az detay bulunacaktır. Kenar yakalama işlemi için kullanılan algoritma olan *Canny Edge Detector* ⁽¹¹⁾, *LINE* algoritmasının içine bütünleşik olarak kullanılmaktadır. Algoritma, filtrelenen

⁽¹⁰⁾ Bknz. Terimler Dizini

⁽¹¹⁾ Bknz. Terimler Dizini

görüntüden gradyan vektörler hesaplanmakta ve lokal maksimum olmayan piksellerin parlaklık değerleri 0 olarak atanmaktadır.

Algoritmanın ikinci seviyesi, kenar yakalama işleminden elde edilen raster verinin ikili görüntüye dönüştürülmesidir. *GTHR (Threshold for edge gradient)* parametresi ile kontrol edilen aşama, kenar yakalama işleminden elde edilen raster verinin ikili veriye dönüştürülürken kullanılan eşik değeridir.

Üçüncü ve son basamakta ise, ikili görüntü üzerinden eğri yakalama işlemi uygulanmaktadır. Bu aşama dört alt aşamadan meydana gelmektedir. İlk olarak ikili görüntüye yazılım içinde detayları bahsedilmeyen morfolojik bir inceltme algoritması uygulanır. Ardından, çizgisellikleri belirlemek için ihtiyaç duyulan eğrilerin, *LTHR (Threshold for curve length)* parametresi ile elemesi yapılır. İlgilenilmeyen özellikteki eğriler temizlendikten sonra, geriye kalan eğriler üzerinden uyumlu vektörler çıkartılır. Bu aşamadaki uyumlu çizgisel vektörler *FTHR (Line Fitting Threshold)* parametresi ile belirlenir. Son olarak ise, algoritma çizgi çiftlerini *ATHR (Threshold for angular difference)* değerinden küçük olan ve benzer dönüklüğe sahiplikleri ve *DTHR (Threshold for linking distance)* değerinden küçük olan mesafeye sahipliklerine göre birleştirir. Eğri yakalama işleminin sonucunda belirlenen çizgisellikler vektör olarak çıkartılır (PCI Geomatica User Manual, 2015; Kocal ve ark. 2004). Tüm alanlar için kullanılan parametreler Çizelge 5.4' de incelenebilmektedir.

Çizelge 5.4. LINE algoritmasında kullanılan parametreler

RADI	GTHR	LTHR	FTHR	ATHR	DTHR
12	50	20	3	15	1

Seçilen parametreler, “Kocal ve ark. (2004)” çalışmasında belirtilen SWIR dalga boyunda süreksizlik haritalaması için seçilen değerlerdir. Yapılan değişiklikler, çalışma esnasında yapılan denemelere göre karar verilmiştir.

5.4 Drenaj Sistemlerinin Çıkarımı

Uzaktan algılama yöntemleri ile drenaj ağlarının çıkarımında havza ve alt havza alanlarını modellemek için kullanılan *D8* olarak bilinen algoritma dizisinin belirli bir

kısmı uygulanmıştır (Jenson ve Domingue, 1988). Algoritmanın akış şeması Şekil 5.5'te verilmiştir. Algoritma *ESRI ArcMap 10.3* yazılımı kullanılarak uygulanmıştır.

D8 algoritmasına göre, arazi verilerinin güvenilir ve hatadan yoksun olması amacı ile sayısal arazi modelinin hatalı su batan noktalarından arındırılması gerekmektedir (Jenson ve Domingue, 1988). Bu işlem, model gereği su akışının boşluklar tarafından engellenmeden yükseklik değeri düşük olan piksele doğru akış sağlayabilmesi adına yapılmaktadır. Yazılımdaki *fill* (doldurma) algoritması ile boşluk hatalarının giderilmiştir. Bu aşamada doğrulanmış ve üzerinde işlem yapılmaya hazır bir yükseklik modeli oluşturulmuştur.

İkinci aşama olan *flow direction* (akış yönü) belirlenmesi, her piksel üzerine düşen su damlasının hareket edebileceği yönleri iki boyutlu vektörel ortamda 8 yöne sınıflayarak, hangi yöne ilerleyeceğinin belirlenmesi olarak tanımlanır. Yüzey üzerindeki akımın yüksekten alçağa akması prensibinden yola çıkan bu algoritma, en yüksek düşüş miktarını, yükseklik farklarının piksel merkezlerinden olan uzaklıklarına oranları olarak belirler (Djokic, 2008).

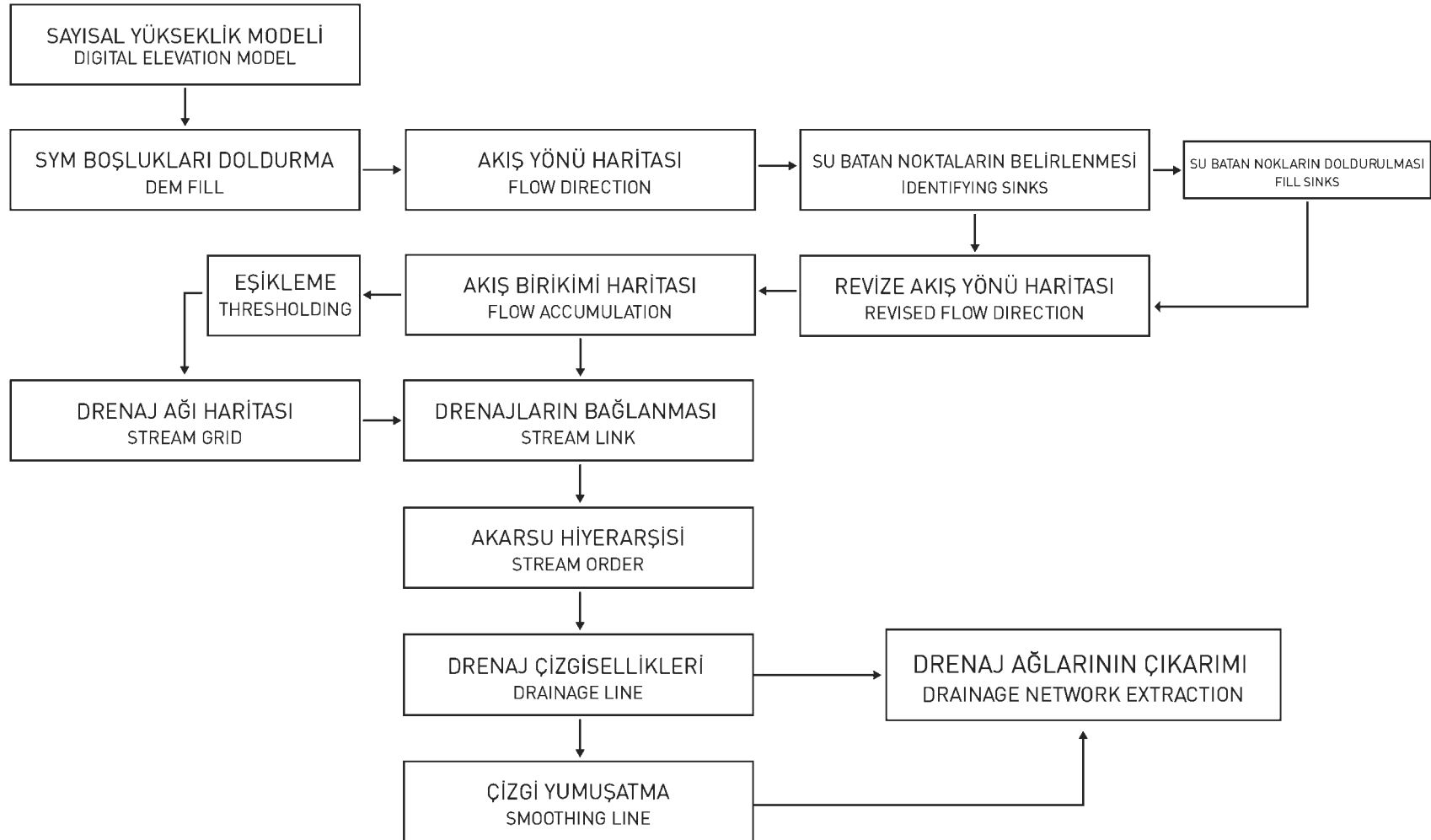
Bir sonraki aşama ise, *flow accumulation* (akım birikimi) hesaplanmasıdır. Bu aşama her piksele düşen su damlasının hangi piksel üzerinde birikeceğinin belirlendiği aşamadır. Her pikselde bir su damlası bulunduğu varsayımın ile yola çıkan bu algoritma, birikim olacak en alçak kotu akım olacak piksel sayısına göre hesaplamaktadır (Band, 1986).

Ardından, akarsu kollarının aynı değere sahip olması adına akarsu bölümleri *stream grid* (drenaj ağı haritası) çıkartılarak bölümlere ayrılır. Ardından *stream link* (drenajların bağlanması) ile her bir kola kendine özgü bir kod atanır. Drenaj ağında yer alan her bir çizgi, bu çizgiye ait su toplama alanının kodunu içermektedir. Bu işlemin sonucunda drenaj ağları raster tipi veri olarak elde edilir (Şekil 5.5).

Kullanılan sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğüne göre çizgilere *smoothing* (yumuşatma) algoritması uygulanmıştır. Bu durumda yumuşatma seviyesinin verinin konumsal çözünürlüğünden geniş bir eşik ile yapılmaması daha uygun görülmüş, bu nedenle "*1 Arc Saniye (30 m)*" ilerlemeli yumuşatma işlemi yapılmıştır.

Drenaj ağları, kullanım ihtiyacına göre *stream order* (akarsu hiyerarşisi) aşaması ile ana akım ve yan yollar olarak sınıflandırılabilir. Çalışmada, seçilen

bölgelerdeki fluviyal yapıların yönelim analizine yoğunlaştığından dolayı yapıların kendi arasındaki ilişkisini ilgilendiren bu aşamaya ihtiyaç duyulmamıştır.



Şekil 5.5. Drenaj çıkarımı için kullanılan akış şeması (Jenson ve Domingue, 1988'den esinlenilerek)

5.5 Drenaj ve Çizgisellik ilişkisi

Faylar, uydu görüntülerinde düz ya da hafif eğri çizgiler olarak görülürler. Bu yapılar, fluviyal sistemlerin özgünlüğü olarak nitelendirilebilecek drenaj desenleri ve morfolojik yapı özelliklerinin gelişimine içsel karakteristikleri ile etki ederek katkı sağlamaktadırlar. (Keller ve Pinter, 1996). Makro yapılar olarak değerlendirilebilecek bu unsurlar, tektonik etkilerin çok yoğun olduğu bölgelerde drenaj desenleri ile doğrudan korelasyon kurmaktadır.

Çalışmada, seçilen bölgelerden elde edilen çizgisellik ve drenaj sistemleri arasındaki ilişkinin bölgenin neotektonizmasını açıklamak için bir gösterge olduğu düşünülerek yapıların birincil ve ikincil eksenlerin yönelimleri karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Karşılaştırılma, bu iki çizgisel yapının oluşturulan gül diyagramları üzerinden yapılarak, göstergeleri uzaktan algılama verisinin üzerine yansıtılmıştır.

Rockworks 15 yazılımı dahilindeki “*ROSE LENGTH_TYPE*” komutu kullanılarak çizgisel verilerin uzunluklarına bağlı frekansları gül diyagramlarına dökülmüştür.

5.5.1 Beklenen gül diyagramları

Çalışmada, üç temel tektonik rejim üzerinden belirlenen üç tür ilişki mevcuttur. İlişkilerden ilki, fluviyal yapılar ve çizgiselliklerin birbirlerine neredeyse dik olduğuna ilişkin bir yorumlamadır. Bu durumu gösteren bölgelerde doğrultu atım tektonik rejiminin hakim olduğu, σ_1 ve σ_3 'ün yatay ekseninde ve birbirine dik olarak görüldüğü düşünülmüştür. İlişkilendirme, fluviyal yapıların doğrultu atımlı fay sistemlerine bağlı gelişen kırıkları takip ettikleri ya da bu kırıklar tarafından ötelendiği şeklinde yapılmıştır. (Şekil 5.6).

İkinci tür ilişki, fluviyal yapılar ve çizgiselliklerin birbirlerine neredeyse paralel olduğuna ilişkin bir yorumlamadır. Bu durumu gösteren bölgelerde açılma tektonik rejiminin hakim olduğu, σ_1 'in yerçekimi yönünde, σ_3 geriliminin ise yatay ekseninde görüldüğü düşünülmüştür. İlişkilendirme, fluviyal yapıların açılma rejimine bağlı gelişen düşmeleri ve gelişen yardımcı kırıkları takip ettikleri şekilde yapılmıştır (Şekil 5.6).

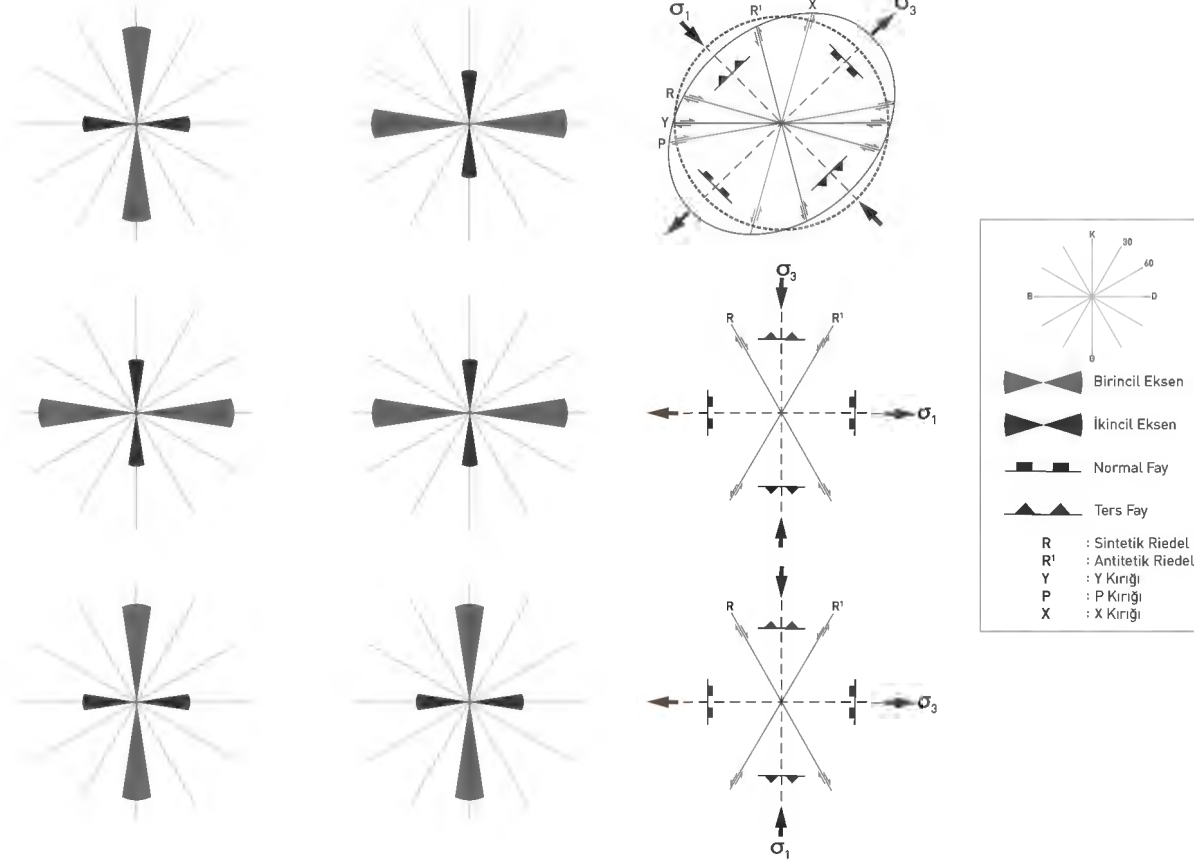
Üçüncü tür ilişki ise, fluviyal yapılar ve çizgiselliklerin birbirlerine neredeyse paralel olduğuna ilişkin bir yorumlamadır. Açılma tektoniğine benzer şekilde görüleceği

düşünülen gül diyagramları, gerilme eksenlerinin yönlerinin değişimi ile açılma geriliminden ayrılmaktadır. Bu durumu gösteren bölgelerde sıkışma tektonik rejiminin hakim olduğu, σ_1 'in yatay ekseninde, σ_3 geriliminin ise yer çekimi yönünde görüldüğü düşünülmüştür. İlişkilendirme, fluviyal yapıların sıkışma rejimine bağlı gelişen yükselmelerin morfolojik özelliklere göre yönlendikleri ve gelişen yardımcı kırıkları takip ettikleri şekilde yapılmıştır (Şekil 5.6).

ÇİZGİSELLİKLER

FLUVİYAL YAPILAR

YAPISAL İLİŞKİLER



Şekil 5.6. Beklenen gül diyagramları ve yapısal elipsler arasındaki ilişkiler (Özgün), Doğrultu atımlı tektonik rejimi belirten ilişki ve yamulma elipsi (Üst), Açılma tektonik rejimi belirten ilişki ve gerilme diyagramı (Orta), Sıkışma tektonik rejimini belirten ilişki ve gerilme diyagramı (Alt)

6. VARSAYIMLAR

Çalışmada, verileri yorumlama aşamasına geçmeden önce elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Buna göre, uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen çizgiselliklerin güncel tektonik hareketleri araştırmak için yeterli olup olmadığı tartışılmıştır.

Kullanılan algılayıcının, bölgesel yer bilimleri çalışmalarında tatmin eder bir veri kaynağı olduğu düşünülmüştür. Orta seviye konumsal çözünürlüğü ve yüksek olarak nitelendirilebilecek spektral çözünürlüğü ile orta ölçekli jeoloji çalışmalarında kullanımının faydalı olduğu düşünülmektedir. Uydu görüntülerinde görülen fluviyal yapıların çizgisellik verisini etkilememesi amacıyla, *NDWI* indisi ile su maskeleymesi yapılmıştır. Bu nedenle, uydu görüntülerinden elde edilen çizgiselliklerin tektonik çizgisellikler olarak değerlendirilebileceği varsayılmıştır.

Drenaj sistemlerini çıkarmakta kullanılan sayısal yükseklik modelinin orta ölçekli yer bilimleri çalışmalarında kullanılan 1/25.000'lik ölçek standardına yakın olduğu ve elde edilen fluviyal yapıların uydu görüntülerine uyum gösterdiği görülmüştür. Çizgisellik çıkarımı için kullanılan verilerin yaz döneminde elde edilen görüntüler olması ve bu dönemlerde kuruyan mevsimsel dereler üzerinde izlenebilen tektonik etkilerle meydana gelen akış yönü değişimleri gibi deformasyonların çıkartılan drenaj sistemleri kullanılarak saptanabileceği varsayılmıştır.

Bölge seçiminde, literatür taraması yapılmış ve test alanları için tektonik kuvvetlerin bölgedeki drenajların jenetik gelişiminden daha etkin olarak görüldüğü bölgeler kıstas olarak kullanılmıştır. Bu sebeple, Şekil 4.1'de belirlenen çizgisellik sınıflamasının geçerli olduğu, drenaj sistemlerinin üzerinde görülen ve gül diyagramlarına yansıyan deformasyon izlerinin tektonizma kaynaklı olduğu varsayılmıştır.

Yamulma elipsinin, bölgedeki kırılmaların arasındaki mekanik ilişkiyi göstermesi sebebi ile çalışma alanlarında gerilmeye bağlı gelişen yapısal unsurların çizgisellikleri arasındaki oryantasyonu sistematik olarak açıklayabileceği düşünülmüştür.

Bunlar ile birlikte, çalışmada kullanılan sistematik gereği elde edilen sonuçlardan yatay ekseninde izlenebilen atımlarla ilgili fikir edinilebileceği düşünülse de, dikey ekseninde

meydana gelen deformasyonlar hakkında ek incelemelere ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmiştir. Bunun için düşey atımlı sistemlerin bulunduğu tahmin edilen alan olan Test alanı 3 için, belirlenen bir hattan kesit alınmıştır.

Çalışma alanlarında, sismik hareketler sebebiyle meydana gelebilecek heyelanların oluşma ihtimali olan çizgisellikler, uydu görüntülerinin leği sebebiyle saptanamayacağı varsayılmış dolayısı ile dikkate alınmamıştır.

Uzaktan algılama yöntemleri ve coğrafi analizler ile yapılacak olan bu çalışmanın, bir bölgedeki neotektonik rejimlerin araştırması için yeterli bilgi treteceği varsayılmış ve önceki bölümlerde bahsedilen yöntemler test alanlarına uygulanmıştır.

7. ÇALIŞMA ALANLARI

Alanlar seçilirken, drenaj sistemlerinin kendi içsel mekanizmalarından çok tektonik etkiler tarafından meydana gelen izlerini gözlemlemek amacıyla yüksek tektonik etki altında olmasına ve farklı tektonik rejimleri temsil eden bölgeler olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Çalışma alanları, Test alanı 1 (KAFZ'nun batısı), Test alanı 2 (KAFZ'nun doğusu Test alanı 3 (Menderes Grabeni ile Gediz Grabeni'nin doğusu), Test alanı 4 (EFZ üzeri)

Drenaj sistemlerinin çizgisellikler ile arasında kurulan ilişki çeşitleri “Hitchcock ve ark. (2003)”, “Seyitoğlu (2015a)”, “Seyitoğlu (2015b) ve “Kaya (2015)” ile kontrol edilmiştir.

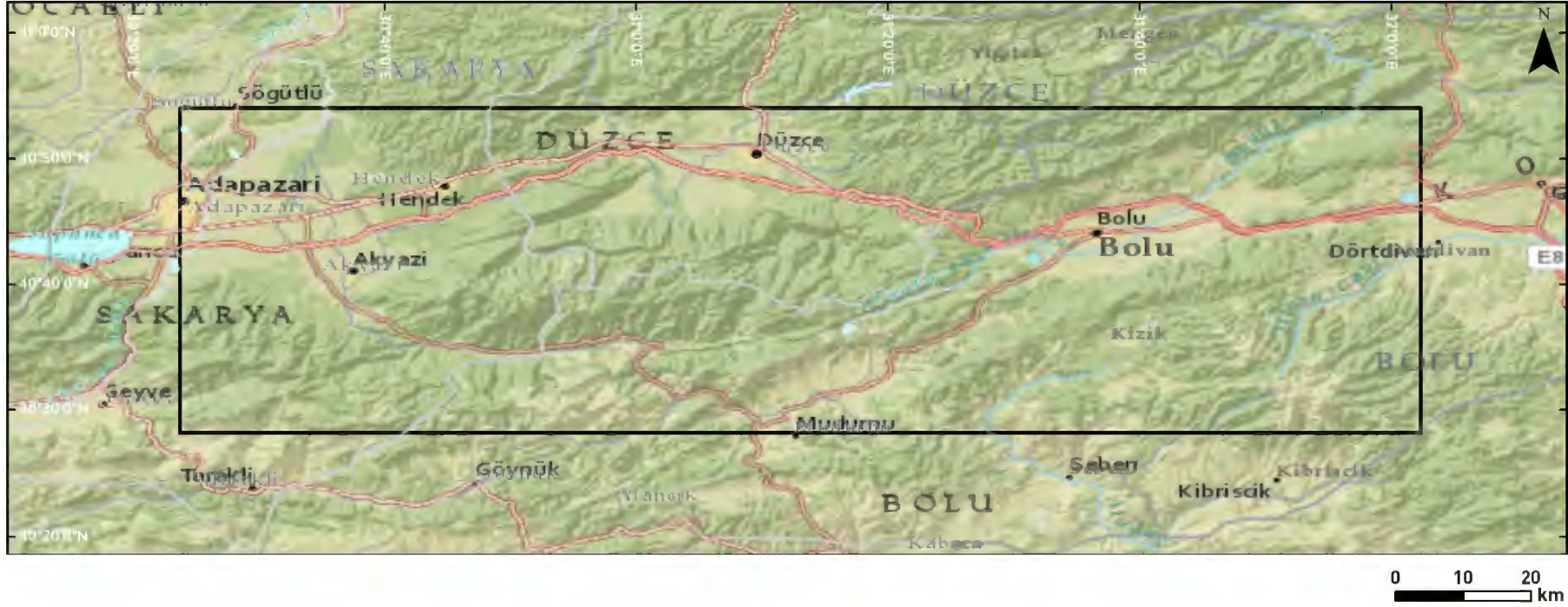
7.1 Test alanı 1

Test alanı 1, KAFZ'nun batı bölgesini kapsamakta, batıda Söğütlü'den doğuda Kıbrısık yakınlarında $40^{\circ}30'0'' - 40^{\circ}50'0''N$ ve $30^{\circ}20'0'' - 32^{\circ}20'0''E$ koordinatları olarak belirlenmiştir.

Bölge genel olarak doğrulu atımlı tektonik rejim ile karakterize olan makaslama kuvvetlerinin etkisi altındadır. “Seyitoğlu ve ark. (2015a)” bölgenin detaylı tektonik göstergelerini sismik çalışmalar ile destekleyerek göstermişlerdir.

Test alanı 1'e ait yer bulduru haritası, RGB olarak gösterilen uydu görüntüsü, çizgisellik çalışmasının yapıldığı SWIR kanalı, bölgeye ait sayısal yükseklik modeli,

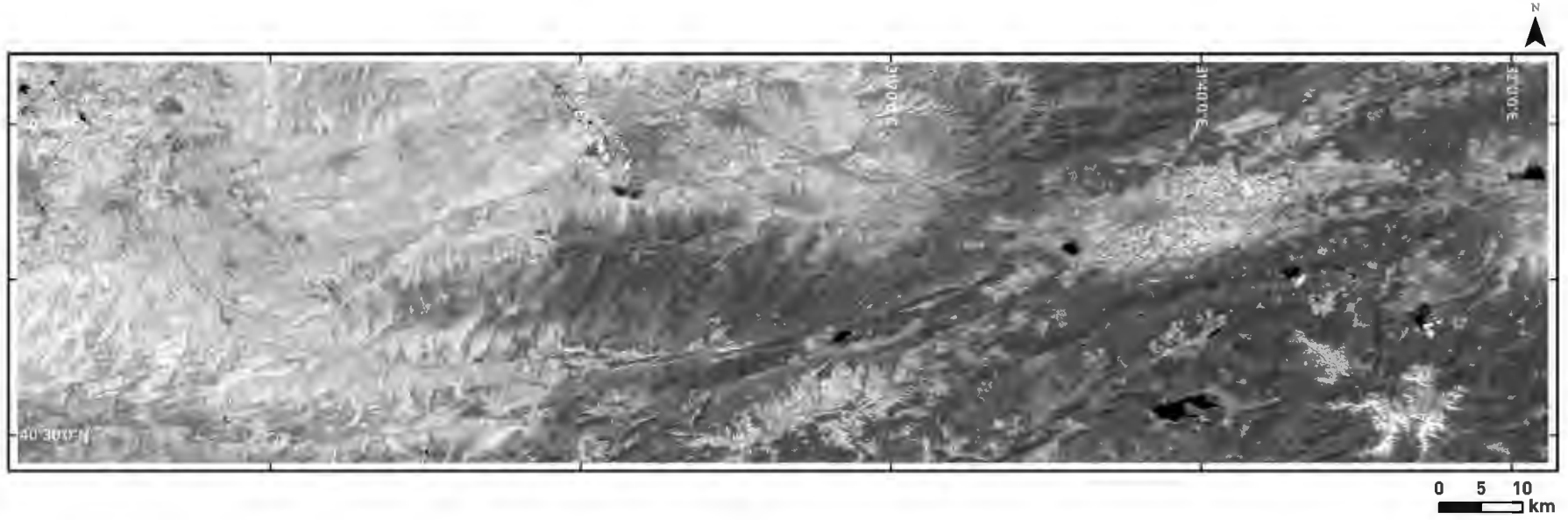
RGB uydu görüntüsünün üzerine çıkartılan çizgiselliklerin gösterimi ve sayısal yükseklik modelinden elde edilen drenaj sistemleri sırasıyla Şekil 7.2, Şekil 7.3, Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6 ve Şekil 7.7’de verilmiştir.



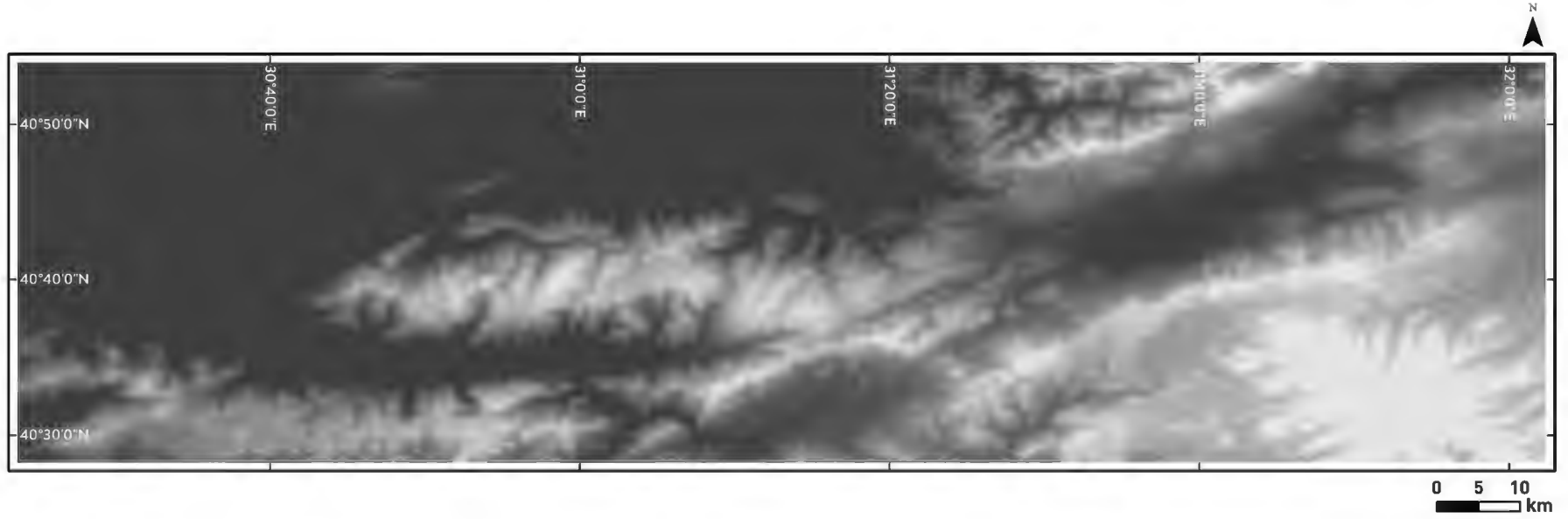
Şekil 7.2. Test alanı 1'e ait yer bulduru haritası



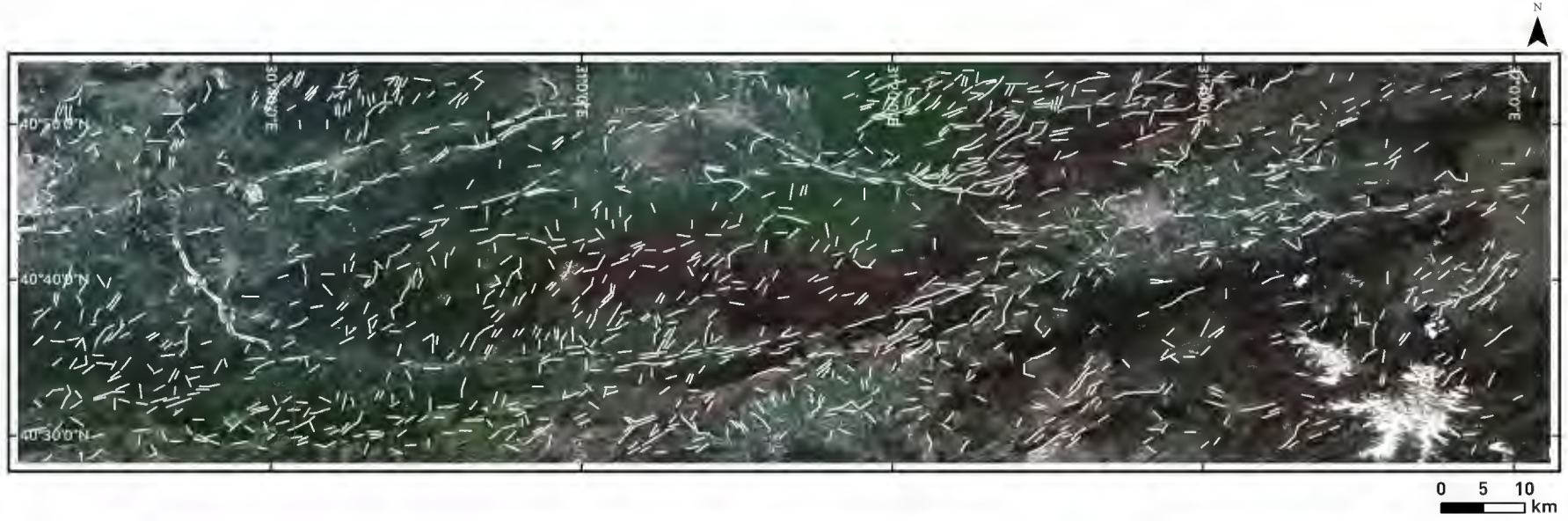
Şekil 7.3. Test alanı 1'e ait RGB uydu görüntüsü



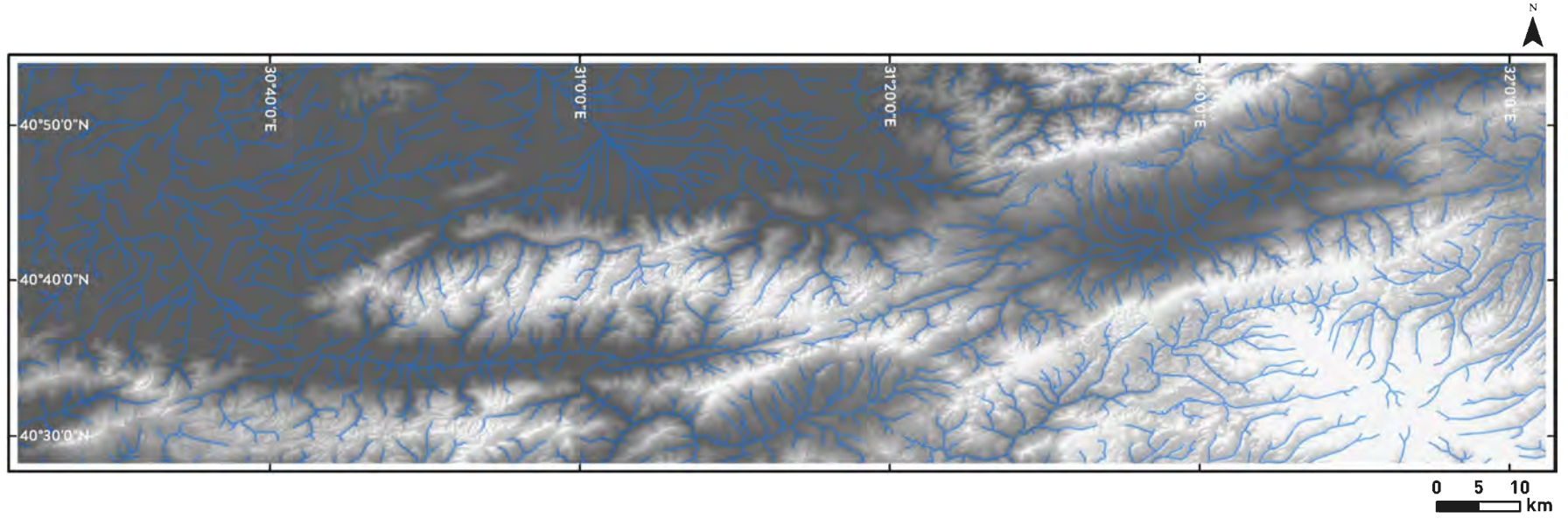
Şekil 7.4. Test alanı 1'e ait SWIR, 5. Bant görüntüsü



Şekil 7.5. Test alanı 1'e ait sayısal yükseklik modeli



Şekil 7.6. Test alanı 1'e ait çizgisellikleri gösterir harita



Şekil 7.7. Test alanı 1'e ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir

7.1.1 Değerlendirme

Uydu görüntülerinden elde edilen çizgiselliklerin ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak çıkartılan drenaj sistemlerinin karşılaştırılması için yönelim analizinin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, *Rockworks 15* yazılımının “*ROSE LENGTH_TYPE*” komutu kullanılarak gül diyagramları oluşturulmuştur. Gül diyagramları için vektörel ortamda kaydedilmiş çizgisel veriler “*dxf*” formatında kaydedilip yazılımın içine aktırılmıştır.

Değerlendirmenin doğruluğu adına, test alanı 4 paftaya ayrılmış ve bu paftalara düşen çizgisellikler ve drenajlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Paftalar K-G ve D-B doğrultularında Almacık Bloğu referans alınarak, orta nokta $31^{\circ}00'21''N$ ve $40^{\circ}42'23''E$ olacak şekilde bölünmüştür (Şekil 7.8).

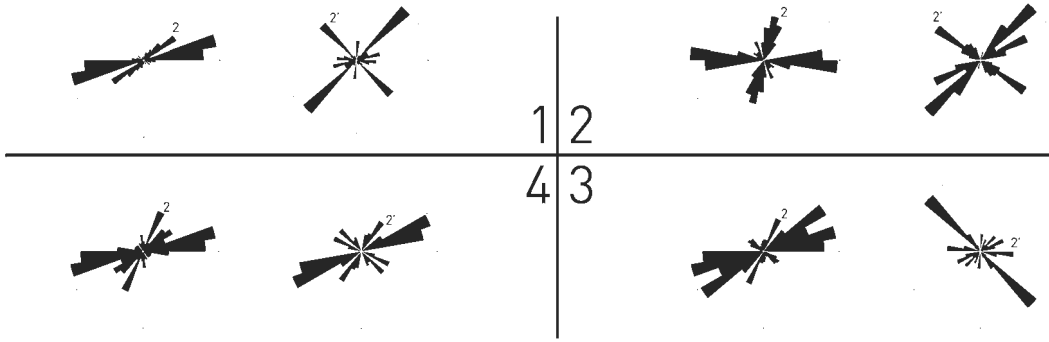


Şekil 7.8. Test alanı 1 için bölünmüş paftaları gösterir harita

Bu alanda elde edilen çizgiselliklerin ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları pafta numarası sırasıyla, Şekil 7.9’da görülmektedir.

1 numaralı kuzeybatı paftasında, çizgiselliklerin gül diyagramında *Y kırığı* olarak gösterilen yaklaşık K70D yönelimli doğrultu atımlı fay rejimini destekleyen doğrultu fay sistemi görülmektedir. Şekil 7.9’da görülen ve 1 ile gösterilen bölümde, 2 ile işaretlenmiş ikincil eksen *R ve P kırıklarının* bulunduğu yönelimde yüksek frekans göstermektedir. Paftanın drenaj sistemlerini gösteren gül diyagramında, birincil eksen K45D ve 2’ ile gösterilen ikincil eksen K45B olarak görülmektedir. Çizgisellik gül diyagramı ile yönlendirilen yamulma elipsine göre, drenaj sistemlerinin birincil ve ikincil eksenleri, sırasıyla σ_1 ve σ_3 yönünde görülmektedir (Şekil 7.10).

2 numaralı kuzeydoğu paftasında, çizgiselliklerin gül diyagramında *Y kırığı* olarak gösterilen yaklaşık K80B ve D-B yönelimli doğrultu atımlı fay rejimini destekleyen doğrultu fay sistemi görülmektedir. Şekil 7.9’da görülen ve 2 ile gösterilen bölümde, 2 ile işaretlenmiş ikincil eksen de R^l ve *X kırıklarının* bulunduğu yönelimde yüksek frekans görülmektedir. Paftanın drenaj sistemlerini gösteren gül diyagramında, birincil eksen K45D ve 2’ ile gösterilen ikincil eksen K45B olarak görülmektedir. Drenaj sistemleri, σ_3 açılma doğrultusunda yüksek frekans göstermektedir. Çizgisellik gül diyagramı ile yönlendirilen yamulma elipsine göre, drenaj sistemlerinin birincil ve ikincil eksenleri, sırasıyla σ_1 ve σ_3 yönünde görülmektedir (Şekil 7.10).



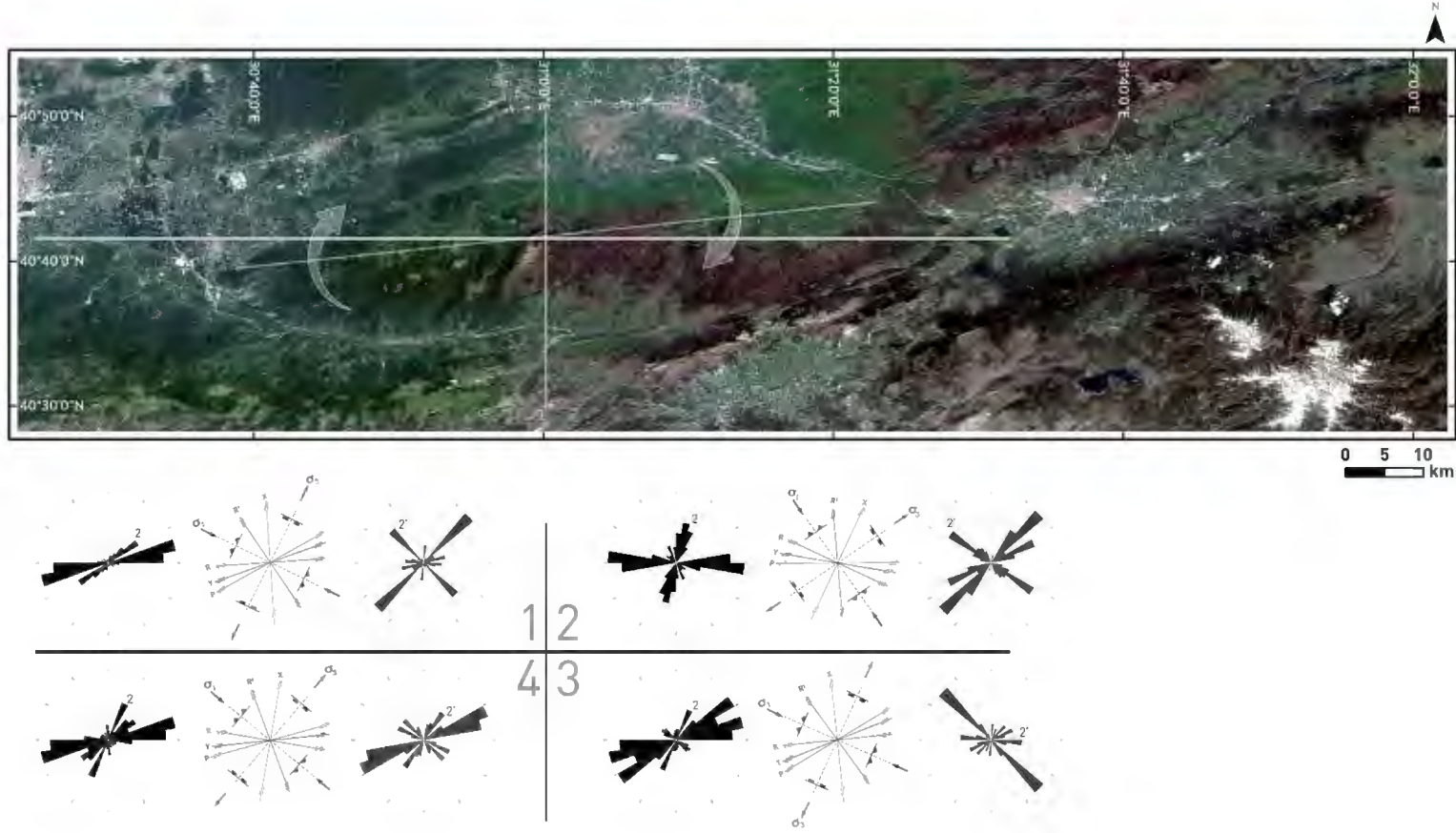
Şekil 7.9. Pafta numaraları ve çalışma alanındaki lokasyonlarına göre çizgisellikler (Sol) ve drenaj sistemlerine (Sağ) ait gül diyagramlarını gösterir diyagram

3 numaralı güneydoğu paftasında, çizgiselliklerin gül diyagramında *Y kırığı* olarak gösterilen yaklaşık K60D ve K80D yönelimli doğrultu atımlı fay rejimini destekleyen doğrultu fay sistemi görülmektedir. Şekil 7.9’da görülen ve 3 ile gösterilen bölümde, 2 ile işaretlenmiş ikincil eksen σ_3 açılma doğrultusunda yüksek frekans göstermektedir. Paftanın drenaj sistemlerini gösteren gül diyagramında, birincil eksen K45B ve 2’ ile gösterilen ikincil eksen D-B olarak görülmektedir. Drenaj sistemleri, R^l kırıkları doğrultusunda yüksek frekans göstermektedir. (Şekil 7.10).

4 numaralı güneybatı paftasında, çizgiselliklerin gül diyagramında *Y kırığı* olarak gösterilen yaklaşık K70D yönelimli doğrultu atımlı fay rejimini destekleyen doğrultu fay sistemi görülmektedir. Şekil 7.9’da görülen ve 4 ile gösterilen bölümde, 2 ile işaretlenmiş ikincil eksen *X kırığı* doğrultusunda yüksek frekans görülmektedir. Paftanın drenaj sistemlerini gösteren gül diyagramında, birincil eksen yaklaşık K70D ve 2’ ile gösterilen ikincil eksen K30D olarak görülmektedir. Drenaj sistemleri, doğrultu atımlı fay

doğrultusunda yüksek frekans göstermektedir. Ayrıca drenaj sistemlerinin, çizgiselliklerde belirtilen *X kırıklarını* takip ettiği düşünülmektedir. Bununla birlikte gül diyagramlarında σ_1 sıkışma yönünde makaslama rejimini destekleyen belirgin bir frekans görülmektedir (Şekil 7.10).

Paftalarda görülen ana eksenler “Emre ve ark. (2011b); Seyitoğlu ve ark. (2015a)” da belirtilen fay sistemleri ile uyum göstermektedir. Çizgiselliklerin bölgedeki doğru atım rejimini ana eksenlerinde gösterdikleri görülmektedir. Gül diyagramlarının ikincil eksenlerinin doğrultularının, bu sistemin tanımlandığı sıkışma (σ_1) ve açılma (σ_3) gerilimlerine bağlı kırıkların izini takip ettiği düşünülmüştür. Bu anlamda, bölgede doğru atımlı tektonik rejim ile karakterize olan makaslama hareketlerinin etkisi altında olduğu yorumlanmıştır (Şekil 7.10).



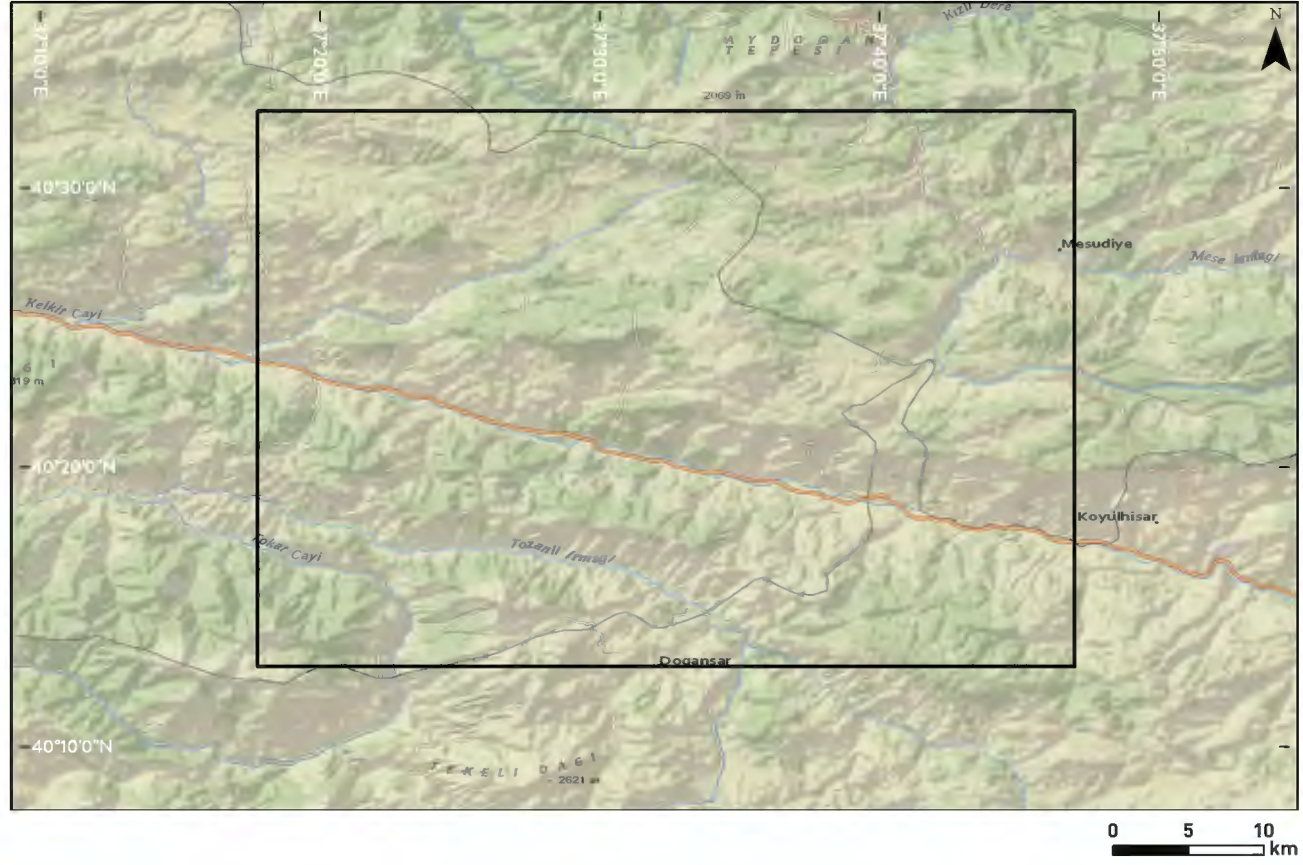
Şekil 7.10. Test alanı 1 dahilindeki 4 paftanın yamulma elipslerinin doğrultuları (Orta), çizgiselliklerin (Sol) ve drenaj sistemlerinin (Sağ) gül diyagramlarını gösterir harita (Almacık Bloğu “Seyitoğlu, (2000)”den, mekanizmalar “Hitchcock ve ark., (2003)”den esinlenerek)

7.2 Test alanı 2

Test alanı 2, KAFZ'nun doğu bölgesinde, gúneyde Sivas, kuzeyinde Ordu, kuzeybatıda Kaşpınar Köyü ile gúneydođuda Yeşilyurt Köyü yakınlarında $40^{\circ}10'0''$ - $40^{\circ}30'0''$ N ve $37^{\circ}20'0''$ - $37^{\circ}50'0''$ E koordinatları olarak belirlenmiştir.

Bölge genel olarak doğrulu atımlı tektonik rejim etkisi altındadır. Bu etki ile birlikte gelişen sintetik ve antitetik kırıkların gözlemlenebildiği bir bölgededir.

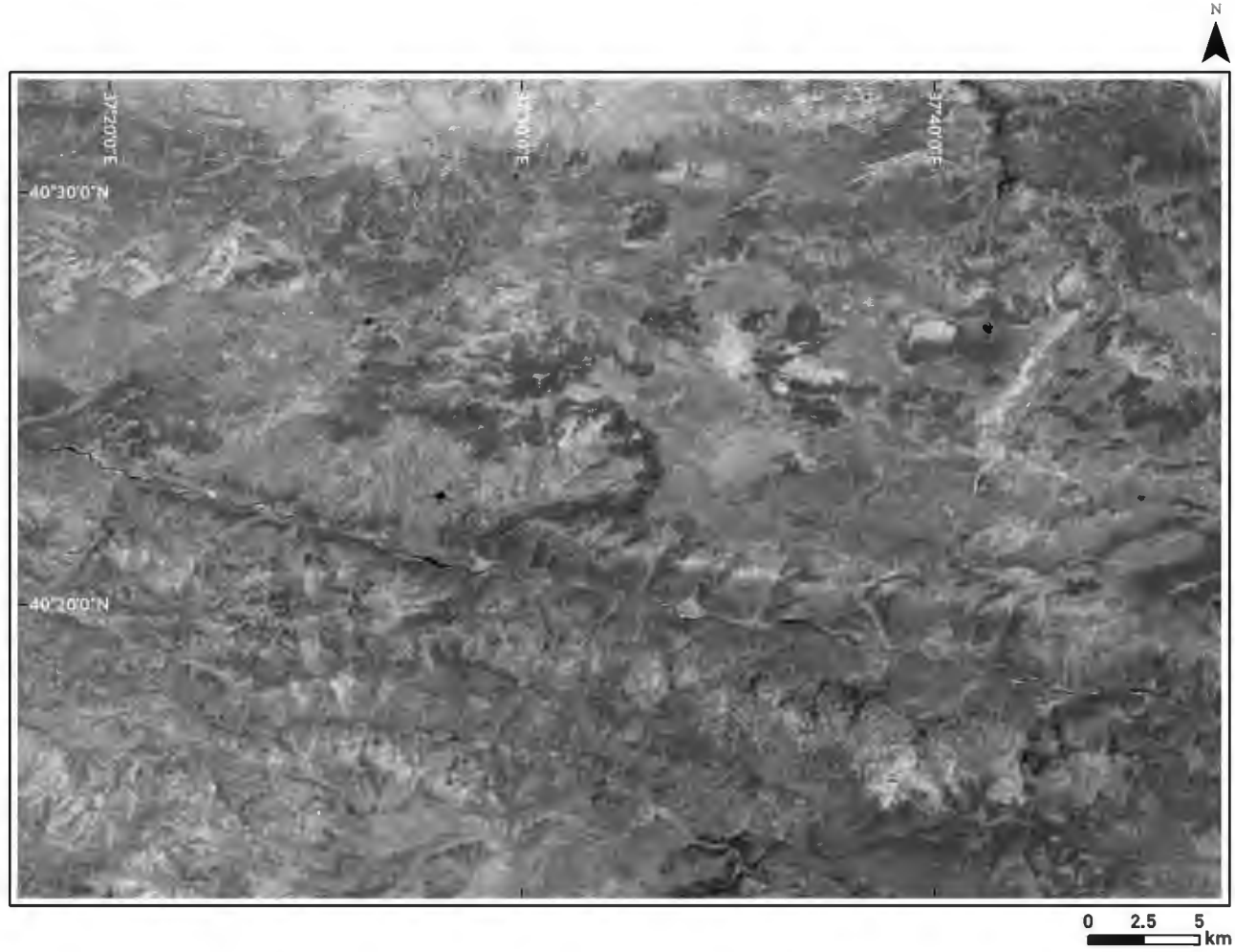
Test alanı 2'ye ait yer bulduru haritası, RGB olarak gösterilen uydu görüntüsü, çizgisellik çalışmasının yapıldığı SWIR kanalı, bölgeye ait sayısal yükseklik modeli, RGB uydu görüntüsünün üzerine çıkartılan çizgiselliklerin gösterimi ve sayısal yükseklik modelinden elde edilen drenaj sistemleri sırasıyla Şekil 7.11, Şekil 7.12, Şekil 7.13, Şekil 7.14, Şekil 7.15 ve Şekil 7.16'de verilmiştir.



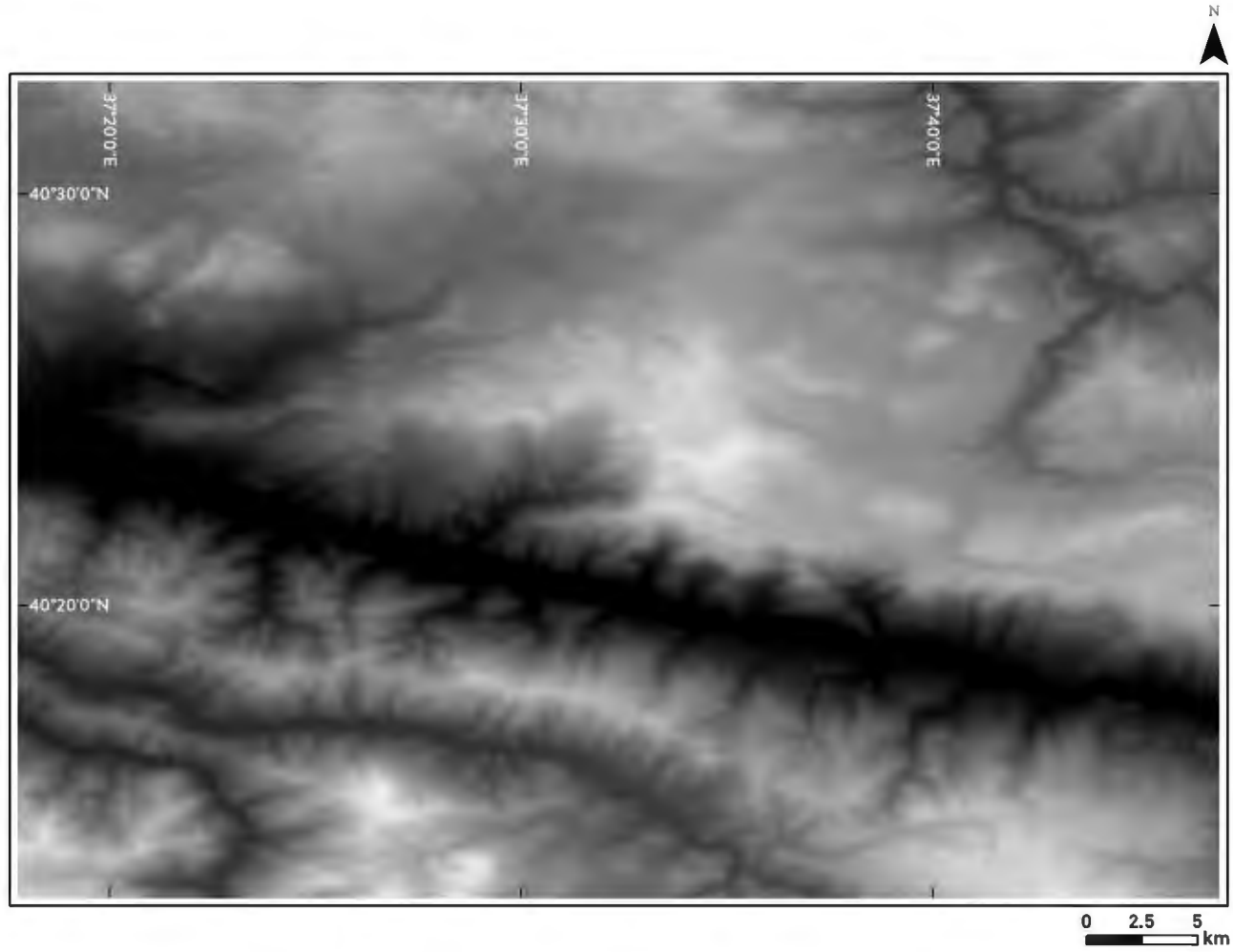
Şekil 7.11. Test alanı 2'ye ait yer bulduru haritası



Şekil 7.12. Test alanı 2'ye ait RGB uydu görüntüsü



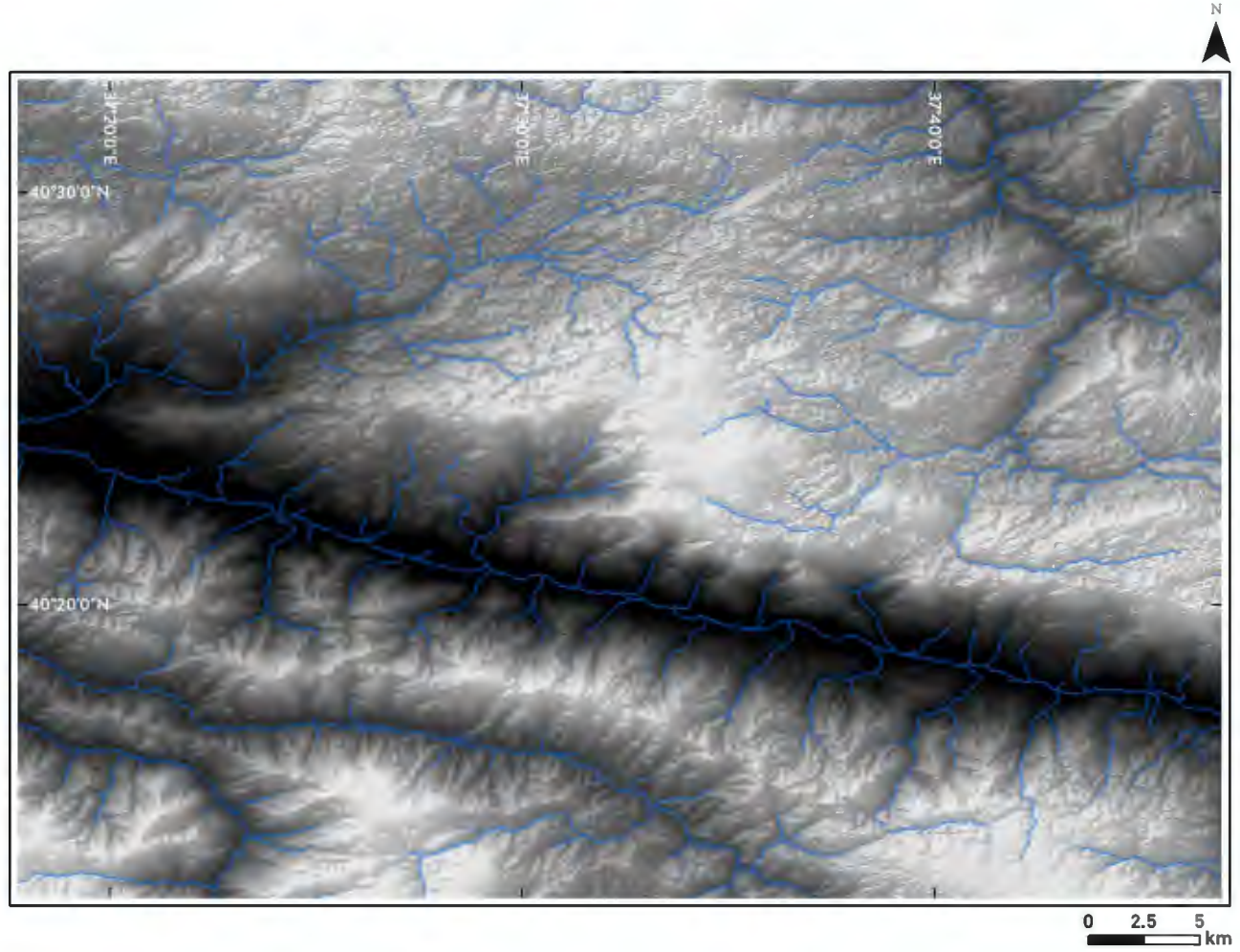
Şekil 7.13. Test alanı 2'ye ait SWIR, 5. Bant görüntüsü



Şekil 7.14. Test alanı 2'ye ait sayısal yükseklik modeli



Şekil 7.15. Test alanı 2'ye ait çizgisellikleri gösterir harita

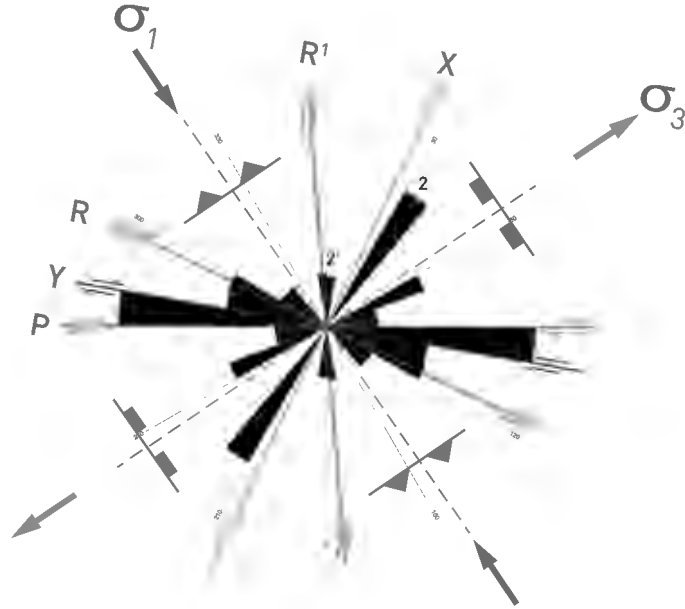


Şekil 7.16. Test alanı 2'ye ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir

7.2.1 Değerlendirme

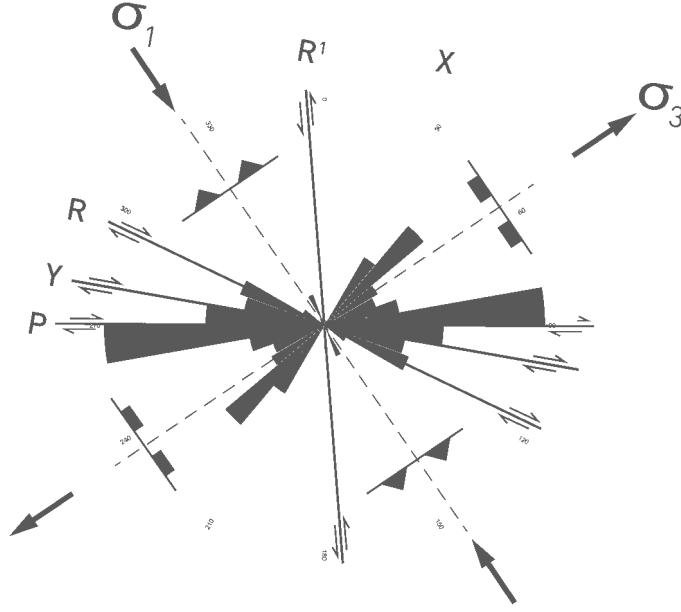
Uydu görüntülerinden elde edilen çizgiselliklerin ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak çıkartılan drenaj sistemlerinin karşılaştırılması için yönelim analizinin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, *Rockworks 15* yazılımının “*ROSE LENGTH_TYPE*” komutu kullanılarak gül diyagramları oluşturulmuştur. Gül diyagramları için vektörel ortamda kaydedilmiş çizgisel veriler “*dx*” formatında kaydedilip yazılımın içine aktırılmıştır. Bu alanda elde edilen çizgiselliklerin ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları sırasıyla Şekil 7.17 ve Şekil 7.18’de görülmektedir.

Gül diyagramlarına göre, çizgiselliklerin birincil eksenini yaklaşık D-B yönelimli doğrultu atım rejimine bağlı gelişmiş doğrultu atımlı fay sistemidir. İlgili şekilde *Y kırığı* olarak gösterilen bu eksen KAFZ ile uyum göstermektedir. Tektonik çizgiselliklerin K30D yönü ile gösterilen 2 olarak işaretlenmiş ikincil eksen, bölgedeki *X kırıklarını*, K5B yönü ile gösterilen 2’ olarak işaretlenmiş ikincil eksen, bölgedeki *R¹ kırıkları* bölgedeki doğrultu atım sistemini desteklediği düşünülmüştür. İlgili şekildeki yamulma elipsinin yönelimine göre, bölgedeki σ_1 sıkışma gerilimini, σ_3 ise açılma gerilimini göstermektedir (Şekil 7.18).



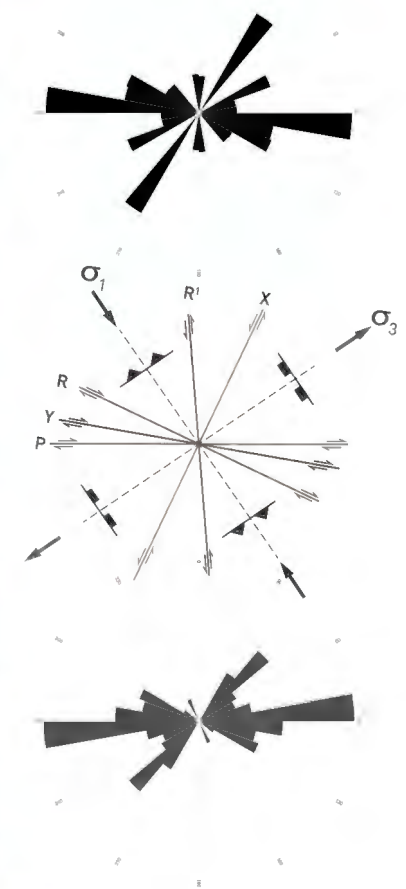
Şekil 7.17. Test alanı 2'ye ait çizgiselliklerin yönelimini gösteren gül diyagramı

Gül diyagramlarına göre drenaj sistemlerinin, ana eksen olan D-B doğrultusunda doğrultu atımlı tektonik rejime bağlı doğrultu atımlı fay sistemin takip ettikleri görülmüştür. Fluvial yapıların ikincil eksenini K45D yönünde, *X kırıkları* doğrultusunu takip ettikleri görülmüştür (Şekil 7.18).



Şekil 7.18. Test alanı 2'ye ait drenaj sistemlerinin yönelimini gösteren gül diyagramı

Çizgisellikler ve drenaj sistemlerinin birincil ve ikincil eksenlerinin uyum içerisinde olması bölgedeki fluvial yapıların doğrultu atımlı tektonik rejime bağlı gelişen yapısal izleri takip ettiği düşünülmüştür (Şekil 7.19).



Şekil 7.19. Test alanı 2 için çizgisellikler ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları ile yamulma elipsini gösterir harita (KAFZ'yi temsilen)

7.3 Test alanı 3

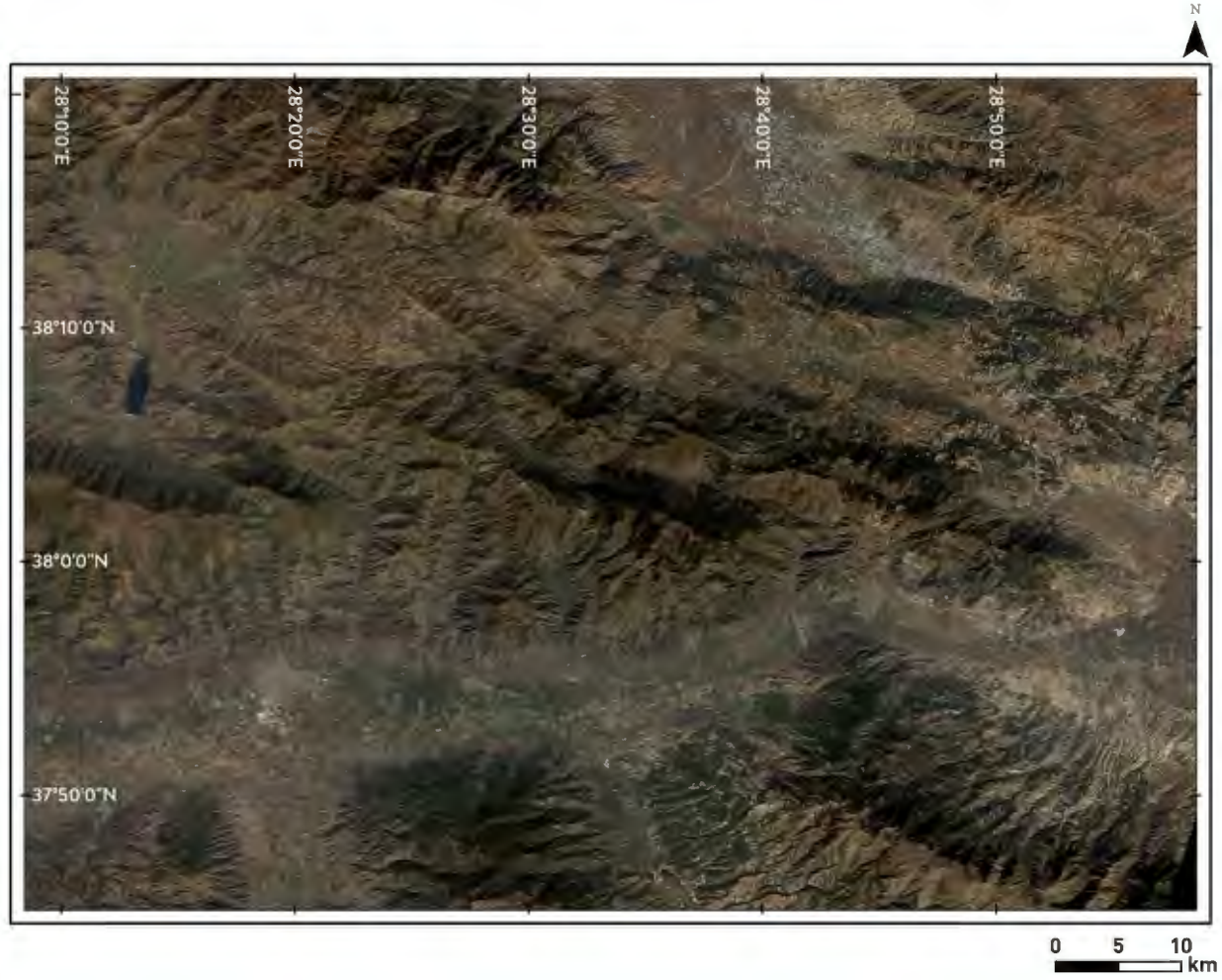
Test alanı 3, Menderes ve Gediz Grabenlerinin doğusundan başlayarak güneyde Demirciler ve Ula Köylerini kaplayan $37^{\circ}50'0''$ - $38^{\circ}20'0''$ N ve $28^{\circ}10'0''$ - $28^{\circ}60'0''$ E koordinatları olarak belirlenmiştir.

Bölge genel olarak sıkışma/açılma tektonik rejiminin etkisinde oluşan horst-graben yapıları ile karakterizedir. “Kaya (2015a)” bölgenin detaylı tektonik göstergelerinin jeotermal sistemlere etkileri üzerinden incelemiştir.

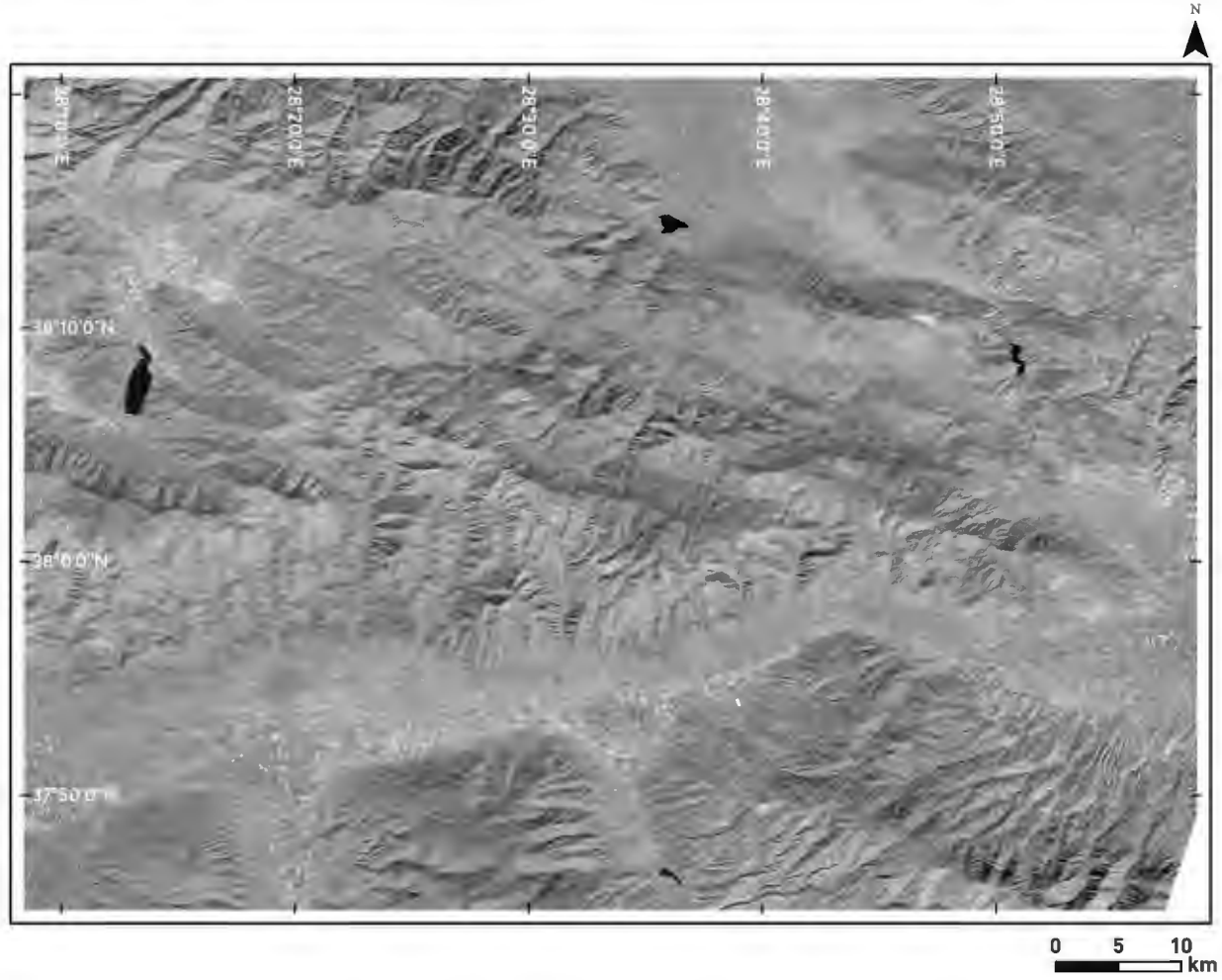
Test alanı 3'e ait yer bulduru haritası, RGB olarak gösterilen uydu görüntüsü, çizgisellik çalışmasının yapıldığı SWIR kanalı, bölgeye ait sayısal yükseklik modeli, RGB uydu görüntüsünün üzerine çıkartılan çizgiselliklerin gösterimi ve sayısal yükseklik modelinden elde edilen drenaj sistemleri sırasıyla Şekil 7.20, Şekil 7.21, Şekil 7.22, Şekil 7.23, Şekil 7.24 ve Şekil 7.25'de verilmiştir.



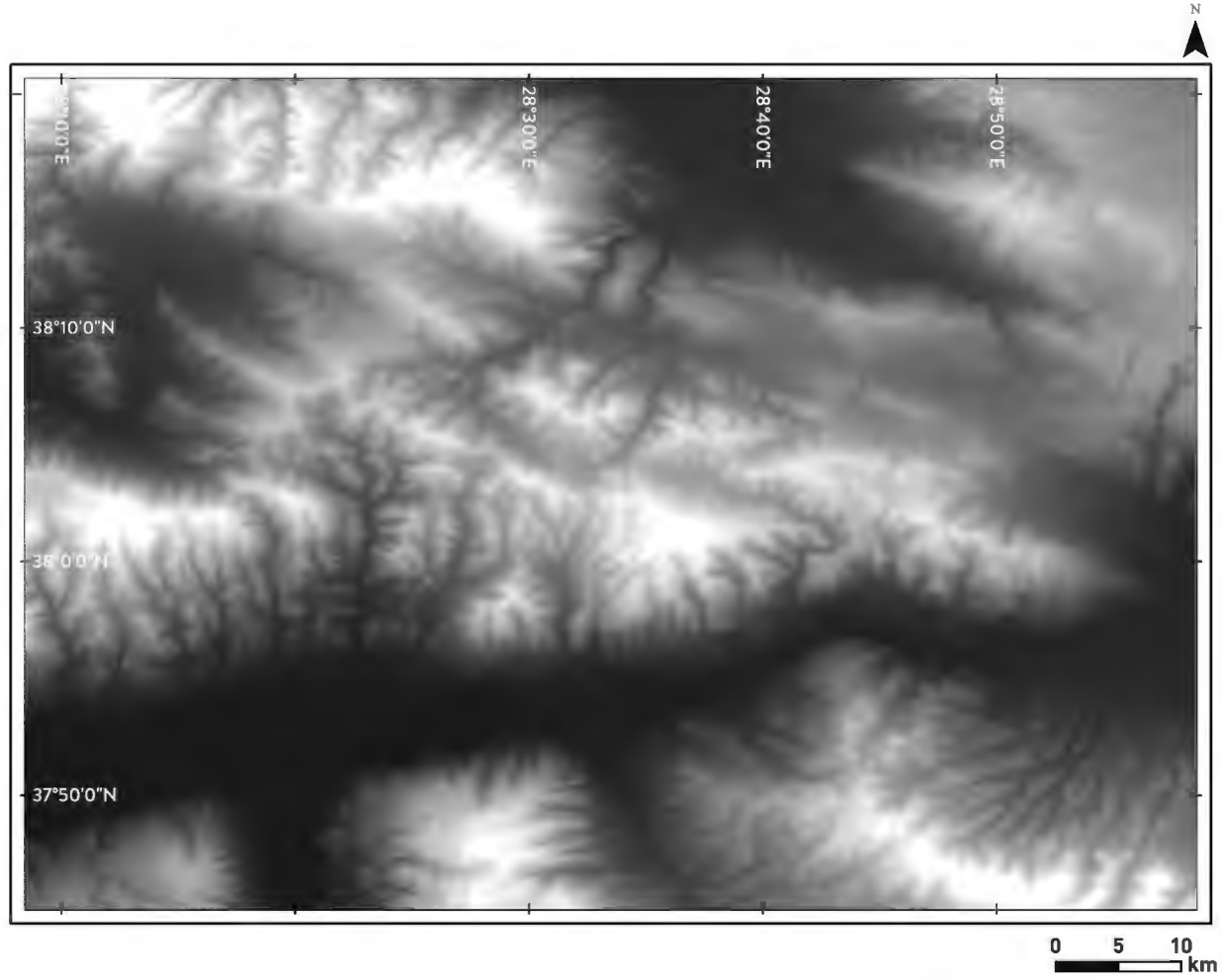
Şekil 7.20. Test alanı 3'e ait yer bulduru haritası



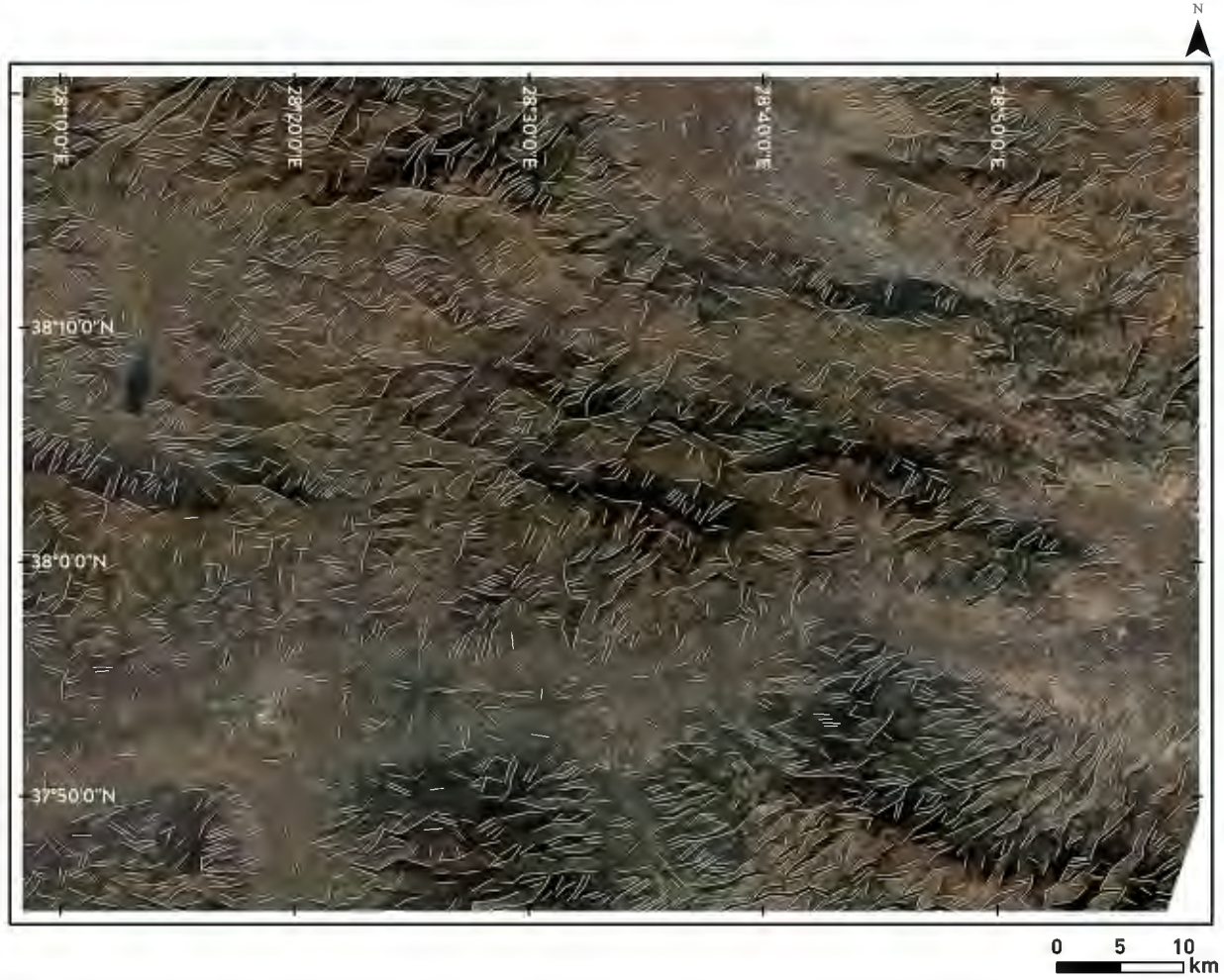
Şekil 7.21. Test alanı 3'e ait RGB uydu görüntüsü



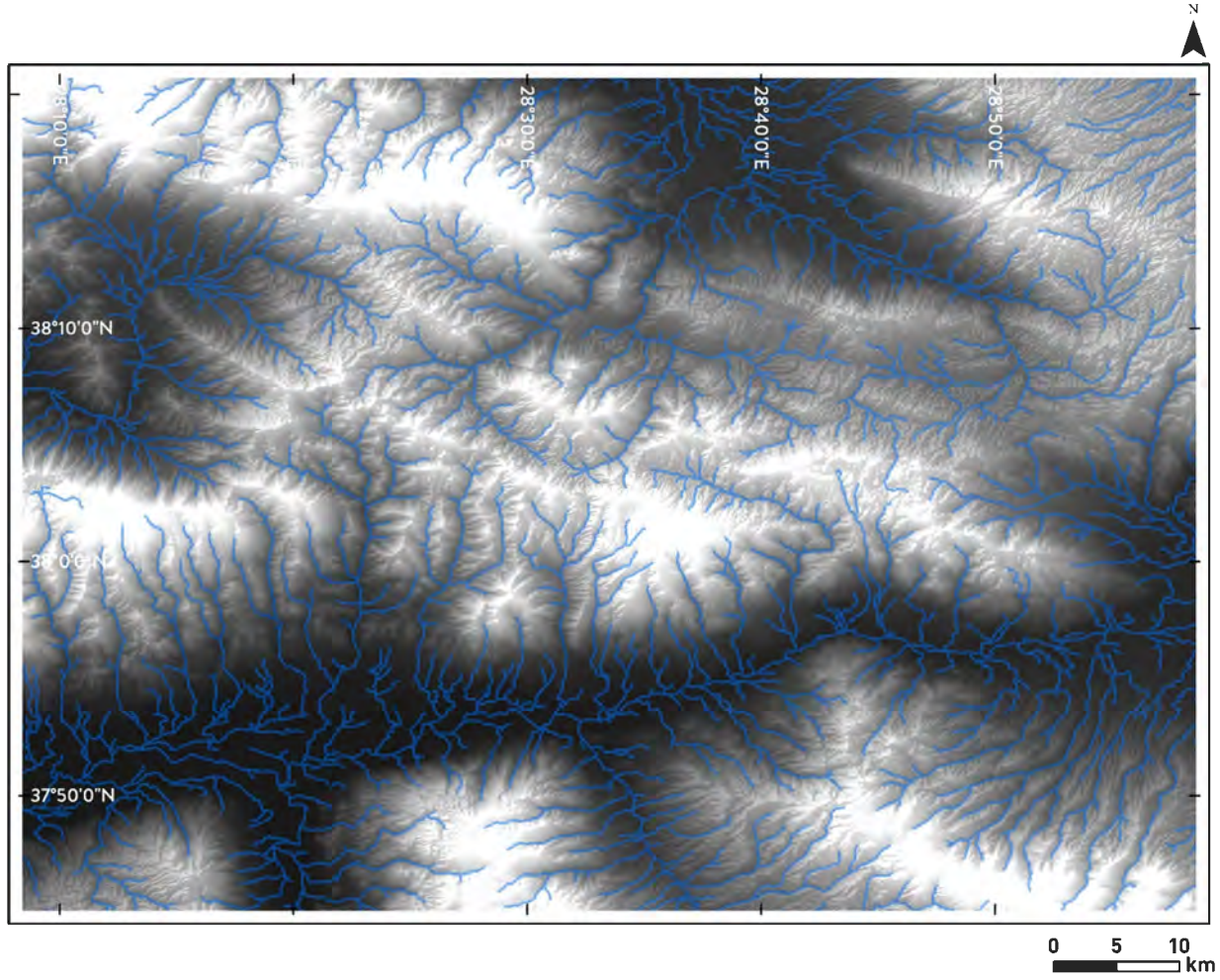
Şekil 7.22. Test alanı 3'e ait SWIR, 5. Bant görüntüsü



Şekil 7.23. Test alanı 3'e ait sayısal yükseklik modeli



Şekil 7.24. Test alanı 3'e ait çizgisellikleri gösterir harita

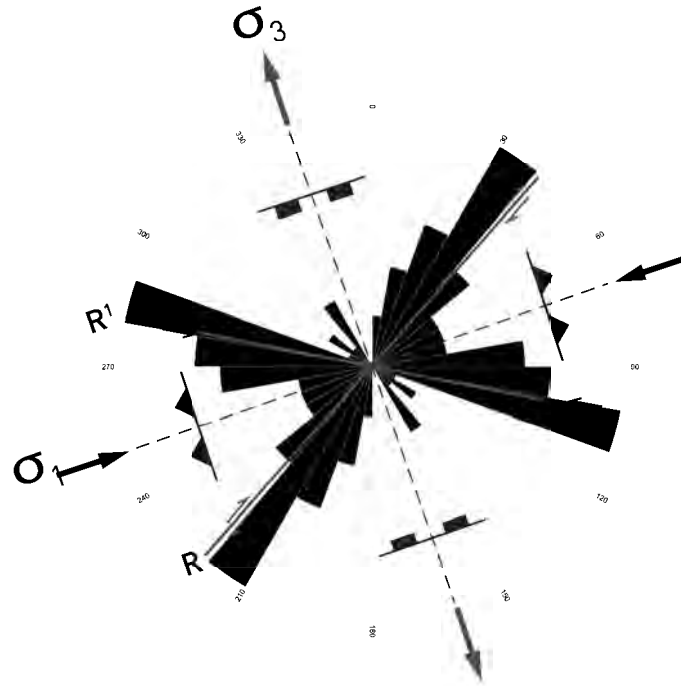


Şekil 7.25. Test alanı 3'e ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir

7.3.1 Değerlendirme

Uydu görüntülerinden elde edilen çizgiselliklerin ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak çıkartılan drenaj sistemlerinin karşılaştırılması için yönelim analizinin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, *Rockworks 15* yazılımının “*ROSE LENGTH_TYPE*” komutu kullanılarak gül diyagramları oluşturulmuştur. Gül diyagramları için vektörel ortama kaydedilmiş çizgisel veriler “*dxp*” formatında kaydedilip yazılımın içine aktırılmıştır. Bu alanda elde edilen çizgiselliklerin ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları sırasıyla Şekil 7.26 ve Şekil 7.27’de görülmektedir.

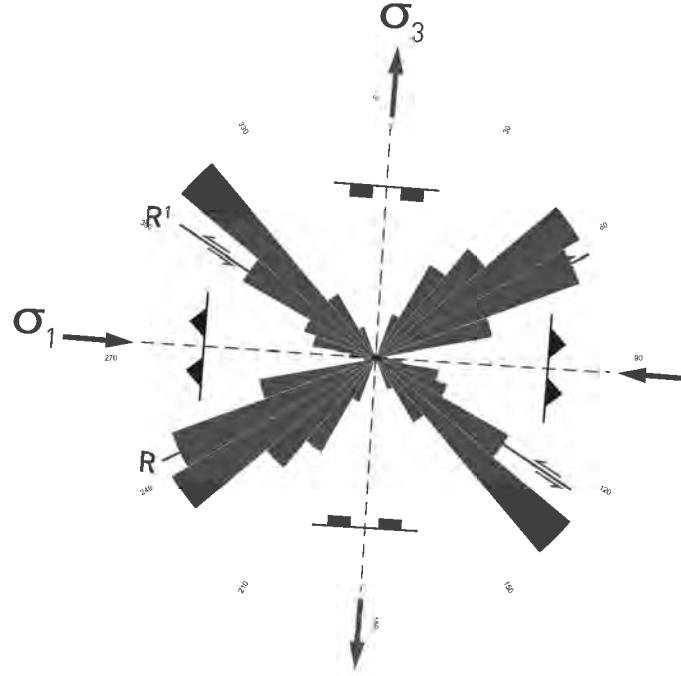
Genel olarak K-G doğrultulu açılma rejiminin etkin olduğu ve Horst-Graben yapılarının izlendiği bilinen bu bölgede, gül diyagramlarına göre çizgiselliklerin iki eksenini de ana eksen olarak nitelendirilebilmektedir. K40D ve K80B doğrultularında görülen yüksek frekansların varlığı, Horst-Graben gelişimine bağlı oluşan yardımcı kırıkların varlığını gözler önüne sermektedir. İlgili şekildeki gerilme diyagramının yönelimine göre, bölgedeki σ_1 sıkışma gerilimini, σ_3 ise açılma gerilimini göstermektedir (Şekil 7.26).



Şekil 7.26. Test alanı 3'e ait çizgiselliklerin yönelimini gösteren gül diyagramı

Bölgenin karakteristik olarak bilinen K-G doğrultulu açılma eksenini boyunca görülen düşük frekanslı kırıklar drenaj sistemlerine ait gül diyagramı sonuçlarına göre anlaşılmaktadır (Şekil 7.27). Drenaj sistemlerinin gül diyagramlarına göre, iki ana eksen de, çizgiselliklerin gül diyagramında belirtilen ana gerilme eksenleri yönünde yüksek frekans göstermişlerdir.

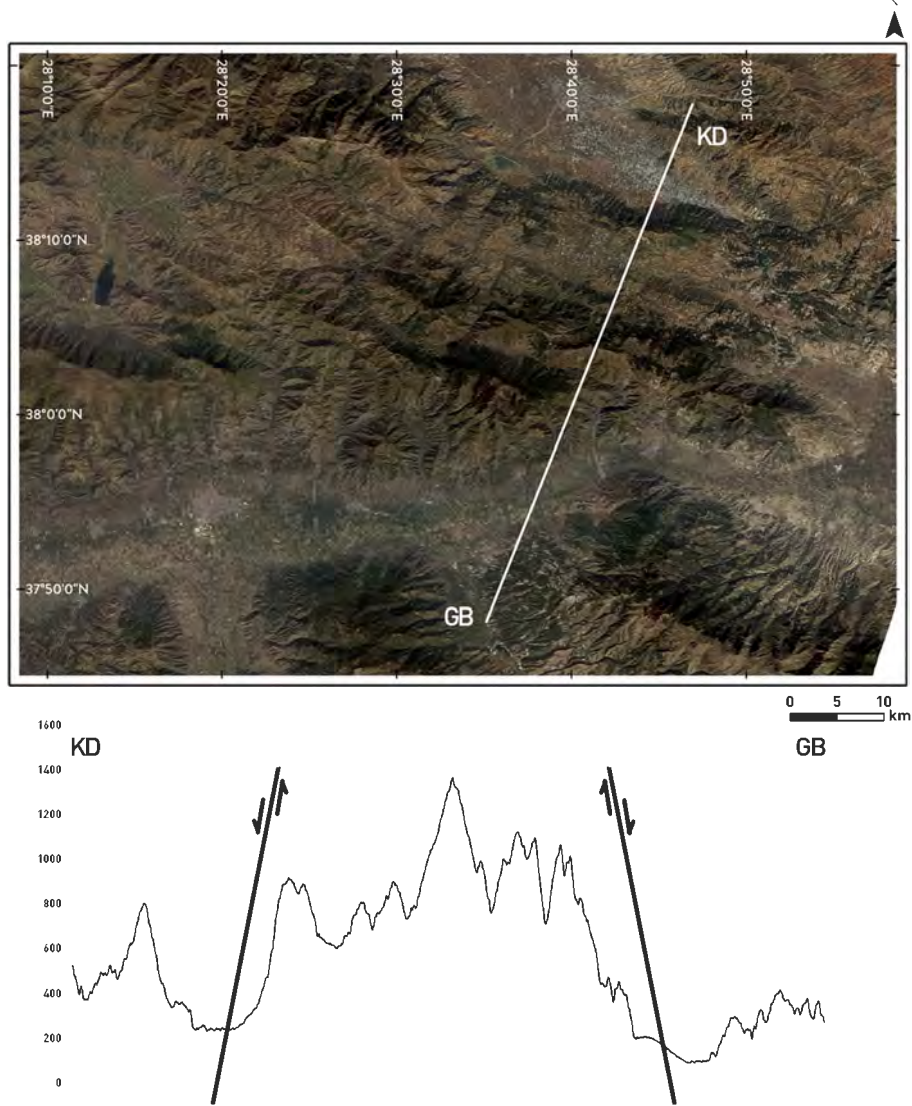
Bölgenin tektonik rejimi, drenaj sistemlerini K50D-K80D arası doğrultuya doğru taşımakta ve grabenlerin devamında gelişen Horst yapılarına geldiğinde seyrekleşmekte olduğu düşünülmüştür (K50B).



Şekil 7.27. Test alanı 3'e ait drenaj sistemlerinin yönelimini gösteren gül diyagramı

Gerilme diyagramının teorik arka planından faydalanılan bu bölgede, en büyük asal gerilmenin drenaj sistemlerinin ana eksenlerini açı ortay olarak iki eşit parçaya böldüğü düşünülmüştür. Bu bilgiye göre, bölgede yaklaşık K-G yönlü açılma rejimi olduğu düşünülmektedir.

Bölgede izlenebilen Horst-Graben yapısı KD'dan GB'ya alınan bir kesit ile gösterilmiştir (Şekil 7.28). Bu anlamda, kesitten izlenebilen keskin vadilerin, bölgedeki ani yükselmeye bağlı şekillenen jenetik evrimi doğruladığı düşünülmüştür.



Şekil 7.28. Test alanı 3'e ait Horst-Graben yapısını gösterir kesit

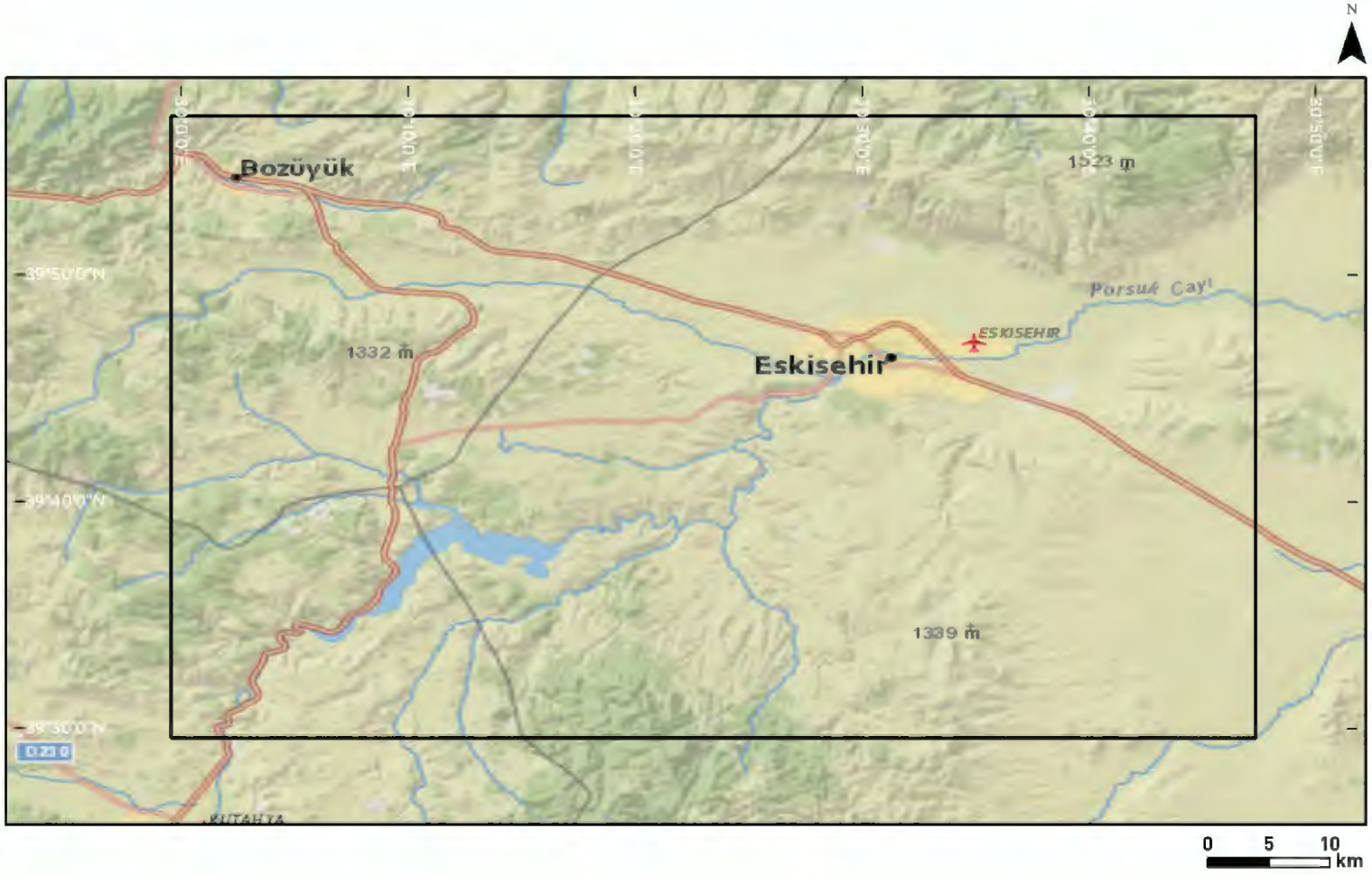
Şekil 7.28'de görüldüğü gibi, horst bölümünde bulunan akarsu yataklarının oluşturduğu vadiler oldukça derin ve dar, grabenlerin üzerinde bulunan vadiler daha sığ ve geniştir. Bu durum, morfolojik olarak açılma gerilmesinin bölge üzerindeki etkisini göstermektedir.

7.4 Test alanı 4

Test alanı 4, EFZ'nun üzerinde, kuzeybatıda Bozüyük'ten güneydoğuda Sivrihisar'a uzanan bir alanı kapsamakta, $39^{\circ}30'0''$ - $39^{\circ}60'0''$ N ve $30^{\circ}0'0''$ - $30^{\circ}50'0''$ E koordinatları olarak belirlenmiştir.

Bölge genel olarak doğrulu atımlı tektonik rejim etkisi altındadır. Bu etki ile birlikte gelişen sentetik ve antitetik kırıkların gözlemlenebildiği bir bölgededir. "Seyitoğlu ve ark. (2015b)" bölgenin detaylı tektonik göstergelerini sismik çalışmalar ile destekleyerek göstermişlerdir.

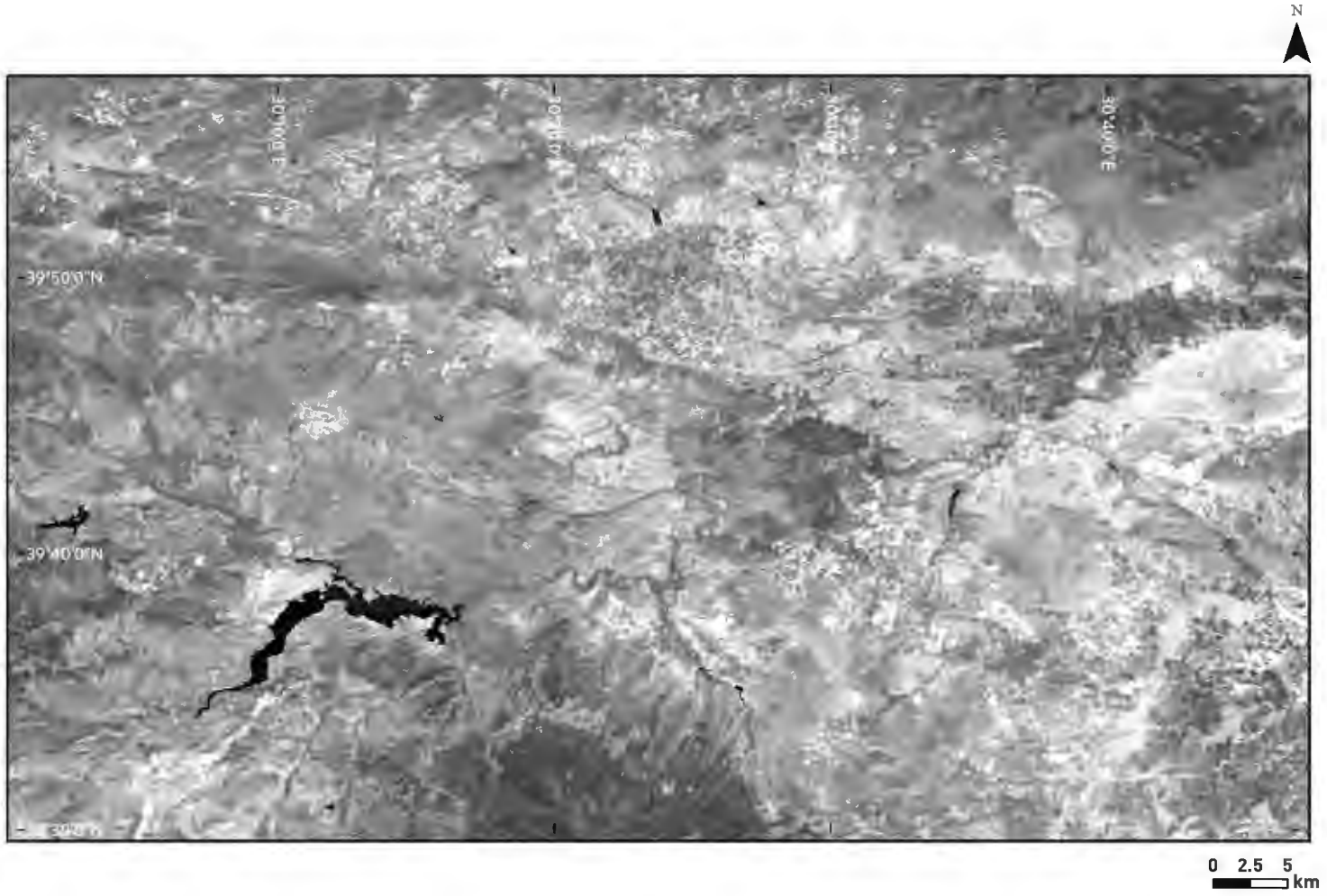
Test alanı 4'e ait yer bulduru haritası, RGB olarak gösterilen uydu görüntüsü, çizgisellik çalışmasının yapıldığı SWIR kanalı, bölgeye ait sayısal yükseklik modeli, RGB uydu görüntüsünün üzerine çıkartılan çizgiselliklerin gösterimi ve sayısal yükseklik modelinden elde edilen drenaj sistemleri sırasıyla Şekil 7.29, Şekil 7.30, Şekil 7.31, Şekil 7.32, Şekil 7.33 ve Şekil 7.34'de verilmiştir.



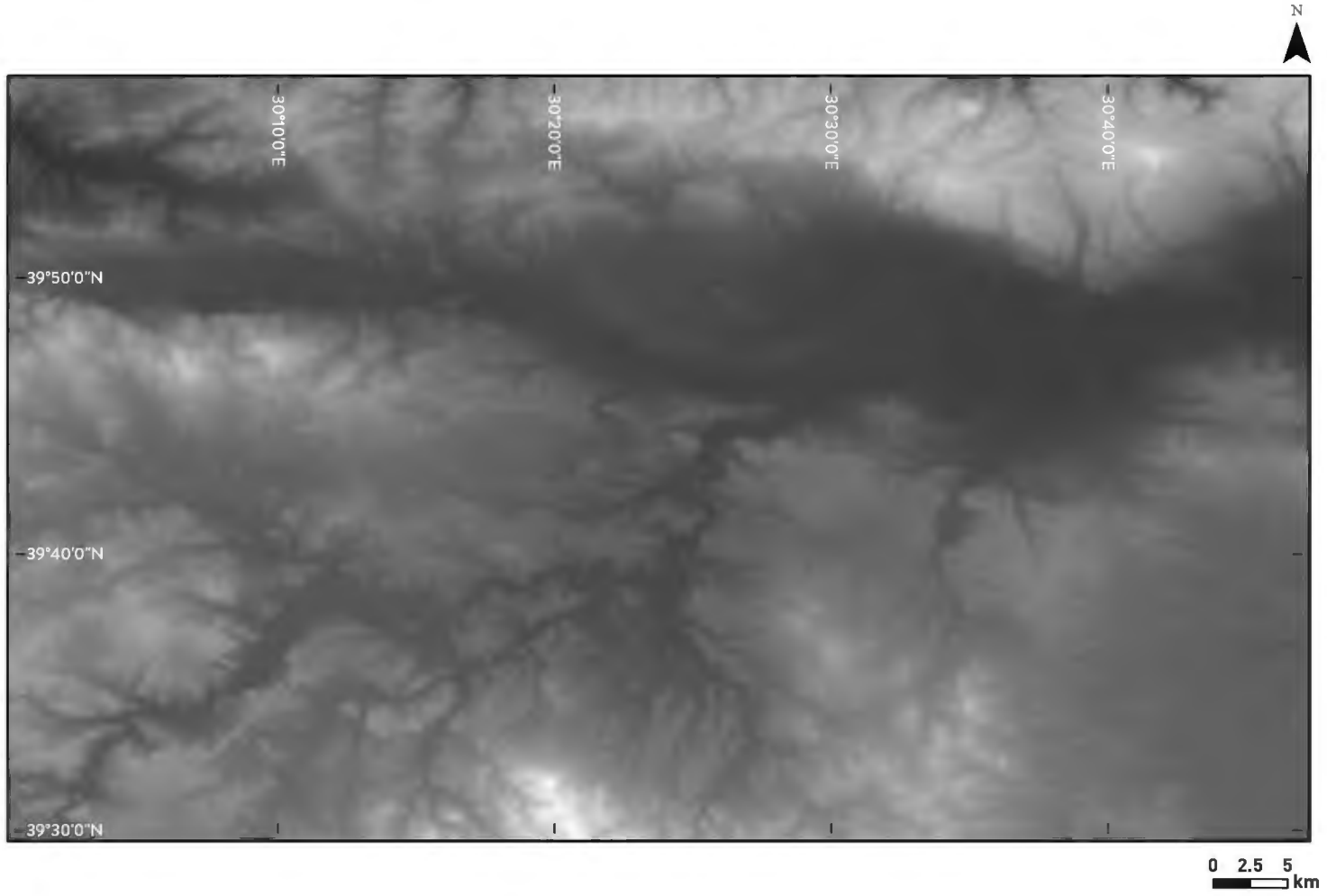
Şekil 7.29. Test alanı 4'e ait yer bulduru haritası



Şekil 7.30. Test alanı 4'e ait RGB uydu görüntüsü



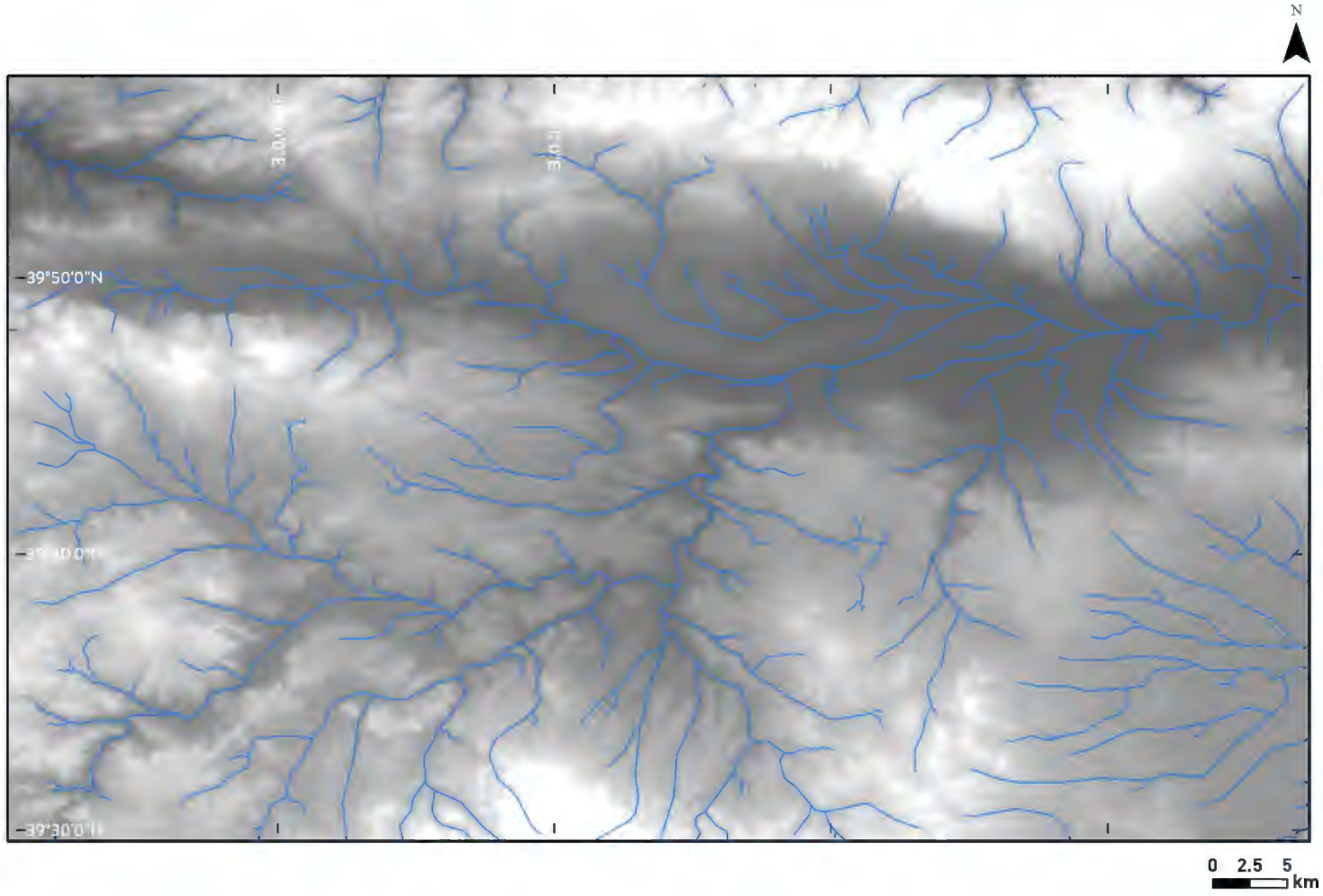
Şekil 7.31. Test alanı 4'e ait SWIR, 5. Bant görüntüsü



Şekil 7.32. Test alanı 4'e ait sayısal yükseklik modeli



Şekil 7.33. Test alanı 4'e ait çizgisellikleri gösterir harita

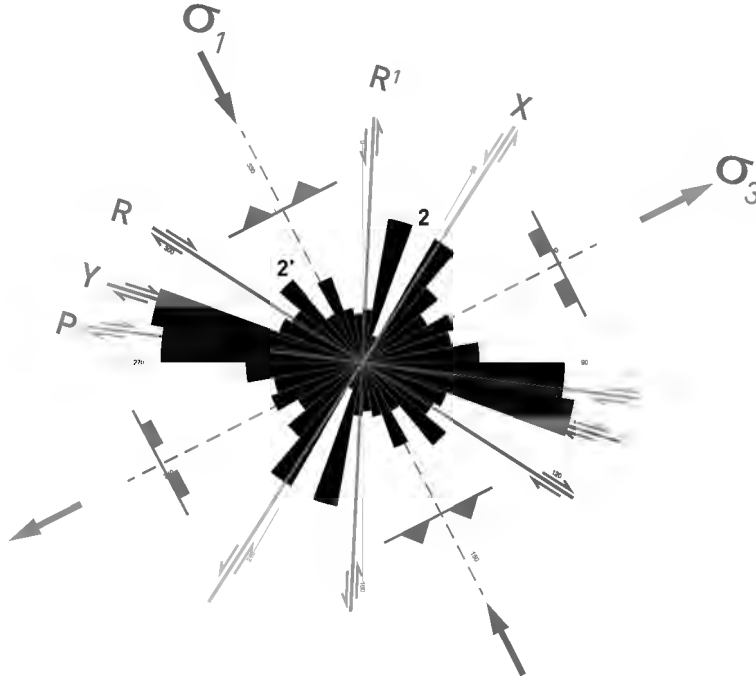


Şekil 7.34. Test alanı 4'e ait drenaj ağlarını gösterir harita, sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuş kabartma haritası üzerine bindirilmiştir

7.4.1 Değerlendirme

Uydu görüntülerinden elde edilen çizgiselliklerin ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak çıkartılan drenaj sistemlerinin karşılaştırılması için yönelim analizinin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, *Rockworks 15* yazılımının “*ROSE LENGTH_TYPE*” komutu kullanılarak gül diyagramları oluşturulmuştur. Gül diyagramları için vektörel ortama kaydedilmiş çizgisel veriler “*.dxf” formatında kaydedilip yazılımın içine aktırılmıştır. Bu alanda elde edilen çizgiselliklerin ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları sırasıyla Şekil 7.35 ve Şekil 7.36’da görülmektedir.

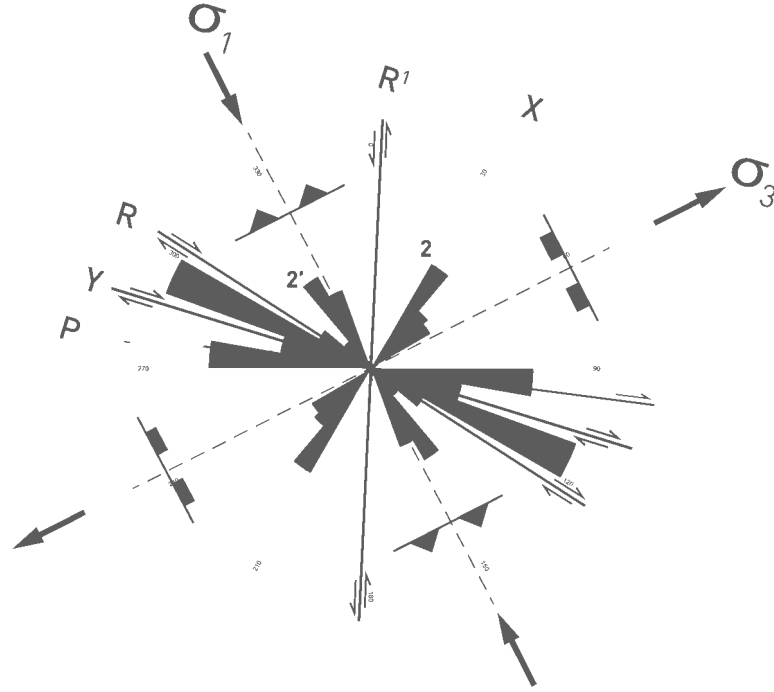
Gül diyagramlarına göre, çizgiselliklerin yaklaşık K60B doğrultulu birincil ekseninde doğrultu atım rejimi görülmektedir. İlgili şekilde *Y Kırığı* olarak gösterilen bu eksen, “Seyitoğlu ve ark. (2015b)” de belirtilen fay ile uyum göstermektedir.



Şekil 7.35. Test alanı 4'e ait çizgiselliklerin yönelimini gösteren gül diyagramı

Tektonik çizgiselliklerin K20D ve K40B yönleri ile gösterilen 2 ile işaretlenmiş ikincil eksen sırasıyla R' , *Antitetik kırılmayı* ve ters yönlü *X Kırığı* göstermektedir. $2'$ ile gösterilen eksenin R Sintetik kırılmayı temsil ettiği düşünülmüştür. İlgili şekildeki

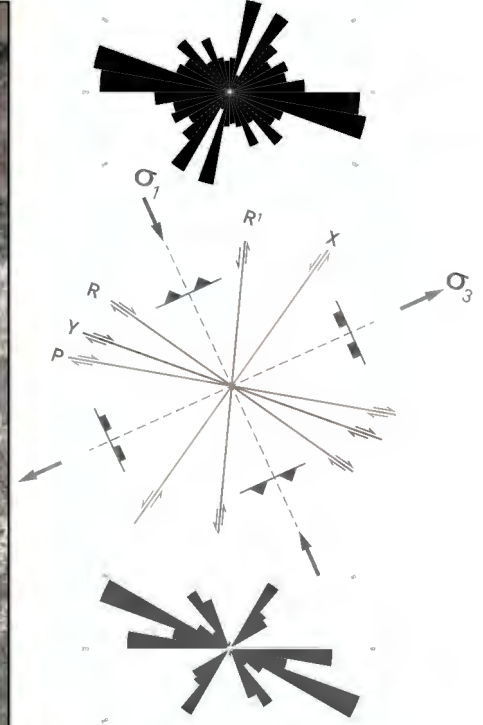
yamulma elipsinin yönüne göre, bölgedeki σ_1 sıkışmayı, σ_3 ise açılmayı göstermektedir (Şekil 7.35).



Şekil 7.36. Test alanı 4'e ait drenaj sistemlerinin yönelimini gösteren gül diyagramı

Gül diyagramlarına göre drenaj sistemlerinin birincil eksenini K60B, ikincil eksenleri K20D ve K40B olarak görülmektedir (Şekil 7.36). Çizgisellik gül diyagramı ile yönlendirilen yamulma elipsine göre, drenaj sistemleri doğrudan atımlı fay izinden ilerlemektedir. Bölgedeki drenaj sistemlerinde doğrudan atımlı sistemi destekleyen bir eğilim görülmüştür.

Drenaj sistemlerinin K20D ve K40B yönleri ile gösterilen 2 ve 2' olarak işaretlenmiş ikincil eksenleri, sırasıyla X kırıkları ve σ_1 sıkışma eksenini doğrudan göstermektedir.

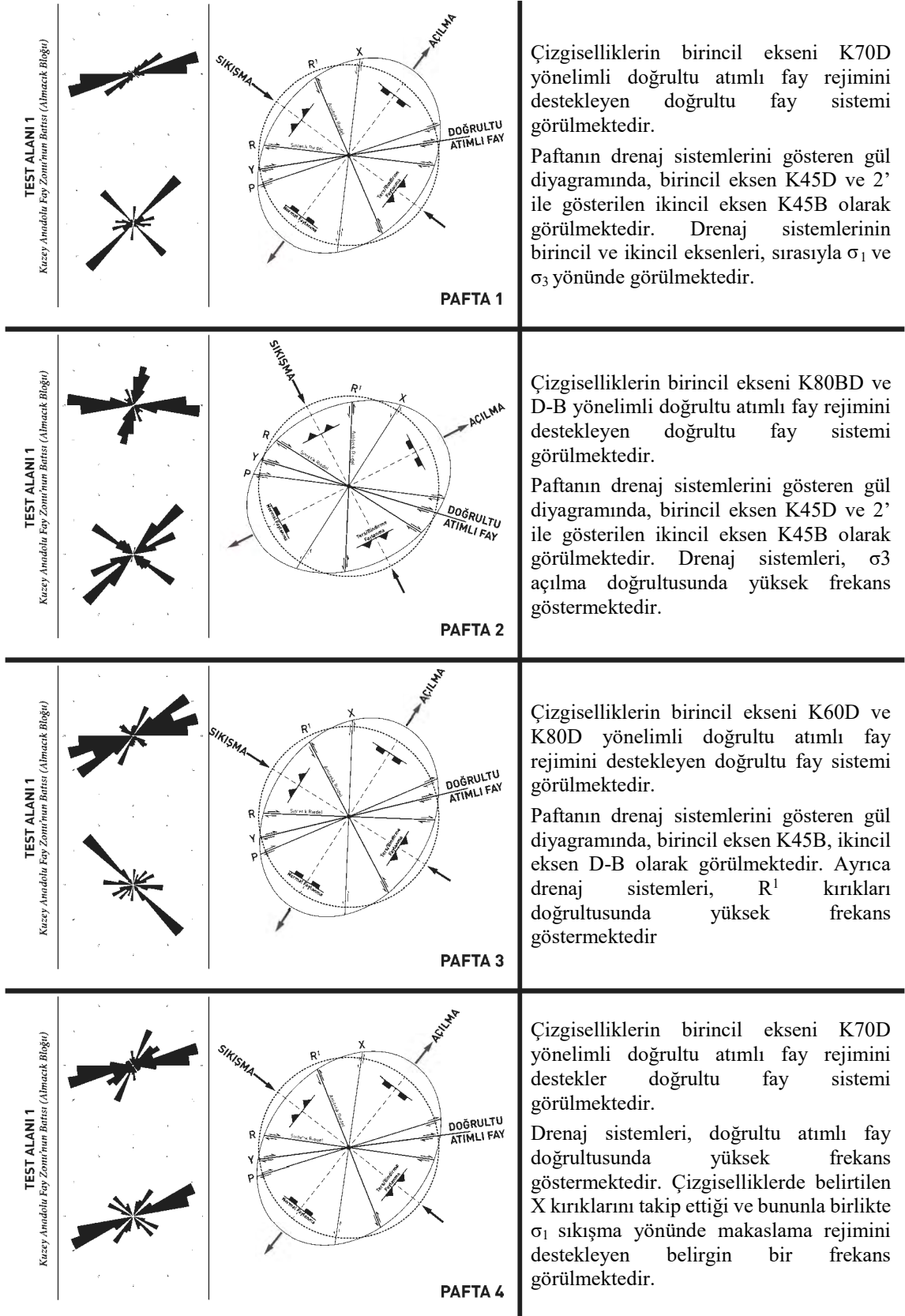


Şekil 7.37. Test alanı 4'e ait çizgisellikler ve drenaj sistemlerinin gül diyagramları ile yamulma elipsini gösterir harita (Altunel ve Barka, 1998; Ocakoğlu, 2007; Emre ve ark. 2011a; Seyitoğlu ve ark. 2015b'den esinlenilerek)

8. BULGULAR

Test alanlarında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre, uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen çizgisellikler ve sayısal yükseklik modellerini kullanarak çıkartılan fluviyal yapıların üzerinden uygulanan bu çalışmanın, neotektonizma araştırmalarına başlarken yapılacak bir n çalışma olarak geçerli olduğu kabul edilmiştir. Araştırmada kullanılan test alanlarına ait kaynak niteliği taşıyan önceki çalışmalardan yapılan sağlamalara göre, neotektonik rejimler ile ilgili kavramsal model çalışması yapılabileceği düşünülmektedir.

Test alanı 1 için hazırlanan Şekil 8.1’de ve diğer üç alanın bulunduğu Şekil 8.2’de görülen karşılaştırmaya göre, tektonik hareketlerin yüksek hakimiyet kurduğu bölgelerde çizgisellikler ve drenaj sistemlerinin tektonik rejimin karakterine uyumlu olarak gerilme ve yamulma elipsleri ile yüksek korelasyon oluşturmaktadır. Çalışmada elipslerin oryantasyonunu kuvvet eksenlerinin bölgeyi etkilediği doğrultular olarak değerlendirdiğimizde, sistematik bir yapısal deformasyon izleri izlenebilmektedir.



Şekil 8.1. Test alanı 1 için çizgisellikler, drenaj sistemleri, yamulma elipslerinin birlikte gösterimi

<p>TEST ALANI 2 Kireç Abudolu Fay Zonu'nun Doğusu</p>			<p>Çizgiselliklerin birincil ve ikincil eksenleri ile drenaj sistemlerinin ana eksenini, bölgede doğrultu atımlı rejimin varlığını desteklemektedir.</p> <p>Drenaj sistemlerinin yüksek frekans gösterdiği doğrultular göz önüne alındığında, bölgede antitetik kırıkların gözlemlenebildiği düşünülmektedir.</p>
<p>TEST ALANI 3 Menderes ve Gediz Grabenleri'nin Doğusu</p>			<p>Açılma rejiminin etkin olduğu ve Horst-Graben yapılarının belirgin olduğu bölgede, gerilme diyagramının iki ana eksenini açığortayarak bölgedeki düşünülür.</p> <p>Gerilme doğrultuları gül diyagramlarındaki iki eksenin açığortayarak kullanılarak yerleştirilmiştir. K-G yönlü bir açılma rejiminin varlığını desteklemektedir. Yatay ekseninde deformasyon izleri beklenmektedir.</p>
<p>TEST ALANI 4 Eskişehir Fay Zonu'nun Üçeri</p>			<p>Çizgiselliklerin birincil eksenini, "Seyitoğlu ve ark. (2015b)" de belirtilen doğrultu atımlı fay rejimi ile uyum göstermektedir.</p> <p>Bölgedeki drenaj sistemlerinde doğrultu atımlı sistemi destekleyen bir eğilim görülmüştür.</p>

Şekil 8.2. Test alanları 2,3 ve 4 için çizgisellikler, drenaj sistemleri, yamulma elipsleri ve gerilme diyagramının birlikte gösterimi

9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde uygulanan teknikler, avantaj ve dezavantajları, elde edilen sonuçlar ve yorumlar bulunmaktadır.

Görüntü işlemede kullanılan yazılım *PCI Geomatica 2015*, bu uygulamalar için oldukça yeterlidir. Çalıştırdığı algoritmaların sonuçlanma süreleri, kullanılan bilgisayarın işlemcisine bağlı olarak değişse de, grafik ara yüzü ev tipi dizüstü bilgisayarlarda dahi rahatlıkla çalışabilmektedir. Sayısal yükseklik modeli üzerinden yapılan uygulamalarda kullanılan *ArcMap 10.3* yazılımı çalışma için oldukça yeterli olsa da, algoritmaların yönlendirebilme seçeneklerinin kısıtlı olması başka çalışmalarda kullanılacak veri tipinin değişimine göre kullanıcıları zor durumda bırakabilmektedir.

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri spektral olarak yeterli olsa da, konumsal çözünürlükleri orta olarak nitelendirilebilecek bir seviyededir. Bu anlamda algılayıcının spektral çözünürlüğü, fluvial yapıları tektonik çizgiselliklerden ayırmak için faydalı olsa da, orta konumsal çözünürlüğü deprem tetikleme ile meydana gelen heyelanlar sebebiyle oluşan çizgiselliklerin saptanmasına olanak sağlamamaktadır.

Çalışmada kullanılan uydu görüntüsünün konumsal çözünürlüğü artarsa, elde edilen çizgiselliklerin dolaylı olarak artması beklenir. Bu tip bir uygulama için avantaj gibi görünse de, *LINE* algoritmasına, özellikle *Gaussian Fonksiyonu*'nun çapını belirleyen *RADI* parametresine, uygun değerler girilmediği takdirde görüntü gürültüsüne bağlı olarak ilgisiz, yetersiz ya da gerek görülme-yen çizgiler de saptanabilmektedir.

Sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğü elde edilecek drenaj sistemlerinin doğruluğunu ve hassasiyetini doğrudan etkilemektedir. Çalışmada kullanılan yaklaşık 30 m çözünürlüğe denk gelen *ASTER GDEM* verisi bu uygulama ölçeği için yeterli olsa da, daha detaylı uygulamalar için daha yüksek konumsal çözünürlüklü veri gereksinimi doğacaktır.

Coğrafi bilgi analizleri ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak yapılan tektonizma çalışmalarına yersel ve uzun soluklu edinilmiş veriler eklendiğinde, bu bilgiler sismik aktiviteler ile ilişkilendirilip uygulamalar hassaslaştırılabilmektedir. Bu çalışmalar, hassas sonuç veren *GPS*, *SLR*, *VLBI* gibi yöntemler için kaynak ve/veya önayak olabilmelidir.

Belirtildiği gibi bölge seçimi yapılırken, tektonizmanın fluviyal yapıların jenetik gelişimden daha etkin olduğu bölgeler seçilmiştir. Bu vesile ile çalışma, aktif tektonizmanın hakim olduğu bölgelerde belirgin olarak görülen yüzey yapılarından referans alarak neotektoniğin araştırılmasını kapsamaktadır. Bu nedenle, tektonik hareketlerin belirgin olmadığı bölgelerde kullanımı doğru olmamakla birlikte, yanlış yönlendirici olabilir.

Çalışmada görüldüğü gibi, drenaj sistemleri ile çizgisellikler önceden belirlenmiş tektonik karakterler ile yüksek korelasyon içinde olsalar da, kırıkların hangi fluviyal yapıları doğrudan etkilediği belli olmamaktadır. Bununla birlikte, çizgisellikler sadece ana nehrin üzerindeki atımları değil, bu atımı destekleyen minör izleri de gözlemlenebilir kılmaktadır.

Neotektonik etkilerin düşük olduğu, kuvaterner çökeller ile kaplandığı, paleotektoniğin ise görülebildiği bölgelerde yapıldığı zaman uydu görüntülerinden elde edilen çizgisellikler işlevsiz ya da paleotektonizmayı saptayabilmektedir. Bu durumun, araştırmada kaotik bir durum oluşturacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak coğrafi bilgi teknolojilerinin, geleneksel yöntemlerin yerini almaksızın, bilgi toplamaya, işlemeye yardımcı olan elverişli yöntemler bütünü olduğu, yer bilimleri uygulamalarının çeşitlendirilmesi ve farklı perspektiflere ihtiyacı olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akman, Ü., ve Tüfekçi, K. (2004), "Determination and characterization of fault systems and geomorphological features by RS and GIS techniques in the WSW part of Turkey," *Proceedings of XX ISPRS Congress Titled Geo-Imagery Bridging Continents*, **35**, 899-904.
- Altunel E. ve Barka, A. (1998), "Neotectonic activity of Eskişehir Fault Zone between İnönü and Sultandere," *Geological Society of Turkey Bulletin*, **41**, 41-52.
- Anderson, E. (1951), *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation With Applications to Britain (2nd ed.)*, Oliver and Boyd, Edinburgh, İskoçya
- Arlegui, L. E., ve Soriano, M. A. (1998), "Characterizing lineaments from satellite images and field studies in the Central Ebro Basin (NE Spain)," *International Journal of Remote Sensing*, **19 (16)**, 3169-3185.
- Band, L. E. (1986), "Topographic partition of watersheds with digital elevation models," *Water Resource Research*, **22 (1)**, 15-24.
- Blewitt, G. (2015), *GPS and Space-Based Geodetic Methods*, Elsevier, Oxford, B.K.
- Bloom, A. (1991), *Geomorphology: A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms (3rd ed.)*, Prentice Hall, New Jersey, A.B.D.
- Bozkurt, E. (2001), "Neotectonics of Turkey - a synthesis," *Geodinamica Acta*, **14 (1-3)**, 3-30.
- Coppin, A. (2013) "ASTER Bibliography," *JPL Library*
- Deffontaines, B., ve Chorowicz, J. (1991), "Principles of drainage basin analysis from multisource data: Application to the structural analysis of the Zaire Basin," *Tectonophysics*, **194 (3)**, 237-263.
- Deroin, J.P., ve Deffontaines, B. (1995), "Morphostructural analysis for linking streamflow, lithology, and structure: comparison with remote sensing data on the Cévennes (French Massif Central)," *Zeitschrift fur Geomorphologie*, **39 (1)**, 97-116.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Saroğlu, F. ve Şengör, A.M.C. (1986), "Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone," *Collision Tectonics, Geological Society Special Publication*, **19**, 3-36.
- Dijokic, D. (2008), *Comprehensive Terrain Preprocessing Using Arc Hydro Tools*, ESRI, New York, A.B.D.
- Dirik, K. (2011), *Yapısal Jeoloji Ders Notları*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Emre Ö., Duman, T.Y. ve Özalp, S. (2011a), "1:250.000 scale active fault map series of Turkey, Eskişehir (NJ 36-1) Quadrangle," *MTA Raporu*, **15**.

- Emre Ö., Duman, T.Y. ve Özalp, S. (2011b), "1:250.000 scale active fault map series of Turkey, Bolu (NK 36-14) Quadrangle," *MTA Raporu*, **19**.
- Fu, B., ve Lin, A. (2002), "Spatial distribution of the surface rupture zone associated with the 2001 M8.1 Central Kunlun Earthquake, Northern Tibet, Revealed by satellite remote sensing data," *International Journal of Remote Sensing*, **24 (10)**, 2191-2198.
- Hatcher, R. (1995), *Strike-Slip Faults in Structural Geology: Principles, concepts, and problems (2nd ed.)*, Prentice Hall, New Jersey, A.B.D.
- Henderson, G. (1960), "Air-photo lineaments in Mpanda area, Western Province, Tanganyika, Africa," *American Association of Petroleum Geologist*, **44-1**, 53-71.
- Hills, E. (1963), *Elements of Structural Geology*, Wiley, New York, A.B.D.
- Hitchcock, C., Altunel, E., Barka, A.A., Bachhuber, J., Lettis, W., Kozacı, O., Helms, J. ve Lindvall, S. (2003), "Timing of Late Holocene earthquakes on the eastern Düzce Fault and implications for slip transfer between the southern and northern strands of the North Anatolian Fault System, Bolu, Turkey," *Turkish Journal of Earth Sciences*, **12**, 119-136.
- Hobbs, W. H. (1904), "Lineaments of the Atlantic border region," *Geological Society of America Bulletin*, **15**, 483-506.
- Howard, A. (1967), "Drainage analysis in geologic interpretation: A summation," *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **51**, 2246-2259.
- Hung, L. Q., Batelaan, O., ve De Smedt, F. (2005), "Lineament extraction and analysis, comparison of LANDSAT ETM and ASTER imagery. Case study: Suoimuoi tropical karst catchment, Vietnam," *Remote Sensing*, **5983**, 5983-59830T-12
- Ibrahim, U. ve Mutua, F. (2014), "Lineament extraction using Landsat 8 (OLI)", *International Journal of Science and Research*, **3 (9)**, 291-296.
- Jenson, S. K., ve Domingue, J. O. (1988), "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis," *Engineering*, **54 (11)**, 1593-1600.
- Keller, E., ve Pinter, N. (1996), *Active tectonics: Earthquakes, uplift, and landscape*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, A.B.D.
- Ketin, İ. (1966), "Anadolu'nun tektonik birlikleri," *M.T.A. Dergi*, **66**, 20-34.
- Kocal, A., Düzgun, H. S., ve Karpuz, C. (2004), "Discontinuity mapping with automatic lineament extraction from High resolution satellite imagery," *Proceedings of XX ISPRS Istanbul 2004*
- Kumar, R. ve Reddy, T. (1991), "Digital Analysis of Lineaments- a Test Study on South India," *Computers and Geosciences*, **17-4**, 549-559.

- Li, W., Du, Z., Ling, F., Zhou, D., Wang, H., Gui, Y., Sun, B. ve Zhang, X. (2013), "A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index from TM, ETM+ and ALI," *Remote Sensing*, **5-11**, 5530-5549.
- Madani, A. A. (2001), "Selection of the optimum Landsat Thematic Mapper Bands for automatic lineaments extraction, Wadi Natash Area, South Eastern Desert, Egypt," *22nd Asian Conference on Remote Sensing*, 5-9 November 2001
- Mah, A., Taylor, G.R., Lennox, P. ve Balia, L. (1995), "Lineament analysis of Landsat Thematic Mapper Images, Northern Territory, Australia," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **61-6**, 761-773.
- Mcfeeters, S. (1996), "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features," *International Journal of Remote Sensing*, **17-7**, 1425-1432.
- Moore, E., ve Twiss, R. (1995), *Tectonics*, W.H. Freeman, New York, A.B.D.
- Mwaniki, M. W., Moeller, M. S., ve Schellmann, G. (2015), "A comparison of Landsat 8 (OLI) and Landsat 7 (ETM+) in mapping geology and visualizing lineaments: A case study of central region Kenya," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **05/2015**, **XL-7/W3**, 897-903.
- Novak, I. D. ve Soulakellis, N. (2000), "Identifying geomorphologic features using Landsat-5 TM data processing techniques on Lesbos, Greece," *Geomorphology*, **34**, 101-109.
- O'Leary, D. W., Friedman, J. D., Pohn, H. A. (1976), "Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms", *Geological Society America Bulletin*, **87**, 1463-1469.
- Ocakoglu, F. (2007), "A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey," *Journal of Asian Earth Sciences*, **31**, 91-103.
- Ouchi, S. (1985), "Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement," *Geological Society of America Bulletin*, **96 (4)**, 504-515.
- Park, R. (1989), *Foundations of Structural Geology (2nd ed.)*, Blackie, Glasgow, İskoçya
- PCI Geomatica, (2015), "PCI Geomatica User's Guide Version 2015", Richmond Hill, Ontario, A.B.D.
- Pubellier, M., Deffontaines, B., Quebral, R. ve Rangin, C. (1994), "Drainage network analysis and tectonics of Mindanao, Southern Philippines," *Geomorphology*, **9-4**, 325-342.
- Qari, M. Y. H. T. (1991), "Application of Landsat TM Data to Geological Studies, Al-Khabet Area, Southern Arabian Shield," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. **57 (4)**, 421-429.

- Richetti, E. (2002), "Structural Geological Study of Southern Apennine (Italy) Using Landsat 7 Imagery," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, **1**, 211-213.
- Rocchio, L., ve Barsi, J. (2013). Landsat 8 (OLI) from landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=7195
- Schuh, H. ve Behrend, D. (2012), "VLBI: A fascinating technique for geodesy and astrometry," *Journal of Geodynamics*, **61**, 68-80.
- Schumm, S. A. (1977), *The Fluvial System*, Wiley, New York, A.B.D.
- Şengör, A. M. C., ve Yılmaz, Y. (1981), "Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach," *Tectonophysics*, **75 (3-4)**, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985), "Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study," *Society of Economic Mineralogist and Paleontologists Special Publication*, **37**, 227-264.
- Seyitoğlu, G. (2000), "Is there an earthquake risk around the Bolu?," *Cumhuriyet Bilim Teknik*, **696**, 20-21.
- Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, B., Kaypak, B., Esat, K., Cağlayan, A., Gundoğdu, O., Güney, Y., Işık, V., Pekkan, E., Tüm, M. ve Avdan, U. (2015a), "A missing-link in the tectonic configuration of the Almacık Block along the North Anatolian Fault Zone (NW Turkey): Active faulting in the Bolu plain based on seismic reflection studies," *Geophysical Journal International*, **201 (3)**, 1814-1833.
- Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, G. B., Kaypak, B., Güney, Y., Tüm, M., Esat, K., Avdan, U., Temel, A., Çabuk, A., Telsiz, S. ve Uyar Aldaş, G. G. (2015b), "Determining the main strand of the eskişehir strike-slip fault zone using subsidiary structures and seismicity: a hypothesis tested by seismic reflection studies," *Turkish Journal of Earth Sciences*, **24**, 1-20.
- Shorth, N. M., (2004), "Lineaments and Fractures Remote Sensing Tutorial," http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect2/Sect2_8.html
- Shuanggen, J., van Dam T. Ve Wdowinski, S. (2013), "Observing and understanding the Earth system variations from space geodesy," *Journal of Geodynamics*, **72**, 1-10.
- Sieh, K.E. ve Jahns, R.H. (1984), "Holocene activity of the San Andreas Fault at Wallace Creek, California," *Geological Society of America Bulletin*, **95**, 883-896.
- Süzen, M.L. ve Toprak, V. (1998), "Filtering of Satellite Images in Geological Lineament Analyses: an Application to a Fault Zone in Central Turkey," *International Journal of Remote Sensing*, **19 (6)**, 1101-1114.
- Swanson, M. T. (2006), "Late Paleozoic strike-slip faults and related vein arrays of Cape Elizabeth, Maine," *Journal of Structural Geology*, **28-3**, 456-473.

- USGS, (2013), "LDCM CAL/VAL Algorithm Description Document," <http://landsat.usgs.gov/documents/LDCM-DFCB-001.pdf>
- Ustaszewski, M. (2007), "Active Tectonics in the central and western Swiss Alps," Doktora Tezi, Bern Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İsviçre.
- Vanderbrug, G. J. (1976), "Line Detection in Satellite Imagery," *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Geoscience Electronics*, **1**, 37-44.
- Wellenhof, B. ve Lichtenegger, H. (1997), *Global Positioning System: Theory and practice*, Springer-Verlag, Viyana, Avusturya
- Wilcox, R.E., Harding, T.P. ve Seeley, D.R. (1973), "Basic Wrench Tectonics," *American Association of Petroleum Geologist*, **73-1**, 74-96.
- Xu, H. (2006), "Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery," *International Journal of Remote Sensing*, **27**, 3025-3033.
- Zakir, F. A., Quari, M.H.T. ve Mostafa, M.E. (1999), "A new optimizing technique for preparing lineament density maps," *International Journal of Remote Sensing*, **20-6**, 1073-1085.

TERİMLER DİZİNİ

- Canny Edge Detector** : Görüntü işlemede kullanılan bir kenar yakalama algoritması
- Colour Correction** : Görüntü işlemede kullanılan ve mozaiklenmek istenen görüntülerin birbiri ile uyumlu verileri barındırması için uygulanan bir istatistik çalışması
- Consequent** : Arazinin ve tabakaların gösterdiği genel eğim hatlarına bağlı olarak arazinin en alçak yerini takip eden ve çizgisel bir akış kazanan genetik akarsu sınıfıdır.
- Dendritic** : Geçirgen olmayan ve gözeneksiz olan kayaların üzerinde sıklıkla görülen bir drenaj deseni
- Gaussian** : Adını matematikçi Gauss'tan alan, görüntü işlemede kullanılan bir yüksek geçirgen filtre
- Hough** : Görüntü işleme çalışmalarında kullanılan bir çizgi saptama modeli
- Insequent** : Consequent gelişen akarsuların kenarlarında ana vadi yamaçlarının eğimi ile arazinin genel eğiminin bileşkesi ile gelişen genetik akarsu sınıfıdır.
- Kuasar** : *Quasi-stellar-radio-sources*, uzak galaksileri temsil eden ağırlık merkezleri olarak tanımlanır. Bu sebeple, galaksinin hareketi devam etse de, kuasarların hareketi Dünya'dan algılanamayacak kadar küçüktür. Dolayısı ile sabit olarak kabul edilir.
- Parallel** : Dik yamaçlarda görülen ve aynı yöne hızlı ve düz bir şekilde görülen bir drenaj deseni
- Radial:** : Genellikle volkanik domlar ve kubbelerde görülen bir drenaj deseni
- Subsequent** : Dirençsiz ana kayalar üzerinde kolayca gelişme imkanı bulan vadilere görülen bir akarsu genetik sınıflamasıdır. Böyle gelişmiş olan vadiler bir bakıma, akarsuların yapıya uyumunun göstergesi olarak görülmektedir.
- Tangential Distortion** : Uydu görüntülerinin off-nadir çekimlerinde meydana gelen perspektif kaymasına bağlı geometrik hata
- Trellis** : Rijit istifli bölgelerde görülen, genellikle birbirlerine neredeyse dik kollardan oluşan bir drenaj deseni