İSTANBUL PARLAKLIK SICAKLIĞININ MEKAN-ZAMANSAL DEĞİŞİMLERE BAĞLI OLARAK İZLENMESİ

Baturalp ARISOY¹, Filiz BEKTAŞ BALÇIK²

¹Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul, arisoyb@itu.edu.tr

²Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul, bektasfi@itu.edu.tr

ÖZET

Yoğun yerleşim bölgeleri ve endüstriyel bölgeler, çok katlı yapılaşma, günlük insan aktiviteleri, asfalt ve beton yüzeyleri, yeşil alanların tahrip edilmesi, Kent Isı Adası olgusu ile ilişkilendirilmektedir. Termal uzaktan algılama özellikle kentsel iklim çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal bant kullanılarak hesaplanan parlaklık sıcaklığı (BT), arazi örtüsü ve arazi kullanım özelliklerini ve kentsel ısı adalarını belirlemek için kullanılan önemli bir parametredir. Bu çalışmanın amacı, 2009 tarihli Landsat 5 TM ve 2017 tarihli Landsat 8 OLI & TIRS uzaktan algılama görüntüleri ile İstanbul için parlaklık sıcaklık değerlerinin mekansal ve zamana bağlı olarak değişimlerini tespit etmektir. Seçilen çalışma alanı, nüfusun her yıl hızla arttığı bir metropol kent olan İstanbul'dur. Nüfusun hızlı artışı sonucunda, seçilen çalışma alanı İstanbul sürekli ve farklı yönlerde sahip arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerine maruz kalmaktadır. Çalışma kapsamında, parlaklık sıcaklıkları, yer yüzeyinden yayılan enerjiyi tespit eden ve kaydeden 30 metre mekansal çözünürlüğe sahip olan Landsat 5 TM görüntüleri için 6. Bant, Landsat 8 OLI & TIRS görüntüleri için ise 10. Bant kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, ön işleme adımları uygulanan termal görüntüleri ait DN değerleri öncelikle ışıma değerlerine daha sonra ışıma değerleri yansıtım değerlerine ve meta dosya verileri kullanılarak uydu parlaklık sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür. Çalışmanın ikinci aşamasında, şehrin özellikle yeşil alanlarını ve yapay yüzeylerini tespit edebilmek için Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve İndeks Bazlı Yerleşim İndeksi (IBI) hesaplanmıştır. Her iki yıl için de parlaklık sıcaklığı ve uzaktan algılama indeksi görüntüleri işlendikten sonra, BT&NDVI ve BT&IBI arasında regresyon analizi yapılmıştır. Özellikle son olarak 2009 ve 2017 yılları arasındaki parlaklık sıcaklığı değerleri arasında değişim analiz edilmiştir. Elde edilen sonuç, artan yapay yüzey alanlarının İstanbul'da parlaklık sıcaklık değerlerinin artışını hızlandıracakları ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: parlaklık sıcaklığı, şehirleşme, Landsat, İstanbul, arazi örtüsü ve kullanımı

ABSTRACT

MONITORING SPATIO-TEMPORAL CHANGES OF BRIGHTNESS TEMPERATURE IN ISTANBUL

Dense construction zones, industrial centers, high-rise buildings, anthropogenic activities, asphalt and concrete surfaces have been associated with Urban Heat Island phenomena. This phenomenon is related with air quality, heat stress, environmental problems, heat related mortality and morbidity.

Thermal Infrared is the passive remote sensing technique that have been widely used in urban climate studies by recording the thermal radiation of the objects or features on Earth. Brightness temperature calculated from radiance, is a key parameter and used to determine land cover and land use (LCLU) properties and urban heat island (UHI). The aim of this study is to determine the spatial and temporal differences of brightness temperature profiles of Istanbul using freely available 2009 dated Landsat 5 Thematic Mapper (TM) and 2017 dated Landsat 8 Operational Land Imagery (OLI) & Thermal Infrared Sensor (TIRS) data. Selected study area, Istanbul is huge metropolitan city where the population increases rapidly every year. In consequence of this increase, land cover and land use is changing constantly. One of the biggest changing is about mass urbanization. Brightness temperatures (BT) were acquired using thermal bands of the images that detect and record the emitted energy from earth surface at 10.40-12.50 μm wavelengths. Band 6 used for Landsat 5 TM images and Band 10 used for Landsat 8 OLI&TIRS with 30 m resampled spatial resolution.

Radiometric corrections were applied for two images and geometric correction was controlled since downloaded images were already ortho-rectified. Calibrations were applied based on United States Geological Survey (USGS) website. Digital numbers were converted radiance values and then radiance values were transformed at satellite brightness temperature values using Top of Atmosphere (TAO) spectral radiance, band specific thermal conversion constants from metadata. In the second step, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated to display healthy vegetation areas. Band 4 and band 5 were used for Landsat 8 OLI&TIRS images, band 3 and band 4 were used for Landsat 5 TM images. Thereafter, Index Based Built-up Index (IBI) were calculated to determine artificial surfaces of the city. Band 6, band 5, band 4 and band 3 were used for Landsat 8 OLI&TIRS, band 5, band 4, band 3 and band 2 were used for Landsat 5 TM as Shortwave Infrared 1 (SWIR 1), Near Infrared (NIR), Red and Green respectively.

After brightness temperature and remote sensing indices images were produced, two test areas from the city were selected to perform regression analysis. Test area 1 is the third airport construction site of northern Istanbul covered by forest, artificial

and water surfaces areas, test area 2 is access roads of the third bridge of Istanbul which connects airport, bridge and the center of the city together. Correlation coefficients and regression analysis were done between BT&NDVI and BT&IBI by specify spatial profile and finally BT change detection was analyzed between BT images of 2009 and 2017. As a result, analysis show that increase in the artificial surfaces accelerate the increase in brightness temperature and brightness temperature of the test areas were increased by at least 5 C° and more between 2009 and 2017.

Keywords: brightness temperature, urbanization, Landsat, Istanbul, land cover and use

1. GİRİŞ

Kentsel gelişim sürecinde doğal alanların, tarım alanlarının ve boş alanların beton ve asfalt gibi yapay yüzeylere dönüşümü şehirlerin yeryüzü sıcaklığına, doğal alanlara, hava kalitesine ve insan sağlığına ciddi olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Ücretsiz olarak elde edilen orta ve düşük mekansal çözünürlüğe sahip termal uzaktan algılama görüntüleri özellikle yoğun şehirleşmiş alanlarda şehir ısı adalarının belirlenmesi, arazi örtüsü ve kullanımı değişimlerinin bölgesel iklim üzerine etkilerinin belirlenmesi, küresel ısınma etkilerinin analizinde, ekolojik çalışmalarda, etkin enerji kullanımı çalışmalarında ve daha birçok alanda kullanılmaktadır (Şekertekin ve diğ., 2015).

Parlaklık sıcaklığı uydu görüntülerinin dijital numaralarından elde edilen bir sıcaklık bilgisidir. Şehirlerin, piksellerin çözünürlüklerine bağlı olarak her bir noktasının sıcaklık değerini vermesi, termal çalışmalar açısından büyük bir avantajdır.

Bu çalışmada İstanbul'un parlaklık sıcaklığı değerleri, bitki ve yerleşim indeksleri hesaplanarak ve bu üç temel veri arasında regresyon analizi yaparak, arazi örtüsünün değişiminin şehir sıcaklığına olan etkisini kanıtlamak amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİ

Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nde yer alan dünyanın en önemli metropollerinden biri olan İstanbul çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. İstanbul tarihsel gelişimi, iki kıtayı birleştirmesi, ekonomik olanakları, sosyo-kültürel ve doğal özelliklerinden dolayı her zaman çekim merkezi olmuştur (Ergene, 2016). Avrupa ve Asya kıtalarını birbirine bağlayan özelliği ile konum olarak 40° 58' K enlemi VE 28° 50' D boylamı arasında bulunmaktadır. İstanbul'un nüfus yoğunluğu 1970 yıllarında 3 milyon, 1990 yıllarında 7.4 milyon ve günümüzde yaklaşık 14 milyondur. İstanbul barındırdığı hassas ekosistemler ile çok çeşitli flora ve faunaya ev sahipliği yapmaktadır. Terkos Kasatura kıyı kumulları, Kilyos kumulları, Ömerli Havzası flora ve faunası, Terkos Havzası sulak alanları ve İstanbul ormanları İstanbul sınırları içinde yer alan farklı koruma statülerine sahip hassas alanlardan sadece birkaçıdır. Özellikle son 65 yılda nüfusun hızla artması ve buna bağlı olarak sanayi alanlarının çoğalması ve çarpık kentleşmenin bir sonucu olarak arazi örtüsünün dramatik bir şekilde değişikliğe uğraması, hava kirliliğine ve mevsim normallerine göre yüzey sıcaklığında artışlara neden olmuştur. Bu değişikliklerin sebep olduğu negatif yönlü etkileri analiz edebilmek için, arazi örtüsü ve kullanımının yüzey sıcaklığı ile olan istatistiksel ilişkisini belirlemek önemlidir. Böylece belirlenen bu ilişki İstanbul'un ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğine ve şehrin doğru planlanabilmesine önemli bir şekilde yardımcı olur (Ergene, 2016).

Nüfus artışının getirdiği birçok ihtiyaçtan dolayı şehrin arazi örtüsü yapay yüzeylere dönüşmektedir ve bu dönüşümün de şehir ısı adalarının oluşumuna etkisi olmaktadır. Bu değişimleri test etmek amacıyla şehrin dönüşümünü önemli bir biçimde temsil eden Avrupa Kıtası'nın yeşil alan açısından zengin olarak kabul edilen Karadeniz Bölgesi'ne bakan üçüncü havalimanı şantiyesi ve bağlantı yolları ile inşaatı tamamlanmış olan üçüncü köprü test alanları olarak seçilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. a) Test Alanı 1 b) Test Alanı 2.

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri, NASA'nın 1972'den bu yana aktif olarak kullanılmakta olduğu Landsat görüntü uydu programından sağlanmıştır. Bu veriler açık kaynak olarak kullanılabilen Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumundan (USGS) elde edilmiştir. Şehrin sıcaklığının değişimini tespit edebilmek amacıyla 05 Eylül 2009 ve 11 Eylül 2017 tarihlerinden iki farklı uydu görüntüsü kullanılmıştır. 11 Şubat 2013 yılında fırlatılan Landsat 8 uydu algılayıcısı Operasyonel Yer Görüntüleyicisi (OLI) ve thermal bantları içeren (TIRs) algılayıcılarına sahiptir. OLI bantları daha önceki geleneksel bandların yanında kıyı/aerosol çalışmaları için derin mavi bant (Bant 1), sirrus bulutlarının tespiti için kısa dalga kızılötesi bant (Bant 9) ve bir de kalite değerlendirme bandı (Quality Assessment/ QA) olarak adlandırılan 3 yeni bant içermektedir (Ergene, 2016). OLI bantları mekansal çözünürlüğü 30 m ancak spektral olarak daha dar ve farklı spektral aralıkları kapsar (Tablo 1).

Isıl Kızılötesi Algılayıcılar (TIRs) ise bant 10 ve bant 11 olmak üzere iki adet ısı bandına sahiptir. Landsat 8 OLI & TIRS, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 5 TM'e kıyasla daha dar spektral bandlara, gelişmiş kalibrasyonu ve sinyal gürültü karakteristiği ile 8 bit radyometrik çözünürlükten daha yüksek çözünürlüğe sahiptir (Dube ve Mutanga, 2015). Ürünler 16 bit radyometrik çözünürlük ile teslim edilir.

Çizelge 1. Landsat 4-5 ve Landsat 8 Bant Atamaları.

Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM)	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1 – Blue	0.45-0.52	30
	Band 2 – Green	0.52-0.60	30
	Band 3 – Red	0.63-0.69	30
	Band 4 – Near Infrared (NIR)	0.76-0.90	30
	Band 5 – Shortwave Infrared (SWIR 1)	1.55-1.75	30
	Band 6 – Thermal	10.40-12.50	120* (30)
	Band 7 – Shortwave Infrared (SWIR 2)	2.08-2.35	30
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 1 – Ultra Blue (coastal/aerosol)	0.435 - 0.451	30
	Band 2 – Blue	0.452 - 0.512	30
	Band 3 – Green	0.533 - 0.590	30
	Band 4 – Red	0.636 - 0.673	30
	Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.851 - 0.879	30
	Band 6 – Shortwave Infrared (SWIR) 1	1.566 - 1.651	30
	Band 7 – Shortwave Infrared (SWIR) 2	2.107 - 2.294	30
	Band 8 – Panchromatic	0.503 - 0.676	15
	Band 9 – Cirrus	1.363 - 1.384	30
	Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
	Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

3. YÖNTEM

Çalışmada kullanılan yöntemler ile daha sonra analiz edilmek üzere 3 temel veri elde edilmiştir. Gerçekleştirilen tüm yöntemler akış şemasında belirtilmiştir (Şekil 2).

Şekil 2. Çalışmanın Akış Şeması.

3.1 Parlaklık Sıcaklığı Tahmini

Raster veri olarak kullanılan Landsat görüntülerinden parlaklık sıcaklığı (BT) verileri 2 aşamada elde edilmiştir. 2017 yılı için kullanılan Landsat 8 uydu görüntüsünün termal bandı olan 10. bant, 2009 yılının uydu görüntüsü için Landsat 5 programının termal bandı 6. bant kullanılmıştır.

İlk aşamada uydu görüntülerinin en küçük yapı birimi olarak kabul edilen piksellerin dijital numara değerleri Landsat 8 ve Landsat 4-5 Veri Kullanıcı El Kitabı'nda belirtilen formüller aracılığıyla radyans değerlerine dönüştürülmüştür. Formüllerde belirtilen sabitler ise indirilen görüntülerin metadatasındaki veriler ile elde edilmiştir. İkinci aşamada ise hesaplanmış radyans değerleri gene belirtilen formüller ve sabitler aracılığıyla Kelvin parlaklık sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür.

Parlaklık sıcaklığının hesaplanması için yapılması gereken işlem adımları:

- 1) Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi
- 2) Spektral radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi

Landsat 8 TIRs algılayıcısı iki adet ısıl banta sahiptir. Bu çalışmada TIRs10 parlaklık sıcaklığı değerlerini elde etmek için kullanılmıştır. TIRs10 piksel değerleri Eşitlik 1.1 ile önce parlaklık değerleri spektral radyans değerlerine daha sonra Eşitlik 1.2 yardımıyla parlaklık sıcaklığına dönüştürülür. Eşitlikler Landsat 8 Kullanıcı El Kitabı'ndan alınmıştır.

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \quad (1.1)$$

$L\lambda$ = Spektral Işınım ($\text{watts/mm}^2 \cdot \text{srad} \cdot \mu\text{m}$), ML = Hesaplanan bant için ışınım çarpımsal ölçeklendirme faktörü, AL = Hesaplanan bant için ışınım ilave ölçeklendirme faktörü, Q_{cal} = Nicelendirilmiş ve kalibre edilmiş standart ürün piksel değeri (DN)

$$T = K2 / \ln((K1/L\lambda) + 1) \quad (1.2)$$

T = Parlaklık sıcaklığı (K) (B10 ve B11 için), $L\lambda$ = TOA spektral ışınım ($\text{watts/mm}^2 \cdot \text{srad} \cdot \mu\text{m}$),

$K1 = K1_katsayısı$ (TIRs10 ve TIRs11) $K2 = K2_katsayısı$ (TIRs10 ve TIRsB11)

Parlaklık Sıcaklığı formülünde kullanılan $K1$ ve $K2$ katsayıları ve ML , AL ölçeklendirme faktörü görüntüye ait metaveri dosyasından alınmıştır.

3.2 UZAKTAN ALGILAMA İNDEKSLERİNİN HESAPLANMASI

Uzaktan algılama görüntülerinde benzer yansımılardan dolayı meydana gelen “karışık piksel” problemini çözmek için kullanılan yöntemlerden biri de uzaktan algılama indeksleridir. Bu indeksler görüntünün farklı bantlarının

oranlanması ya da bu bantlar ile aritmetik işlemlerin gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Çalışmada kullanılacak olan uzaktan algılama indeksleri Eşitlikler 2’de gösterilmiştir. Yerleşim alanı özelliklerinin hızlı bir şekilde tanımlanması için kullanılan IBI indeksi ile yer yüzey sıcaklığı arasındaki istatistiksel ilişki ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, bitki örtüsüne ait bilgi çıkarımını zenginleştirmek için SAVI indeksi kullanılmıştır. 2.2 numaralı eşitlikte kullanılan 1 düzeltme faktörü bitki yoğunluğuna göre 0 (çok yoğun) ile 1 (az yoğun) arasında değer almaktadır. Bu çalışmada 0,5 değeri kullanılmıştır. Yerleşim alanlarının zenginleştirilerek daha doğru ve güvenilir çıkarımı için NDBI indeksinden yararlanılmıştır (Eşitlik 2.3). Yapılaşmanın yoğun olduğu İstanbul’da su içeriğinin doğru olarak sınıflandırılması için MNDWI indeksi kullanılmıştır (Eşitlik 2.4). Bu indeks ile üretilen sonuç yerleşim alanlarının diğer bazı sınıflar ile karıştığını göstermiştir. Bu sebepten bitki örtüsü ve su kütlelerinin yarattığı negatif etkinin azaltılması ve daha doğru yapay yüzey sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi için üç indeks birleştirilmiştir (Eşitlik 2.5).

Üç temel arazi örtüsü sınıfını (su, bitki örtüsü ve yapay yüzeyler) ayırt edebilmek için oran tabanlı IBI indeksi üretilmiştir. -1 ile +1 arasında değerlere sahip IBI görüntüsünde zenginleştirilmiş bilgiler pozitif ve bastırılmış gürültü bilgileri (bitki örtüsü ve su) genellikle negatif değerlere sahiptirler. Eşitliğin 2’ye bölünmesinin sebebi çok küçük IBI değerlerinden kaçınılmasıdır. IBI indeksi hesaplanmadan önce SAVI, MNDWI ve NDBI indekslerine 1 eklenmesi veya 0-255 aralığına tekrar ölçeklendirilmesi gerekmektedir (Eşitlik 2.6). Bunun sebebi negatif değerlerin pozitif değerlere dönüştürülmesidir.

3.2.1 Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Çalışmanın ikinci aşamasında, daha sonra şehrin parlaklık sıcaklığı değerleri ile analiz edilebilmesi adına, her iki görüntünün de Kırmızı ve Yakın Kızılötesi bantları kullanılarak Bitki Örtüsü İndeksleri hesaplanmıştır.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (2.1)$$

3.2.2 İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI)

Yapay yüzeylerin şehrin parlaklık sıcaklığına olan etkisini analiz edebilme amacı ile öncelikle 3 farklı indeks olan Toprağa Göre Ayarlanmış Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI), Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) ve Modifiye Normalize Edilmiş Su İndeksi (MNDWI), Yeşil, Kırmızı, Yakın Kızıl Ötesi ve Kısa Dalgaboylu Yakın Kızılötesi bantlarını kullanarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu indeksleri normalize ederek gerekli formül aracılığıyla İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI) elde edilmiştir.

$$SAVI = (NIR - RED) * (1 + I) / (NIR + RED + I) \quad (2.2)$$

$$NDBI = (MIR - NIR) / (MIR + NIR) \quad (2.3)$$

$$MNDWI = (GREEN - MIR) / (GREEN + MIR) \quad (2.4)$$

$$IBI = [NDBI - (SAVI + MNDWI)/2] / [NDBI + (SAVI + MNDWI)/2] \quad (2.5)$$

$$(DN - MinDN) / (MaxDN - MinDN) \quad (2.6)$$

4. SONUÇLAR

4.1. BT, NDVI, IBI Haritaları

Görsellerdeki haritalarlarda belirtildiği üzere parlaklık sıcaklığı değerleri gri skalada temsil edilmektedir. Siyah rengi (0) çalışma alanının en düşük sıcaklığını göstermekteyken beyaz (255) ise en yüksek sıcaklığı ifade etmektedir, dolayısıyla gri tonunun siyahtan beyaza doğru yönelimi sıcaklığın artışıyla belirmektedir. NDVI haritasında ise beyaz en yüksek klorofil yoğunluğunu, siyah ise en düşük yoğunluğunu göstermektedir. Son olarak IBI haritasında beyaz, yapay yüzeylerin en kuvvetli, siyah ise bu yüzeylerin en düşük seviyede olduğunu ortaya koymaktadır. İki yılın da haritaları incelendiği zaman 2009 yılından 2017 yılına geçildiğinde seçilmiş test alanlarındaki sıcaklık artışı, bitki örtüsündeki azalma ve yapay yüzeylerin artışı gözlemlenebilmektedir.

Şekil 3. Parlaklık Sıcaklığı Haritaları A) 2017 B) 2009.

Şekil 4. NDVI Haritaları A) 2017 B) 2009.

Şekil 5. IBI Haritaları A) 2017 B) 2009.

4.2. Regresyon Analizi

Elde edilen 3 temel veri olan BT, NDVI ve IBI arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya koyabilmek adına regresyon analizleri yapılmıştır. Analizden önce korelasyon değerleri hesaplanmıştır. BT ile NDVI arasında negatif bir korelasyon varken BT ile IBI arasında kuvvetli bir pozitif korelasyon ortaya çıkmıştır.

İlk regresyon analizi, 2017 yılı için birinci test alanı üzerinden lineer olarak alınan piksel değerleri ile hesaplanmıştır (samples). Hem BT ile NDVI arasında hem de BT ile IBI arasında bu analizler gerçekleştirilmiştir. Aynı işlemler ikinci test alanı için de uygulanmıştır. Daha sonrasında tüm bu işlemler 2009 yılı için de tamamlanmıştır. Böylece toplamda 8 regresyon analizi ortaya konmuştur. Analizler incelendiği zaman, BT ile NDVI arasında ters orantılı bir ilişki, BT ile IBI arasında ise çok kuvvetli bir doğru orantılı ilişki fark edilmektedir.

Şekil 6. Parlaklık Sıcaklığı ve Bitki İndeksi (NDVI) arasındaki Regresyon Analizi.

Şekil 7. Parlaklık Sıcaklığı ve Yerleşim İndeksi (IBI) arasındaki Regresyon Analizi.

Sonuç olarak elde edilen verilerin istatistiksel ilişkileri incelendiğinde, test alanlarındaki bitki örtüsünden yapay yüzeylere olan dönüşüm, şehrin bu bölgelerindeki parlaklık sıcaklığını arttırdığını kanıtlamaktadır.

KAYNAKLAR

Akkemik, Ü., 2014. *İnsan doğa etkileşiminde orman ve ormancılık*, (p.73,77).

Ayazlı, I. E., 2011. *Simulation model of urban sprawl driven by transportation networks: 3rd Bosphorus Bridge example*

Axelle, K. & Menekse, K., 2013. *İSTANBUL'DAKİ İÇME VE KULLANMA SUYU HAVZALARINDA ARAZI KULLANIMI*, (p.9).

Baboo, D. & Devi, M., 2011. *Geometric Correction in Recent High Resolution Satellite Imagery: A Case Study in Coimbatore, Tamil Nadu*, (p.33) International Journal of Computer Applications, 14(1), 32-37. doi:10.5120/1808-2324

Bektas Balcik, F. B., 2013. *Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices*, (p. 859, 864). Environmental Monitoring and Assessment, 186(2), 859-872. doi:10.1007/s10661-013-3427-5

Bloom, D. E. & Canning, D. & Fink, G., 2008. *Population Aging and Economic Growth*, (p. 3). Washington: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank on behalf of the Commission on Growth and Development. *Earth Observatory*.

- Campbell, J. B. & Wynne, R. H.,** 2011. *Introduction to Remote Sensing*, (p. xv). New York: Guilford Press.
- Dogan, M.,** 2013. *GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE İSTANBUL'DA SANAYİLEŞME SÜRECİ VE SON 10 YILLIK GELİŞİMİ*, (Abstract).
- Gurel, A. & Balta, Y.,** 2011. *İstanbul'un göç olayı ve etnik hayat üzerine*, (p. 3,4,5).
- Huete, A.,** 1988. *A soil-adjusted vegetation index (SAVI)*, (p. 300) Remote Sensing of Environment, 25(3), 295-309. doi:10.1016/0034-4257(88)90106-x
- Lui J. G. & Mason, P. J.,** 2009. *Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing. Techniques and Applications*, (p. 296). London.
- Luvall, J. C. & Quattrochi, D. A.,** 1998. *THERMAL CHARACTERISTICS OF URBAN LANDSCAPES*.
- Mining General Management** (n.d.). *İSTANBUL İLİ MADEN VE ENERJİ KAYNAKLARI*.
- Raschke, K.,** 2009. *Heat Transfer Between the Plant and the Environment*, (p.111). Berlin.
- USGS,** 2016. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*, (p.60,61)
- Weier, J. & Herring, D.,** 2000. *Measuring Vegetation (NDVI & EVI)*. NASA
- Weng, Q.,** 2009. *Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends*, (p.335). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 64(4), 335-344. doi:10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007
- Xu, H.,** 2008. *A new index for delineating built-up land features in satellite imagery*. International Journal of Remote Sensing, 29(14), 4269-4276. doi:10.1080/01431160802039957
- 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(14), 3025-3033. doi:10.1080/01431160600589179
- Zha, Y. & Gao, J. & Ni, S.,** 2003. *Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery*. International Journal of Remote Sensing, 24(3), 583-594. doi:10.1080/01431160304987