

## Araştırma Makalesi

**SPLIT-WINDOW ALGORİTMASI KULLANARAK UYDU  
GÖRÜNTÜLERİNDEN YER YÜZEY SICAKLIĞININ  
HESAPLANMASI**Bekir Yiğit YILDIZ<sup>1</sup> Ozan ŞENKAL<sup>1\*</sup> Vedat PEŞTEMALCI<sup>2</sup>

Yayın Geliş Tarihi: 02.02.2010

Yayın Kabul Tarihi: 08.02.2010

**ÖZET**

Yer yüzey sıcaklığı (LST) dünyanın enerji döngüsünün önemli bir etmeni olduğu gibi bölgesel ve global ölçeklerdeki atmosfer-yüzey etkileşiminde rol alan anahtar bir parametredir. Bu çalışmada, atmosferik değişkenlere ve yer yayınlırlığına bağlı Split-Window (SW) algoritması ve NOAA uydusu verileri kullanılarak Ankara bölgesinin yer yüzey sıcaklığı değerleri hesaplanmıştır. Bölgesel atmosferik veriler kullanılarak Valencia üniversitesi (UVM) adlı Split-Window modelinin katsayıları yeniden hesaplanmış ve çalışma bölgesi için 24 adet yeni algoritma üretilmiştir. UVM algoritmasının en önemli atmosferik parametresi olan Precipitable water (PW) değerleri Wyoming üniversitesi üst atmosfer veri bankasından alınmıştır. Çalışmada Ankara bölgesinin 1990-2007 yıllarına ait PW değerleri kullanılmıştır. Oluşturulan yeni algoritma ile hesaplanan yer yüzey sıcaklığı değerleri Ankara meteoroloji istasyonunu değerleri ile karşılaştırılmış ve MBE (Mean Bias Error) 1.64 °K, RMSE (Root Mean Square Error) 2.81 °K olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar genel olarak yer yüzey sıcaklığı hesaplamaları için makul değerlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan algılama, NOAA-AVHRR, Planck yasası, Split-window, Yer yüzey sıcaklığı

**ESTIMATION OF LAND SURFACE TEMPERATURE USING SPLIT-WINDOW  
ALGORITHM FROM SATELLITE IMAGES****ABSTRACT**

The Land surface temperature (LST) is a good indicator of the energy balance at the earth's surface and is a key parameters in the physics of atmosphere-surface processes on a regional as well as global scales. In this study, The National Oceanographic and Atmospheric Administration's (NOAA) satellite data were used to calculate LST using a Split-Window(SW) algorithm which belongs to the atmospheric variables and surface emissivity. Using regional atmospheric data we have recalculated Universty of Valencia (UVW) model Split-Window algorithm coefficients and have generated 24 new algorithms. Precipitable Water(PW) values of Ankara. which are the most important atmospheric parameter of UVM model. was estimated from the Wyoming University upper-air radiosonde database during the years of 1990-2007. As a result of this study. comparing the calculated LST values with Ankara meteorology station values. mean bias error was found 1.64 °K and RMS error was found as 2.81 °K. The results are generally reasonable for land surface calculations.

**Key Words:** Remote sensing, NOAA-AVHRR, Planck's law, Split-window, Land surface temperature

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi Karaisalı Meslek Yüksekokulu. 01770. Karaisalı. Adana

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü. 01330. Balcalı. Sarıçam. Adana

\***Sorumlu Yazar:** osenk@cu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız gezegen insanların fiziksel algılama yeteneklerini aşan bir büyüklüğe sahiptir. Havacılık ve uzay teknolojisindeki gelişmeler, bu sorunların çözümü için yeni ufuklar açmıştır. 'Uzaktan Algılama' adı verilen yöntemle havadan ve uzaydan elde edilen görüntülerin yorumlanması sonucunda yeni ve sürekli bilgi üretimi olanak haline gelmiştir. Burada değinilen uzaktan algılama terimi, objelerle fiziksel temasta bulunmaksızın herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle objeler hakkında bilgi edinme bilim ve teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Bu ölçümler özellikle objelerin elektromanyetik spektrum içerisindeki davranışlarının konumsal ve yıl içinde özelliklerinin değişmelerine dayanmaktadır. Uydulardan elde edilen veriler jeoloji, hidroloji, atmosfer bilimi gibi alanları yanında bitki örtüsü, arazi kullanımı, toprak etütleri, kuraklık, ürün rekoltesi tahmini, bitkilerde oluşan stres, toprak tuzluluğu gibi ziraat alanlarında da kullanım imkanları bulmuştur. Uydulara yerleştirilen çok bantlı algılayıcılar, elektromanyetik spektrumun insan gözünün görmediği bölgelerinde yeryüzü objelerinin spektrum özelliklerinin incelenmesiyle yeni ufuklar açmıştır (Schanda, 1976).

Yer yüzey sıcaklığı hesaplaması, uydu algılayıcılarından elde edilen verilere Planck yasası, siyah cisim ışıması gibi fiziksel yasaların uygulanması ve çıkan sonuçların Split-Window algoritmaları diye adlandırılan yayınlık ve atmosferik düzeltmelerinin uygulanması ile elde edilir. Split-Window tekniği yayınlık, atmosferik parametreler, uyduların dünyayı görüş açısı veya bu değişkenlerden herhangi ikisinin kombinasyonu olan katsayılarla ifade edilen ve en önemli girdisi uydu verilerinin ısı bandı olan düzeltme algoritmalarıdır.

NOAA-AVHRR algılayıcısının 4. ve 5. kanaldaki yer yayınlık değerleri, Split-Window algoritmasının katsayılarının belirlenmesinde çok büyük bir öneme sahiptir ayrıca bu katsayıların doğrulukları sonuçlarla direkt olarak ilgilidir (Coll ve ark., 1994; Sobrino ve Caselles, 1991; Becker ve Li, 1990).

Su buharı, ısı spektral alandaki ışıma transferini etkileyen en önemli faktördür. Ayrıca su buharının toplanma ve dağılımda oldukça değişken olmasından dolayı, herhangi bir modellemeyi zorlaştırır. Diğer gazların su buharına göre etkisi daha azdır. Çünkü onlar toplanma ve dağılımı su buharına göre oldukça sabit ve düzenli olup aynı zamanda ısı bölgede

yüzeyden gelen ışıma soğurmaları küçüktür. Bu gazların etkisi kolaylık sağlamak için LST hesaplamalarında ve modellerinde genellikle önemsenmez (Oin ve Karnielli, 1999).

Nemli iklim bölgelerini temel alan çalışmalarda nemin atmosferde fazla miktarda su buharı birikmesine yol açtığı ve biriken su buharının neden olduğu soğulmanın ısı kızıllı ötesi bölgede ölçülen ışıma değerinde önemsenmeyecek miktarda düşme olmasına neden olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle ısı bant verileri kullanılarak yapılan yer yüzey sıcaklığı çalışmalarında atmosferik etkilerin hesaba katılması gerekmektedir (Lim ve ark., 2004).

Yapılan birçok ölçüm sonuçlarına göre, çıplak toprak ve kayalar için 0.959, çalı ve seyrek bitki örtüsü için 0.974, toprak ve bitki örtüsü karışımı için 0.981 ortalama yayınlık değerlerinin kullanılmasının yer yüzey sıcaklığı çalışmalarını hızlandırdığı ve sonuçların doğruluğunu etkilemediği gözlemlenmiştir (Humes ve ark., 1994).

Bitki örtüsünün yoğun olduğu aylarda yapılan LST hesaplamaları sonucunda elde edilen sıcaklık değerlerin hava sıcaklığına yakın değerler olurken bitki örtüsünü seyrek ve az olduğu özellikle yaz aylarında hesaplanan LST değerleri toprak sıcaklığına eş değer olmaktadır (Bhattacharya ve Dadhwal, 2005).

Bu çalışmada dünyanın fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengeleri, zirai meteoroloji için önemli olan yer yüzey sıcaklığı parametresinin hesaplanabilmesi için kolay ve çabuk uygulanabilir Split-Window katsayıları belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada 2000 yılının her ayından 2 adet olmak üzere toplam 24 adet NOAA-AVHRR görüntüsü Ankara ili ve çevresinin yer yüzey sıcaklığının hesaplanması için kullanılmıştır. Bu görüntüler TÜBİTAK-BİLTEN araştırma merkezinden alınmıştır. Uydu da bulunan detektörlerce ölçülen yer yüzeyi ışıma ölçüldükleri piksellere ışıma şiddetine bağlı olarak 0 dan 1023 ( $2^{10}$  bit) kadar değişen değerlerin atanması ile kodlanır. Bu kodlamada 0 değeri beyaz 1023 değeri siyah diğer değerler ise beyazdan siyaha doğru gri tonlama ile temsil edilir. Böylece ısı dalga boyunda algılanan yer yüzeyi pikselleri gri tonda renklendirilip yer yüzeyinin ham uydu görüntüsünün oluşması sağlanır.

Yer yüzey sıcaklığı hesaplamasında kullanılacak katsayıları için gerekli olan su buharı profilleri üst atmosfer rasat aleti olan

Radiosonde'den elde edilmiştir. Tüm Türkiye'de sadece 7 meteoroloji istasyonundan Greenwich zamanına göre saat 12.00 ve 00.00 zamanlarda Radiosonde gözlemleri yapılmakta ve bu gözlemlerde basınç, bağıl nem, sıcaklık, yükseklik, rüzgâr hızı gibi meteorolojik veriler atmosferde yükselen bir balon tarafından ölçülüp yer istasyonuna iletilmektedir. Bu istasyonlardan birisi de Ankara'da yer almaktadır. Bu çalışmada Ankara istasyonundan elde edilen veriler Wyoming üniversitesi upper-air veri bankasından alınarak kullanılmıştır.

## 2.2. Metod

### 2.2.1. Split-window algoritmaları

Yüzey sıcaklığı belirlemede kullanılan algoritmalar, atmosferik yarı-doğrultulmuş sıcaklık verileri içeren ısı kanallarının lineer kombinasyonundan oluşmuştur. Yüzey sıcaklığı hesaplamalarında çalışma bölgesinden yerden ölçülen sıcaklık verileri veya değişik modeller yardımıyla hesaplanan sıcaklık verileri için değişik düzeltme algoritmaları ortaya çıkarılmıştır. Split-Window algoritmalarının temel formülasyonu şudur;

$$T_{sr} = a_0 + a_1 T_{B4} + a_2 T_{B5} a_1 + a_2 \quad (1)$$

$T_{sr}$  = Yüzey sıcaklığı

$T_{B4}$  = 4. kanal için parlaklık sıcaklığı

$T_{B5}$  = 5. kanal için parlaklık sıcaklığı

$a_0, a_1, a_2$  'ler sabitlerdir (Liang, 2004).

Yüzey yayınlığı ve atmosferik etkilerin ikisinin de bilinmemesinden dolayı Split-Window eşitliğinin tek bir çözümü yoktur. Bu belirsizliği çözmek için Split-Window algoritmalarında bazı yaklaşımlar yapılır (Vogt, 1996; Wan, 1999). Bu yaklaşımların başlıcaları şunlardır.

- Uydulardan elde edilen parlaklık sıcaklığı, yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı tek olarak (aynı) kabullenilir.
- Yüzey yayınlığının zamanla değişimi stabildir ve yüzey örtüsüne göre 0.9 ile 1 değeri arasındadır.
- Yüzey "lambertian yüzey" olarak düşünülür.
- Planck fonksiyonu lineerdir. Böylece bir kanal için ölçülen ışıma bu fonksiyonun lineer olmasının

sayesinde diğer kanalları da açıklayabilir.

- Atmosferdeki soğrulma küçüktür ve atmosferin alt tabakasında gerçekleşir. Bu ortamda su buharı bulunması halinde geçerli olan bir yaklaşımdır.
- Algılama yapılan 4. ve 5. bantların yayınlıkları  $\varepsilon_4$  ve  $\varepsilon_5$ 'dir ve aralarında  $\varepsilon_4 > \varepsilon_5$  bağıntısı vardır.
- Yüzey ısı 310 K' i aşmaz

Yapılan bu gibi yaklaşımlar kullanılarak dünya yüzeyinin 10 $\mu$ m-12.5 $\mu$ m dalga boylarında yaptığı siyah cisim ışıması için ışıma transfer eşitliğinin çözümlenmesi (1)'nolu denklemde yer alan  $a_0, a_1, a_2$  sabitlerinin değişmesine neden olarak yeni algoritmaların oluşmasına olanak sağlar. Başlıca Split-Window algoritmaları yayınlığa, atmosferik su buharına ya da ikisinin birleşimi olarak hem yayınlığa hem de su buharına bağlı olan algoritmalarlardır. Bu çalışmada yayınlık ve su buharı değişimlerini dikkate alan ve bölgesel olarak elde edilebilen su buharı verileri ile bölgesel uygulamalarda başarılı sonuçlar veren Universty of Valencia Model algoritması (UVM) temel alınmıştır.

$$LST = T_4 + [1 + 0.58 \times (T_4 - T_5)] \times (T_4 - T_5) + 0.51 + \alpha \times (1 - \varepsilon) - \beta \times \Delta \varepsilon \quad (2)$$

Bu algoritmada  $T_4$  ve  $T_5$  sırası ile 4. ve 5. bandın parlaklık sıcaklığı değerleri  $\alpha$  ve  $\beta$  su buharına ve parlaklık sıcaklığı değerlerine bağlı sabitler.  $\varepsilon$  4. ve 5. bandın yayınlık değerlerinin ortalaması,  $\Delta \varepsilon$  ise 4. ve 5. bandın yayınlık değerleri farkını ifade eden terimlerdir (Caselles ve ark., 1997).

### 2.2.2. NOAA-AVHRR ısı kanal verilerinin kalibrasyonu ve yayınlık değerleri

Uydularda yer alan ısı algılayıcıların yaptığı her ölçüm için uydu verilerinin kalibre edilmesini sağlayan eğim (S) ve kesişme (I) değerler vardır. Algılayıcının herhangi bir  $i$ . kanalı için ölçülmüş olduğu yer yüzeyinden yayınan enerji değeri. Eğim (S) ve kesişme (I) değerlerinin lineer bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Uydu görüntüsünü oluşturan pilseller için yer yüzeyinden yayınan enerji değerleri (S) ve (I) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Ters Planck ışıma eşitliği diye adlandırılan eşitlik yardımıyla yer yüzeyindeki piksellerin parlaklık sıcaklığı belirlenmiştir. Bu işlemler uydu verilerinin kalibrasyonunun yapılması için gereklidir (NOAA KLM User Guide, 2001).

Yer yüzey sıcaklığını hesaplamaya yarayan detektörlerin ölçüm yaptığı dalga boyu olan 10 µm -14 µm aralığında Dünya yüzeyinin % 70'i için bitkili ve bitkisiz bölgelerin yayırlık faktörlerini belirlemek gereksizdir. Bu kabul, yüzey sıcaklığının belirlenmesinde ortalama bir yayırlık değeri olan 0.975'in kullanılmasına sebep olur (Wan, 1999). Literatürde yer alan birçok çalışmada NOAA-AVHRR uydusunun 4. bandın yayırlık değeri olarak  $\varepsilon_4=0.98$  ve 5. bandın yayırlık değeri olarak  $\varepsilon_5=0.97$  alındığı görülmektedir.

### 2.2.3. $\alpha$ ve $\beta$ katsayılarının belirlenmesi

(2) numaralı Algoritmada yer alan  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları Radiosonde rasatları kullanılarak ölçülen bölgesel atmosferik su buharı değerlerinden elde edilir.

$$\begin{aligned}\alpha &= (0.190 \times PW - 0.103) \times T_4 - 67 \times PW + 107 \\ \beta &= (0.100 \times PW + 1.118) \times T_4 - 68 \times PW - 163\end{aligned}\quad (3)$$

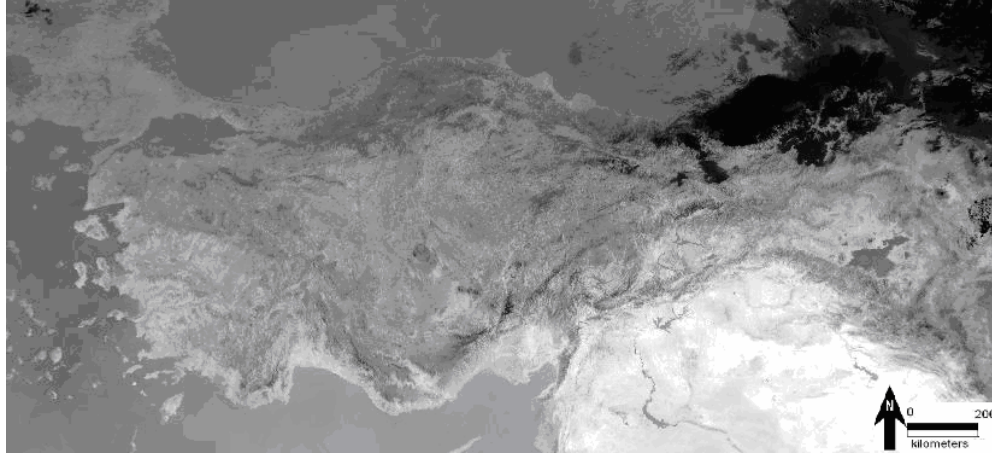
(3) nolu eşitlikten  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları zenit doğrultusunda yoğunlaşmaya geçebilecek toplam su buharı miktarı olarak tanımlanan Precipitable Water (PW) değerlerinin bilinmesi ile elde edilir. PW değerleri doymuş su

buharının doymamış su buharına oranı olan karışım oranlarına ( $w$ ) bağlı olarak şu şekilde hesaplanır. (Iqbal, 1983)

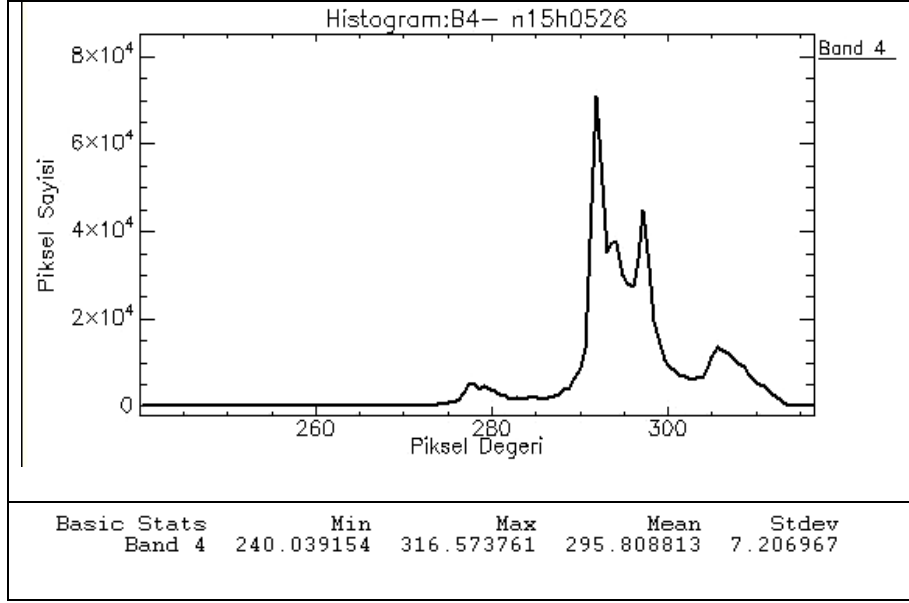
$$PW = \frac{1}{g} \int_0^{p_s} w dp \quad (4)$$

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

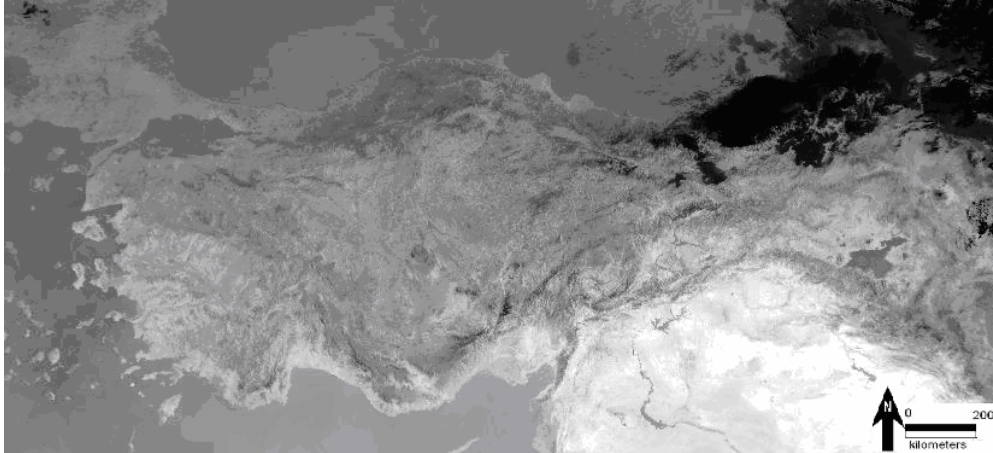
Bu çalışmada kullanılan NOAA 12. 14. uydularının AVHRR algılayıcısının ısıl bantları olan 4. ve 5. bantlarının kalibrasyonu NOAA KLM User Guide yer alan basamaklara uygun olarak Envi görüntü işleme programında yapılmıştır. Uydu verilerin geometrik düzeltmeleri Türkiye genelinde seçilen yer kontrol noktaları kullanılarak WGS 84 sistemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ters Planck yasasını kullanarak yapılan kalibrasyon işlemi sonunda yer yüzünden her piksel için elde edilen ışınım değerleri Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmüştür. Şekil 1 ve Şekil 3 Temmuz tarihli Level 1B formatında kalibrasyonu ve geometrik düzeltmesi yapılmış AVHRR uydusu 4. ve 5. Bant görüntüsünü Şekil 2 ve Şekil 4 ise bu görüntülere ait histogramı ve istatistik bilgileri göstermektedir.



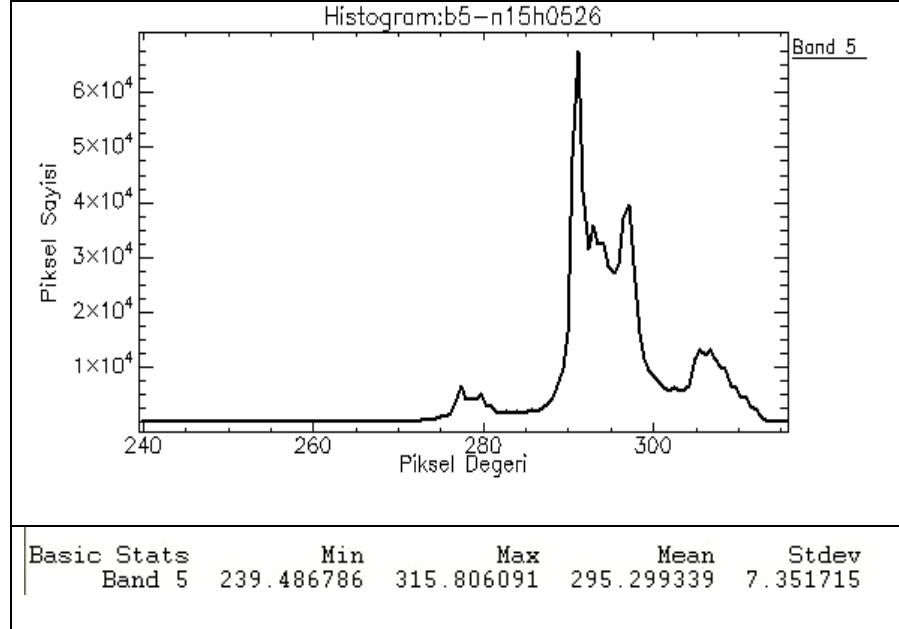
Şekil 1. Temmuz tarihli Level1B formatında kalibrasyonu ve geometrik düzeltmesi yapılmış AVHRR 4.bant görüntüsü.



Şekil 2. Temmuz tarihli Level 1B formatında kalibrasyonu ve geometrik düzeltmesi yapılmış AVHRR 5.bant görüntüsünün histogramı ve istatistik bilgileri.



Şekil 3. Temmuz tarihli Level 1B formatında kalibrasyonu ve geometrik düzeltmesi yapılmış AVHRR 5.bant görüntüsü.



Şekil 4. Temmuz tarihli Level 1B formatında kalibrasyonu ve geometrik düzeltmesi yapılmış AVHRR 5.bant görüntüsünün histogramı ve istatistik bilgileri.

Çizelge 1. Ankara'nın yer yüzey sıcaklığını hesaplamada kullanılan 00.00 UTC rasatlarından elde edilen her aya ait  $\alpha$  ve  $\beta$  sabitleri.

$F_{ANKARA}$	00.00	$\alpha$	$\beta$
	PW		
Ocak	0.79	$0.047 T_4 + 54.137$	$1.197 T_4 - 216.652$
Şubat	0.76	$0.041 T_4 + 56.281$	$1.194 T_4 - 214.476$
Mart	0.84	$0.056 T_4 + 50.787$	$1.202 T_4 - 220.052$
Nisan	1.15	$0.115 T_4 + 30.151$	$1.233 T_4 - 240.996$
Mayıs	1.50	$0.182 T_4 + 6.366$	$1.268 T_4 - 265.136$
Haziran	1.80	$0.239 T_4 - 13.667$	$1.298 T_4 - 285.468$
Temmuz	1.96	$0.269 T_4 - 24.119$	$1.314 T_4 - 296.076$
Ağustos	2.04	$0.285 T_4 - 29.814$	$1.322 T_4 - 301.856$
Eylül	1.61	$0.203 T_4 - 1.004$	$1.279 T_4 - 272.616$
Ekim	1.40	$0.164 T_4 + 12.932$	$1.258 T_4 - 258.472$
Kasım	1.10	$0.106 T_4 + 33.367$	$1.228 T_4 - 237.732$
Aralık	1.03	$0.092 T_4 + 38.124$	$1.221 T_4 - 232.904$

Parlaklık sıcaklıkları değerlerine Split-Window algoritmaları uygulanarak algoritmanın yapısına bağlı olarak yayınlık, atmosferik etkiler ya da bu iki düzeltme birden uygulanabilir.

Meteorolojik bir değişken olan PW değerleri Radiosonde cihazı tarafından doğrudan ölçülemez. Ama Radiosonde rasatlarından elde edilen bağıl nem, basınç ve sıcaklık değerlerinden meteorolojik denklemler yardımı ile PW değerleri hesaplanır (Cartalis ve Chrysoulakis, 1997).

Ankara bölgesinin 1990-2007 yıllarına ait aylık ortalama PW değerlerinin denklem (3)

kullanılması ile 00:00 UTC ve 12:00 UTC zaman dilimleri için ayrı ayrı  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları belirlenmiştir. Bu tabloların ayrı ayrı oluşturulmasındaki amaç, sabah geçişi NOAA uydularından yüzey sıcaklığı hesaplaması yapmak için 00.00 UTC öğlen geçen NOAA uydu verilerinden yer yüzey sıcaklığını hesaplamak için ise 12.00 UTC PW tablolarını kullanmanın sonuçların doğruluğunu etkilemesidir. Çizelge 1 de 00.00 UTC için aylık olarak oluşturulmuş katsayılar. Çizelge 2 de 12.00 UTC için aylık olarak oluşturulmuş katsayılar yer almaktadır.

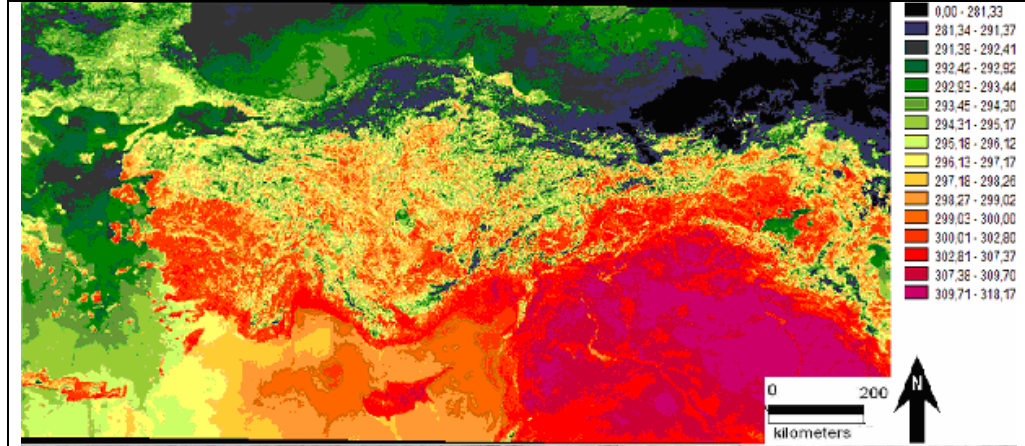
Çizelge 2. Ankara'nın yer yüzey sıcaklığını hesaplamada kullanılan 12.00 UTC rasatlarından elde edilen her aya ait  $\alpha$  ve  $\beta$  sabitleri.

F <sub>ANKARA</sub>	12.00	$\alpha$	$\beta$
	PW		
Ocak	0.78	0.045 T <sub>4</sub> + 54.874	1.196 T <sub>4</sub> - 215.904
Şubat	0.74	0.038 T <sub>4</sub> + 57.353	1.192 T <sub>4</sub> - 213.388
Mart	0.83	0.054 T <sub>4</sub> + 51.658	1.201 T <sub>4</sub> - 219.168
Nisan	1.11	0.108 T <sub>4</sub> + 32.496	1.229 T <sub>4</sub> - 238.616
Mayıs	1.42	0.167 T <sub>4</sub> + 11.927	1.26 T <sub>4</sub> - 259.492
Haziran	1.70	0.219 T <sub>4</sub> - 6.699	1.288 T <sub>4</sub> - 278.396
Temmuz	1.79	0.237 T <sub>4</sub> - 12.93	1.297 T <sub>4</sub> - 284.72
Ağustos	1.88	0.254 T <sub>4</sub> - 18.759	1.306 T <sub>4</sub> - 290.636
Eylül	1.56	0.193 T <sub>4</sub> + 2.547	1.274 T <sub>4</sub> - 269.012
Ekim	1.36	0.155 T <sub>4</sub> + 15.88	1.254 T <sub>4</sub> - 255.48
Kasım	1.18	0.121 T <sub>4</sub> + 27.94	1.236 T <sub>4</sub> - 243.24
Aralık	0.93	0.074 T <sub>4</sub> + 44.556	1.211 T <sub>4</sub> - 226.376

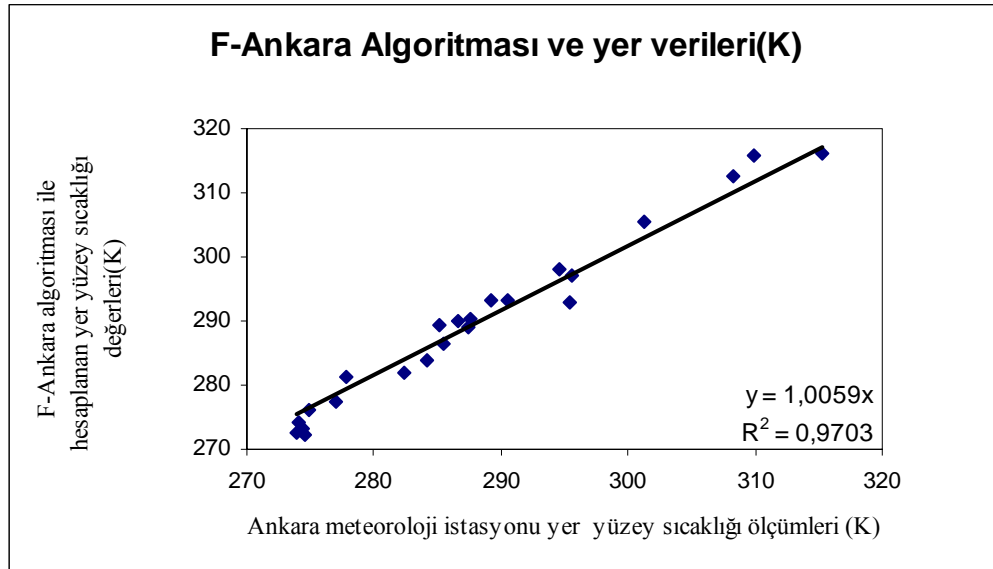
Çizelgelerde aylara ve elde edildiği zamana göre değişen  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayılarının (2)'nolu eşitlikte yazılması ile her ay ve zaman dilimi için F<sub>ANKARA</sub> diye adlandırılan 24 adet algoritma üretilmiştir. Bu algoritmalar her ayın sabah ve öğlen geçişi uydu verilerine uygulanmak için olmak üzere 2 adettir. Algoritmaların 24 adet NOAA-AVHRR verilerine uygulanması ile

Ankara için yer yüzey sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu yer yüzeyi sıcaklık değerleri Ankara Meteoroloji istasyonunu yer verileri ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 5'da 3 Temmuz 15h0526 tarihli NOAA-AVHRR verisine F<sub>ANKARA</sub> algoritmasının uygulanması ile oluşan yüzey sıcaklığı görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 5. 3 Temmuz 15h0526 tarihli NOAA-AVHRR verisine  $F_{ANKARA}$  algoritmasının uygulanması ile oluşan yer yüzey sıcaklığı görüntüsü.



Şekil 6. Ankara meteoroloji istasyonu yer verisi ve  $F_{ANKARA}$  algoritması ile hesaplanan yer yüzey sıcaklığı değerleri arasındaki ilişki.

Bu değerlerin grafiği çizilmiş ve regresyon katsayıları hesaplanarak aralarındaki uyum araştırılmıştır. Şekil 6'da bu değerlerin grafiği görülmektedir. Bu grafik ve  $F_{ANKARA}$  algoritmasından elde edilen değerler yer verileri ile karşılaştırıldığında sonuçların birbirleri ile büyük oranda uyum içinde olduğu görülmektedir. Zira  $R^2=0.97$  oranı da bunu

vurgulamaktadır. Hesaplanan yer yüzey sıcaklığı değerleri için MBE (Mean Bias Error)  $1.64 \text{ } ^\circ\text{K}$ , RMSE (Root Mean Square Error)  $2.81 \text{ } ^\circ\text{K}$  olarak bulunmuştur. Yer verilerinden en büyük sapma miktarı  $5.8 \text{ } ^\circ\text{K}$  ve yer verilerine en yakın değer olarak ise  $0.09 \text{ } ^\circ\text{K}$  değerleri bulunmuştur. Literatürde UVM algoritması kullanılarak yapılan çalışmada bulunan sıcaklık



değerlerinin yer verilerinden sapma miktarları  $1^{\circ}\text{K}$  - $5^{\circ}\text{K}$  arasında olması beklenmektedir (Chrysoulakis, 2002).

Bu çalışmada ortaya çıkan hataların en büyük nedeni kullanılan uyduların çalışma bölgesini algılama zamanları ile Meteoroloji istasyonlarının yer ölçümü yaptıkları zamanın aynı veya yakın olmamasıdır. Özellikle yaz aylarında yer yüzeyi hızla ısındığı için yer ölçümü ile eş zamanlı olmayan verilerden yapılan hesaplamalarda hata büyük çıkmaktadır. Bu çalışmada yer verilerinden en büyük sapmanın görüldüğü sıcaklık değerlerinin haziran ve temmuz aylarının saat 12.00 ölçümlü verilerinde ortaya çıkması bu olayı desteklemektedir. Ayrıca sabit olarak alınan yayınlık değerlerinin mevsimsel değişimi de sonuçları etkilemektedir. Bu hata oranlarını azaltmak için uydu verileri ile eş zamanlı olan yer ölçümleri yapabilecek teçhizat, donanım ve personele sahip olmak gerekmektedir. Ayrıca küçük çalışma bölgeleri için aylık olarak ayrıntılı yayınlık haritaları çıkarmak hata oranlarını düşürmede etkili olacaktır.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı Dünyanın enerji döngüsünde önemli yer tutan, kuraklık, bitki stresi, atmosferik don olayı, denizlerde sıcak su akıntılarının belirlenmesi ve yer yüzeyi atmosfer etkileşimi gibi olaylarda önemli bir parametre olan yer yüzey sıcaklığının yerel ölçeklerde hesaplanmasına olanak sağlayacak Split-Window algoritmalarını üretmek ve bu algoritmanın geçerliliğini kontrol etmektir.

Bölgesel meteorolojik rasat verilerinden bölgeye ve uydunun geçiş zamanına göre değişen sabitlerin hesaplanması ile  $F_{\text{ANKARA}}$  diye adlandırdığımız algoritma oluşturulmuştur. Bu çalışmada bulunan sonuçlar atmosferik etkilere bağlı yer yüzey sıcaklığı çalışmalarında bölgesel katsayılar elde edip bu katsayıların kullanıldığı algoritmalarla yer yüzey sıcaklığı hesaplaması yapmanın katsayıların oluşturulduğu bölge için daha doğru sonuçlar vereceğini ortaya çıkarmaktadır.

Yer ve uydu verileri kullanılarak yapılan bu çalışma için hata kaynakları da aşağıda sıralanmıştır.

Özellikle kış görüntülerinde yer istasyonlarının bulunduğu pikselin çevresinde oluşan bulutlanma her ne kadar istasyonun üstünü kaplamasa da istasyon çevresi için uydudan ölçülen değerde azalmaya sebep olmaktadır.

Ayrıca yer verilerinin ölçüldüğü istasyonların şehir merkezleri ve yerleşim yerleri içinde kalması yayınlık değerlerini etkilemektedir. Bu sorunun çözümü sürekli güncellemeye olanak sağlayan bir yayınlık veri bankasının kurulması ile aşılabilecekse de bununla hiç kolay olmadığı bilinmelidir.

Uzaktan algılama çalışmalarında atmosferik değişkenlerin etkileri önemsenecek ölçüdedir. Bu nedenle bu çalışmada yayınlık ve atmosferik etkileri göz önüne alan ve araştırmacıya bu etkileri çalışmaya dahil etme imkanı veren C.Coll algoritması seçilmiştir. Buna rağmen atmosferik koşulların hiçbir zaman sabit olmaması ve hızla değişebilmesi çalışmalarda küçük hatalara yol açabilir. Fakat bu hataların atmosferik parametrelere bağlı olmayan diğer Split-Window algoritmalarına göre ihmal edilebilir derecede küçük olduğu unutulmamalıdır.

Bu çalışmada karşılaşılan ve sonuçları direk olarak etkileyen en büyük hata kaynağı ise; verilerin alındığı uydu geçiş zamanı ile meteoroloji istasyonlarında ölçüm yapılan zaman diliminin farklı olmasıdır. Bu nedenle yüzey sıcaklığı çalışmalarında veri alım saatlerinin mümkün olduğu kadar yer verisini alındığı saate yakın olması sağlanmalıdır.

Atmosferik etkilere bağlı bu tip yüzey sıcaklığı algoritmalarında daha iyi sonuçlara ulaşabilmek için Dünyada hızla yaygınlaşan ancak ülkemiz için proje aşamasında olan GPS tabanlı PW algılayıcıları ile tüm ülkeyi kapsayan veri akış ağları kurulmalıdır. Zira PW ve PW'ye bağlı yer yüzey sıcaklığı değerlerinin ziraat, meteoroloji, askeri alanlarda kullanım alanı bulunmakta ve önemi giderek artan oranda anlaşılmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- Bhattacharya, B.K., ve Dadhwal, V.K. 2005. land surface temperature retrieval and its validation using NOAA AVHRR thermal data. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 33: No. 2
- Becker, F., Li, Z.L. 1990. Towards a local split window method over land surface. International Journal of Remote Sensing, 3: 369- 393.
- Caselles, V., Coll, C., Valor, E. 1997. Land surface emissivity and temperature determination in the whole HAPEx-Sahel area from AVHRR data. International Journal of Remote Sensing, 18: 1009-1027.
- Cartalis, C., Chrysoulakis, N. 1997.

- “Estimation of Precipitable Water in Greece on the Basis of Radiosondes and Satellite Data”. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 58: 163-171.
- Coll, C., Caselles, V., Sobrino, J.A., Valor, E. 1994. On the atmospheric dependence of the split window equation for land surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 15(1): 105-122.
- Chrysoulakis, N., Cartalis, C. 2002. Improving the estimation of land surface temperature for the region of Greece: adjustment of a split window algorithm to account for the distribution of precipitable water. *International Journal of Remote Sensing*, 23(5): 871-880.
- Humes, K.S., Kustas, W.P., Moran, M.S. 1994. Variability of emissivity and surface temperature over a sparsely vegetated surface. *Water Resources Research*, 30: 1299-1310.
- Liang, S. 2004. *Quantitative Remote Sensing*. Wiley Interscience publication, USA, 534 s.
- Lim, A., Liev, S.C., Kwah, L.K. 2004. Retrieval Of Land Surface Temperature In The Humid Tropics From Modis Data By Modelling The Atmosphere Transmission And Thermal Emission. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 2: 248-257.
- NOAA KLM User Guide 2001.
- Sobrino, J.A., Coll, C., ve Caselles, V. 1991. Atmospheric Correction for Land Surface Temperature Using NOAA-11 AVHRR Channels 4 and 5. *Remote Sensing of Environment*, 38 (1): 19-34.
- Schanda, E. 1976. “Ecological Studies” *Remote Sensing for Environmental Sciences*, 18.
- Qin, Z., Karnieli, A. 1999. Process in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 20(12):2367-2393.
- Vogt, J.V. 1996. Land surface temperature retrieval from NOAA AVHRR data. in *Advances in the use of NOAA AVHRR data for land applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Wan, Z. 1999. MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD). Institute for Computational Earth System Science, Santa Barbara.
- Iqbal, M. 1983. *An Introduction to Solar Radiation*. Academic Press. Vancouver. British Columbia, 374s.