

# Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye

Aliihsan ŞEKERTEKİN<sup>1,2,\*</sup>, Ş. Hakan KUTOĞLU<sup>1</sup>, Şinasi KAYA<sup>3</sup>, Aycan Murat MARANGOZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak.

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 01330, Adana.

<sup>3</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

## Özet

Yer yüzey sıcaklığı (YYS) önemli bir iklim parametresidir ve özellikle bölgesel iklim değişikliklerinin araştırılması için düzenli olarak izlenmesi önem arz etmektedir. Uydu verileri yardımı ile geniş ölçekte YYS haritalarının çıkarılması ve belirli aralıklarla gözlemlenmesi mümkündür. Ayrıca uzaktan algılama teknikleri bu tür çalışmalar için görsel olarak büyük avantajlar sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, uydu görüntüleri yardımıyla elde edilen YYS haritalarının farklı arazi örtüleri ile arasındaki ilişkiyi sunmaktır. Bu kapsamda, YYS haritalarının elde edilmesinde mono-window algoritmasından yararlanılarak Landsat 5 TM verisi ile meteorolojik veriler (sıcaklık ve nem) kullanılmıştır. Arazi örtüsü ile YYS görüntülerinin ilişkilendirilmesi için yüksek çözünürlüklü Geoeye ve Worldview-2 görüntüleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, endüstriyel kuruluşlar ve kumsalların en yüksek YYS değerlerine sahip olduğu, ormanlık ve bitki örtüsü kaplı alanların ise en düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Zonguldak ve Kozlu şehir merkezlerindeki değerlerin kentleşmeye bağlı olarak kimi yerlerde yüksek seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. Üzerinde bitki örtüsü olmayan açık alanların da yaklaşık şehir merkezleri ile eş değer YYS değerlerinde olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan bölgelerin çoğaltılması ile daha farklı alanlardaki YYS değişimlerinin ortaya konması ve bu şekilde bölgesel iklim değişikliğine sebebiyet verebilecek önemli alanların ortaya çıkarılması mümkün olmaktadır.

## Anahtar Sözcükler

Uzaktan Algılama, Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS), Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, Bölgesel iklim değişikliği

## 1. Giriş

Son yıllarda, küresel ısınma ve iklim değişikliği dünya ekolojik sisteminin karşılaştığı en önemli problemlerden biridir. İklim değişikliği ve küresel ısınmaya etki eden birçok kaynak vardır fakat bunlardan en önemlisi insanoğlunun kendisidir. Günümüzde hızlı nüfus artışının çevreye olumsuz etkileri açık ve net olarak görülmektedir. Çevreye en çok zarar veren ve bu döngüde en çok pay sahibi olan etken insanlar ve sorumsuz davranışlarıdır ve bu değişimin daha fazla ileri gitmemesi ise yine insanoğlunun kendi elindedir.

Sıcaklık kavramı birçok bilim dalı için önemli bir parametredir ve uzaktan algılama teknikleri ile Yer Yüzey Sıcaklığının (YYS) izlenmesi, klimatoloji bilimine yapılan önemli katkılardan biridir. YYS, dünya enerji dengesini yöneten önemli bir parametredir ve uzaktan algılama teknikleri ile YYS elde etmek için birçok algoritma mevcuttur. Bölünmüş pencere (split-window) yöntemi (Sobrino vd. 1996), sıcaklık/yayınrlık ayırma (temperature/emissivity separation) yöntemi (Gillespie vd. 1998), tek pencere (mono-window) algoritması (Qin vd. 2001), tek kanal (single channel) yöntemi (Jimenez-Munoz ve Sobrino 2003) en sık kullanılan algoritmalarıdır.

Uydu görüntüleri yardımıyla arazi örtüsü/kullanımı haritaları çıkarılarak bu haritaların YYS haritaları ile ilişkilendirilmesine yönelik çalışmalar mevcuttur (Qian vd. 2006; Xiao ve Weng 2007; Amiri vd. 2009; Kant vd. 2009; Onishi vd. 2010; Jiang ve Tian 2010; Lv ve Zhou 2011; Guo vd. 2012; James ve Mundia 2014). Yapılan bu çalışmaların sonucunda genellikle benzer neticeler elde edilmiştir. Kentsel ve açık alanların diğer alanlara nazaran daha yüksek YYS değerlerine sahip olduğu, bitki örtüsü ile kaplı alanların düşük YYS değerlerinde olduğu ve bitki örtüsü ile YYS arasında güçlü negatif bir korelasyon bulunduğu görülmüştür. Bu çalışmanın amacı da; ilgili çalışma alanı için uydu verilerinden elde edilen YYS görüntüleri ile arazi örtüsü arasında ilişki kurularak, arazi örtüsündeki değişimlerin YYS bazında da analiz edilmesidir.

## 2. Çalışma Alanı ve Metot

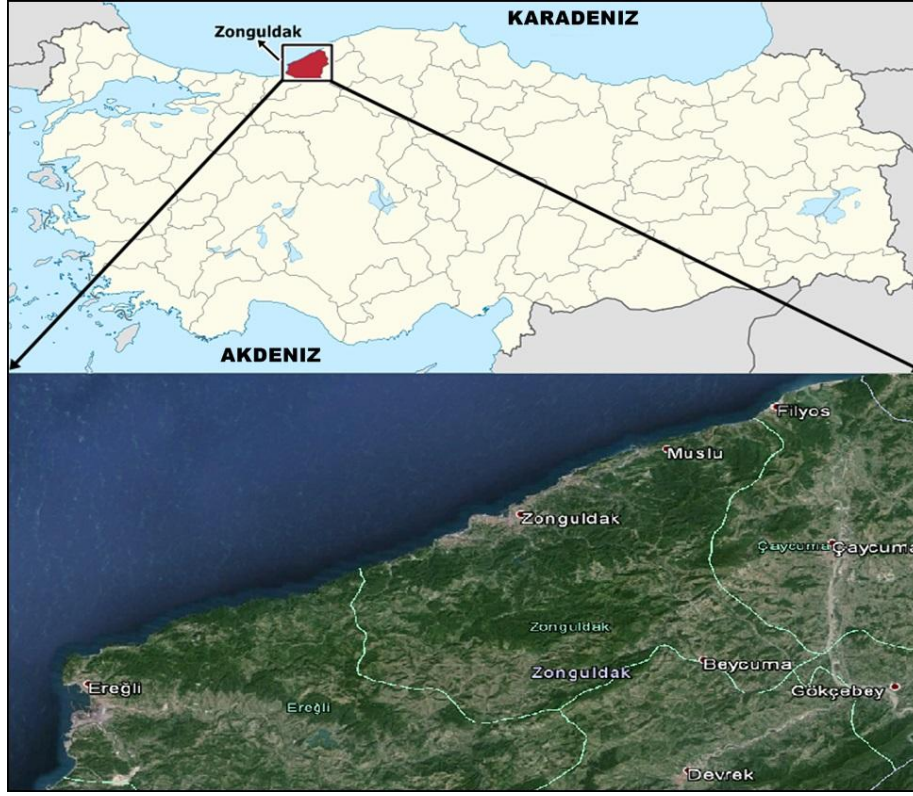
### 2.1. Çalışma Alanı ve Materyal

Şekil 1'de belirttiği gibi ülkemizin Batı Karadeniz kısmında yer alan Zonguldak, Düzce, Bolu, Karabük ve Bartın illeri ile komşudur. Şehir topografik yapı olarak engebeli bir yapıya sahiptir. Şehrin dış kesimlerinde tarıma elverişli düz alanlar da bulunmaktadır.

Batı Karadeniz kıyılarında uzanan şehir, ormanlık alan bakımından zengin bir yapıya sahiptir. Zonguldak ili çok engebeli bir arazi yapısına sahip olup; il alanının % 56'sı dağlarla, % 31'i platolarla ve % 13'ü ovalarla kaplıdır. Bol yağışlı bir iklime sahip olan Zonguldak, yerüstü su kaynakları bakımından oldukça zengindir. İlde Filyos Çayı dışında büyük akarsu olmamakla birlikte, çok sayıda akarsu vardır. Bu akarsular, il alanının sık bir vadi ağıyla parçalamıştır.

\* Sorumlu Yazar: Aliihsan ŞEKERTEKİN Tel: +90 (372) 2574010 Faks: +90 (372) 2572996

E-posta: aliihsan\_sekertekin@hotmail.com (Şekertekin, A.), kutogluh@hotmail.com (Kutoğlu, Ş.H.), kayasina@itu.edu.tr (Kaya, Ş.), aycanmarangoz@hotmail.com (MARANGOZ, A.M.)



Şekil 1: Çalışma alanı (Zonguldak ve civarı).

Uygulamada YYS haritalarının çıkarımı için Landsat 5 TM uydusuna ait 28.08.2011 tarihli görüntü kullanılmıştır. Bununla birlikte sırasıyla 29.08.2011 ve 12.07.2013 tarihlerinde alınan Geoeeye ve Worldview-2 yüksek çözünürlüklü görüntüleri, YYS ve arazi örtüsü türünü ilişkilendirmek için çalışmaya dahil edilmiştir. Geoeeye görüntüsü Zonguldak şehir merkezini ve Kozlu ilçesini kapsarken, Worldview-2 görüntüsü termik santral bölgesi (ÇATES: Çatalağzı Termik Santrali, ZETES1: Zonguldak Eren Termik Santrali 1, ZETES2) olan Çatalağzı beldesini kapsamaktadır. Görüntülerin işlenmesi ve verilerin elde edilmesi için Erdas Imagine programı kullanılmıştır.

## 2.2. YYS Çıkarımı

Çalışmada, Landsat 5 TM görüntüsüne tek pencere algoritması uygulanmıştır. Algoritma adımlarından önce ham görüntüler ön-işleme sürecinden geçmiştir. Bu süreçte, tek bantlar halinde alınan Landsat 5 TM verisi, bu bantların birleştirilmesi ile çok bantlı görüntüye çevrilir. Bu işlemden sonra görüntü çalışma alanını kapsayacak şekilde kesilir ve geo-rektifikasyon işlemi gerçekleştirilir. YYS çıkarımı için yakın kızılötesi, kırmızı ve termal bantların kullanılması yeterlidir. Qin vd. (2001)'de Landsat TM görüntülerinden tek pencere algoritması ile YYS hesaplanabileceğini ileri sürmüştür. Bu algoritma için üç ana parametre gerekmektedir. Bunlar; yayınlılık, atmosferik geçirgenlik ve ortalama atmosferik sıcaklıktır. Uydu verilerine ek olarak bu parametrelerin elde edilebilmesi için meteoroloji genel müdürlüğünden Landsat görüntüsüyle eş tarihteki sıcaklık ve nem verileri de alınarak algoritmada kullanılmıştır.

Tek pencere algoritmasının uygulanabilmesi için yapılması gereken işlem adımları aşağıda maddeler halinde gösterilmiştir.

- Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi,
- Spektral radyans değerlerinin yansıtım değerlerine dönüştürülmesi,
- Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi,
- Yer yüzey yayınlılık ( $\epsilon$ ) hesabı,
- Atmosferik geçirgenlik hesabı,
- Ortalama atmosferik sıcaklık ( $T_a$ ) hesabı,
- Tek pencere algoritması ile YYS hesabı

Parlaklık değerlerinin radyans değerlerine dönüştürülmesi için (1) eşitliğinde verilen denklem Landsat 5 TM uydusu kullanım kılavuzundan alınmıştır. Parlaklık değerlerinin radyans değerlerine dönüştürülmesi parlaklık ve kontrast (offset and gain) düzeltmesi için yapılır (Milder 2008).

$$L_c = \left[ \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN}} \right] \times [QCAL - QCAL_{MIN}] + L_{MIN} \quad (1)$$

(1) eşitliğinde;  $L_{\lambda}$ , sensördeki spektral radyansı,  $L_{MAX}$ ,  $QCAL_{MAX}$ 'a göre ölçeklendirilen spektral radyansı,  $L_{MIN}$ ,  $QCAL_{MIN}$ 'e göre ölçeklendirilen spektral radyansı,  $QCAL$ , görüntü parlaklık değerlerini,  $QCAL_{MAX}$ , maksimum parlaklık değerini,  $QCAL_{MIN}$ , minimum parlaklık değerini ifade etmektedir.

Birinci aşamada elde edilen radyans değerleri, Landsat 5 TM uydusu kullanım kılavuzundaki denklem yardımıyla sensördeki yansıtım değerlerine dönüştürülür. Bu dönüşüm için kullanılan denklem (2) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$P_p = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad (2)$$

(2) eşitliğinde;  $P_p$ , sensördeki yansıtım değerlerini,  $L_{\lambda}$ , sensördeki spektral radyansı, d Dünya-Güneş arası mesafeyi,  $ESUN_{\lambda}$ , ortalama atmosferik solar irradyans değerini,  $\theta_s$ , solar zenit açısını ifade etmektedir. Yansıtım değerleri dönüşümü, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) görüntüsünü elde edebilmek için sadece Landsat 5 TM uydusunun üçüncü ve dördüncü bantları üzerinde uygulanır. Algılayıcı yansıtım değerleri hesabı, solar yükseklik açısı ve dünya-güneş mesafesi gibi sensör ve gezegensel etkileri düzeltmek için yapılır (Milder 2008).

Landsat 5 TM uydusu, 6. band için (3) eşitliğindeki denklem yardımıyla radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi işlemi gerçekleştirilir.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3)$$

Burada; T sensördeki parlaklık sıcaklığı değerini (K), K1, birinci kalibrasyon sabitini, K2, ikinci kalibrasyon sabitini,  $L_{\lambda}$ , sensördeki spektral radyansı ifade etmektedir. Kalibrasyon sabitleri, Landsat 5 TM uydusu için K1: 607.76, K2: 1260.56 olarak uydu kullanım kılavuzundan alınmıştır.

Yayınrlık; kara cisim teorisiyle karşılaştırıldığında, toplam gelen ışın enerjisinin, emilen ışın enerjisine oranı olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak, madde ne kadar mat ve siyah olursa, yayınrlığı bire o kadar yakın olur. Madde ne kadar yansıtıcı olursa, yayınrlığı o kadar düşük olur. Yayınrlık hesabı NDVI değerleri yardımıyla hesaplanabilmektedir (Liu ve Zhang 2011; Van de Griend ve Owe 1993; Zhang vd. 2006).

NDVI, son yıllarda bitki örtüsü belirlemek için uzaktan algılama alanında çok sık kullanılmaktadır. NDVI hesabı için yansıtım değerleri hesaplanmış görüntülerden 4. band olan yakın kızılötesi (NIR) ve 3. band olan kırmızı (R) band arasında (4) eşitliğinde görüldüğü gibi matematiksel bir işlem yapmak gerekir.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (4)$$

Van de Griend ve Owe (1993) yaptıkları çalışmada, NDVI verilerinin 0.157 ile 0.727 değerleri arasında olması durumunda (5) nolu denklemin kullanılarak yayınrlık hesabı yapılabileceğini ileri sürmüştür.

$$\tau_i = 1.0094 + 0.047 \ln(NDVI) \quad (5)$$

Atmosferik geçirgenlik, su buharı içeriği kullanılarak tahmin edilebilir (Liu ve Zhang 2011; Sun vd. 2010; Qin vd. 2001). Su buharı içeriğinin, meteorolojik verilere yardımıyla tahmin edilebilmesine ek olarak bu ölçümü yapan istasyonlardan da doğrudan bu verilere ulaşılabilir. Landsat 5 TM için su buharı içeriğine bağlı atmosferik geçirgenlik tahmininde kullanılabilecek denklemler Tablo 1'de gösterilmektedir (Liu ve Zhang 2011; Sun vd. 2010; Qin vd. 2001).

Algoritmanın bir diğer aşamasında, Ortalama Atmosferik Sıcaklık hesabı, yakın yüzey sıcaklığına bağlı olarak Tablo 2'teki denklemler esas alınarak bulunulan bölgeye göre hesaplanabilmektedir (Liu ve Zhang 2011; Sun vd. 2010; Qin vd. 2001).

Tablo 2: Atmosferik geçirgenlik-su buharı ilişkisi (Liu ve Zhang 2011).

| Profiller   | Su Buharı (w)(g/cm <sup>2</sup> ) | Geçirgenlik Tahmini Denklemi ( $\tau_i$ ) | Kare Düzeltmesi | Standart Hata |
|-------------|-----------------------------------|---|-----------------|---------------|
| Yüksek hava | 0.4-1.6                           | $0.974290 - 0.08007 \times w_i$           | 0.99611         | 0.002368      |

|            |         |                               |         |          |
|------------|---------|-------------------------------|---------|----------|
|            | 1.6-3.0 | 1.031412-0.11536 $\times w_i$ | 0.99827 | 0.002539 |
| Düşük hava | 0.4-1.6 | 0.982007-0.09611 $\times w_i$ | 0.99563 | 0.003340 |
| Sıcaklığı  | 1.6-3.0 | 1.053710-0.14142 $\times w_i$ | 0.99899 | 0.002375 |

Tablo 3: Bölgelere göre ortalama atmosferik sıcaklık denklemleri (Liu ve Zhang 2011).

| BÖLGE             | ATMOSFERİK SICAKLIK DENKLEMİ (T <sub>a</sub> ) (K) |
|-------------------|--|
| USA 1976          | 23.9396 + 0.88045 x T <sub>0</sub>                 |
| Tropikal          | 17.9769 + 0.91715 x T <sub>0</sub>                 |
| Orta Meridyen Yaz | 16.0110 + 0.92621 x T <sub>0</sub>                 |
| Orta Meridyen Kış | 19.2704 + 0.91118 x T <sub>0</sub>                 |

Algoritmanın son aşaması algoritma denkleminin uygulanmasıdır. Tek pencere algoritmasının denklemleri ile YYS; yayınlılık, geçirgenlik ve ortalama atmosferik sıcaklık verilerinin katkılarıyla (6) eşitliğinde gösterilen denklem ile hesaplanmaktadır (Liu ve Zhang 2011; Qin vd. 2001).

$$T_i = \{a \cdot (1 - C \cdot D) + [b \cdot (1 - C \cdot D) + C \cdot D] \cdot T_i - D \cdot T_i\} - C \quad (6)$$

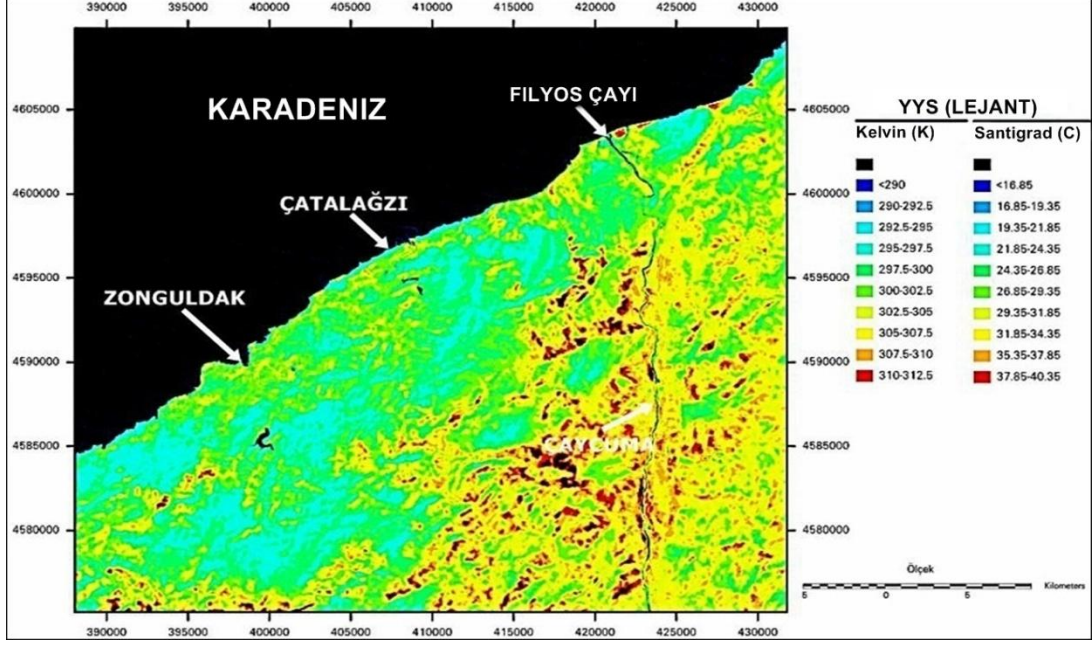
(6) eşitliğinde;  $a = -67.355351$ ,  $b = 0.458606$ ,  $C = \epsilon \times \tau$ ,  $D = (1 - \tau) \cdot [1 + (1 - \epsilon) \times \tau]$  şeklindedir. T<sub>0</sub>, Kelvin cinsinden yer yüzey sıcaklığı, T<sub>i</sub>, Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığı,  $\epsilon$ , yayınlılık,  $\tau$ , atmosferik geçirgenliği, T<sub>a</sub> ortalama atmosferik sıcaklığı ifade etmektedir. Denklem içinde bulunan a ve b katsayıları algoritma sabitleridir.

Landsat 5 TM ve Geoeeye görüntüleri, daha önceden rektifiye edilmiş Worldview-2 görüntüsü referans alınarak yeniden jeoreferanslandırılmıştır. Bu işlemin sonrasında, analiz de kullanılmak üzere bu görüntüler karşılaştırılmıştır. Görüntülerin karşılaştırılması sonrasında örnek sahalara seçilerek bu sahalara ait YYS değerleri çıkarılmıştır.

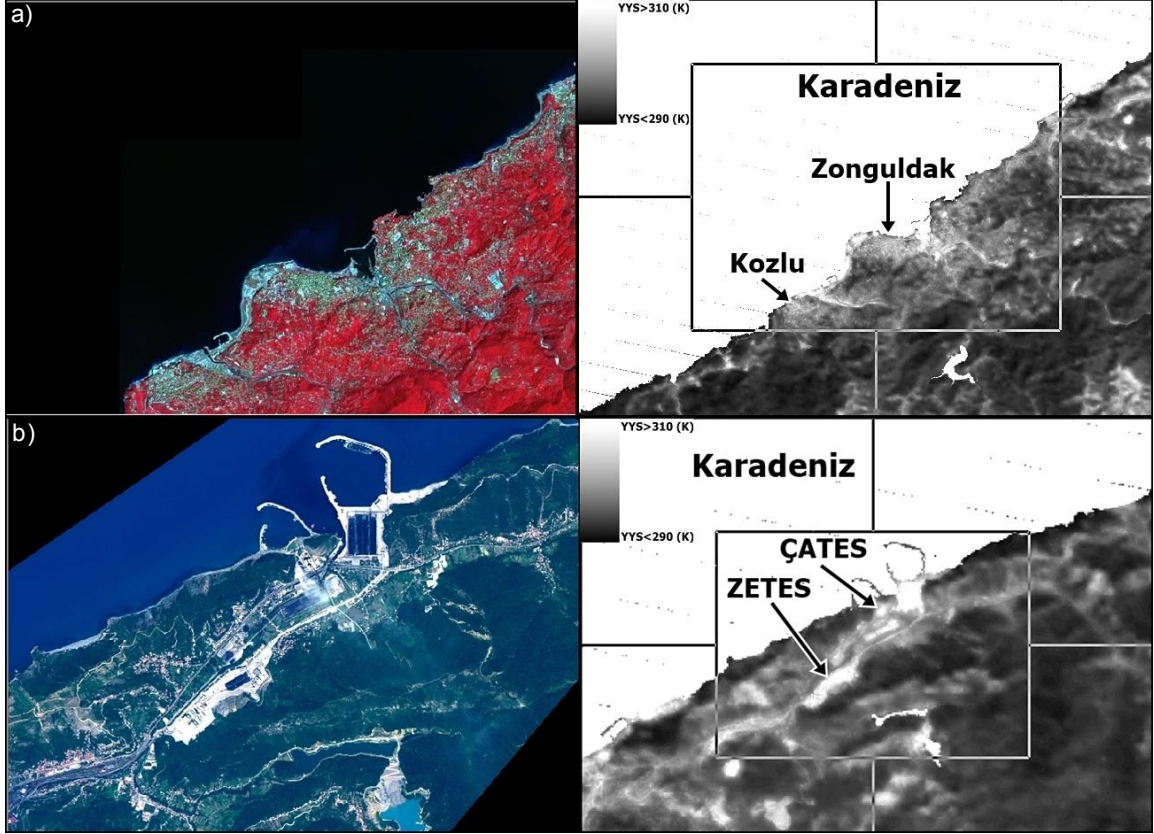
### 3. İrdelemeler

Yukarıda anlatılan YYS adımları uygulanarak elde edilen YYS haritası “density slicing” metodu ile sınıflandırılarak Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu sınıflandırma yöntemi, tek bantlı görüntülerin sınıflandırılmasında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Şekil 2’de, lejanttan da anlaşılacağı üzere YYS değerleri maviden kırmızıya doğru gidildikçe artış göstermektedir. Genel olarak; açık alanlar, kumsal ve betonarme yapılar en yüksek YYS değerlerine sahip alanlar olarak göze çarpmaktadır. Bitki örtüsü ile kaplı ve ormanlık alanların en düşük YYS değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

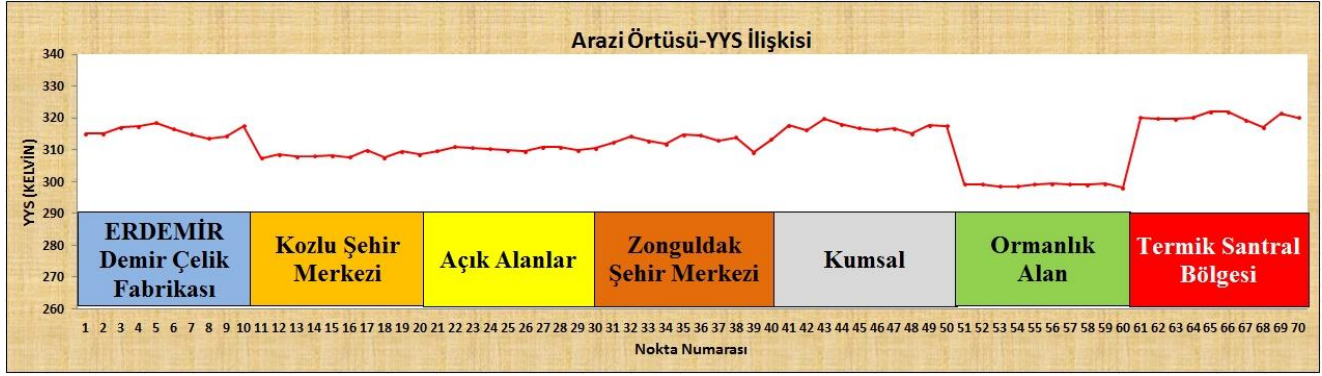
Sınıflandırılmamış YYS görüntüsü tek band ve gri ölçekli olarak elde edilmektedir. Gri ölçekli YYS görüntüsü, YYS ve arazi örtüsü arasındaki ilişkilerin çıkarılması için Geoeeye ve Worldview-2 görüntüleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Şekil 3a, Zonguldak merkezi ile Kozlu ilçesini kapsayan Geoeeye görüntüsü ile YYS haritasının karşılaştırılmış halini temsil etmektedir. Aynı şekilde Şekil 3b, Termik santral bölgesi ile YYS haritasının karşılaştırılmış görüntüsünü göstermektedir. Bu görüntüler karşılaştırıldıktan yüksek çözünürlüklü görüntülerin arazi örtüsü haritalarının çıkarılması yerine doğal ve yapay renkli görüntülerden yararlanılarak bazı özel alanlar seçilmiştir. Erdemir demir çelik fabrikası, Kozlu ilçe merkezi, açık alanlar, Zonguldak şehir merkezi, kumsal, ormanlık alan ve termik santraller bölgesi gibi alanlarda görüntüler üzerinden örneklem noktaları seçilerek bu alanlara ait YYS değerleri ile bir grafik çizilmiştir (Şekil 4).



Şekil 2: Çalışma alanının sınıflandırılmış YYS görüntüsü.



Şekil 3: Çakıştırılmış YYS ve yüksek çözünürlüklü görüntüler, a) Çakıştırılmış Geoeye ve YYS görüntüsü, b) Çakıştırılmış Worldview-2 ve YYS görüntüsü.



Şekil 4: YYS ve farklı arazi örtüsü türleri arasındaki ilişki.

Şekil 4'te görüldüğü üzere ormanlık alanlar en düşük YYS değerlerine sahip yerlerdir. Endüstriyel kuruluşlar ve kumsallarda en yüksek YYS değerleri görülmektedir. Bu bağlamda, endüstriyel kuruluşlar içindeki betonarme yapıların yoğunluğu ile yüksek sıcaklıklı fırınların yer alması ve kumsallardaki kum taneciklerinin yüksek ısıyı bünyelerinde tutabilmeleri bu durumun açıklayıcısı olabilir. Kozlu şehir merkezi Zonguldak şehir merkezine nazaran daha düşük YYS değerlerine sahiptir. Bunun sebebi kentleşmenin Zonguldak'ta daha yoğun olması olarak açıklanabilir. Açık alanlar da üzerlerinde bitki örtüsü tabakası olmadığı için sıcaklığı belli miktarda hapsedebilen toprak yapılarından oluştuğu için YYS değerleri şehir merkezlerine yakın görülmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Çalışma kapsamında, Landsat görüntüleri ile birlikte yüksek çözünürlüklü Geoeeye ve Worldview-2 görüntüleri kullanılmıştır. YYS çıkarımı için Landsat verisinin yakın kızılötesi, kırmızı ve termal bandlarından faydalanılmıştır. Elde edilen YYS haritası, çalışma alanı hakkında genel bir değerlendirme yapabilmek amacıyla sınıflandırılmıştır. Genel olarak YYS haritası değerlendirildiğinde literatürdeki çalışmalarda olduğu gibi açık alanların ve betonarme yapıların yüksek YYS değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bitki örtüsü kaplı ve ormanlık alanların, en düşük YYS değerlerine sahip alanlar olduğu belirlenmiştir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile YYS görüntüsünden alınan örnek veriler ile çizilen grafik Şekil 4'te görülmektedir. Bu grafik ve eldeki veriler baz alındığında; bitki örtüsüne sahip olan arazilerin, şehir merkezinden ve açık alanlardan yaklaşık 5 °C daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni; betonarme yapıların, yeşil alanlar ve kumsal gibi farklı yüzey özelliklerine sahip olan alanların şehirde iç içe bulunması olarak düşünülebilir. YYS değerleri, şehir merkezinde bu alanlar arasında bazı bölgelerde 10 °C'ye kadar değişim göstermektedir. Bölgede üç adet termik santral bulunmaktadır ve bu termik santrallerin bulunduğu civardaki YYS değerleri de şehir merkezine nazaran yer yer 5 °C değişim göstermektedir. Bir diğer ilgi alanı olan kumsalların yüksek YYS değerlerine sahip olması kum taneciklerinin yüksek sıcaklıkta ısıyı içinde tutabilmesi olarak açıklanabilir.

Bu çalışma ile YYS haritaları, uydu görüntüleri üzerine uygulanan uzaktan algılama teknikleri ile elde edilmiştir. Yersel yöntemlere nazaran geniş alanlarda YYS elde edilmesinde, termal uydu görüntüleme sistemlerinin etkili bir yöntem olduğu söylenebilir. YYS haritaları bu şekilde periyodik olarak oluşturulduğu takdirde hem tarım uygulamalarında hem de bölgesel iklim değişikliklerinin gözlemlenmesinde altlık olarak kullanılabilir.

#### Teşekkür

Çalışmada kullanılan Geoeeye ve Worldview-2 uydu görüntülerinin temini 2012-17-12-03 nolu BEÜ Bağımsız Bilimsel Araştırma Projesi tarafından sağlanmıştır.

#### Kaynaklar

- Amiri R., Weng Q., Alimohammadi A., Alavipana S.K., (2009), *Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran*, Remote Sensing of Environment, 113, 2606–2617.
- Gillespie A.R., Rokugawa S., Matsunaga T., Cothorn J.S., Hook S.J., Kahle A.B., (1998), *A temperature and emissivity separation algorithm for advanced space borne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) images*, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 36, 1113-1126.
- Guo Z., Wang S.D., Cheng M.M., Shu Y., (2012), *Assess the effect of different degrees of urbanization on land surface temperature using remote sensing images*, Procedia Environmental Sciences, 13, 935–42.
- James M.M., Mundia C.N., (2014), *Dynamism of land use changes on surface temperature in Kenya : A case study of Nairobi city*, International Journal of Science and Research, 3(4), 38–41.
- Jiang J., Tian G., (2010), *Analysis of the Impact of Land use/Land Cover Change on Land Surface Temperature with Remote Sensing*, Procedia Environmental Sciences, 2(5), 571–75.

- Jimenez-Munoz J.C., Sobrino J.A., (2003), *A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data*, J. Geophys. Res., 108, 4688-4694.
- Kant Y., Bharath B.D., Mallick J., Atzberger C., Kerle N., (2009), *Satellite-based analysis of the role of land use/land cover and vegetation density on surface temperature regime of Delhi, India*, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 37, 201-14.
- Liu L., Zhang Y., (2011), *Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong*, Remote Sensing, 3, 1535-1552.
- Lv Z., Zhou Q., (2011), *Utility of Landsat image in the study of land cover and land surface temperature change*, Procedia Environmental Sciences, 10, 1287-92.
- Milder J.C., (2008), *Unpublished notes of Aster processing method*, Cornell University, 10ss.
- Onishi A., Cao X., Ito T., Shi F., Imura H., (2010), *Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots*, Urban Forestry and Urban Greening, 9, 323-332.
- Qian L.X., Cui H.S., Jie C., (2006), *Impacts of land use and cover change on land surface temperature in the Zhujiang delta*, Pedosphere, 16(6), 681-689.
- Qin Z., Zhang M., Amon K., Pedro B., (2001), *Mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM 6 data*, Acta Geogr. Sin., 56, 456-466.
- Sobrino J.A., Li Z.L., Stoll M.P., Becker F., (1996), *Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data*, Int. J. Remote Sens., 17, 2089-2114.
- Sun Q., Tan J., Xu Y., (2010), *An ERDAS image processing method for retrieving LST and describing urban heat evolution: A case study in the Pearl River Delta Region in South China*, Environ. Earth Sci., 59, 1047-1055.
- Van de Griend A.A., Owe M., (2003), *On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces*, Int. J. Remote Sens., 14, 1119-1131.
- Xiao H., Weng Q., (2007), *The Impact of land use and land cover changes on land surface temperature in a karst area of china*, Journal of Environmental Management 85, 245-257.
- Zhang J., Wang Y., Li Y., (2006), *A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM Band 6*, Comput. Geosci., 32, 1796-1805.