

Elazığ Çevresindeki Geç Kretase Yaşlı Volkanosedimanter Kayaçların Landsat 8 OLI Uydu Görüntüleriyle Tespit Edilmesi

*Makale Bilgisi / Article Info
Alındı/Received: 08.12.2023
Kabul/Accepted: 10.06.2024
Yayımlandı/Published: 20.08.2024

Detection of Late Cretaceous Volcanosedimentary Rocks Around Elazığ with Landsat 8 OLI Satellite Images

Oğuzhan TEKBAŞ¹, Melek URAL^{* 1}, Mustafa EĞRİ³

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

Öz

Bu jeolojik uzaktan algılama çalışmasında, Landsat 8 OLI algılayıcıdan alınan uydu görüntüleri kullanılarak Elazığ çevresindeki Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter kayaçların bölgedeki litolojik ayrımına yönelik görüntü işleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışma alanı kapsamında elde edilen görüntüler Elazığ K42, K43, L42, L43 ve Malatya K41, L40, L41 paftalarına düşen, MTA (Ankara, Türkiye)'nın 1/500 000 ve 1/100 000 ölçekli jeoloji haritaları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma alanındaki paftalar dijital ortama aktarılarak sayısallaştırılmıştır. Landsat 8 OLI uydu görüntülerine atmosferik ve radyometrik düzeltmeler yapıldıktan sonra NDWI, NDVI işlemleri uygulanarak bitki örtüsü ve su maskelemesi yapılmıştır. Landsat 8 OLI uydu görüntüleriyle sırasıyla RGB kombinasyonları, Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Minimum Gürültü Fraksiyonu (MNF) metotları uygulanmıştır. Sayısal jeoloji haritasında vurgulanan volkano-sedimanter kayaçlar uydu görüntüsü üzerine referans edilerek en iyi ayrımı elde etmek için farklı bant kombinasyonları denenmiştir. RGB analizleri kapsamında MNF2-PCA5-PCA6, MNF4-PCA5-Bant4, MNF1-MNF2-MNF3 bant görüntüleri çalışılarak, volkano-sedimanter birimler diğer litolojilerinden ayırt edilmiştir. Sonuç itibarıyla bölgedeki volkano-sedimanter birimlerin farklı kökene sahip diğer litolojilerden ayrımının en iyi gözlemlendiği metodun RGB bant kombinasyonu PCA3-MNF4-NIR olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geç Kretase; Volkano-sedimanter kayaç; Landsat 8 OLI; Litolojik Ayrım; Hibrit Bant Kombinasyonu

Abstract

In the study, satellite images were used for discrimination Late Cretaceous volcanosedimentary rocks around Elazığ by remote sensing methods. The lithological discrimination was applied on Landsat 8 OLI satellite images. The images obtained within the scope of the study area were compared with the geological maps of Elazığ K42, K43, L42, L43 and Malatya K41, L40, L41 of MTA (General Directorate of Mineral Research And Exploration, Ankara-Turkey). The geological maps with raster format have been transferred to the digital environment and digitized. NDWI, NDVI procedures, vegetation, and water masking were performed on Landsat 8 OLI satellite images after radiometric calibration and atmospheric corrections. RGB combinations, Principal Component Analysis (PCA) and Minimum Noise Fraction (MNF) methods were applied on Landsat 8 OLI satellite imagery, respectively. Various hybrid band combinations have been tried to obtain the best separation by referencing the satellite data. In the scope of RGB analysis, the volcanic units were distinguished from other lithologies by images of MNF2-PCA5-PCA6, MNF4-PCA5-Band4, MNF1-MNF2-MNF3. As a result, it was understood that the RGB band combination PCA3-MNF4-NIR is the best discrimination method for the volcanosedimentary units from other lithologies with different origins in the study region.

Keywords: Late Cretaceous; Volcanosedimentary rock; Landsat 8 OLI; Lithologic discrimination; Hybrid band combination.

1. Giriş

Uzaktan algılama, elektromanyetik spektrumun morötesi ışınlar ile mikrodalga ışınları arasındaki bölümden yararlanılarak bir cisim veya doğal bir olayın, fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında, arada herhangi bir fiziksel bağlantı olmaksızın çeşitli algılayıcı sistemler tarafından toplanan verilerin elde edilme metodudur (Duny 1993). Uzaktan algılama yöntemleri sayesinde litolojik birimleri, sınırları ve bu jeolojik birimlerin bileşimini etkileyen kaya türlerini ve tektonik olayları tanımlamak mümkündür. Sahada tespiti mümkün alanların dışında geniş çapta bir

volkano-sedimanter havzanın bulunması ve çok farklı litolojik karaktere sahip kaya birimlerinin karmaşık halinde yüzeyleme vermesi dolayısıyla söz konusu volkanojenik fasiyesin diğerlerinden ayrımı bu çalışmayı önemli hale getirmektedir.

Uzaktan algılama sistemleri ile elde edilecek verilerin aynı zamanda saha çalışması ile desteklenmiş olması gerekmektedir. Ancak, Doğu Toroslarda yer alan Elâzığ ili ve çevresi (Şekil 1) topografik olarak çeşitli yükseltilere ve eğime sahip bir arazi yapısına sahiptir. Bu nedenle pratikte ulaşılan ve ulaşılamayan alanları birlikte değerlendirme

ihtiyacı doğmakta ve alternatif araştırma metotları geliştirilmektedir. Bu amaçla, sahaya dair mevcut veriler yeniden elde edilecek uzaktan algılama verileriyle birlikte sentezlenerek değerlendirilmiştir.

İnceleme sahasındaki başlıca uzaktan algılama çalışmalarından (Arda 2006, Aydal vd. 2007) Elâzığ ili Baskil ilçesi sınırlarındaki Granitoid türü kayaçlara bağlı cevherleşmeler sonucu oluşan alterasyonların tespiti için, Landsat 7 TM ve Aster uydularına ait görüntüler kullanılarak RGB kombinasyonları yapılmış, bölgedeki alterasyonlar, çizgisellikler kontrol edilip sınıflandırılmıştır. Litolojik anlamdaki benzerliğiyle (Kargı 2004) Denizli ve çevre illeri içerisine alan M23c1 paftasına ait sayısal görüntüler üzerinde Landsat TM görüntüleri kullanılarak litolojik ayırım çalışması yapılmıştır. Araştırmacı bu görüntülerden en iyi litolojik ayırımı RGB 741 ve 754 kompozit görüntüleri olduğunu ve benzer birimlerin ayırımı ise 6 TM bandının temel bileşen analizi görüntüleriyle daha belirgin olduğunu belirtmiştir.

Uzaktan algılama; jeolojide doğada yüzeleşmiş durumda bulunan kayaç ve toprakların bileşimsel özelliklerinden yararlanarak ayırt edilmesinin yanında değişik boyut ve ölçekteki tektonik özellikleri de ortaya çıkarabilir (Kavak 1995, 1998). Akgün vd. (2021), Doğu Anadolu Fay Zonu'nun orta kısmında açık erişimli ASTER uydu görüntülerine uygulanan bant kombinasyonu, kenar gemesi, dekorelasyon gemesi ve temel bileşen analizi gibi zenginleştirme teknikleri yardımıyla morfotektonik yapıları ortaya çıkarmıştır. Köküm (2019), Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) Palu (Elâzığ)–Pütürge (Malatya) arasındaki bölümünün çizgiselliklerini Landsat (4-5) TM uydu görüntüleri üzerinden otomatik yöntemle çıkarımını yapmıştır.

Bu çalışma ile Elâzığ ili çevresinde oldukça geniş bir alanda yüzeleşme veren Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter kayaçların (Şekil 2, 3) uydu görüntüleri yardımıyla çeşitli RGB kombinasyonları da kullanılarak diğer litoloji birimlerinden ayırt edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

MTA tarafından oluşturulmuş 1/500 000 ve 1/100 000 ölçekli bölgesel jeoloji haritaları, çalışma alanı için referans alınmıştır (Şekil 1,2). Çalışma alanını kapsayan uydu görüntüleri, MTA çalışma gruplarının hazırlanan Elâzığ K42, K43, L42, L43 ile Malatya K41, L40, L41 pafta numaralı 1/100.000 ölçekli jeolojik haritalara karşı gelmektedir. Bu haritalarda farklı sembollerle gösterilen volkanosedimanter (bazalt, bazaltik tuf, aglomera vs) birimlerin ayrıştırılması amaçlanmıştır (Şekil 2, 3). Bu birimler diğer litolojilerden ayırt edilene kadar çeşitli RGB

kombinasyonları ve görüntü işleme ve zenginleştirme metodları kullanılmıştır (Şekil 4-10). Farklı koordinat sisteminde yer alan haritaların tümü UTM WGS84 37 Zonuna göre dönüştürülüp jeoreferans kayıtları yapılmıştır.

3. Bulgular

Landsat 8 OLI Uydu Görüntüsü seçilirken bölgenin mevsim koşulları dikkate alınmış, çalışma alanının bulunduğu bölgede karasal iklim hâkim olduğundan su, yağış ve bitki örtüsünün en az olduğu sonbahar mevsiminin başlangıcı olan Ekim ayının farklı yıllara ait görüntülerini içeren beş adet uydu görüntüsü USGS (United States Geological Survey) resmî web sitesi altında yer alan modülden indirilmiştir (URL 1). Şekil 4'te görüleceği üzere seçilen uydu görüntüleri birleştirilerek, inceleme alanı üzerine oturtulmuştur.

3.1. NDWI (Normalize Fark Su İndeksi)

Su birikintileri, barajlar, göller, akarsu ve dere yataklarının yoğunluğunu, yerlerini saptamak amacıyla kullanılan NDWI (Normalized Difference Water İndeksi) Landsat 8 OLI uydu görüntülerinde görüntüsü elde edilmesi için USGS (Amerika Jeolojik Araştırma Merkezi) tarafından (URL.1) $(\text{Bant 5} - \text{Bant 6}) / (\text{Bant 5} + \text{Bant 6})$ formülünün kullanılması istenilmiştir. Raster hesaplama aracından bu formül işlenerek Şekil 5'te gösterilen NDWI görüntüsü elde edilmiştir.

3.2. NDVI (Normalize Fark Bitki İndeksi)

Bitki örtüsünün yoğunluğunu saptamak amacıyla kullanılan NDVI (Normalized Difference Vegetation İndeksi) Landsat 8 OLI uydu görüntülerinde aşağıdaki formül ile hesaplanır (URL-1): $(\text{Bant 5} - \text{Bant 4}) / (\text{Bant 5} + \text{Bant 4})$. Raster hesaplama aracından formül yazılarak elde edilen NDVI görüntüsü ile inceleme bölgesindeki bitki örtüsü ayırt edilmiş ve bu örtüye denk gelen piksellerin DN numarasına sıfır atanmış ve sonuçta soğurma ve emisyon yapma özelliği kaybettirilmiştir. Bitki piksellerini gösteren NDVI görüntüsü (Şekil 6) ve threshold grafiği Şekil 7'de gösterilmiştir.

3.3. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

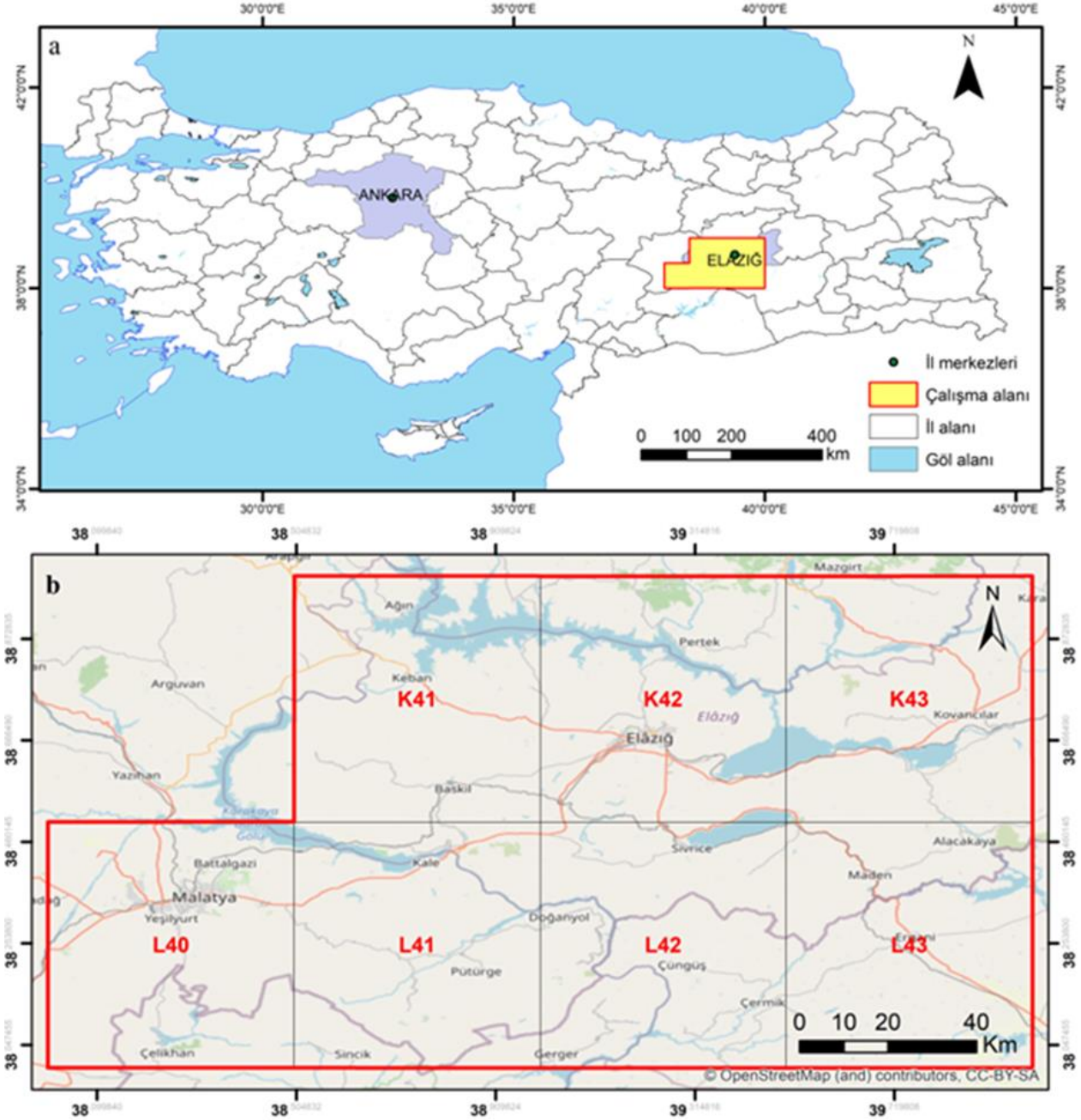
Farklı görüntülerin benzerlik ve farklılıklarından tek bir görüntü ortaya çıkaran Temel Bileşen Analizi tekniği ile Landsat 8 OLI'nin ilk 7 bandına uygulanarak çeşitli görüntüler üretilmiştir (Şekil 8). Landsat 8 RGB 753 bant kombinasyonuna dair görüntü Şekil 8'de vermiştir.

3.4. Minimum Gürültü Fraksiyonu (MNF)

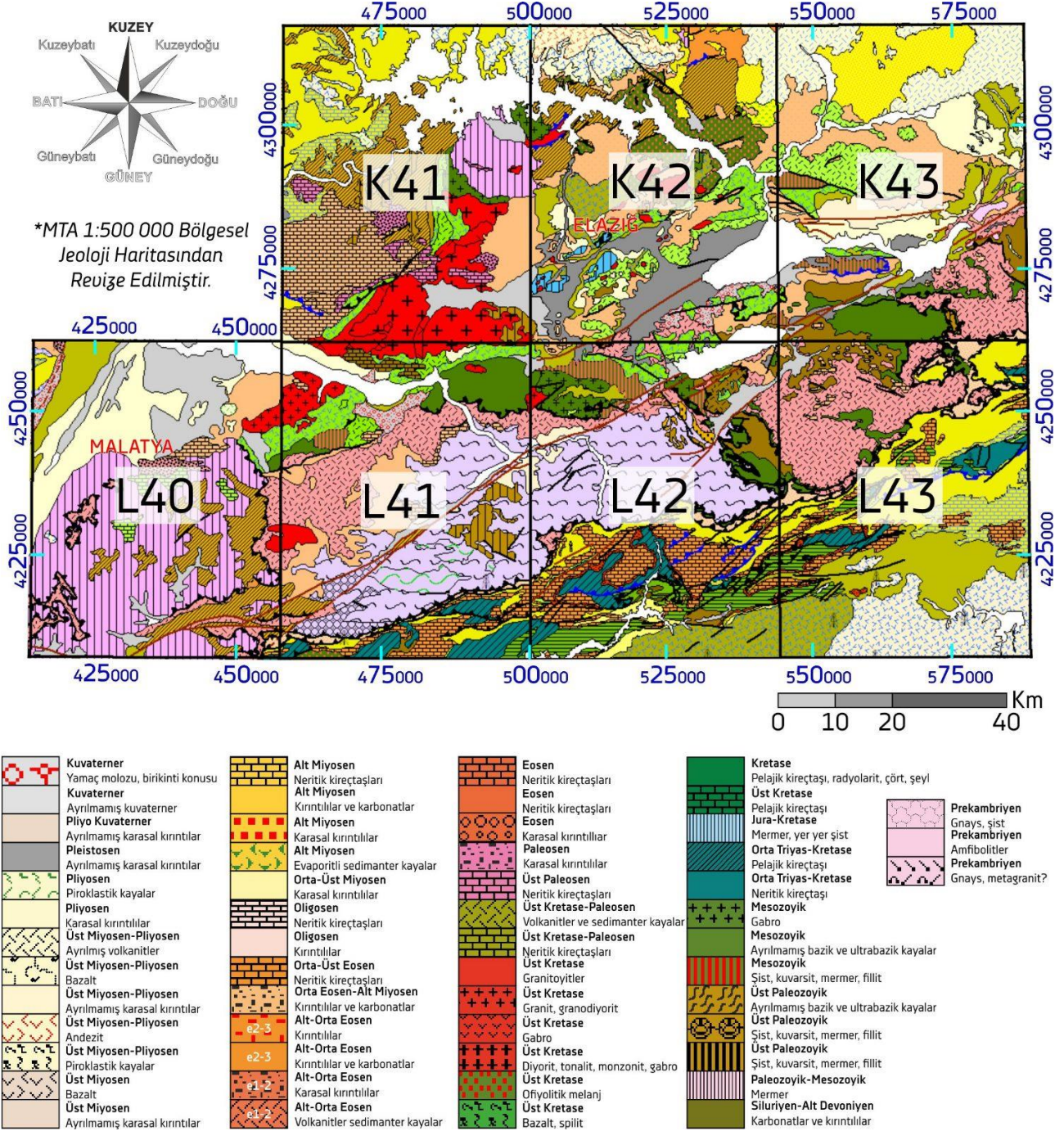
Bu yöntemle iteratürde uygulanmış bazı RGB bant kombinasyon ve oranları Landsat 8 OLI uydu görüntüleri

üzerinde denenerek anlamlı bazı görüntüler ortaya çıkarılmıştır. Uydu görüntüleri üzerine etki edebilecek gürültü faktörünü sıfıra indigeme amacıyla Landsat 8 OLI uydu görüntüsünün VNIR- SWIR bantlarına uygulandığında ilk 3 banttan MNF 1 gürültünün en az, MNF 3 ise gürültünün en fazla olduğu bantlar olduğu tespit edilmiştir.

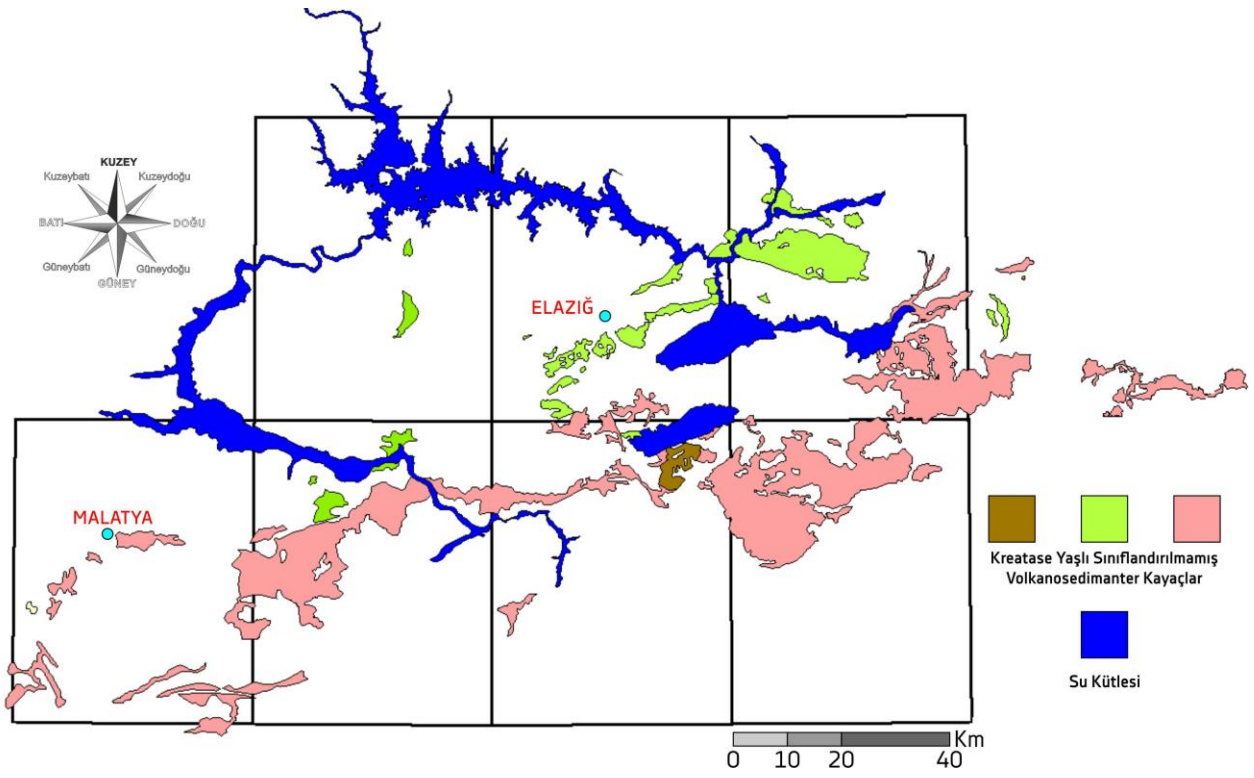
Landsat 8 OLI uydusu RGB bant sıralaması PCA 3–MNF 4–NIR olan görüntüdeki koyu yeşil alanlar volkanik kayaçları temsil etmektedir (Şekil 9). Aynı çalışma bölgesine ait RGB PCA 3 – MNF 4 – NIR uydu görüntüsüyle elde edilmiş 3 boyutlu görüntü (Şekil 10) yorumlanmaya çalışılmıştır. Oluşturulan RGB görüntü ile volkano-sedimanter birimler ile gerçek DEM görüntüleri birleştirilerek uyumlulukları incelenmiştir (Şekil 11).



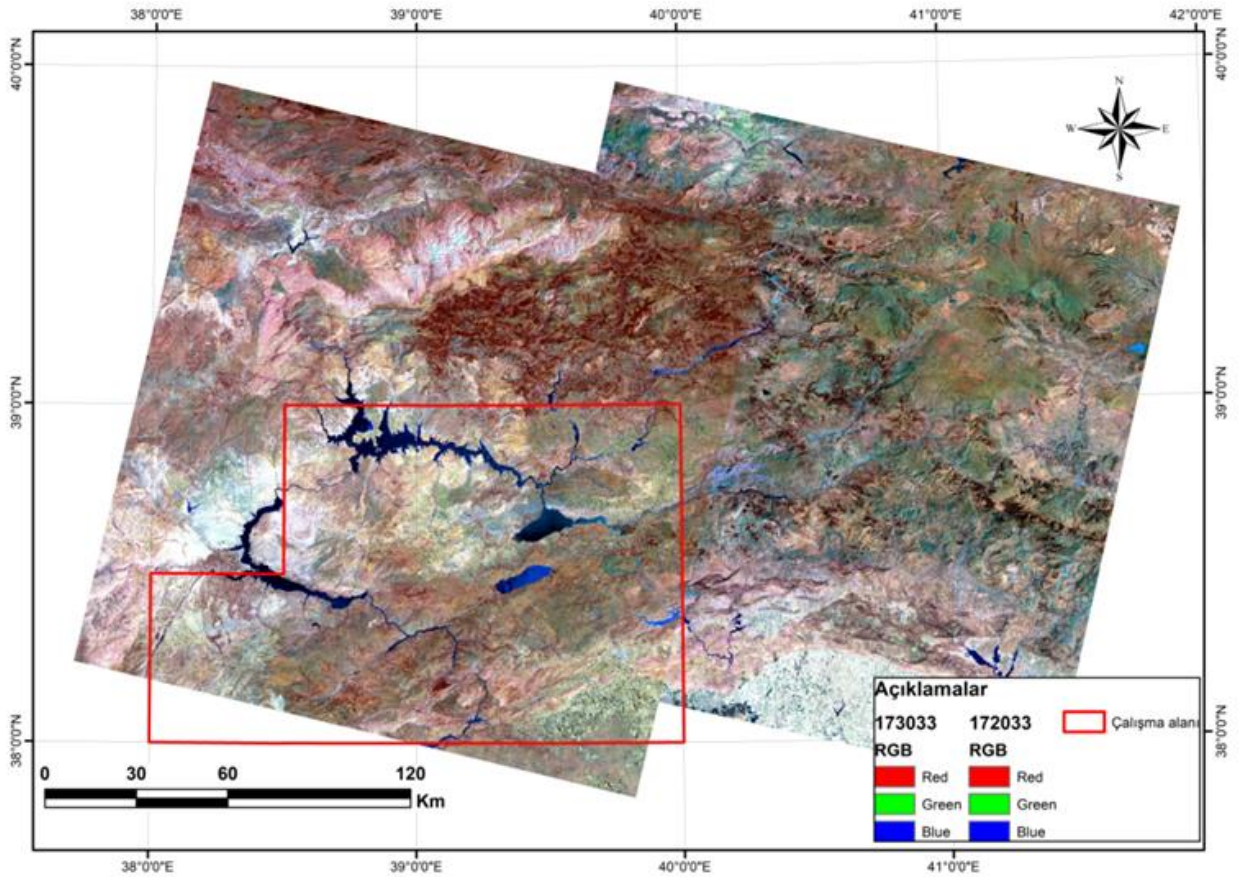
Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası ve pafta indeksi (URL.1).



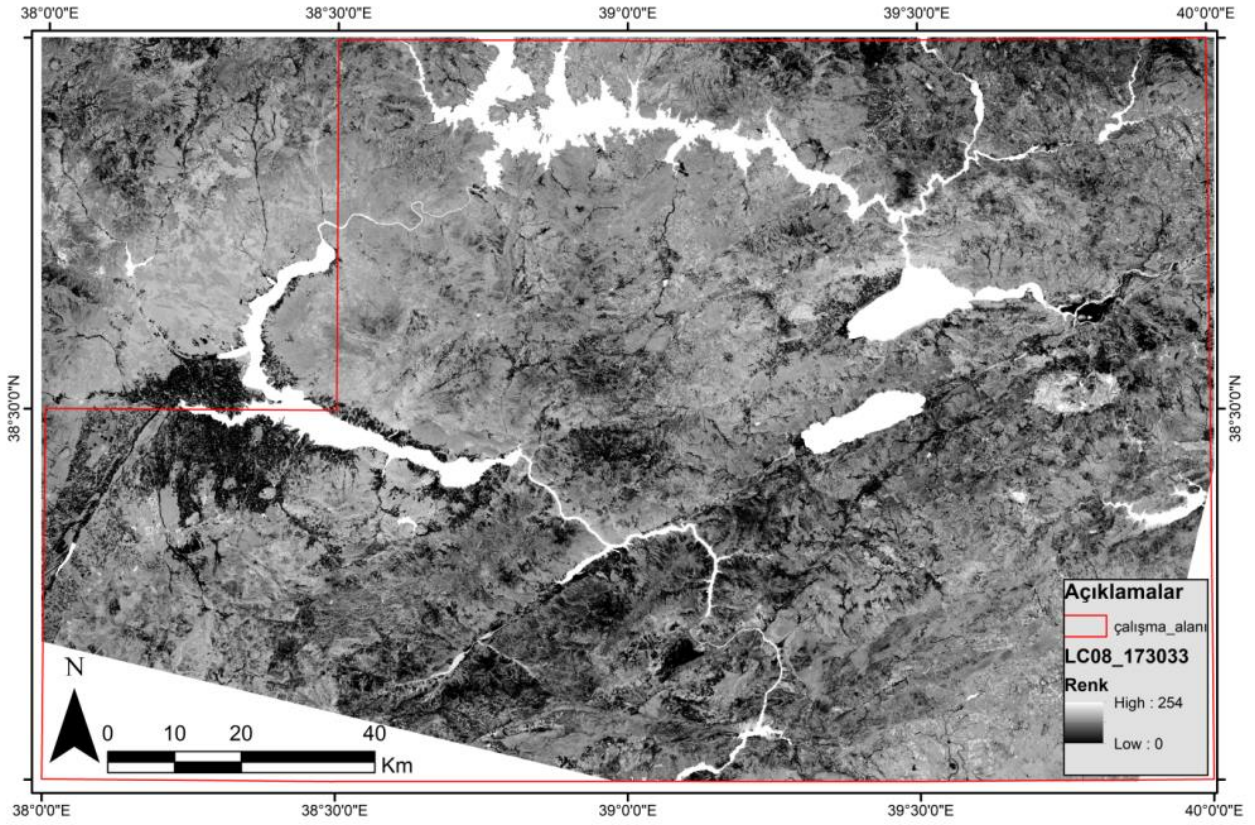
Şekil 2. İncelenen sahanın bölgesel jeoloji haritası (MTA, 2002).



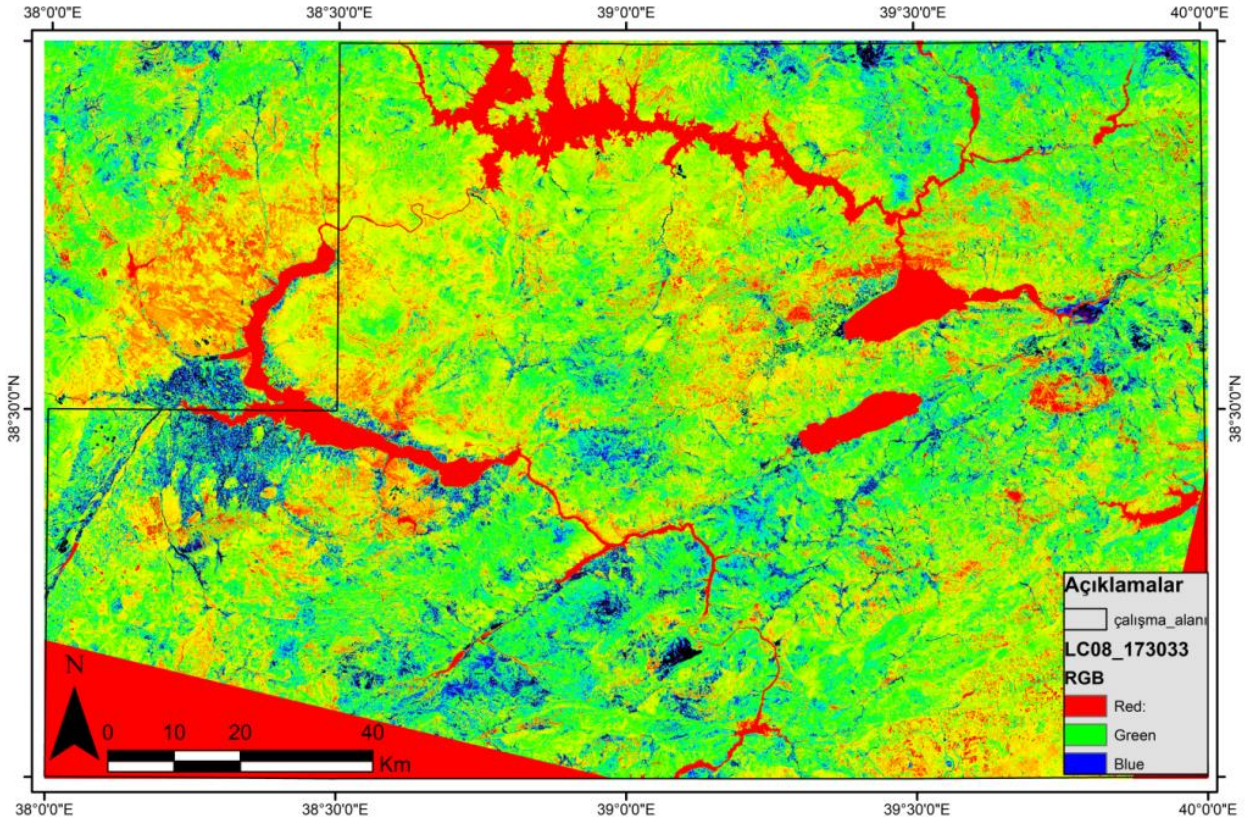
Şekil 3. 1:500 000 ölçeğinde gösterilen volkanosedimanter birimler (MTA, 2002).



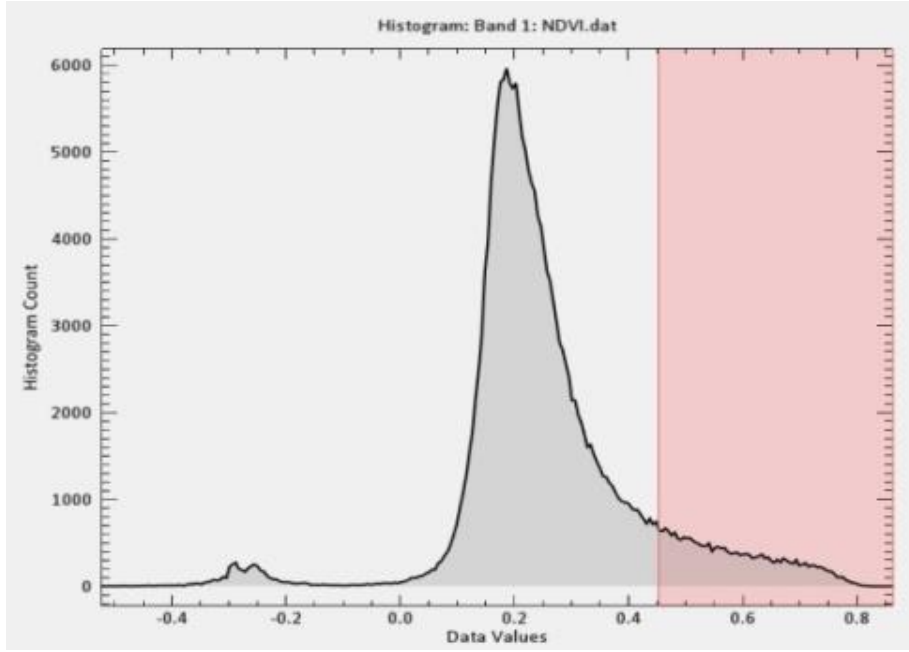
Şekil 4. Çalışma alanı ve kullanılan görüntüler.



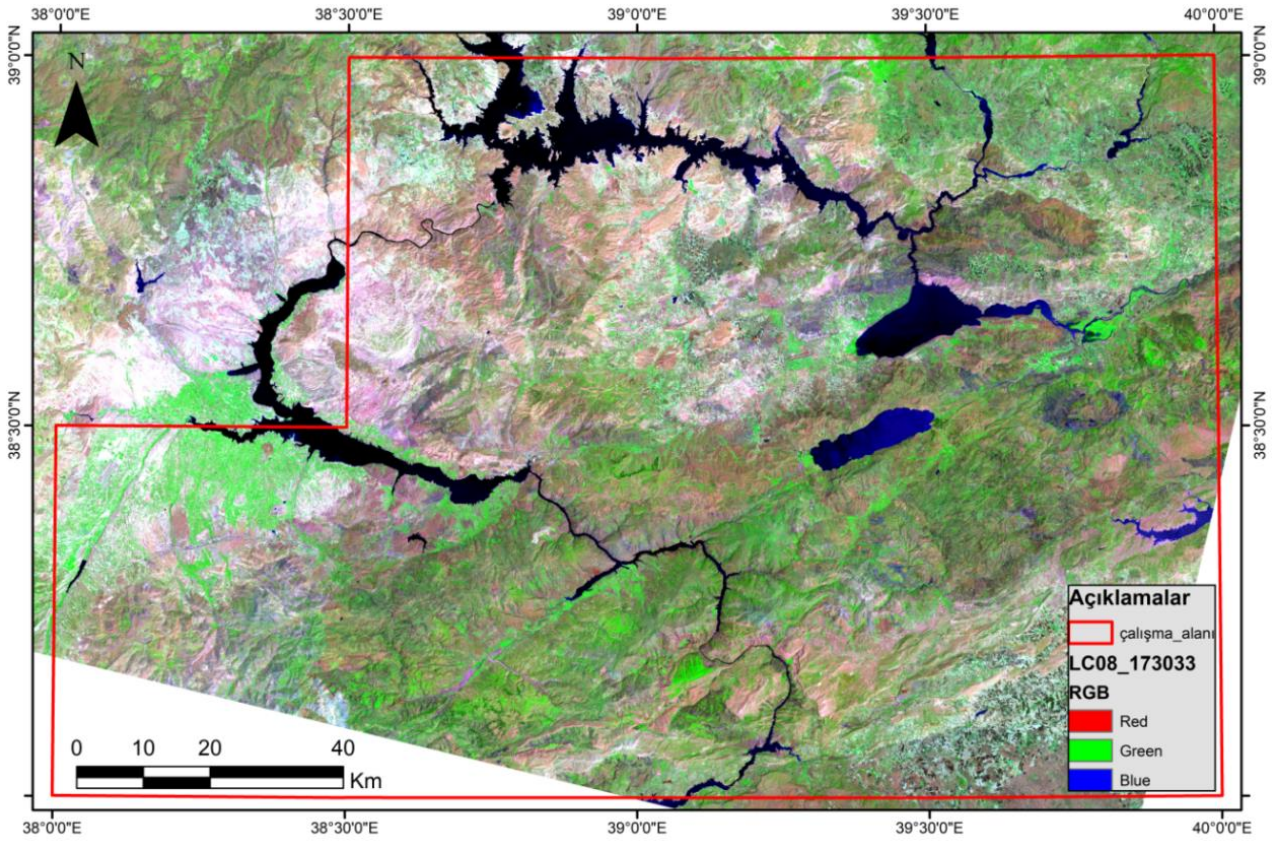
Şekil 5. NDWI görüntüsü; parlak pikseller su kütlelerini temsil etmektedir.



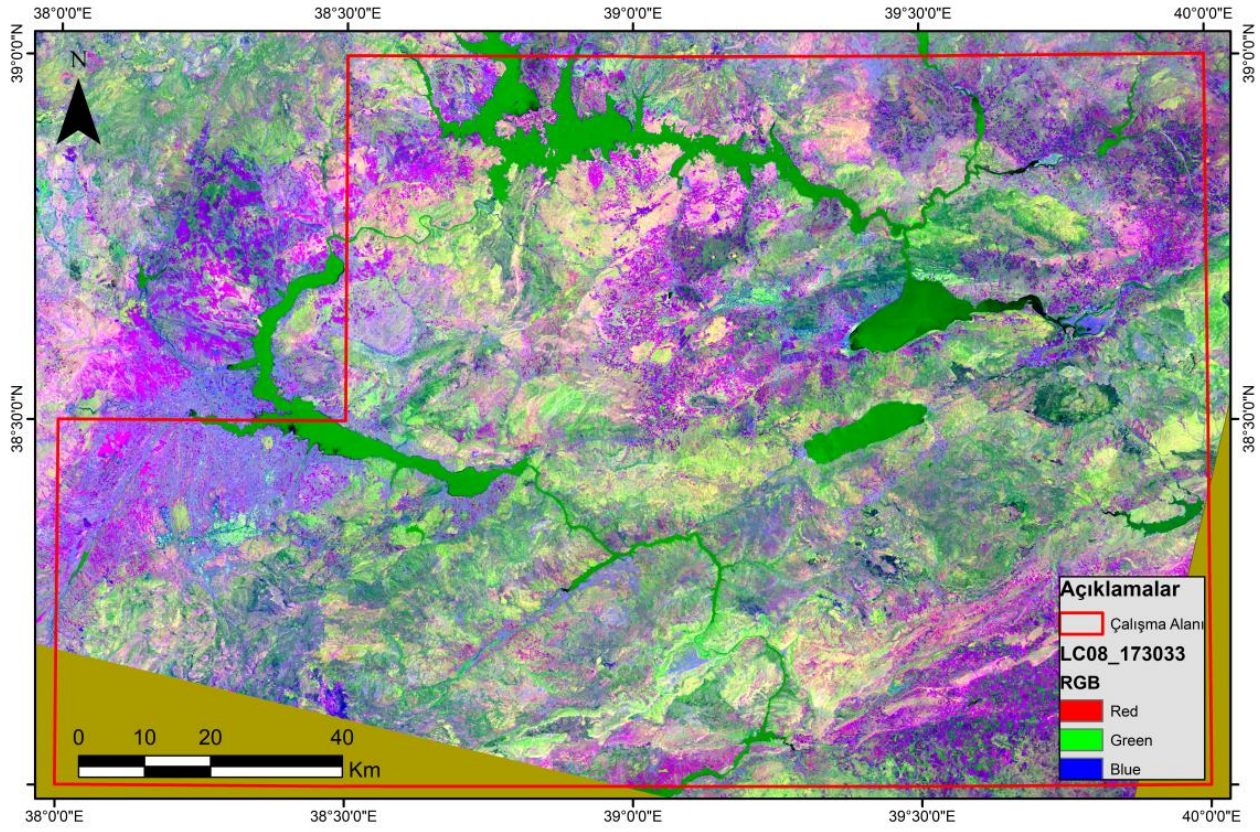
Şekil 6. Çalışma alanında maskelenecek su kütlesi. Kırmızı renkle gösterilmiştir.



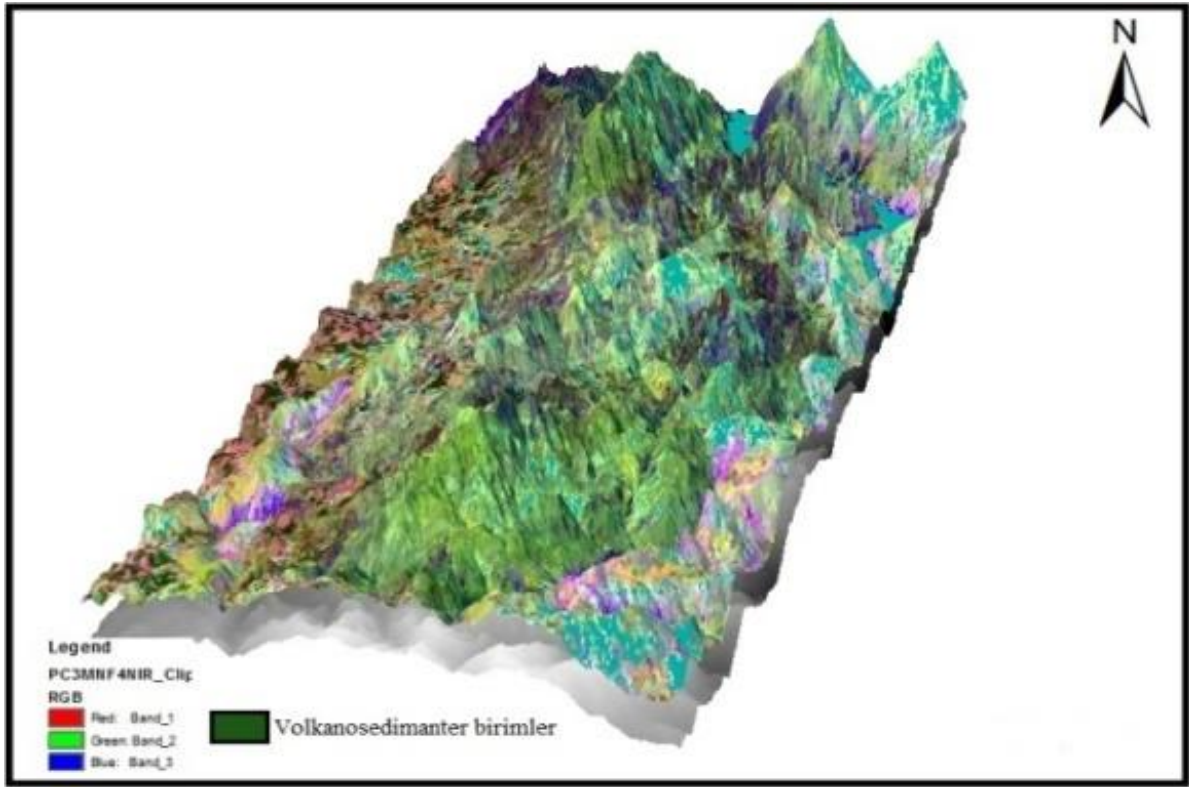
Şekil 7. NDVI görüntüsünde bitki piksellerinin dijital numaralarına karşılık gelen treshold grafiği.



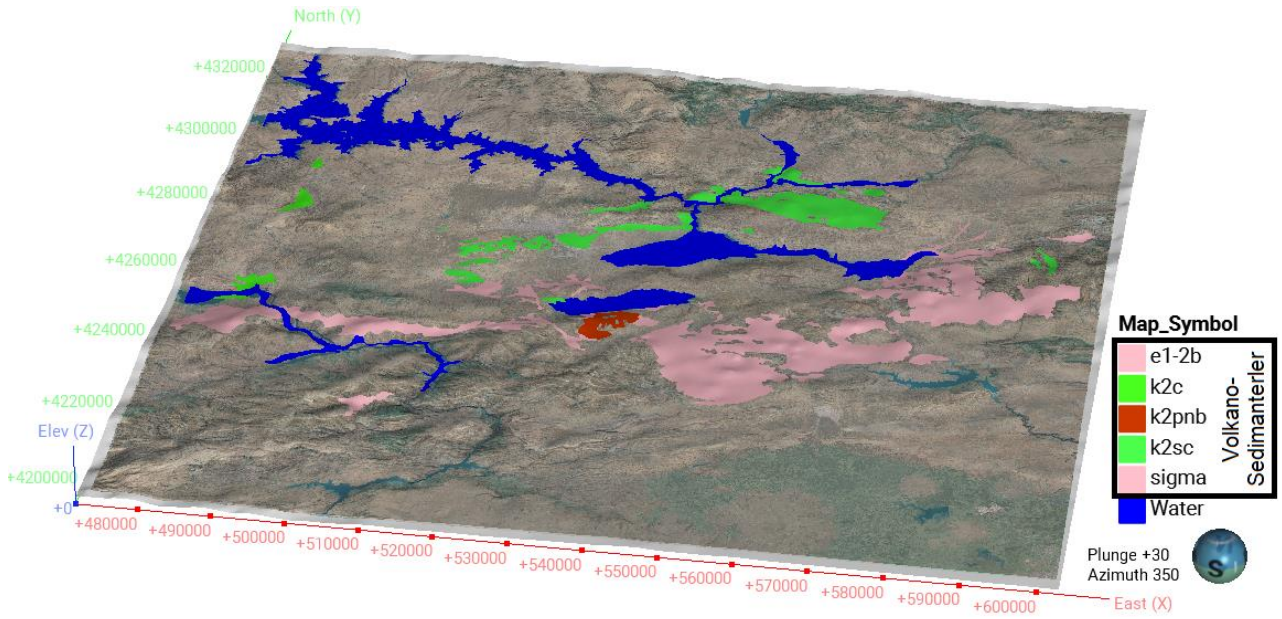
Şekil 8. Çalışma alanının, Landsat 8 RGB 753 bant kombinasyonu.



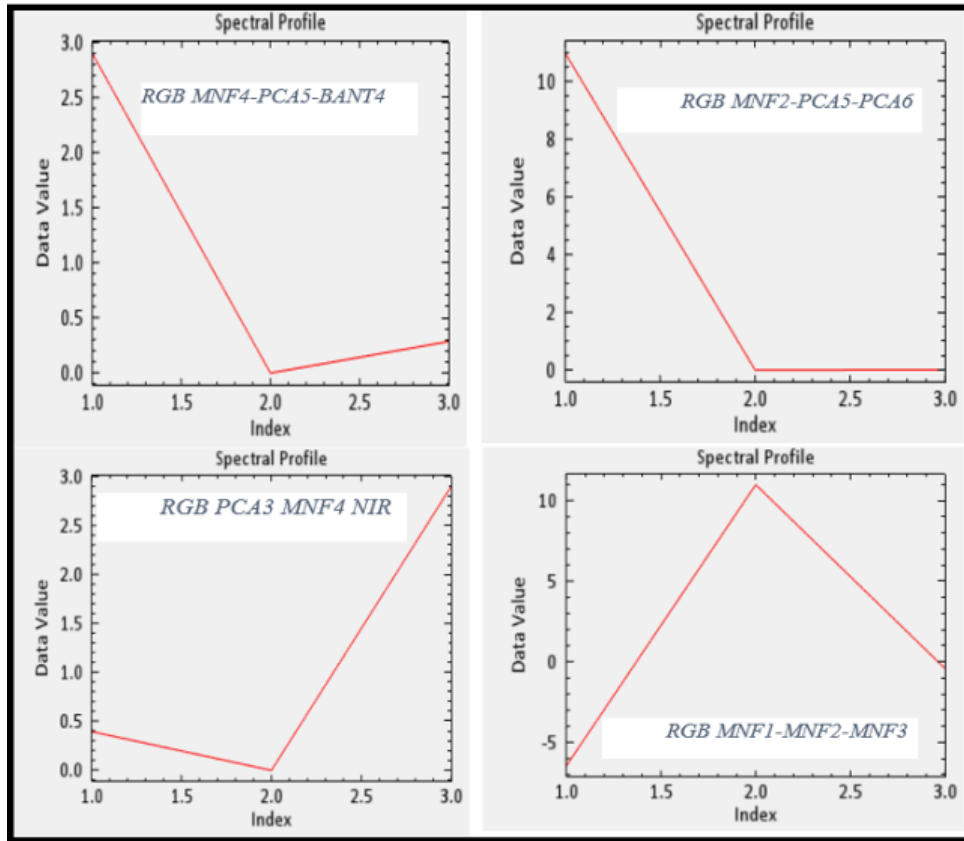
Şekil 9. RGB Sıralaması PCA 3 – MNF 4 – NIR bant kombinasyonu görüntüsü.



Şekil 10. Landsat 8 OLI uydusu PCA 3 – MNF 4 – NIR görüntüsünde volkano-sedimanter birim geçişlerini gösterir harita.



Şekil 11. Üst Kretase yaşlı volkanik çökel kaya biriminin MTA 1:500000) RGB True Colour ve DEM haritası ile birlikte hibrit haritası.



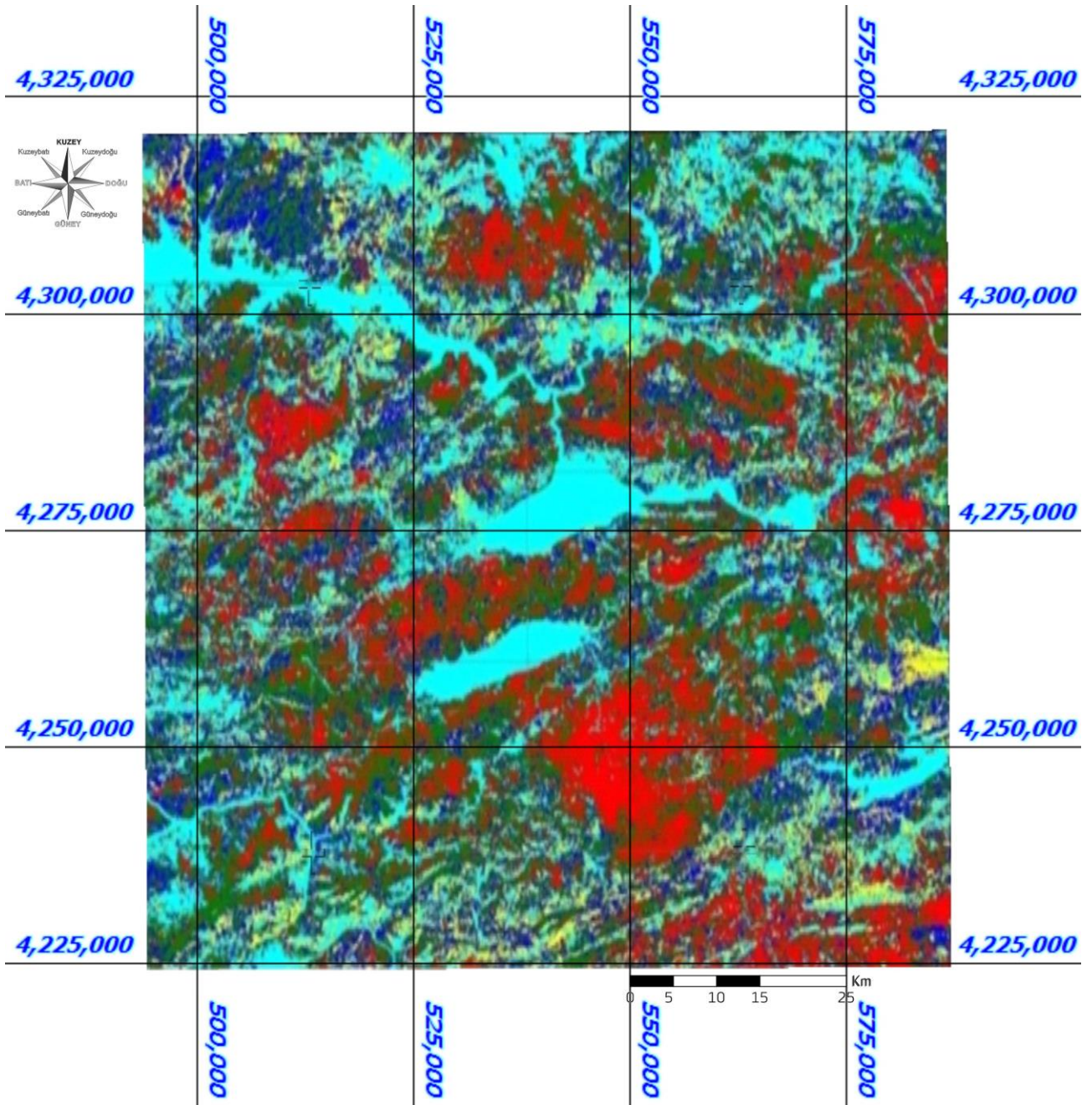
Şekil 12. Volkanik birimleri ayırt etmede kullanılan RGB bant kombinasyonlarına ait spektral profil grafiği

3.5. Çalışma Alanındaki Volkano-sedimanter Birimlerin Sınıflandırılması

Uzaktan algılama sistemleriyle sınıflandırma işlemleri Şekil 12’de görüleceği üzere benzer spektral özellikler sergileyen cisimlerin yorumlanarak gruplanması ilkesine dayanmaktadır. RGB kombinasyonu PCA3 MNF4 NIR sıralamasından oluşan uydu görüntüsü üzerinde yapılan

kontrollü sınıflandırmada benzer veri grupları 5 ayrı kümede toplanmıştır.

Şekil 13’ te görüleceği üzere volkanik birimlerin kırmızı piksellerde kümelendiği gözlemlenmiştir. Yapılan görüntü zenginleştirme çalışmasıyla, MTA’nın 1/500000 ölçeğinde belirtilen volkano-sedimanter birimler ile karşılaştırması yapılmıştır (Şekil 14).



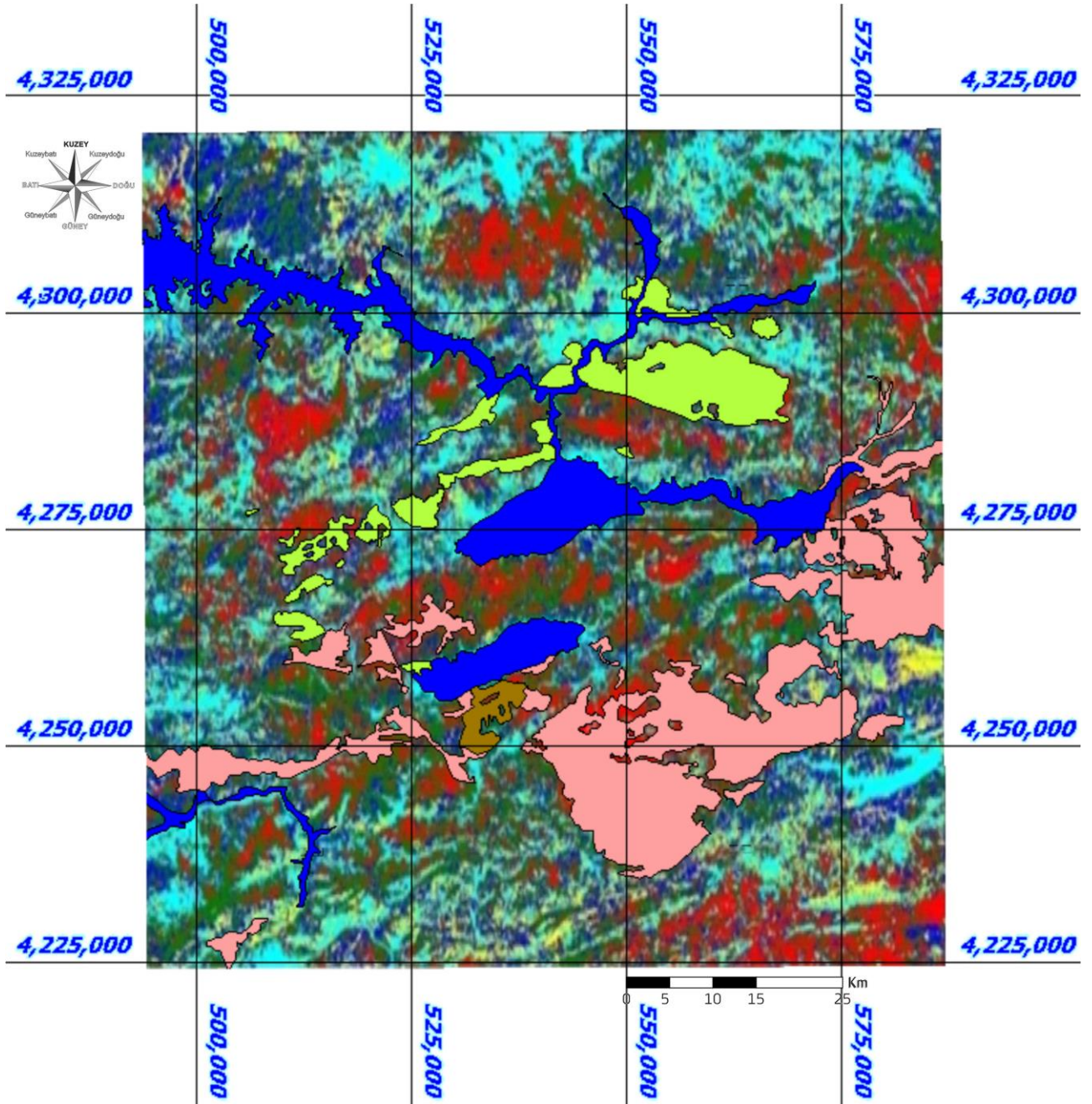
Şekil 13. 5 sınıflı yönlendirilmiş kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü (kırmızı renk pikseller volkanosedimanter birimlerdir).

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada Amerikan Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) ve Ulusal Havacılık Uzay Dairesi (NASA) tarafından 11.02.2013 tarihinde uzaya fırlatılan Landsat 8 OLI uydu görüntüleri üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Landsat serisi uyduların devamı ve en sonuncusu olan Landsat 8 OLI uydusu, geniş ve jeolojik bakımdan anlamlı spektral aralıklar sunmasıyla uzaktan algılama çalışmalarında tercih sebebi olmuştur (Zabcı 2021). Çalışma alanını içine alan uydu görüntülerinin temini USGS tarafından ulaşım açık durumda bulunan Earth Explorer internet sitesinden gerçekleştirilmiştir (URL-1). Bu bağlamda uygulama alanını kapsayan görüntüler Landsat 8 OLI uydu

görüntüleri indirildikten sonra bilgisayar destekli görüntü işleme ve analiz etme programı olan ENVI 5.2. programında işlenmiştir. Söz konusu ham uydu görüntülerine radyometrik ve atmosferik düzeltmeler yapılmıştır.

Yapılan çalışmanın saha değerlendirmesi kısmını MTA (2002, 2011) tarafından oluşturulmuş 1/100 000 ölçekli Elâzığ K42, K43, L42, L43 ile Malatya K41, L40, L41 numaralı jeolojik haritalar ve bölge ile alakalı daha önceki yapılmış jeolojik değerlendirmeler ve tespitler oluşturmaktadır. Uydu görüntüleri dışındaki raster/grid verileri Mapinfo yazılımı ile sayısallaştırılmış, ArcGIS ve Leapfrog Geo yazılımı ile de görselleştirilmiştir.



Şekil 14. MTA haritasında belirtilmiş volkanosedimanter birimler ile yaptığımız çalışmadan elde edilen görüntülerin karşılaştırılmasını gösterir harita.

Zabcı (2021), Landsat 8 OLI ve Sentinel 2AMSİ uydularına ait uzay görüntülerinin Palu ve Hazar Gölü (Elazığ) arasında kalan bölgenin jeolojik karşılaştırması amacıyla bant kombinasyonu, bant oranlaması, Minimum Gürültü Fraksiyonu (MNF) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) işlemleri sonucunda, veri setinden bağımsız olarak bant kombinasyonu ve MNF analizlerinin daha iyi sonuç verdiğini ve açık erişimli veri kaynaklarından ise Sentinel 2A MSI uydusunun hem bant zenginliği hem de göreceli yüksek çözünürlüğü ile ön plana çıktığını belirtir. Hozatlıoğlu vd. (2024), Doğu Toroslar'ın batı kesiminde (Göksun, Afşin ve Ekinözü bölgeleri) yüzeyleyen jeolojik birimlerin ve içinde barındırdığı minerallerin dağılımlarını ASTER'in çeşitli sensör görüntülerine uygulanan görüntü

işleme analizleri (MNF) sayesinde litolojik mekansal dağılımları ortaya koymuşlardır.

Bu çalışma Landsat 8 OLI uydu görüntülerinin Envi 5.2 programı kullanılarak işlenip sayısal jeoloji haritaları temelinde irdelenmesine dayanır. Bu kapsamda inceleme bölgesine ait üretilen sayısal jeoloji haritasındaki volkanosedimanter kayaç birimlerinin farklı litolojilerden ayrımının en belirgin olduğu bant kompozitleri üretilene kadar çeşitli hibrit görüntü kombinasyonları denenmiştir. Elde edilen yeni görüntüler yorumlandığında, volkanosedimanter kayaçlar diğer volkanik kökenli kayaç grubuyla aynı renk piksellerde toplanmış, diğer litolojilerden ise spektral karakteri ve farklı piksel rengi özellikleriyle

ayrılanmıştır. Buna göre Landsat 8 OLI uydu görüntüleriyle volkano-sedimanter birimlerin litolojik ayırımına dair Çizelge 1'deki bant kombinasyonları oluşturulmuş ve bunların MTA jeolojik haritaları ile karşılaştırıldığında, görsel açıdan anlamlı bir niteliğe sahip oldukları saptanmıştır.

Çizelge 1. Landsat 8 OLI uydusu ile volkano-sedimanter kayaçların litolojik ayırımının yapıldığı bantlar ve özellikleri (MNF1+MNF2+MNF3) bant oranlama [12]'den alınmıştır

Kırmızı (R)	Yeşil (G)	Mavi (B)	Volkanik Birimlerin Renk Dağılımı
MNF1	MNF2	MNF3	mor pikseller
MNF2	PCA5	PCA6	yeşil ve turkuaz pikseller
MNF4	PCA5	BANT4	yeşil ve turkuaz pikseller
PCA5	MNF4	NIR	yeşil pikseller

Literatürde her ne kadar Landsat 8 OLI uydu görüntüleri ile yapılmış olan RGB bant kombinasyonları genellikle mineral ve alterasyon tespit amaçlı da, bu çalışmayla denenen ve volkano-sedimanter birimlerin ayırımı için yapılmış RGB kombinasyon çalışmasının anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Benzer şekilde bu çalışma bölgesinde volkano-sedimanter kayaçları ayırt etmede en iyi metodun MNF2-PCA5-PCA6 hibrit bant imaj görüntüsünde olduğu ortaya çıkarılmıştır. Öte yandan, bu çalışmada arazi doğrulaması yapılmamış olup, MTA'nın haritası temel dayanak ve hedef bölge olarak kabul edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için destek veren Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne FÜBAP-MF.20.08 nolu Yüksek Lisans tez proje desteği için teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Etik Standartlar Bildirgesi

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur. Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Bu çalışma Doç.Dr. Melek URAL'ın danışmanlığında Oğuzhan TEKBAŞ tarafından 05.01.2021 tarihinde tamamlanan "Elâzığ çevresindeki geç kretase yaşlı volkanosedimanter kayaçların uydu görüntüleri yardımıyla tespit edilmesi" başlıklı ve 654780 tez no'lu yüksek lisans tezinden türetilmiş ve geliştirilmiştir.

Verilerin Kullanılabilirliği

Yazarlar, bu çalışmanın bulgularını destekleyen ana verilerin makale içerisinde mevcut olduğunu beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Kaynaklar, Araştırma, Metodoloji, Deneyleme, Görselleştirme, Biçimsel analiz, Analiz ve Yorumlama, Yazma – orijinal taslak

Yazar 2: Proje yönetimi, Araştırma, Kaynaklar, Kavramsallaştırma, Analiz ve Yorumlama, Doğrulama, Yazma/inceleme ve düzenleme

Yazar 3: Kaynak sağlama, Metodoloji, Veri iyileştirme, Görselleştirme, Biçimsel analiz, Doğrulama, Denetleme/danışmanlık Yazma/inceleme ve düzenleme

5. Kaynaklar

- Akgün, E., İnceöz, M., Manap, H.S., 2021. Aktif Tektonikte Uzaktan Algılama Uygulamaları: Doğu Anadolu Fay Zonu'ndan Bir Örnek. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, **36(2)**, 473-482. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.982822>
- Arda, E., 2006. Baskil (Elâzığ) Granitoid Kayaçlarına Bağlı Cevherleşmeler Çevresinde Oluşan Alterasyonların Landsat 7 TM-ETM+ ve Aster Uydu Görüntüleri Kullanarak İncelenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 234.
- Aydal, D., Arda, E. ve Dumanlılar, Ö., 2007. Application of the Crosta technique for alteration mapping of granitoidic rocks using ETM+ data: case study from eastern Tauride belt (SE Turkey). *International Journal of Remote Sensing*, **28 (17)**, 3895-3913. <https://doi.org/10.1080/01431160601105926>
- Dnuv, S.A., 1993. Image Interpretation in Geology, 2nd. ed. Published-by Chapman & Hall, 283.
- Hozatlıoğlu, D., Bozkaya, Ö., İnal, S. ve Kavak, K. Ş. (2024). Mapping of lithological units in the western part of the Eastern Taurides (Türkiye) using ASTER images. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **33 (3)**, 362-383. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1916>
- M.T.A, 2002. 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- M.T.A, 2011. 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Kargı, H., 2004. Landsat TM uydu görüntülerinde bazı litoloji ayırım yöntemlerinin karşılaştırılması, *Yerbilimleri/Geosound*, **44-45**, 99-109.
- Kavak, K.Ş., 1995. Uzaktan, algılamanın temel kavranılan ve Sivas Havzası'nın GD'suna ait Landsat MS görüntülerinin arazi verileriyle denestirilmesine yönelik bir uygulama. Doktora semineri, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, 70.
- Kavak,, K.Ş., 1998. Uzaktan algılamanın temel kavramları ve jeolojideki uygulama alanları. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **21 (1)**, 63-74.
- Köküm, M., 2019. Landsat TM Görüntüleri Üzerinden Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Palu (Elâzığ)-Pütürge (Malatya) Arasındaki Bölümünün Çizgisellik Analizi.

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Dergisi, **9 (1)**, 119-127.
<https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.419865>

Zabcı, C., 2021. Çok bantlı Landsat 8-OLI ve Sentinel-2A MSI uydu görüntülerinin karşılaştırmalı jeoloji uygulaması: Örnek çalışma alanı olarak Doğu Anadolu Fayı boyunca Palu – Hazar Gölü bölgesi (Elazığ, Türkiye). *Geomatik Dergisi*, **6(3)**, 238-246.
<https://doi.org/10.29128/geomatik.776280>

İnternet Kaynakları

URL-1. https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/mission-updates.htm