

UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARINDA TERMAL UYGULAMALAR

Ayşe DAĞLIYAR*

Gelişmekte olan ülkelerin, hızlı gelişen teknolojiyi takip ederek, gelişme düzeylerini arttırmak amacıyla, öz kaynakları hakkında detaylı bilgileri elde etmek için yeni teknolojik verileri temin ederek verimli bir şekilde kullanabilmeleri ve sonuç ürünleri üretebilmeleri gerekmektedir. Yeryüzünün dinamik bir yapıda olması sebebiyle yüzeyde meydana gelen değişimlerin ve deformasyonların periyodik olarak izlenmesi, yüzeyin davranışlarının zaman kavramı ile birlikte takip edilerek kayıt altına alınması, özellikle yer bilimleri konusunda gerek tarihsel olaylar ve durumlar hakkında mevcut sistematik veriye hakim olmak gerekse yeryüzü dinamiği konusunda gelecekte oluşabilecek değişimler hakkında ön bilgi sahibi olmak ve zamanında gerekli tedbirlerin alınarak doğru müdahalede bulunulması konusunda önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, özellikle yer bilimleri ve doğal çevre ile ilgili konularda, havacılık ve uzay teknolojilerindeki gelişmeler güvenilir, düzenli, ekonomik ve yüksek hassasiyet derecesinde bilgilere ulaşma imkanı sağlamaktadırlar. Uzaktan Algılama (Remote Sensing) adı verilen yöntemle havadan ve uzaydan elde edilen görüntülerin yorumlanması sonucu, yeni ve sürekli bilgi üretimi olası hale gelmiştir (Dinç, vd., 2001).

Yer yüzeyinden yansıyan ve yayılan enerjinin algılanması, kaydedilmesi, bilgi elde etmek amacıyla verinin işlenmesi ve analiz edilmesi şeklinde kullanılan Uzaktan Algılama; cisim, alan veya doğal olayla direkt temas etmeksizin bilgi toplama teknolojisi ya da bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (Lillesand, ve Kiefer, 1994). Uzaktan algılama tekniği ile yeryüzünün farklı konumsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüklerde görüntülenmesi ve izlenmesi mümkün olabilmektedir.

İlk yer gözlem uydusu, yeryüzüne ait bilgilerin alınması, harita üretimi, tarım, ormancılık, jeolojik araştırmalar ve arazi kullanım amaçlarına yönelik olarak, 23 Temmuz 1972 yılında

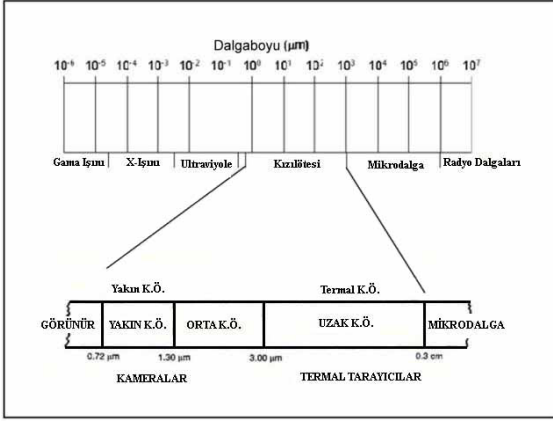
Amerika Havacılık ve Uzay Araştırmaları Merkezi (NASA) tarafından uzaya gönderilen Landsat 1 uydusudur.

Uzaktan algılama, disiplinler arası bir konu olması nedeniyle farklı alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yeryüzünün yapısı (morfoloji, örtü tabakası ve maden yatakları), bitki topluluğu, yeryüzü ısı, hava değişimi, kar ve buz dağılımı, atmosfer bileşimi gibi özellikleri saptamak ve alıcılara iletmek için elektromanyetik spektrumun mor ve kızılötesi ışınlarla birlikte mikrodalga ve termal bölgelerinden yararlanılır. Uzaktan algılama ile birlikte çok bantlı ve boyutlu görüntü elde edilmesi, haritalanması ve teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişen analiz işlemlerinin hayata geçirilmesi özellikle volkanizma etkisinde olan sahalarda meydana gelen değişimlerin izlenmesinde ve süreç içerisinde oluşan rölyefin özelliklerinin ortaya çıkarılmasında önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, günümüzde sayısal yükseklik modelleri ve Terrain analiz modelleri de volkanik yapıların analizlerinde ve haritalanmasında kullanılmaktadır.

Astronom Sir Frederick William Herschel, 11 Şubat 1800 yılında elektromanyetik spektrumun kızıl ötesi bölgesini keşfederek insanlar tarafından görülebilen spektrumun dışında da ısı ve ışık tayflarının olduğunu kanıtlamıştır (URL-1, 2016). Uygun alıcıların kullanılması ile termal kızılötesi bölgede yer alan elektromanyetik enerji kaydedilerek, "termogram" adı verilen iki boyutlu görüntü elde edilebilmektedir. Görüntülerin güneş enerjisine ihtiyaç duyulmadan kaydedilmesi nedeniyle termal veriler, askeriye başta olmak üzere yer bilimleri, toprak - kaya - su - buz ve atmosferin yaydığı termal ışınımı ölçmek, jeotermal, deprem, volkanik araştırma çalışmaları ve izleme, volkanik alanların ısı özelliklerinin takibi gibi birçok çalışma alanında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Uzaktan algılamada, elektromanyetik spektrumun 3-35 µm aralığı termal kızılötesi bölge olarak adlandırılmakla birlikte 3-5 µm ile 17-25 µm aralığında atmosferik pencere etkisi görülmemekte olup, genel olarak 8-14 µm aralığında ölçülen değerler yeryüzü cisimlerinin sıcaklığı hakkında bilgi edinmek üzere kullanılmaktadır (Prakash, A., 2000) (Şekil 1).

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara.



Şekil 1- Elektromanyetik spektrum (URL-2, 2015'den düzenlenerek).

Termal algılama sistemleri genellikle uçuş doğrultusuna dik yönde tarama yapan çok spektrumlu tarayıcılardır. Kullanılan algılayıcı sistemler sadece spektrumun termal kızıl ötesi bölgesine duyarlıdır. Optik ve yakın kızıl ötesi bölgede kullanılan fotografik sistemler termal enerjinin tespitinde kullanılamazlar. Günümüzde termal uygulamalarda kullanılan uydu görüntüleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Mutlak sıcaklığın (0 Kelvin) üzerindeki her cisim, kinetik enerjiye bağlı olarak elektromanyetik ışınım yayarlar (URL~3, 2016). Buna bağlı olarak, elektromanyetik spektrumun termal bölgesini algılama yeteneğine sahip olan uydulardan elde edilen görüntüler kullanılarak yer yüzey sıcaklıkları belirlenebilir. Daha kısa dalga boyuna sahip optik görüntülerden farklı olarak termal görüntülerde bulunan renk tonu, cisimlerin yansıtım değerleri yerine yüzeyin ışınım yayan sıcaklık değerleri ile ilişkilidir. Yüzey sıcaklığı, arazi üzerindeki enerji dengesinin belirlenmesi ile birlikte yüzey ve çevre kaynakların dinamik değişiminin tespit edilebilmesi açısından da önemli bir parametre olup, insan ve çevre etkileşimi konusundaki çalışmalarda büyük önem arz etmektedir (Dağlıyar, vd., 2015).

Uzaktan algılamanın termal uygulamaları arasında volkanoloji ve volkanik alanlardaki periyodik ısı değişim takibi de yer almaktadır. Dünyada, özellikle aktif volkanların uzaktan algılama yöntemleri ile sistematik bir şekilde izlenmesi konusunda birçok çalışma yapılmaktadır. Örneğin, Avrupa'nın en büyük aktif

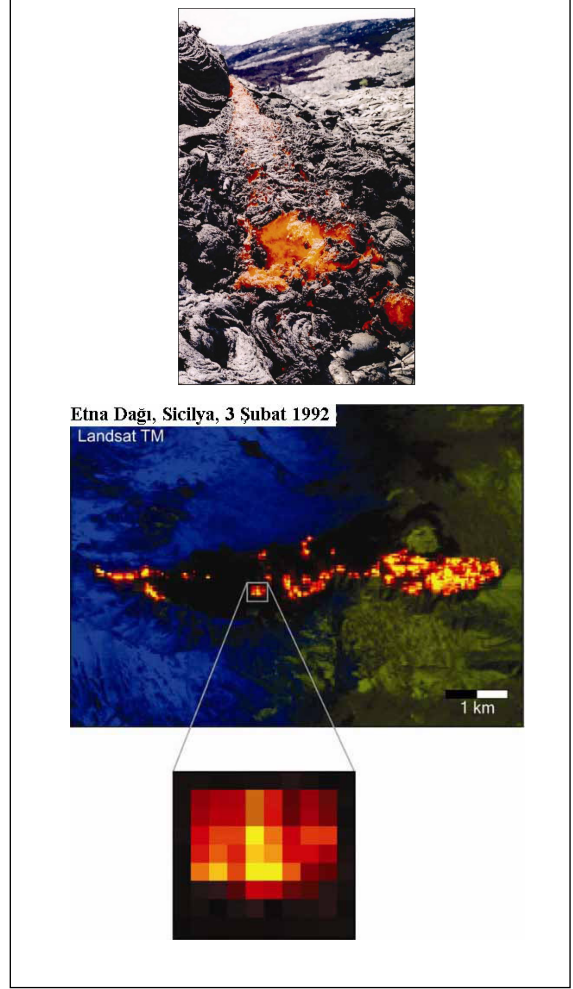
Çizelge 1- Termal kızılötesi algılama yapabilen uydular ve teknik özellikleri (Yıldırım, 2011).

Algılayıcı	Dalga boyu (µm)	Mekânsal çözünürlük
GOES	3.8-4 6.5-7 10.5-11.0 11.5-12.5	10 km
NOAA- AVHRR	3.5-4 10.3-11.3 11.5-12.5	1 km
Landsat-TM	10.4 - 12.5	120 m
ERS-I ATSR	3.7 11 12	1 km
Landsat-ETM	10.4 - 12.5	60m
EOS -ASTER (Terra)	8-12 (5 bant)	90m
EOS- MODIS (Terra/Aqua)	daha çok 8-12 (16 bant)	1 km
TIMS (uçak)	8-12 (6 bant)	Uçuş yüksekliğine bağlı

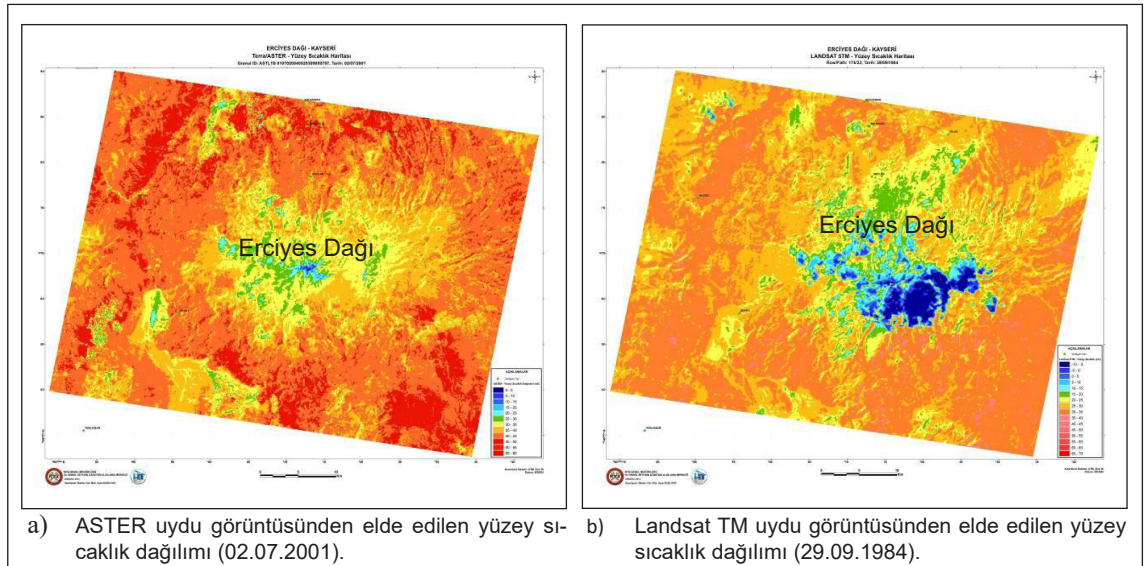
yanardağı olan Etna'nın, faaliyete geçtiği 1992 yılı, uzaktan algılama verileri ile incelenmiş ve Landsat TM uydu görüntüleri kullanılarak izlenmiştir (Şekil 2) (Abrams, vd., 1992).

Bu konuda, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığında yürütülmekte olan "Anadolu'nun Kuvaterner Volkanizması ve Potansiyel Volkanik Tehlikelerinin Araştırılması" projesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Koordinatörlüğü'nce desteklenmiş olup, ilgili çalışma sahalarına ait yer yüzey sıcaklık dağılım değerleri, uydu görüntüleri kullanılarak hesaplanmış ve haritalanmıştır. Bu çalışmada, ASTER ve Landsat TM uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. ASTER uydu verisinin, elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi bölgesinde 90 m çözünürlüğe sahip 5 farklı bandı bulunmaktadır. Bunun yanında, Landsat TM uydu görüntüsü, termal kızılötesi bölgede 120 m çözünürlüğe sahip sadece 1 banda sahiptir.

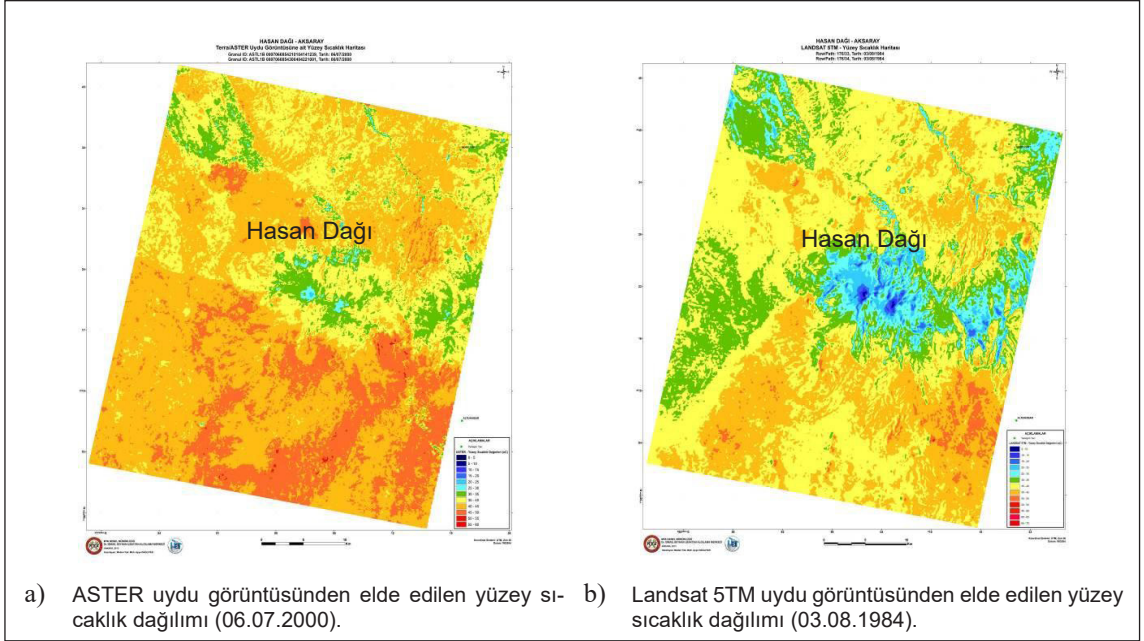
Uydu görüntüleri ile termal analiz sürecinde, cisimlerden yayılan elektromanyetik enerji değerleri uydu algılayıcıları tarafından tespit edilerek görüntü üzerinde piksel değerlerine atanır, görüntüye radyometrik kalibrasyon uygulanarak gerçek enerji değerleri elde edilir ve atmosfer üstü parlaklık sıcaklığı hesaplanır.



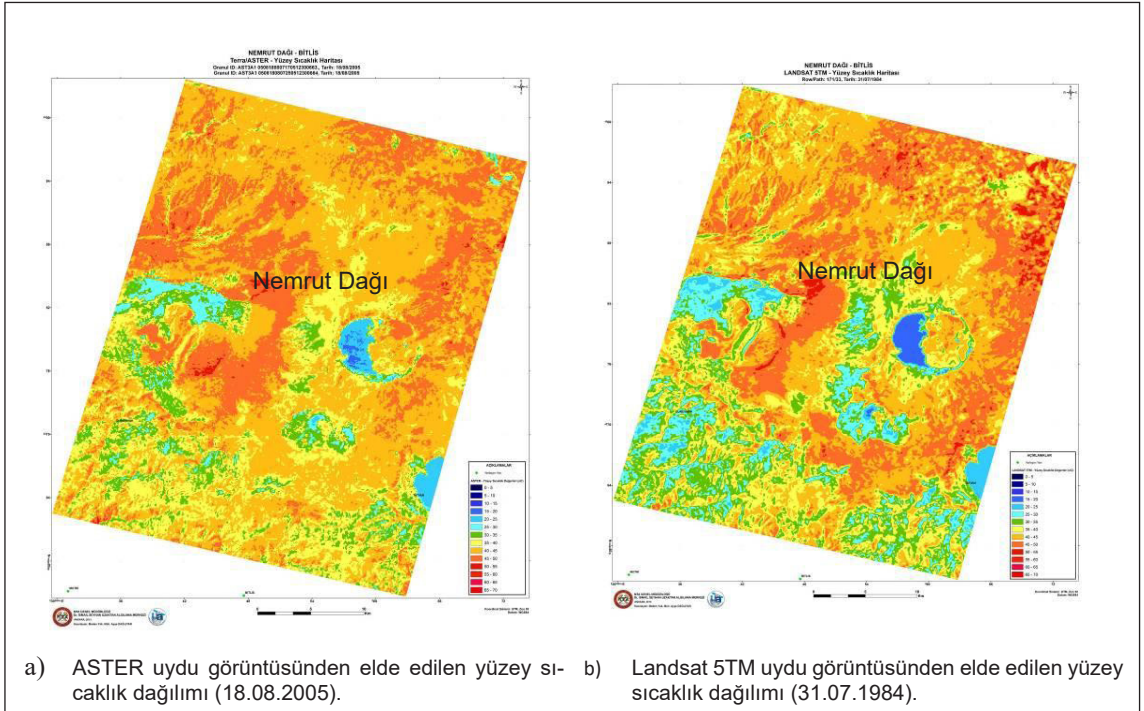
Şekil 2- Etna yanardağının Landsat TM uydu görüntüsü ile izlenmesi. (3 Şubat 1992).



Şekil 3- Erciyes Dağı (Kayseri), 02.07.2001 tarihli Terra/ASTER (a) ve 29.09.1984 tarihli Landsat 5TM (b) uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklık dağılımları.



Şekil 4- Hasan Dağı (Aksaray), 06.07.2000 tarihli Terra/ASTER (a) ve 03.08.1984 tarihli Landsat 5TM (b) uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklık dağılımları.



Şekil 5- Nemrut Dağı (Bitlis), 18.08.2005 tarihli Terra/ASTER (a) ve 31.07.1984 tarihli Landsat 5TM (b) uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklık dağılımları.

Bu noktada elde edilen sıcaklık değerleri, atmosferik etkilerden arındırılmamış ve yeryüzü için kara cisim kabulünün yapıldığı durum için hesaplanmış değerdir (Çelik ve Kalkan, 2012). Bu nedenle bir sonraki aşamada atmosfer

ferik etkinin giderilmesi işlemleri gerçekleştirilerek, yer yüzey sıcaklık dağılımı elde edilir. Gerek ASTER gerekse Landsat TM uydu görüntülerinden yüzey sıcaklık dağılımını elde etmek için, herhangi bir meteorolojik parametre

gereksinimi olmayan, "Yer Yüze Sıcaklığı / YYS (Land Surface Temperature /LST)" (Artis, ve Carnahan, 1982) algoritması (Eşitlik [1]) kullanılarak, Erciyes Dağı (Kayseri), Hasan Dağı (Aksaray) ve Nemrut Dağı (Bitlis) için yüze sıcaklık dağılımı hesaplanmıştır (Şekil 3,4,5).

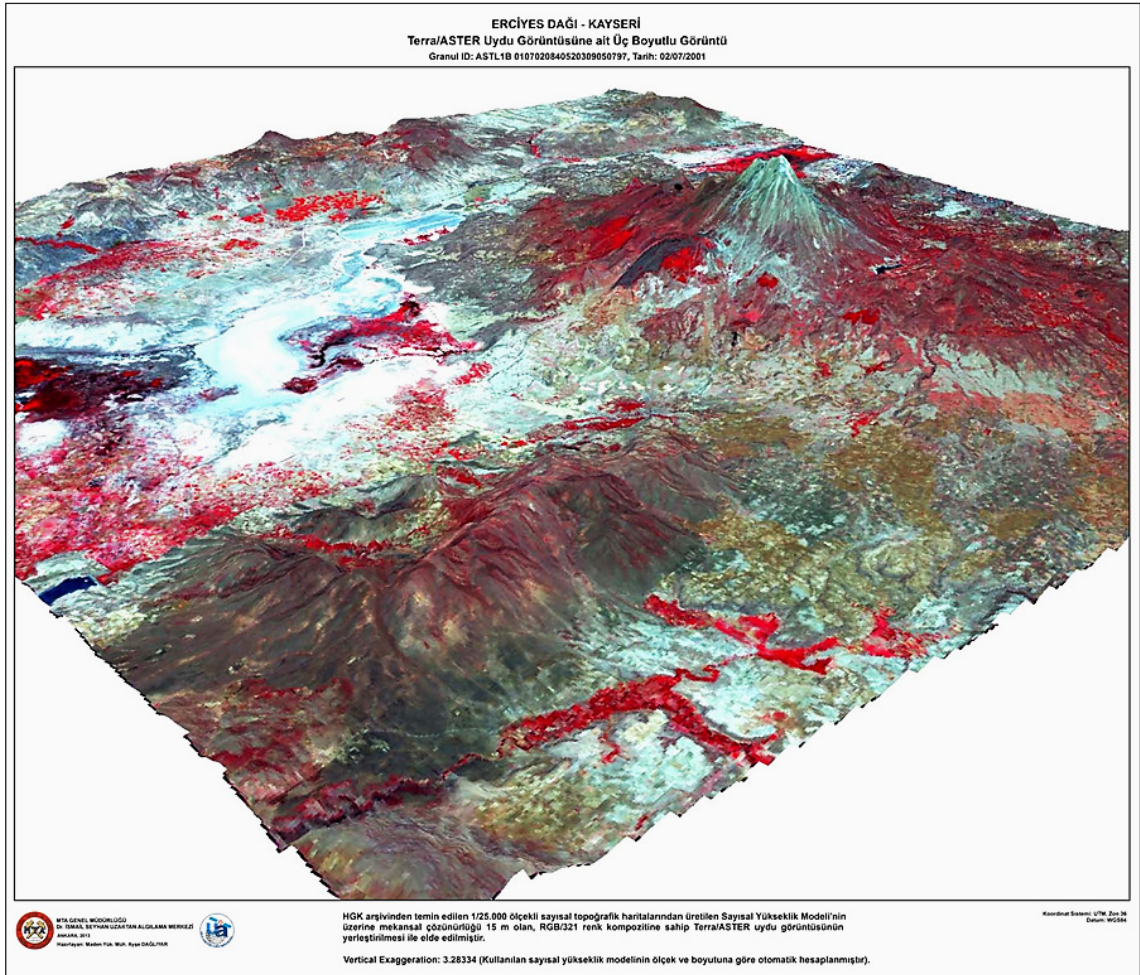
$$T = \frac{T_B}{1 + \left(\lambda \cdot \frac{T_B}{\alpha} \right) \cdot \ln \epsilon} \quad [1]$$

Burada T, yüze sıcaklığı (K), T_B Karacisim sıcaklığı (K), λ yansıyan radyansın dalgaboyu (µm), α = hc/K (1.438 x 10⁻² mK), h = Planck sabiti (6.26 x 10⁻³⁴ J/s), c = ışık hızı (2.998 x 10⁸ m/s), K = Boltzman sabiti (1.38 x 10⁻²³ J/K), ε = yüze yayınlırlığını ifade etmektedir.

Elde edilen yüze sıcaklık haritalarında mavi renk soğuk alanları, kırmızı renk ise sıcak alanları göstermektedir. Kayseri İli ve çevresi

için çalışılan 29 Eylül 1984 tarihli Landsat TM uydu görüntüsünün bulutlu olması sebebi ile Erciyes Dağı'nın tepe noktasındaki sıcaklık değerleri düşük olarak algılanmaktadır. Proje kapsamında çalışmalar devam etmekte olup, ilgili sahalar için detay çalışmalar yapılmaktadır.

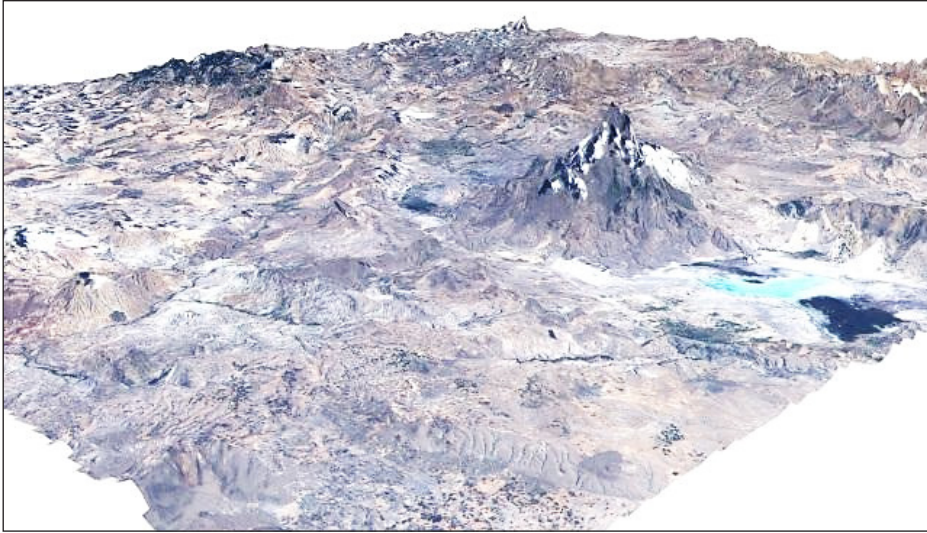
Ayrıca, çalışma kapsamında genç volkan konileri arasında yer alan Erciyes Dağına ait, ASTER (KYM/321), ASTER (K Y M/2 10 1) ve Landsat TM (KYM/321) uydu görüntüleri ile yerel yükseklik bilgileriyle desteklenmiş SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verileri kullanarak oluşturulan 3" x 3" çözünürlüğe sahip yükseklik verisi (DEM) (Bildirici, vd. 2008) kullanılarak elde edilen sayısal yüksekli modeli sırasıyla şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Topoğrafyanın dijital gösterimi olarak da adlandırılan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), raster ve grid veri yapısına sahip olup, yeryüzünün aktif değişen topoğrafik yüzeyini göstermek için uygun



Şekil 6- Erciyes Dağı'na ait sayısal yükseklik modeli (02.07.2001 tarihli ASTER uydu görüntüsü ve yükseklik verisi ile birlikte) - KYM / 321.



Şekil 7- Erciyes Dağı'na ait sayısal yükseklik modeli (02.07.2001 tarihli ASTER uydu görüntüsü ve yükseklik verisi ile birlikte) – K Y M / 2 10 1 (Gerçek renk/True color).



Şekil 8- Erciyes Dağı'na ait sayısal yükseklik modeli (29.09.1984 tarihli Landsat 5 TM ve yükseklik verisi ile) KYM / 321.

bir veri kaynağı niteliğindedir. Genel arazi özelliklerinden olan arazi eğimi, bakı, arazi eğriliği, havza alanı ve eğim uzunluğu gibi genel arazi özellikleri SYM'den kolaylıkla hesaplanabildiği için hidrolojik, jeomorfolojik ve biyolojik çalışmalarda birçok uygulama alanı bulunmaktadır (Moore vd., 1991).

Bununla birlikte SYM modeli ile arazinin eğimi, eğim yönü, yansıma açısı, drenaj ağları, havza sınırları, akış yolları ve görüş alanı içindeki noktaların belirlenmesi, stereo görüntü çiftlerinin üretilmesi ve yeryüzünün 3 boyutlu ağ yapısının oluşturulması gerçekleştirilebilmektedir (Gündoğdu, 2003).

Elde edilen SYM, aynı bölgeye ait diğer veri setleri ile birleştirilerek (uydu görüntüleri, jeo-

loji, hidrojeoloji, jeofizik haritaları vb.) sayısal arazi modeli şeklinde de kullanılabilirler. Böylece, kayaç tiplerinin analizi ve belirlenmesi, ana jeolojik birimlerin haritalanması, jeolojik haritaların yenilenmesi, magmatik kayaçların haritalanması, güncel volkanik yüzey masiflerinin haritalanması, mineral zonlarının belirlenmesi, jeomorfolojik haritalama, bölgesel yapısal jeolojik – tektonik yapıların incelenmesi, sayısal yükseklik analizlerinde arazi öncesi kısmi bilgilerin elde edilmesi mümkün olmaktadır.

DEĞİNİLEN BELGELER

Abrams, M., Buongiorno, F., Realmuto, V., Pieri, D. 1992, "Mt. Etna, Italy Lava Flows", Jet Propulsion Laboratory, California, Institute of Technology, Pasadena, CA.

- Artis, D.A., Carnahan, W.H. 1982, "Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas", *Remote Sensing of Environment*, 12(4): p. 313 – 329.
- Bildirici, İ. Ö., Üstün, A., Uluğtekin, N., Selvi, H. Z., Abbak, R. A., Buğdaycı, İ., Doğru, A. Ö. 2008, "Yerel Yükseklik Bilgileriyle Desteklenmiş SRTM Verileri Kullanılarak Türkiye için 3"x3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması", TÜBİTAK 2008, Proje No: 106Y130
- Çelik, B., Kalkan, K. 2012, Isıl Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Yeryüzü Sıcaklıklarının Tespitinde Farklı Tek-Kanal Algoritmalarının Meteorolojik İstasyon Verileri Kullanılarak Karşılaştırılması: İstanbul Örneği, IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZALCBS 2012), 16-19 Ekim 2012, Zonguldak
- Dağlıyar, A., Avdan, U., Uça Avcı Z. D. 2015. "Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Kahramanmaraş İli ve Çevresinin Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi", Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği, VIII. TUFUAB Teknik Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, s. 324 - 331, 21 - 23 Mayıs 2015, Konya.
- Dinç, U., Yeğingil, İ., Peştemalcı, V., Dinç, A. O., Kandırmaz, H. M. 2001. "Uzaktan Algılamanın Temel Esasları ve Bazı Uygulamaları" Lisansüstü Yaz Okulu Ders Notları, TÜBİTAK Bilim Adamı Yetiştirme Grubu, Adana.
- Gündoğdu, K. S. 2003. "Sayısal Yükseklik Modellerinin Arazi Boy Kesitlerinin Çıkarılmasında Kullanımı", Uludağ Üniversitesi, Zir. Fak. Derg., 2003, 17 (1): 149 – 157, Bursa.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. 1994. "Remote Sensing and Image Interpretation", 3rd Ed. Xvi + 750 pp., New York.
- Moore, I. D., Grayson, R. B., Ladson, A. R. 1991. "Digital Terrain Modeling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications, Hydrological Processes, 5 (1), 3 – 30.
- Prakash, A. 2000. "Thermal Remote Sensing: Concepts, Issues and Applications", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Part B1, pp. 239 - 243, Amsterdam.
- Yıldırım, Ü. 2011. "Termal ve Mikrodalga Uzaktan Algılama", Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Ders Notları, Afyonkarahisar
- URL-1:https://tr.wikipedia.org/wiki/William_Herschel (Erişim tarihi: 12.01.2016).
- URL-2:http://www.webpages.ttu.edu/dleverin/hyperspectral/fig_1_leverington.jpg (Erişim tarihi: 26.12.2015)
- URL-3:https://tr.wikipedia.org/wiki/Kara_cisim_%C4%B1%C5%9F%C4%B1n%C4%B1m-%C4%B1 (Erişim tarihi: Ocak 2016).

