

SEBAL tekniği ve Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak gerçek evapotranspirasyonun haritalanması: Kayseri örneği

Ümit Haluk ATASEVER¹, Murat ÇOBANER², Mahmut ÇETİN³, Coşkun ÖZKAN⁴, Halil İbrahim İNAN⁵

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Böl., Kayseri, uhatasever@erciyes.edu.tr

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri, mcobaner@erciyes.edu.tr

³Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü., Adana, mcet64@cu.edu.tr

⁴Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Böl., Kayseri, cozkan@erciyes.edu.tr

⁵Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Böl., Kayseri hinan@erciyes.edu.tr

Makale Gönderme Tarihi: 08.10.2015

Makale Kabul Tarihi: 15.06.2016

Öz

Uzaktan algılamanın en önemli uygulama alanlarından biri evapotranspirasyon haritalarının üretilmesidir. Genel olarak, FAO Penman-Monteith, Hargreaves veya Blaney-Criddle gibi klasik teknikler kullanılarak gerçek evapotranspirasyon (ET_a) hesaplamaları noktasal olarak yapılmaktadır. Ancak suyun daha etkin kullanılabilmesi için gerçek evapotranspirasyon haritalarının kullanılması gerekmektedir. Literatürde, evapotranspirasyon haritalama için temel veri kaynağı olarak çok kanallı uydu görüntülerini ve meteorolojik verileri kullanan TSEB, 3T ve SEBAL gibi teknikler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden arasında yer alan SEBAL tekniği, dünyanın birçok bölgesinde uygulandığı için kendini kanıtlanmış bir yaklaşımdır. Bu teknik daha önceleri Landsat 5, Landsat 7, Aster, MODIS, AVHRR gibi uydu görüntüleri ile kullanılmış olmasına karşın, Landsat 8 (LDCM) ile kullanımına rastlanılmamıştır. Bu çalışma kapsamında SEBAL tekniği Landsat 8 (LDCM) uydu görüntüleri ile birlikte kullanılmıştır. SEBAL tekniği kullanılarak Kayseri’de ilk defa gerçek evapotranspirasyon haritalama işlemi uydu görüntüsü aracılığıyla otomatik olarak yapılmıştır. Uygulamanın hata kontrolü için çalışma bölgesinde 15 kontrol noktası belirlenmiş ve bu noktaların ET_a değerleri bitki katsayıları kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçta, kontrol noktalarına göre ortalama % 93.77 doğrulukla ET_a elde edilebilmiştir. ET_a haritalarının havza bazında su yönetimi çalışmalarında kullanılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerçek Evapotranspirasyon, ET Haritalama, SEBAL, Landsat 8 (LDCM);

Giriş

İnsan popülasyonunun ve ihtiyaçlarının artmasıyla beraber su tüketimi de hızla artmaktadır. Bu yüzden su yönetimi geçmişe kıyasla çok daha önemli hale gelmiştir. Su kayıplarının ve dolayısıyla su bütçesinin hesaplanmasındaki en önemli bileşenlerden biri gerçek evapotranspirasyon, yani ET_a 'dır. Yakın zamana kadar gerçek evapotranspirasyon hesaplamaları lizimetreler kullanılarak direk olarak belirlenebildiği gibi Bowen sistemleri gibi aletlerle ya da FAO Penman-Monteith, Blaney-Cridle gibi tekniklerle noktasal olarak hesaplanmaktaydı (Beyribey vd., 1997). Ancak, suyun ve su kaynaklarının etkin biçimde kullanılabilmesi için noktasal ET yerine bölgesel evapotranspirasyon haritalarına gereksinim duyulmaktadır. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) tekniği, gerçek evapotranspirasyon haritalarını oldukça hassas olarak çok kanallı uydu görüntüleri yardımıyla hesaplayabilen bir görüntü işleme algoritmasıdır (Bastiaanssen vd., 1998a). Bu teknik elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve termal (uzun dalga kızılötesi) bölgelerine ihtiyaç duymaktadır. Bu spektral çözünürlüğe sahip olan Landsat 5 ve 7, Modis, Aster ve AVHRR uyduları bir çok çalışmada temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır (Hafeez vd., 2002). Ancak, Landsat 5 uydusunun artık çalışmaması, Landsat 7 uydusunun arızalı olması, ASTER uydusunun ise bazı bandlarının görüntü üretmemesi ve Modis ile AVHRR görüntülerinin mekansal çözünürlüklerinin düşük olması gibi bir çok sorun yeni uydu sistemlerinin SEBAL ile kullanımlarını zorunlu hale getirmektedir. Yeni uydu sistemleri içerisinde yer alan Landsat 8 (LDCM) uydusu, SEBAL tekniği ET_a hesabına olanak sağlayan gerekli tüm bandlara sahip ve dağıtımı ücretsiz olduğundan en uygun uydudur. Landsat 8 uydusunun gerçek evapotranspirasyon haritalamada kullanımında karşılaşılan en büyük problem, bu uydu sistemi için geliştirilmiş özgün bir albedo eşitliğinin bulunmamasıdır. Yapılan incelemede, Landsat 8 ve Landsat 5 TM uydularının ortak bandlarının spektral aralıkları eşit veya çok yakın olduğundan; bu çalışmada albedo hesaplamaları amacıyla Landsat TM

uydusuna ait fonksiyon (katsayılar) kullanılmıştır.

Arazi İçin Yüze Enerji Dengesi Algoritması (SEBAL)

SEBAL, Bastiaanssen vd. (1998) tarafından uydu görüntüleri kullanarak geniş alanlara ait gerçek evapotranspirasyon değerlerinin haritalanması amacıyla geliştirilmiş piksel piksel uygulanan bir görüntü işleme algoritmasıdır. Bu teknikte, toprak veya arazi kullanımına ilişkin herhangi bir bilgiye gereksinim yoktur. SEBAL tekniğinde yüze enerji dengesi her bir piksel için uygulanarak gerçek evapotranspirasyon değerleri (ET_a) elde edilmektedir. Temel enerji dengesi şu şekilde tanımlanır.

$$LE = R_{net} - H - G \quad (1)$$

Eşitlikte, LE , gizli ısı akısı (W/m^2); R_{net} , net radyasyon (W/m^2); H , hissedilebilir ısı akısı (W/m^2); G ise toprak ısı akısıdır (W/m^2). Kısaca SEBAL enerji dengesi bileşenlerinin hesaplanması ve elde edilen bulguların ET_a değerlerine dönüştürülmesinden ibarettir (Bastiaanssen vd., 1998).

Piksel Değerlerinden Radyans ve Reflektans Değerlerinin Hesaplanması

İlk aşamasında piksel parlaklık değerleri meta veri dosyasından elde edilen ölçekleme faktörleri kullanılarak radyans değerlerine dönüştürülürler (USGS, 2015). Radyans değerleri şöyle hesaplanır:

$$L_\lambda = M_L \cdot Q_{calP} + A_L \quad (2)$$

Eşitlikte, L_λ TOA(top of atmosphere) spektral radyans ($Watts/(m^2 \times srad \times \mu m)$); M_L Meta veriden elde edilen banda özgü çarpım faktörü; A_L , banda özgü toplam faktörü; Q_{calP} , kalibre edilmiş piksel değerleridir. Bu işlemin, radyans dönüşümü yapılacak her bir banda ayrı ayrı uygulanması gerekmektedir. OLI sensörüne ait band verileri meta veri dosyasından sunulan ölçekleme katsayıları ile reflektans değerlerine dönüştürülürler (USGS, 2015):

$$p\lambda' = M_p \cdot Q_{calP} + A_p \quad (3)$$

Burada: $p\lambda$, gezegensel reflektans; M_p , meta veri dosyasından elde edilen banda özgü çarpım faktörü; A_p , meta veri dosyasından elde edilen banda özgü toplam faktörü; Q_{calP} , kalibre edilmiş piksel değerleridir. Ek olarak radyans ve reflektans dönüşümü yapılacak her bir bandın ölçekleme faktörleri farklıdır. Ayrıca eşitlik 3'teki $p\lambda'$ güneş açısı düzeltmesi içermemektedir. Düzeltme Eşitlik 4 ile yapılır (USGS, 2015):

$$p\lambda = \frac{p\lambda'}{\cos(\theta_{sz})} \quad (4)$$

Burada: $p\lambda$, düzeltme yapılmış reflektans değeri; θ_{sz} , yerel güneş açısıdır. Bu yerel güneş açısı (θ_{sz}) meta veri dosyasında sunulmaktadır.

Yüze Sıcaklıklarının Hesaplanması

Yüze sıcaklıkları, evapotranspirasyon değerlerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Yüze sıcaklıklarının hesaplanması için ilk olarak radyometrik sıcaklık değerlerinin Eşitlik 5'te verildiği gibi bulunması gerekir:

$$T_R = \frac{C_2}{\ln\left(\frac{C_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (5)$$

Eşitlikte T_R , radyometrik sıcaklık (Kelvin); L_λ , TOA spektral radyans değerleri ($Watts/(m^2 \times srad \times \mu m)$); C_1 ve C_2 meta veri dosyasından alınan termal dönüşüm sabitleridir. Yüze sıcaklıkları, Eşitlik 6 yardımıyla hesaplanır (USGS, 2015):

$$T_s = \frac{T_R}{\varepsilon_0^{0.25}} \quad (6)$$

Eşitlikte: T_s , (Kelvin)yüze sıcaklığı; T_R , radyometrik sıcaklık ve ε_0 ise emisivite değerleridir.

Net Radyasyonun Hesaplanması

Net radyasyon gelen radyasyondan giden radyasyonun çıkarılması ile hesaplanır. Net radyasyon Eşitlik 7 ile hesaplanabilir:

$$R_{net} = R_{s\downarrow} - R_{s\uparrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \varepsilon_s) \cdot R_{L\downarrow} \quad (7)$$

Eşitlikte: $R_{s\downarrow}$, gelen kısa dalga radyasyon (W/m^2); $R_{s\uparrow}$, giden kısa dalga radyasyon (W/m^2); $R_{L\downarrow}$, gelen uzun dalga radyasyon (W/m^2); $R_{L\uparrow}$, giden uzun dalga radyasyon (W/m^2) ve ε_s ise normalleştirilmiş fark indeksi kullanılarak hesaplanan yüze emisivite değeridir (Van De Griend ve Owe 1993; Bastiaanssen vd., 1998).

Toprak Isı Akısının Hesaplanması

Toprak ısı akısı, toprağın ısınmasına veya soğumasına neden olan enerji miktarı olarak tanımlanır (Allen vd., 2007). SEBAL yaklaşımında toprak ısı akısı, Eşitlik 8 ile bulunur.

$$G = R_{net} \cdot \left(\frac{T_s - 273}{\alpha} \right) (0.0032 \cdot (c1 \cdot \alpha) + 0.0062(c1 \cdot \alpha)^2)(1 - 0.97 \cdot NFBI^4) \quad (8)$$

Eşitlikte: R_{net} , net radyasyon (W/m^2); T_s , yüze sıcaklığı (Kelvin); NFBI, normalleştirilmiş fark bitki indeksi değeri; $c1$, düzeltme parametresi (genelde 1.1 alınır); α , yüze albedosudur. (Bastiaanssen, 2000). Toprak ısı akısının hesaplanması sırasında en önemli parametrelerden biri yüze albedosudur. Albedo, yüzeylerin ışığı yansıtabilirliğini tanımlayan bir sabittir. Uydu görüntülerinden albedo haritalarının hesaplanabilmesi için, tanımlanmış eşitlikler kullanılmaktadır (Singh vd., 2008).

Tablo 1. Landsat 8 uydu için çalışmada kullanılan katsayılar

| Bandlar | Band 2 | Band 4 | Band 5 | Band 6 | Band 7 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Katsayılar | 0.356 | 0.130 | 0.373 | 0.085 | 0.072 |

Ancak çok yeni bir uydu sistemi olan Landsat 8 (LDCM) için bu amaçla kullanılacak bir eşitlik bulunmamaktadır. Bu yüzden, bu

araştırmada Landsat 5 TM uydusunun albedo dönüşüm katsayıları kullanılmıştır. Bu eşitlik Landsat 8 görüntüsünün albedo hesabı için kullanılacak bandların katsayıları Tablo 1'deki gibi tanımlanmıştır. (Liang, 2001):

Hissedilebilir Isı Akısının Hesaplanması

Hissedilebilir ısı akısı, yüzey ve hava arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan ısı transferinin genel adıdır. Hissedilebilir ısı akısının hesaplanmasında Eşitlik 9 kullanılır (Singh vd., 2008):

$$H = \rho_a \cdot C_p \cdot \left(\frac{dT}{r_{ah}} \right) \quad (9)$$

Burada: H , hissedilebilir ısı akısı (W/m^2); ρ_a , hava yoğunluğu (kg/m^3); C_p , havanın ısı kapasitesi ($J/kg \times K$); dT , hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı arasındaki fark; r_{ah} , ise ısı transferine karşı aerodinamik dirençtir (s/m). Bu adımda r_{ah} hesaplanırken Monin-Obukhov teorisi kullanılır. Bu aşamada yaprak alan indeksi; toprak uyarlamalı bitki indeksi ve rüzgar hızı gibi parametrelere ihtiyaç duyulur. Standart SEBAL tekniğinde $dT = a + b \times (T_s)$ eşitliğine uygun olarak a ve b katsayıların hesaplanabilmesi için uçuş görüntüsü üzerinde sıcak ve soğuk piksel seçim işlemi gerçekleştirilir (Bastiaanssen vd., 1998).

Günlük Gerçek Evapotranspirasyonun Hesaplanması

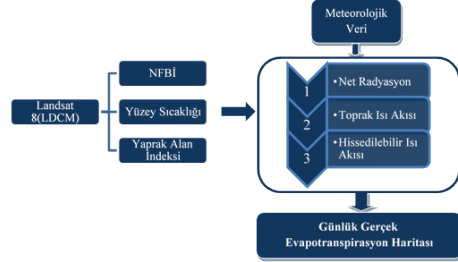
Net radyasyon, toprak ısı akısı ve hissedilebilir ısı akısı hesaplandıktan sonra günlük gerçek evapotranspirasyon değerleri Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanır (Singh vd., 2008).

$$F = \frac{LE}{R_{net} - G} \quad (10)$$

$$ET_a = \frac{86400 \cdot F \cdot (R_{net24} - G)}{\lambda - \rho_w} \quad (11)$$

Eşitlik 10 ve Eşitlik 11'de F , buharlaşma fraksiyonu; R_{net24} , günlük net radyasyon (W/m^2); λ , buharlaşma laten ısısı (J/kg); ρ_w ,

suyun yoğunluğudur (kg/m^3). SEBAL tekniğinin işlem akışı Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. SEBAL tekniği ile ET_a hesabında işlem sırası akışı diyagramı

Uygulama

SEBAL tekniğinin Landsat 8 uydusu ile uygulaması Kayseri sınırları içerisinde bulunan Sarımsaklı Sulama Birliğine ait havzada gerçekleştirilmiştir. Havzanın konumu Şekil 2'de sunulmuştur. Uygulamada, işlemin doğruluğunun ortaya konulabilmesi için ihtiyaç duyulan yer kontrol noktalarının tespiti ve bu noktalara ait bitki deseni Ağustos (2014 yılı) ayı içerisinde arazi çalışması ile belirlenmiştir. Her bir yer kontrol noktasının ET_a değerinin hesaplanması için, ET_0 değerine ve yer kontrol noktalarındaki bitkilere ait su tüketim katsayılarına (K_c) ihtiyaç duyulmaktadır. ET_0 değeri Kayseri Merkez metroloji istasyonundan elde edilen veriler ve FAO Penman-Monteith Tekniği kullanılarak hesaplanmış; $ET_0=5.87$ mm/gün olarak bulunmuş olup; bitki katsayıları ise FAO tarafından hazırlanmış olan kılavuzdan elde edilmiştir (Allen vd., 1998). 17 Temmuz 2014 tarihli uydu görüntüsünün kullanıldığı uygulamada yer kontrol noktaları ve bu noktalara ait bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

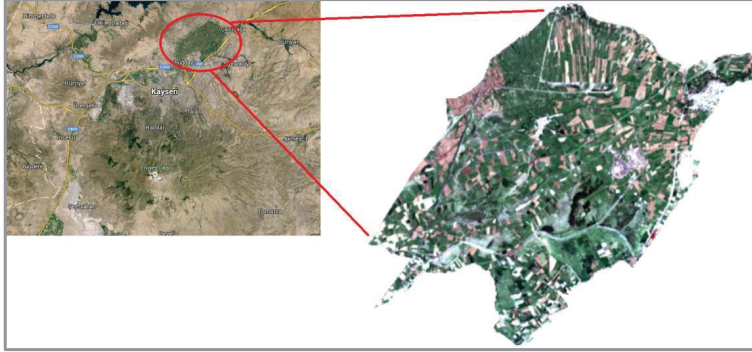
Bulgular

Çalışma bölgesinde yapılan uygulamada bitki katsayısı yöntemi ve SEBAL tekniği arasındaki farkın ortalama olarak oldukça başarılı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Literatürde yapılan incelemede farklı noktalarda lizimetre, Bowen oranı veya bitki katsayısı yöntemleriyle

*SEBAL tekniği ve Landsat 8 uydú görüntüsü kullanarak gerçek evapotranspirasyonun haritalanması:
Kayseri rneği*

SEBAL tekniğinin elde ettiği sonuçlar arasında farklılık görülebilmektedir. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için yer kontrol noktaları ve SEBAL yaklaşımına ait bulgular Şekil 3’de sunulmuştur. Şekil 3 ve Tablo 3 incelendiğinde, özellikle 1, 3 ve 5 numaralı kontrol noktalarında

SEBAL tekniği ve bitki katsayısı yöntemi ile elde edilen değerler arasında sırasıyla yaklaşık %17.8, %10.24 ve %14.59 hata olduğu görülmektedir. Bu hata miktarlarının, bir çok araştırmacı tarafından kabul edilebilir miktarda olduğu belirtilmiştir(Singh vd., 2008; Chavez vd., 2008).



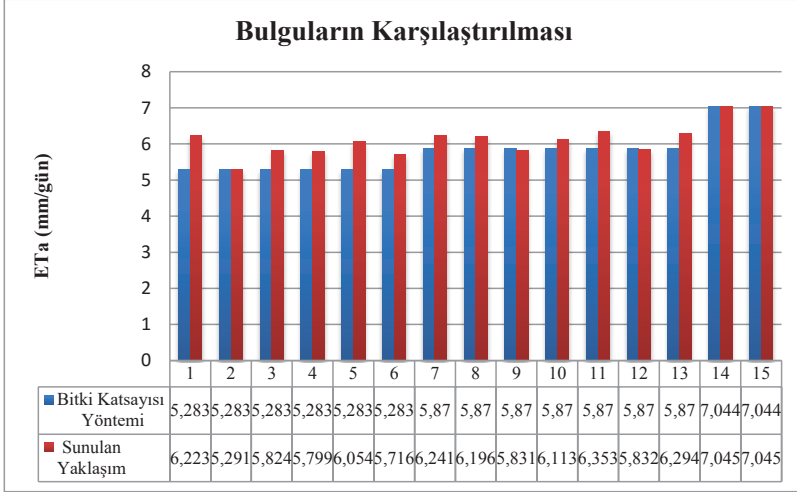
Şekil 1. Kayseri ili saha uygulaması için belirlenen havzanın konumu.

Tablo 2. Kontrol noktalarına ait bilgiler

| Nokta No | Doğu (X) | Kuzey (Y) | Bitki Türü | Kcini | KCmid | KCend | ET_a (mm/gün) |
|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|
| 1 | 726498 | 4303946 | Yonca | 0.40 | 0.9514 | 0.9 | 5.283 |
| 2 | 726371 | 4303906 | Yonca | 0.40 | 0.9514 | 0.9 | 5.283 |
| 3 | 726428 | 4303794 | Yonca | 0.40 | 0.9514 | 0.9 | 5.283 |
| 4 | 726410 | 4303755 | Yonca | 0.40 | 0.9514 | 0.9 | 5.283 |
| 5 | 727007 | 4303982 | Pancar | 0.35 | 1.2 | 0.705 | 5.283 |
| 6 | 726987 | 4304013 | Pancar | 0.35 | 1.2 | 0.705 | 5.283 |
| 7 | 727071 | 4304011 | Ayçiçeği | 0.20 | 1;1.16 | 0.35 | 5.87 |
| 8 | 726952 | 4303964 | Ayçiçeği | 0.20 | 1;1.16 | 0.35 | 5.87 |
| 9 | 727528 | 4304219 | Ayçiçeği | 0.20 | 1;1.16 | 0.35 | 5.87 |
| 10 | 728015 | 4304330 | Ayçiçeği | 0.20 | 1;1.16 | 0.35 | 5.87 |
| 11 | 727991 | 4304323 | Ayçiçeği | 0.20 | 1;1.16 | 0.35 | 5.87 |
| 12 | 728009 | 4304284 | Ayçiçeği | 0.20 | 1;1.16 | 0.35 | 5.87 |
| 13 | 728001 | 4304279 | Ayçiçeği | 0.20 | 1;1.16 | 0.35 | 5.87 |
| 14 | 728258 | 4304123 | Mısır | 0.30 | 1.20 | 0.6;0.35 | 7.044 |
| 15 | 728258 | 4304124 | Mısır | 0.30 | 1.20 | 0.6;0.35 | 7.044 |

Ek olarak tüm noktalardan elde edilen bulgular genel olarak incelenir ise, kullanılan yöntemin yer kontrol noktalarında belirlenen değerlere olduğuca yakın değerler ürettiği söylenebilir. Tablo 2’de tüm noktalara ait ortalama mutlak

orsanal hata değerleri (MARE) sunulmuştur. Tüm kontrol noktalarının ortalama mutlak yüzdesel hata değerleri (MAPE) %6.23 olarak bulunmuştur.



Şekil 4. SEBAL yaklaşımı ve yer kontrol noktalarının karşılaştırılması

Tablo 3. SEBAL tekniğinin kontrol noktalarındaki hata değerleri

| ÖLÇÜM NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----------|------|------|-------|------|-------|------|------|-----|------|------|-----|------|-----|------|------|
| HATA (%) | 17.8 | 0.15 | 10.24 | 9.75 | 14.59 | 8.18 | 6.31 | 5.6 | 0.67 | 4.13 | 8.2 | 0.63 | 7.2 | 0.01 | 0.01 |

Gözlenen değerler ile hesaplanan değerler arasındaki “Ortalama karesel hata” değeri Eşitlik 12’deki gibi hesaplanmıştır.

$$mse = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (ET'_{a,i} - ET_{a,i})^2 \quad (1d)$$

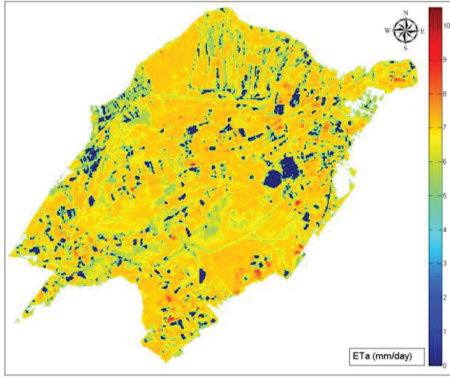
Eşitlikte: n , vektördeki eleman sayısı; $ET'_{a,i}$, SEBAL ile hesaplanan gerçek evapotranspirasyon değeri; $ET_{a,i}$ yer kontrol noktalarına ait Kc katsayıları kullanılarak hesaplanan gerçek evapotranspirasyon değeridir. Yer kontrol noktaları ile SEBAL tekniğinden elde edilen sonuçlar arasındaki ortalama karesel hata değeri 0.1962 olarak bulunmuştur. Landsat 8 için bir albedo eşitliğinin olmaması; dolayısıyla Landsat 5 TM uydusunun albedo eşitliğinin kullanılması da az olsa yapılan bu uygulamada SEBAL tekniğinin doğruluğunu düşüren bir faktör olarak söylenebilir.

Elde edilen sonuçları yorumlamanın bir diğer yolu ise, ortaya çıkan ET_a haritası ile yeşil bitki

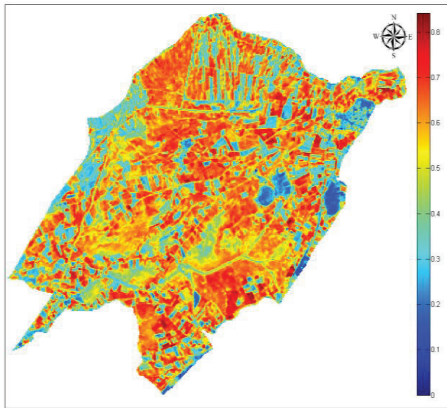
varlığının tespitinde kullanılan NFBİ (Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi) haritasının beraber incelenmesidir. Normal koşullarda NFBİ değeri yüksek olan piksellerde ET_a değerinin de göreceli olarak yüksek olması beklenmektedir. Katsayıların hesaplanmasını ardından hesaplanan ET_a haritası Şekil 4’te ve NFBİ (Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi) haritası Şekil 5’de sunulmuştur.

Yukarıdaki bulgulara ek olarak NFBİ haritası ile ET_a haritası arasındaki çapraz korelasyon değeri +0.92 olarak bulunmuştur. Çapraz korelasyon değeri yardımıyla bitki varlığının arttığı bölgelerde ET_a değerlerinin arttığı ortaya çıktığı görülmüş; böylelikle sadece noktasal olarak değil haritanın geneli olarak anlamlı gerçeği daha iyi yansıttığı ortaya çıkmıştır.

SEBAL tekniği ve Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak gerçek evapotranspirasyonun haritalanması: Kayseri rneği



Ŗekil 4. Çalışma bölgesine ait ET_a haritası



Ŗekil 5. Çalışma bölgesine ait NFBİ haritası

Sonuçlar ve Tartışma

Su yönetiminin en önemli bileşenlerinden biri gerçek evapotranspirasyondur. Ülkemizde Ŗimdiye kadar yapılan birçok bilimsel çalışma veya projede noktasal olarak hesaplanan bu parametre; uydu görüntülerinin yardımıyla tam anlamıyla alansal bir tematik harita olarak hesaplanabilmektedir. SEBAL Gerçek evapotranspirasyonun hesaplanmasında en sık tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu alışmada, SEBAL tekniği kullanılarak Kayseri'nin önemli tarım alanında gerçek evapotranspirasyon haritalama uygulaması yapılmıştır. Bu sayede söz konusu tekniğin Landsat 8 uydusu ile Kayseri

sınırları içerisinde uygulanabilirliği irdelenmiş ve gösterilmiştir. Landsat 8 için özgün bir albedo eşitliğinin geliştirilmesi, SEBAL tekniğinin doğruluğunu da arttıracaktır. Elde edilen alansal ET_a haritası havza bazındaki su yönetimi çalışmalarında kullanılabilecektir. Bu haritalar haftalık, 15 günlük, aylık ya da dönemlik olarak hazırlanabilir ve karar vericilerin hizmetine sunulabilir.

Teşekkür

Bu alışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 114Y049 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Allen G., Pereira L., S., Raes D., Smith M., (1998). "Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements", *FAO Irrigation and Drainage paper no:56*, FAO, Rome
- Allen, R. G., Tasumi M., and Trezza R., (2007). "Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration With Internalized Calibration (METRIC) – Model", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133(4), 380-394.
- Bastiaanssen, W. G. M., (2000). "SEBAL-Based Sensible And Latent Heat Fluxes In The Irrigated Gediz Basin", Turkey, *Journal of Hydrology*, 229(1 -2), 87-100.
- Bastiaanssen, W. G. M., Menenti, M., Feddes, R. A. And Holtslag, A. A. M., (1998). "A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation", *Journal of Hydrology*, 212-213(0), 198-212.
- Beyribey, M., vd., (1997). "Sulama Ŗebekelerinde Blaney-Criddle ve Penman-Monteith Yntemlerine Gre Sulama Suyu İhtiyacının Karşılanması", *Tarım Bilimleri Dergisi*, Ankara Üniversitesi
- Chavez, J. L., Neale, C. M. U., Prueger, J. H., Kustas, W. P., (2008). "Daily evapotranspiration estimates from extrapolating instantaneous

- airborne remote sensing ET values”. *Irrigation Science*, 27 (1): 67-81.
- Civicioglu, P., (2012). “Transforming geocentric cartesian coordinates to geodetic coordinates by using differential search algorithm”, *Computer and Geoscience-Uk*, 46, 229-247.
- Civicioglu P., (2013). “Backtracking Search Optimization Algorithm For Numerical Optimization Problems”, *Applied Mathematics and Computation*, vol.219, pp.8121-8144,
- De Falco, I., Cioppa, A., D., Maisto, D., ve Tarantino, E., (2008). Differential Evolution as a viable tool for satellite image registration, *Applied Soft Computing*, 8(4), pp. 1453-1462.
- Hafeez, M. M., Chemin, Y., Van De Giesen, N., and Bouman, B. A. M., (2002). “Field Evapotranspiration Estimation in Central Luzon, Philippines, Using Different Sensors: Landsat 7 ETM+, Terra Modis and- Aster”, In *Proc. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*, Ottawa.
- Liang, S. L., (2001). Narrowband to broadband conversions of land surface albedo: I Algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 76 (2): 213-238.
- Singh, R. K., Irmak, A., Irmak, S., and Martin, D. L., (2008). “Application of SEBAL Model for Mapping Evapotranspiration and Estimating Surface Energy Fluxes in South-Central Nebraska”, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134(3), 273-285.
- USGS, (2015), “Using the USGS Landsat 8 Product”, http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php, Son Erişim: 03.02.2015
- Van De Griend, A. A., and Owe M., (1993). “On The Relationship Between Thermal Emissivity And The Normalized Difference Vegetation Index For Natural Surfaces”, *International Journal of Remote Sensing*, 14(6), 1119-1131.

Mapping actual evapotranspiration by using SEBAL technique and Landsat 8 imagery: a case study in Kayseri

Extended Abstract

One of the most important applications of remote sensing is the calculation of evapotranspiration (ET) map. Generally, actual ET calculations are done locally using conventional techniques such as FAO Penman-Monteith, Hargreaves or Blaney-Criddle. But it is necessary to use regional evapotranspiration maps for effective water management at the watershed-scale. For this purpose, several methods are used such as TSEB, 3T and SEBAL which need using meteorological data and multichannel satellite image. Among them, SEBAL, in particular, is a proven technique which has been implemented successfully in many countries. Although this technique was used with Landsat 5, Landsat 7, Aster, Modis, AVHRR; no application with Landsat 8 (LDCM) hasn't seen so far. In this study, SEBAL technique has been used together with Landsat 8 (LDCM) image. Actual evapotranspiration mapping application has been done automatically in Kayseri for the first time. For error calculation, 15 control points was established and ET_a values of these points were calculated by using crop coefficients. In conclusion, according to control points, accuracy of the technique adopted is calculated as, on average, % 93.77. It has seen suggested that ET_a maps may be used in the water management purposes in at the basin level.

Keywords: *Actual Evapotranspiration, ET Mapping, SEBAL, Landsat 8 (LDCM)*

mühendislik dergisi

