ATMOSFERİK SU BUHARINA BAĞLI LOKAL SPLİT- WİNDOW ALGORİTMASI KULLANILARAK YER YÜZEY SICAKLIĞININ HESAPLANMASI

B.Yiğit Yıldız[1], Mehmet Şahin[1],Ozan Şenkal[1],H.Mustafa Kandırmaz[1], Vedat Peştemalcı[1]

[1]Çukurova üniversitesi Fen-Edebiyat fak. Fizik bölümü:yildizy@cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Adana ve çevresinin Yer Yüzey Sıcaklığını hesaplamak için atmosferik su buharı miktarına ve yayınırlığa bağlı bölgesel Split-Window Algoritmaları üretilmiştir. Yeni algoritmalar UVM (Universty of Valencia Model) algoritmasının katsayılarının ADANA bölgesine ait Radiosonde üst atmosfer rasat cihazından elde edilen atmosferik parametreler kullanılarak güncellenmesi ile oluşturulmuştur. NOAA/AVHRR termal bant verileri Ters Planck yasası kullanılarak kalibre edilmiş ve parlaklık sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. Yeni üretilen Split-Window algoritmaları ve parlaklık sıcaklığı verileri kullanılarak çalışma bölgesinin yer yüzey sıcaklığı değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada 2000 yılının her ayının sabah ve öğlen geçişli uydu verilerine uygulanmak üzere her ay için 2 tüm çalışma için ise 24 adet algoritma üretilmiştir. Algoritmaların 24 adet NOAA-AVHRR verilerine uygulanması ile Adana için yer yüzey sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu yer yüzeyi sıcaklık değerlerinin Adana Meteoroloji istasyonunu yer verileri ile karşılaştırılmasında R^2=0,98 regresyon katsayısı elde edilmiştir. Hesaplanan yer yüzey sıcaklığı değerlerinin hata ortalaması 0,19 ^{0}K, standart sapması ise 1,62 ^{0}K olarak bulunmuştur. Yer verilerinden en büyük sapma miktarı 5,1^{0}K yer verilerine en yakın değer olarak ise 0,11^{0}K değerleri bulunmuştur. Bu değerler seçilen bir çalışma bölgesinde atmosferik su buharı etkisinin algoritmalarda yer almasının, sonuçlar ile yer verilerinin birbirlerine uyumunu arttırdığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: split-window, yüzey sıcaklığı, atmosferik su buharı,,Planck yasası

ABSTRACT

In this study, Atmospheric Water Vapour amount and emissivity depended regional *Split-Window* algorthms has developed, for calculating Land Surface Temperature (LST) in the area of ADANA. By using the atmospheric parameters, which were measured by Radiosonde (upper air atmospheric measurement device) coefficients of UVM (Universty of Valencia Model) algorithm has updated and new algorithms has generated for Adana. NOAA/AVHRR thermal band data are calibrated using inverse Plank's Law and so digital number were converted to Brightness Temperature, New *Split-Window* algorithms and Temperature values are used and LST are calculated for the area. For every month of the year 2000, 2 algorithms has prepared in the orgine of the Radiosonde datas, Applying this 24 algorithms to NOAA/AVHRR data LST values has established. This LST values are compared with ground measurements of Adana meteorological station and a correlation coefficient of 0.98 has found. The RMS error for the calculated temperature was evaluated as 1.6 K and MBE 0.19 K, The minimum and maximum deviations according to calculated and measured temperatures are 0.15 K and 5.1 K .This statistical values proofed that, using regional atmospheric parametrs such as water vapour, in the algorithms for estimating LST, improves confidence of the calculated temperatures from satelite data.

Key Words: split-window, land surface temperature, atmospheric water vapour,Planck's Law

GİRİŞ

Bu çalışmada dünyanın enerji döngüsü, deniz ekolojisi, günümüzün ve geleceğin afeti olan kuraklık, deprem, yanardağ patlaması gibi önceden bilinemeyen doğal afetlerin belirteci olan, dünyanın fiziksel kimyasal ve biyolojik dengeleri için önemli olan yer yüzey sıcaklığı parametresinin Türkiye için nasıl hesaplanabileceği araştırılmıştır.

Yüzey sıcaklığı belirleme çalışmalarında Termal kızılötesi bölgenin önemi çok büyüktür. Bu nedenle uydulara yerleştirilen çok bantlı algılayıcılarda termal kızılötesi bandının bulunması (Landsat, NOAA uyduları gibi) araştırıcılara bu uyduların verilerini kullanma ve yüzey sıcaklığı için çeşitli modeller geliştirme olanağını vermiştir.

Bu çalışmada kullanılan NOAA serisi uydular 845 km yukarıda bulunan dünya çevresinden kutuptan kutuba dolanan kutupsal yörüngeli üzerinde AVHRR, AMSU, HIRS gibi değişik amaçlı veri alınmasını sağlayan algılayıcıların bulunduğu meteorolojik uydulardır. AVHRR algılayıcısında 0.58 µm -0.68 µm,0.725 µm -1.10 µm, 1.58 µm -1.64 µm, 3.55 µm, -3.93 µm, 10.3 µm, -11.3 µm, 11.5 µm -12.5 µm dalgaboyu aralıklarında dünya yüzeyinden gelen elektromanyetik enerji algılayan dedektörler vardır.

Yer yüzey sıcaklığı hesaplaması, uydu algılayıcılarından elde edilen verilere Planck yasası ve kara cisim ışıması gibi fiziksel yasaların uygulanması ve çıkan sonuçların Split-Window algoritmaları diye adlandırılan yayınırlık ve atmosferik düzeltmelerin uygulanması ile elde edilir. Bu doğrultuda literatürde yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Değişik uyduların verilerinden yararlanarak yüzey sıcaklığının tahmininin ve hesaplamasının yapılmasında Split-Window tekniği uzaktan algılama çalışmalarında giderek artan bir sayıda yer almaya başlamıştır (Ehrlick ve arkadaşları, 1994).

Ottle (1993), yaptığı bir çalışmada AVHRR detektörünün 4. ve 5. kanallarının yayınırlık değerlerinin bilinmesinin Split-Window tekniği için çok önemli olduğu belirlemiştir. Becker (1990) Split-Window tekniğinde yayınırlıkta meydana gelen % 1'lik bir hatanın yüzey sıcaklığında 3 ^{0}K'lik bir hataya neden olduğu hesaplanmıştır. Bu oran yüzey yayınırlığının yer yüzey sıcaklığının belirlenmesinde çok kuvvetli bir ana etken olduğunu göstermiştir.

Yayınırlık değerler S.W.metodlarının uygulamalarında büyük öneme sahip olan bir değişkendir. Termal kızılötesi banttaki yer yayınırlığı tahmini için yapılan çalışmalarda çeşitli yüzeyler için ölçümler yapılmıştır. Yapılan bir çok ölçümün sonuçlarına göre ortalama yayınırlık değerleri; çıplak toprak ve kayalar için 0.959, çalı ve biçimsiz bitki örtüsü için 0.994 ve kaya toprak bitki örtüsü karışımı için 0.981 olarak kullanılabilir (Humes ve arkadaşları 1994).

Coll ve arkadaşları (1994), Sobrino ve Caselles (1991), Becker ve Li (1990), yaptıkları çalışmalarda NOAA-AVHRR algılayıcısının 4. ve 5. kanaldaki yer yayınırlık değerlerinin, split-window algoritmasının katsayılarının belirlenmesinde çok büyük bir öneme sahip olduğunu ayrıca bu katsayıların doğruluk derecesinin sonuçlarla direk olarak ilgili olduğu belirlemişlerdir.

Yüzey sıcaklığı hesaplamalarında kullanılan Split-Window tekniğini temel alan algoritmalarda atmosferik etkilerden dolayı ortaya çıkan hata oranlarının, AVHRR detektörünün 4. ve 5. bandının geçirgenlik oranına ve toplam su buharı içeriğine baglı olarak önemli ölçüde azalmaktadır (Sobrino ve arkadaşları, 1994).

Oin ve Karnielli (1999), çalışmalarında termal dalga boyu aralığında atmosferik pencere içindeki soğrulma işleminin, azalan önem sırasıyla, su buharına, karbondioksite, nitrojen okside, ozon okside, metan ve karbon monoksite bağlı olduğunu bulmuşlardır. Su buharı, termal spektral alandaki radyans 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 dağılımıda oldukça sabit ve düzenlidir. Bu gazların etkisi kolaylık sağlamak için LST hesaplamalarında ve modellerde genellikle önemsenmediğini bununda hesaplamalarda hataya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Chrysoulakis ve Cartalis (2002) tarafından NOAA-AVHRR uydusundan alınan veriler kullanılarak Güney Yunanistan ve Yunanistan'ın merkezinde yüzey sıcaklığı çalışmaları yapılmış elde edilen verilerin meteoroloji istasyonlarının verileri ile büyük bir uyum içinde olduğu görülmüştür. Bu çalışmada 8 meteoroloji istasyonundan alınan yer verileri ile kıyaslanmış ΔT hata oranı 0.75 ^{0}K bulunmuş sadece 1 istasyondan alınan değerlerde 2 ^{0}K civarında fark oluşmuştur. Bu çalışmada ortamın su buharına ve yayınırlık değerlerini kullanarak bulunan sabitlerin içinde yer aldığı Split-Window algoritması kullanılmıştır. Bu sabitler bulunurken 29 yıllık radiosonda veri arşivi önemli rol oynamıştır.

Agnes Lim ve arkadaşları (2004), nemli iklim bölgelerini baz alan çalışmasında nemin atmosferde fazla miktarda su buharı birikmesine yol açtığını, biriken su buharının neden olduğu soğrulmanın termal kızıl ötesi bölgede ölçülen ışınım değerinde önemsenmeyecek miktarda düşme olmasına neden olduğu sonucuna varmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada 2000 yılının her ayından 2 adet olmak üzere toplam 24 NOAA-AVHRR görüntüsü Adana ili ve çevresinin yer yüzey sıcaklığının hesaplanması için kullanılmıştır. Ayrıca yer yüzey sıcaklığı hesaplamasında kullanılacak katsayıları için gerekli olan su buharı profilleri üst atmosfer rasat cihazı olan Radiosonde'den elde edilmiştir.

Metod

Yüzey sıcaklığı belirlemede kullanılan algoritmalar, parlaklık sıcaklığı verileri içeren termal kanalların 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. Bu düzeltme algoritmalarından en yaygın olarak kullanılanı olan Split-Window algoritmalarının temel formülasyonu şudur;

$$T_{sr} = a_o + a_1 T_{kanal\ 4} + a_2 T_{kanal\ 5}\, a_1 + a_2 \qquad (1)$$

T_{sr} = Yüzey sıcaklığı
$T_{kanal\ 4}$ = 4. kanal için parlaklık sıcaklığı
$T_{kanal\ 5}$ = 5. kanal için parlaklık sıcaklığı
a_o, a_1, a_2 'ler sabitlerdir.

Yüzey yayınırlığı 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 başlıcalar şunlardır,

- Tüm sıcaklıkların tek olması. Bu yaklaşımla uydulardan elde edilen parlaklık sıcaklığı, yer yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı tek olarak (aynı) kabullenilir.
- Yüzey yayınırlığının zamanla değişimi sabittir ve 1 değerine yakındır.
- Yüzey "lambertian yüzey" olarak düşünülür.
- Planck fonksiyonu lineerdir. Böylece bir kanal için ölçülen ışıma bu fonksiyonun lineer olmasının sayesinde diğer kanalları da açıklayabilir.
- Atmosferdeki soğurulum küçüktür ve atmosferin en alt tabakasında gerçekleşir. Bu ortamda az su buharı bulunması halinde geçerlidir.
- ε_4 ve ε_5 özdeştir. $\varepsilon_4 > \varepsilon_5$
- Yüzey ısısı 310 K' i aşmaz

Yapılan bu gibi yaklaşımlar kullanılarak ışınım transfer eşitliğinin çözümlenmesi (1) nolu denklemde yer alan a_o, a_1, a_2 sabitlerinin değişmesine neden olarak yeni algoritmaların oluşmasına olanak sağlar. Başlıca Split-Window algoritmaları yayınırlığa, atmosferik su buharına ya da ikisinin birleşimi olarak hem yayınırlığa hemde su buharına bağlı olan algoritmalardır. Bu çalışmada yayınırlık ve su buharı değişimlerine bağlı olan ve bölgesel olarak elde edilebilen su buharı değerlerinin (2) nolu algoritmada kullanılması ile çalışma bölgesine ait olan özgün Split-Window algoritmalarının oluşmasına olanak sağlayabilen temel bir formülasyona sahip (2) nolu denklem ile belirtilen Universty of Valencia Model algoritması (UVM) kullanılarak çalışma bölgesi için 24 adet yeni algoritma üretilmiştir.

$$LST = T_4 + \left[1 + 0,58(T_4 - T_5)\right](T_4 - T_5) + 0,51 + \alpha(1-\varepsilon) - \beta(\Delta\varepsilon) \qquad (2)$$

Bu algoritmada T_4 ve T_5 sırası ile 4. ve 5. bandın parlaklık sıcaklığı değerleri α ve β su buharına ve parlaklık sıcaklığı değerlerine bağlı sabitler, ε 4. ve 5. bandın yayınırlık değerlerinin ortalaması , Δε ise 4. ve 5. bantın yayınırlık değerleri farkını ifade terimlerdir (V.Caselles,1997).

Algoritmada yer alan α ve β katsayıları Radiosonde rasatları kullanılarak ölçülen bölgesel su buharı değerlerinden elde edilir.

$$\alpha = (0,190 * PW - 0,103)T_4 - 67 * PW + 107$$
$$\beta = (0,100 * PW + 1,118)T_4 - 68 * PW - 163 \qquad (3)$$

(3) nolu eşitlikten α ve β katsayıları zenit doğrultusunda yoğuşmaya geçebilecek toplam su buharı miktarı olarak tanımlanan Precipitable Water (PW) değerlerinin bilinmesi ile elde edilir. PW değerleri (Iqbal 1983) şu şekilde hesaplanır,

$$Pw = \frac{1}{g}\int_0^{p_s} w dp$$

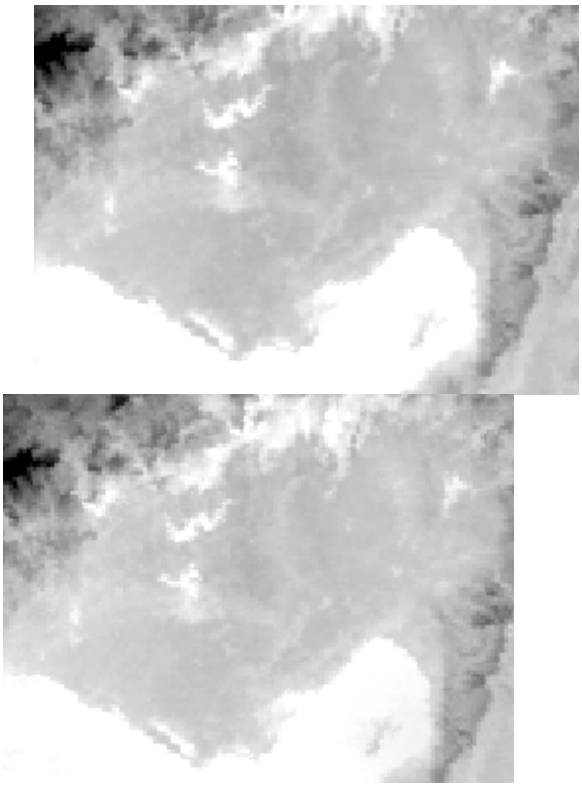
(4)

Bu eşitlik kullanılarak bir noktanın zenit doğrultusunda yerden atmosferin bitimine kadar olan düşey sütundaki toplam su buharı miktarını bulmak, su buharının atmosferdeki hızlı değişiminden dolayı zordur. Bu zorluk integralleri toplama dönüştüren trapozoidal kuralının uygulanması ile aşılır ve (5) denklemi elde edilir. (C.Cartalis 1997)

$$Pw = \frac{1}{2g}\sum_{k=1}^{n-1}(P_k - P_{k+1})*(w_k + w_{k+1}) \qquad (5)$$

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada kullanılan NOAA 12, 14, 15 uydularının AVHRR algılayıcısının termal bantları olan 4. ve 5. bantlarının kalibrasyonu NOAA KLM User Guide yer alan basamaklara uygun olarak görüntü işleme paket programlarından yapılmıştır. Ters Planck yasasını kullanarak yapılan bu kalibrasyon işlemi sonunda yer yüzeyinden her piksel için uydu tarafından ölçülen ışınım değerleri Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmüş olur. Bu elde edilen parlaklık sıcaklıkları değeri yer yüzeyinin gerçek sıcaklık değeri değildir. Şekil 1.'de 12 Ağustos 2000 saat 03:33 geçişli Noaa 14 uydusuna ait 4.ve 5. bant Parlaklık sıcaklığı görüntüleri yer almaktadır.



(a) (b)

Şekil 1. 12 Ağustos 2000 saat 03:33 geçişli Noaa 14 uydusuna ait (a)4. bant Parlaklık sıcaklığı görüntüsü (b) 5. bant parlaklık sıcaklığı görüntüsü

Parlaklık sıcaklıkları değerlerine Split-Window algoritmaları uygulanarak gerçek yer yüzey sıcaklığı değerleri hesaplanır. Uygulanacak Split-Window algoritmasını yapısına bağlı olarak değişik parametrelere ihtiyaç duyulur.Bu çalışmada parlaklık sıcaklığı, yayınırlık ve atmasferik etkileri değişken olarak kabul eden Split-Window algoritmaları temel alınmıştır. UVM Split-Window algoritmasında Adana ve çevresinin yüzey sıcaklığı hesaplaması yapılırken her pikselin yayınırlık değerleri tek tek hesaplanmamıştır. 10-14 µm aralığında Dünya yüzeyinin % 70 için bitkili ve bitkisiz bölgelerin yayınırlık faktörlerini belirlemek gereksizdir (Wan, 1999). Bu kabul, yüzey sıcaklığının belirlenmesinde ortalama bir yayınırlık değeri olan 0.975'in kullanılmasına sebep olur. Birçok araştırmacı yeşil bitki yüzeylerin 0.98 yayınırlık değeri ile çok iyi ifade edildiğini kabul ederler (Cihlar ve

ark. 1997).Yapılan bir çok çalışmada olduğu gibi 4. bandın yayınırlık değeri olarak ε_4 =0,98 ve 5. bandın yayınırlık değeri olarak ε_5 =0,97 alınmıştır.

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 (C.Cartalis 1997).

Adana bölgesinin 1990-2007 yıllarına ait Radiosonde verilerinden elde edilen aylık ortalama PW değerlerinin denklem (3) kullanılması ile 00:00 UTC ve 12:00 UTC Radiosonde rasat verileri için ayrı ayrı α ve β katsayıları tablosu oluşturulmuştur. Bu tabloların ayrı ayrı oluşturulmasındaki amaç, sabah geçişli 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.

F_{ADANA}	00:00		
	PW	α	β
ocak	1,24	0,133 T_4 + 23,608	1,242 T_4 - 247,636
şubat	1,29	0,142 T_4 + 20,541	1,247 T_4 - 250,749
mart	1,49	0,181 T_4 + 6,916	1,267 T_4 - 264,577
nisan	1,90	0,259 T_4 - 20,522	1,308 T_4 - 292,425
mayıs	2,42	0,357 T_4 - 55,242	1,36 T_4 - 327,664
haziran	2,99	0,465 T_4 - 93,191	1,417 T_4 - 366,179
temmuz	3,54	0,57 T_4 - 130,181	1,472 T_4 - 403,721
ağustos	3,61	0,583 T_4 - 135,03	1,479 T_4 - 408,642
eylül	2,89	0,447 T_4 - 86,959	1,407 T_4 - 359,854
ekim	2,22	0,319 T_4 - 41,840	1,34 T_4 - 314,062
kasım	1,74	0,229 T_4 - 9,904	1,292 T_4 - 281,65
aralık	1,41	0,164 T_4 + 12,811	1,259 T_4 - 258,595

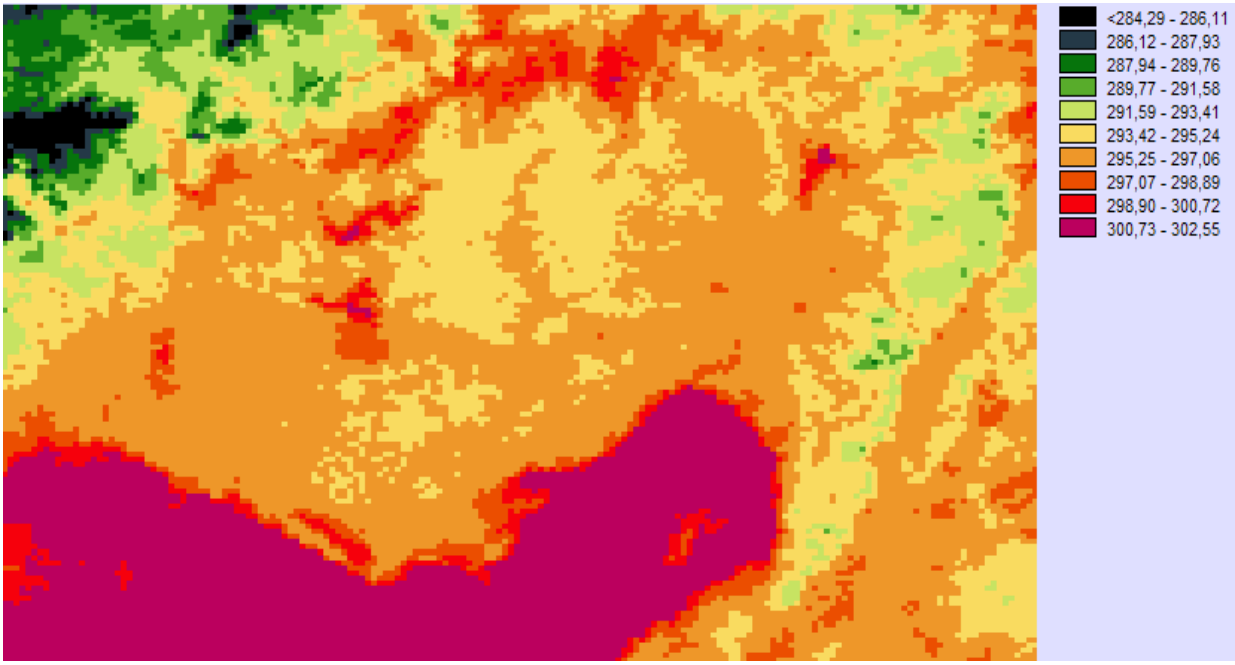
Çizelge 1 Adana'nın yer yüzey sıcaklığını hesaplamada kullanılan 00:00 UTC' rasatlarından elde edilen her aya ait α ve β sabitleri

F_{ADANA}	12:00		
	PW	α	β
ocak	1,281	0,14 T4 + 21,173	1,246 T4 - 250,108
şubat	1,252	0,135 T4 + 23,116	1,243 T4 - 248,136
mart	1,488	0,18 T4 + 7,304	1,267 T4 - 264,184
nisan	1,874	0,253 T4 - 18,558	1,305 T4 - 290,432
mayıs	2,363	0,346 T4 - 51,321	1,354 T4 - 323,684
haziran	2,822	0,433 T4 - 82,074	1,4 T4 - 354,896
temmuz	3,333	0,53 T4 - 116,311	1,451 T4 - 389,644
ağustos	3,322	0,528 T4 - 115,574	1,45 T4 - 388,896
eylül	2,62	0,395 T4 - 68,54	1,38 T4 - 341,16
ekim	2,026	0,282 T4 - 28,742	1,321 T4 - 300,768
kasım	1,665	0,213 T4 - 4,555	1,285 T4 - 276,22
aralık	1,402	0,163 T4 + 13,066	1,258 T4 - 258,336

Çizelge 2 Adana'nın yer yüzey sıcaklığını hesaplamada kullanılan 12:00 UTC' rasatlarından elde edilen her aya ait α ve β sabitleri

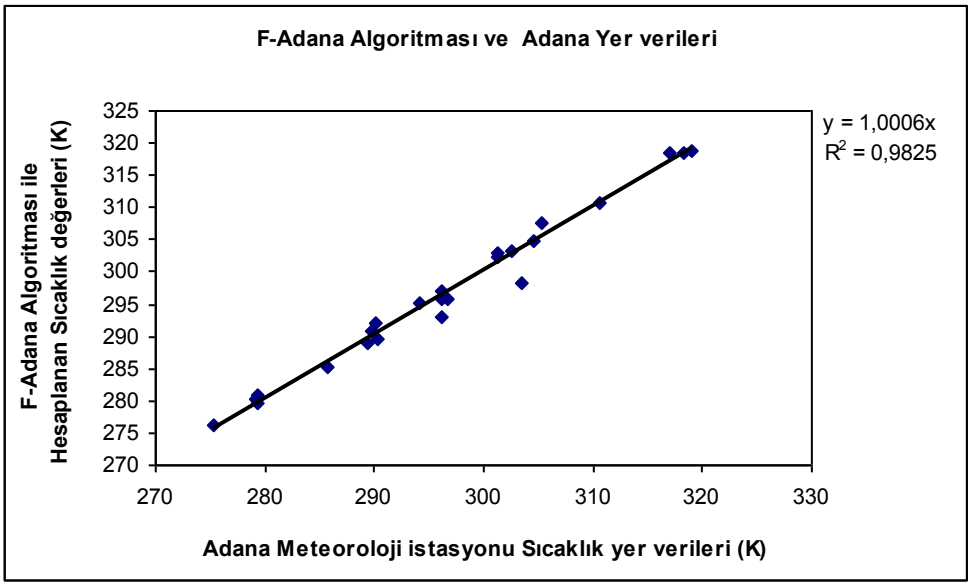
Çizelgelerde aylara ve elde edildiği zamana göre değişen α ve β katsayıların (2) nolu eşitlikte yazılması ile her ay ve zaman dilimi için F_{ADANA} diye adlandıran 24 adet algoritma üretilmiştir. Bu algoritmalar her ayın sabah ve öğlen geçişli uydu verilerine uygulanmak için olmak üzere 2 adettir. Algoritmaların 24 adet NOAA-AVHRR verilerine uygulanması ile Adana için yer yüzey sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. Şekil 2'de Ağustos ayı için

çizelge 1'de yer alan α ve β katsayıların kullanılması ile oluşturulan bölgesel Split-Window algoritması kullanılarak hesaplanan çalışma bölgesinin yer yüzey sıcaklığı haritası yer almaktadır.



Şekil 2. Ağustos ayının katsayıları kullanılarak oluşturulan bölgesel Split-Window algoritmasının 12 Ağustos 2000 03:33 geçişli Noaa 14 uydusuna uygulanması ile hesaplanan yer yüzey sıcaklığı haritası

Elde edilen bu yer yüzeyi sıcaklık değerleri Adana Meteoroloji istasyonunu yer verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu değerlerin grafiği çizilmiş ve regresyon katsayıları hesaplanarak aralarındaki uyum araştırılmıştır. Şekil 3 'de bu değerlerin grafiği görülmektedir.



Şekil 3. Adana meteoroloji istasyonu yer verisi ve F_{ADANA} algoritması ile hesaplanan verilerin doğruluk grafiği

Bu grafik ve F_{ADANA} algoritmasından elde edilen değerler yer verileri ile karşılaştırıldığında sonuçların birbirleri ile büyük oranda uyum içinde görülmektedir zira R^2=0.98 oranıda bunu vurgulamaktadır. Hesaplanan yer yüzey sıcaklığı değerlerinin hata ortalaması 0.19 ^{0}K, standart sapması ise 1.62 ^{0}K olarak bulunmuştur. Yer verilerinden en büyük sapma miktarı 5.1^{0}K yer verilerine en yakın değer olarak ise 0.11^{0}K değerleri bulunmuştur. Bu hata oranları Split-Window metodu kullanarak yapılan çalışmalara için makul sayılmaktadır. Literatürde UVM algoritması kullanılarak yapılan çalışmada bulunan sıcaklık değerlerinin yer verilerinden sapma miktarları 1^{0}K - 5 ^{0}K arasında olması beklenmektedir (C.Coll.1994, Cartalis.2002).

Bu çalışmada bölgesel Split-Window algoritması kullanılarak hesaplana yer yüzey sıcaklığı değerlerinin meteorolojinin yer ölçümlerinden sapma miktarı şekil 4'te yer almaktadır.

Şekil 2. F_{ADANA} algoritmasından elde edilen değerlerin yer verilerinden sapma miktarı

Bu grafikte yer alan hataların en büyük nedeni kullanılan uydu verilerinin çalışma bölgesini algılama zamanları Meteoroloji istasyonlarının yer ölçümü yaptıkları zamanın aynı ve yakın olmamasıdır. Özellikle yaz aylarında yer yüzeyi hızla ısındığı için yer ölçümü ile eş zamanlı olmayan verilerden yapılan hesaplamalarda hata büyük çıkmaktadır. Ayrıca sabit olarak alınan yayınırlık değerlerini mevsimsel değişimide sonuçları etkilemektedir. Bu hata oranlarının azaltmak için uydu verileri ile eş zamanlı olan yer ölçümleri yapabilecek teçhizat, donanım ve personele sahip olmak gerekmektedir. Ayrıca küçük çalışma bölgeleri için aylık baz da ayrıntılı yayınırlık haritaları çıkarmak hata oranlarını etkileyecektir.

KAYNAKLAR

BECKER, F. ; Lİ, Z. L. (1990), Towards a local split window method over land surface ., Int. J. Remote Sensing., 3: 369- 393.

CASELLES, V., COLL, C., and 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.

CARTALİS,C. ; CHRYSOULAKİS,N.,(1997).Estimation of Precipitable Water in Greece on the Basis of Radiosondes and Satellite Data, Toxicological and Environmental Chemistry, vol.58,pp163-171.

COLL, C. ; and CASELLES, V. ; SOBRİNO J.A. ; and E. VALOR, (1994). On the atmospherie dependence of the split window equation for land surface temperature, International Journal of Remote Sensing, 15 (1), 105-122,

CHRYSOULAKIS,N.; CARTALİS,C., (2002). İmproving the estimation of land surfacetemperature for the region of Greece: adjustment of a split window algorithm to account for the distribution of precipitable water,İnt. J. Remote sensing vol.23

CİHLAR, J., LY,H.., Z. Li, CHEN ,J.; POKRANT, H.; and HUANG, F.(1997). Multitemporal, multichannel AVHRR data sets for land biosphere studies - artifacts and corrections, Remote Sensing of Environment, 60, 35-57.

EHRLICH, D., ESTES, J. E.; SINGH, A., (1994), Applications of NOAA-AVHRR 1 km data for environmental monitoring. International Journal of Remote Sensing, 15, 145-161.

HUMES, K. S. ; KUSTAS, W. P. ; MORAN, M. S. ; NICHOL5, W. D. ; WELTZ, M. A., (1994), Variability of emissivity and surface temperature over a sparsely vegetated surface. Water Resources Research, 30, 1299-1310.

LİM, A.,LİEV, S.C.,KWAH, L.K.,(2004).Retrival Of Land Surface Temperature İn The Humid Tropics From Modis Data By Modelling The Atmosphere Transmission And Thermel Emission.IEEE Transactions

On Geoscıence And Remote Sensıng, 248-257, Vol:2.

NOAA KLM User Guide (2001)

OTTLE, C. ; and STOLL, M., (1993), Effect of atmospheric absorption and surface emissivity on the determination of land surface temperature from infrared satellite data. International Journal of Remote Sensing, 14, 2025-2037

SOBRİNO, J.A.; COLL, C.; and 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.

SOBRİNO, J. A. ; LİANG Lİ, Z.; STOLL, M. P.; BECKER, F., (1994).,Improvements in the Split-Window Technique for Land Surface Temperature Determination., Ieee Transactıons On Geoscıence And Remote Sensıng. Vol. 32, No. 2

SCHANDA E., (1976):Ecological Studies,Vol.18:Remote Sensing for Environmental Sciences

QİN,Z.;KARNİELİ A.,(1999)., Proress in the remote ensing of land surface temperature and ground emissivitiy using NOAA-AVHRR data ., International Journal of Remote Sensing, Vol.20, No.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, edited by G. D'Souza, A.S. Belward, and J.-P. Malingreau, pp. 125-151, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

WAN, Z.,(1999)., MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD), pp. 75, Institute for Computational Earth System Science, Santa Barbara,.

IQBAL M. (1983). An Introduction to Solar Radiation. Academic Press, Vancouver, British Columbia.