

UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNİN ANLAMLANDIRILMASI: TUZ GÖLÜ ÖRNEĞİ

C. Örmeci^a, S. Ekercin^{b,*}

^a İTÜ, İnşaat Fakültesi, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı, 34469 Maslak/İstanbul - cankut@itu.edu.tr

^b Aksaray Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 68100 Aksaray - ekercin@itu.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Tuz Gölü, Landsat, spektrometre, geometrik düzeltme, radyometrik düzeltme

ÖZET:

Türkiye'nin ikinci en büyük gölü olan Tuz Gölü, kendine özgü doğal yapısı ile ülkemizdeki diğer göllerden oldukça farklıdır. Buna paralel olarak, göle ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanması da farklılık arz etmektedir. Bu çalışmada, uzaktan algılama görüntülerinin anlamlandırılması konusunda Tuz Gölü'ne ait uydu görüntüleri kullanılarak bir uygulama yapılmış ve bölgeye ait uydu görüntülerinin yorumlanması bakımından elde edilen sonuçlar açıklanmıştır. Çalışmanın görüntü işleme aşaması, geometrik ve radyometrik düzeltme işlemlerini içermektedir. Landsat-5 uydusunun üst geçişi ile eş-zamanlı olarak Tuz Gölü ve çevresinde yapılan yersel spektrometre ölçmeleri ve bu ölçme sonuçları ile birlikte yorumlanan uydu görüntüleri, uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan uydu verilerine ait orta kızılötesi bant kullanılarak su ile örtülü alanların belirlenmesi yönteminin, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanması aşamalarında kullanılamayacağı, kullanılması durumunda ise hatalı sonuçlar vereceğini göstermiştir. Sonuçlar ayrıca, su ile örtülü alanların uydu verisi ile belirlenmesi işleminde sağlıklı bir hesaplanmanın yapılabilmesi için uygun spektral aralığın sadece yakın kızıl ötesi bölge olduğunu göstermektedir.

1. GİRİŞ

Tuz Gölü, ince tuz tabakası (1-10 cm) ile kaplı bataklık tabanı ve çok düşük su yüksekliği ile kurduğu yaz ayları dışında (güneyden ulaşan drenaj kanalının göle döküldüğü bölge dışında) girilemez bölgedir. Girilebilen Temmuz ve Ağustos aylarında ise bahar ayları başında başlayan buharlaşma nedeniyle gölde genellikle su bulunmamaktadır (ÖÇKKB, 2001). Bundan dolayı, su rezervi değişimi ve kuraklık etkileri konusunda (özellikle de gölün kıyıdan uzak olan orta bölgesine ait) herhangi bir veri mevcut değildir. Bu noktada, su kaynaklarının daha iyi yönetimi için hem girilen hem de ulaşılamayan bölgeler hakkında hızlı, güvenilir ve tutarlı verilerin toplanması işleminde kullanılacak bir teknik tanımlamak gereklidir. Ulaşılamayan bölgeler hakkında bilgi etme konusundaki üstün kabiliyeti sayesinde uzaktan algılama tekniği, bu konuda ideal tekniktir (Bilge vd., 2003; Melesse ve Jordan, 2002; Pax-Lenney vd., 2001; Sannier vd., 2002; Teillet vd., 2001).

Tuz Gölü, uzaktan algılama teknikleri ile riskli ve girilemeyen bölgelerin izlenmesi konusunda gerçekleştirilecek çalışmalar için pilot bir bölge gibidir.

Uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen uzaktan algılama çalışmalarında, su ile örtülü alanların uydu görüntüsü kullanılarak tespit edilmesi işleminde çoğunlukla, elektromanyetik spektrumun görünür (0,4-0,7µm) bölgesinden mümkün olduğunca uzak olan yakın ve orta kızılötesi bölgelerinde algılanmış spektral bantlar kullanılır. Kısa dalga boylarında (örneğin görünür bölge) ışının su içerisine nüfuz edebilme (penetrasyon) özelliği nedeniyle kara ile su arasındaki ayrımı belirlemek güçleşir (Şekil 1 (a)). Kızılötesi bölgede ise ışının su tarafından yutulması nedeniyle yansıyan ışının çok az ya da hiç olmadığı, uydu görüntüsü üzerinde çok koyu

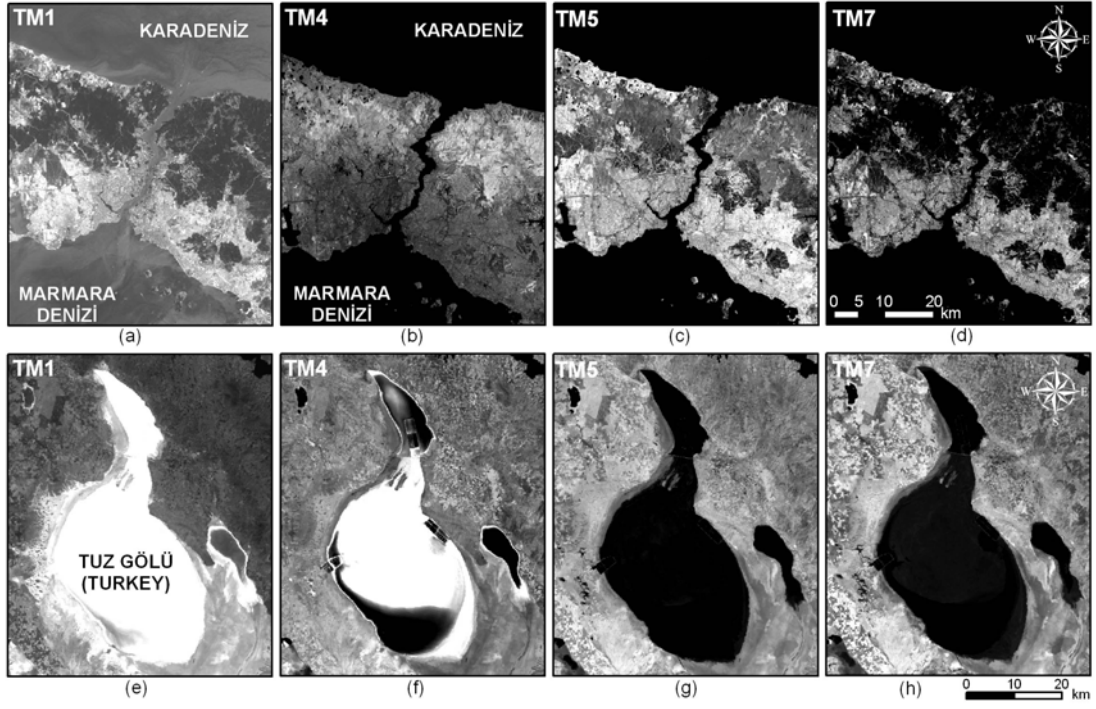
renk tonunda görülen bölgeler su ile örtülü alanları temsil eder (Şekil 1 (b)(c)(d)). Örneğin, Landsat-7 ETM uydu görüntüsü üzerinde su ile örtülü alanların tespit edilmesi işleminde, elektromanyetik spektrumun 2,08-2,35µm aralığında yer alan orta kızılötesi bölgede algılanan 7. bantın kullanılması önerilmektedir (Frouin vd., 1996; Wilson, 1997).

Ancak, Tuz Gölü'ne ait Landsat uydu görüntüleri üzerinde yapılan ön analizler sonucunda, bölgeye ait uydu görüntülerinin yorumlanmasında farklı bir durumun olduğu tespit edilmiştir. Landsat uydusuna ait yakın ve orta kızılötesi bantlar üzerinde su ile örtülü alanlar (ışının yutulması nedeniyle) tamamen koyu renk tonunda olması gerekirken, Tuz Gölü'ne ait yakın ve orta kızılötesi bantlar üzerinde göl, tamamen farklı iki yapıda görülmektedir (Şekil 1 (f)(g)(h)). Tuz Gölü'ne ait uydu görüntüleri üzerinde su ve tuz ile örtülü alanların sağlıklı şekilde tespit edilmesi, göldeki su ve tuz rezervinin zamansal değişiminin belirlenmesi açısından son derece önemlidir.

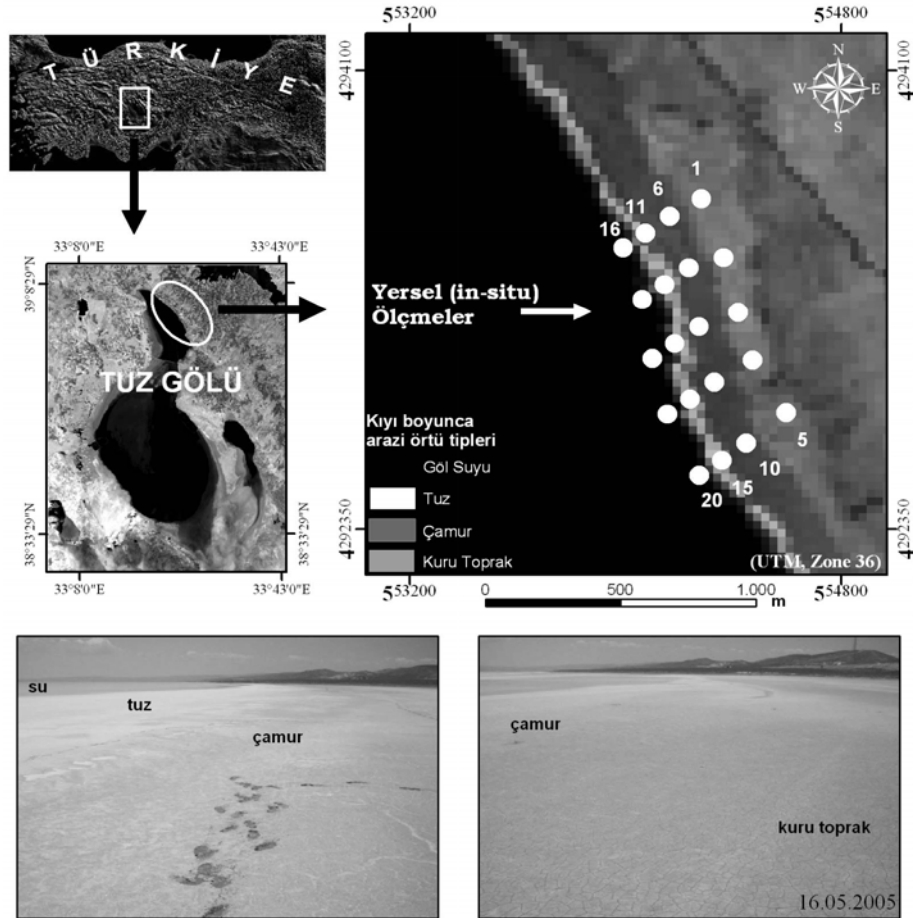
Bu nedenle bu çalışmada, söz konusu bu farklı durumun aydınlatılması amacıyla yönelik olarak, eş-zamanlı yer ve uydu verilerinin elde edilmesi ve değerlendirilmesini içeren bir arazi çalışması gerçekleştirilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Uygulama, gölün kuzey kıyılarında gölü temsil edici bir bölgede, Landsat-5 uydusunun üst geçişiyle senkronize şekilde ve eş-zamanlı spektrometre ölçmeleri ile yapılmıştır.

Çalışmada ilk olarak, eş-zamanlı olarak (aynı gün ve zamanda) algılanan yer ve uydu verileri arasındaki korelasyon araştırılmıştır. Daha sonra, Tuz Gölü'nün kendine özgü doğal yapısı nedeniyle, göle ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanmasında oluşan farklılıklar aydınlatılmıştır. Bu çalışma, uzaktan algılama konusunda bölgede gerçekleştirilen ilk uygulama olup, bölgeye ait uydu görüntülerinin yorumlanması açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

* Corresponding author. Semih Ekercin, E-mail: ekercin@itu.edu.tr, Tel: +90.212.285 3803.



Şekil 1. Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde algılanan Landsat-5 TM verisine ait spektral bantların karşılaştırılması. (a)(b)(c)(d) İstanbul ve çevresi. (e)(f)(g)(h) Tuz Gölü ve çevresi (TM1: Landsat-5 TM band1, TM2: Landsat-5 TM band2 vb).



Şekil 2. Çalışma alanının yerleşimi

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Konya ilinin kuzeydoğusunda, 33°03' ve 33°45' doğu boylamları ile 38°20' ve 39°10' kuzey enlemleri arasında (yaklaşık 90x60 km²) bulunmakta olup Türkiye'nin en büyük ikinci gölü olan Tuz Gölü'nü ve yakın çevresini kapsamaktadır (Şekil 2). Türkiye'nin toplam tuz ihtiyacının %30'u Tuz Gölü'nden sağlanmaktadır.

Tuz Gölü'nü besleyen sular doğuda Şereflikoçhisar'dan geçen Peçenek Suyu, güneyde Eski'den göle giren Bağlıca ve Kırkdelik suları ile Eşmekaya kaynakları, güneybatıda Tersakan ayağı ile batıda Cihanbeyli'den gelen İnsuyu'dur. Tuz Gölü ile yakın ilişkide olan göller Tuz Gölü ile bir ekosistem bütünlüğü arz etmektedir. Yakın çevresindeki göller Tersakan Gölü, Bulak Gölü ve Kulu Gölleridir. Tuz Gölü tüm yağışlarını kış aylarında alırken yazın göle giren su yoktur. Göl içinde suyun tuz konsantrasyonu çok yüksek olduğu için suda yaşayan bitkilere rastlanmaz. Tuz Gölü, uzaktan algılama uygulamalarını içeren bilimsel çalışmalar açısından neredeyse hiç dokunulmamış bir alandır.

2.2 Kullanılan Veri

Çalışmada bir adet 16.05.2005 (Saat 10:31) tarihli bulutsuz Landsat-5 TM görüntüsü kullanılmıştır. Landsat TM algılayıcısının görünür ve yakın kızılötesi bölgede dört spektral bantı (VNIR; 0.45-0.52 µm, 0.52-0.60 µm, 0.63-0.69 µm ve 0.76-0.90 µm, 30 m), orta kızılötesi bölgede iki bantı (SWIR; 1.55-1.75 µm ve 2.08-2.35 µm, 30 m), ve termal kızılötesi bölgede bir bantı (10.4-12.5 µm, 120 m; ETM için 60 m) mevcuttur. Ancak çalışmada uydu görüntülerinin yersel ölçmeler ile karşılaştırılmasına imkân sağlanması amacıyla sadece VNIR ve SWIR bölgede algılanan spektral bantlar kullanılmıştır. Görüntü işleme tekniklerinin ve spektral ölçmelerin değerlendirilmesi işlemlerinde, ERDAS Imagine® ve ASD ViewSpecPro® yazılımları kullanılmıştır.

3. YÖNTEM

3.1 Arazi Çalışması

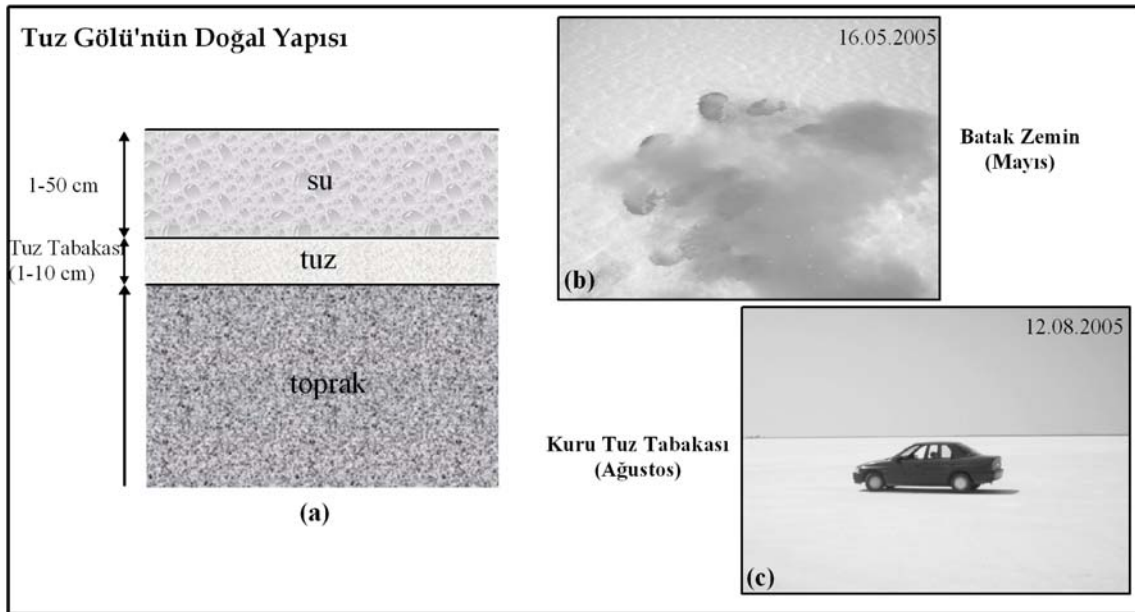
Bu çalışmanın temel hedeflerinden ilki, aynı gün ve zamanda elde edilen yer ve uydu verileri arasındaki korelasyonun araştırılmasıdır. Bu nedenle, Landsat-5 uydusunun Tuz Gölü'nden üst geçişi dikkate alınmış (16.05.2005, 10:31) ve spektral ölçmeler aynı gün 09:30 ile 12:30 saatleri arasındaki gerçekleştirilmiştir. Ölçme noktaları (20 adet) kıyı boyunca düzenli şekilde uzanan temsil edici örtü tipleri üzerinde ve dört paralel güzergâh boyunca (a) göl suyu (b) tuz (c) çamur (d) kuru toprak olarak seçilmiştir (Şekil 2). Seçilen noktalar arasındaki mesafe yaklaşık 300 m olup, noktaların koordinatları el-tipi GPS ile kaydedilmiştir. Ölçmeler arazi tipi ASD FieldSpec® Pro marka spektrodürometre ile gerçekleştirilmiştir.

3.2 Geometrik Düzeltme

Çalışma bölgesine ait 16.05.2005 tarihli Landsat-5 TM uydu verisi, 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalardan elde edilen toplam 50 adet nokta kullanılarak UTM projeksiyon sistemine dönüştürülmüştür. Birinci derece polinomlar kullanılarak 30 m uzaysal çözünürlüğe sahip olan sonuç görüntüler elde edilmiştir. Bu şekilde elde edilen görüntü referans olarak kullanılarak 1990 ve 2001 yıllarına ait diğer görüntüler de (image-to-image coregistration) geometrik olarak düzeltilmiştir. Polinom eşitliklerinin ürettiği karesel ortalama hata tüm görüntüler için ±0.5 pikselin altında kalması sağlanmıştır. Yeniden örnekleme işlemi esnasında, radyometrik kaybın en az olduğu en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır.

3.3 Radyometrik Düzeltme

Uydu verileri, güneş ışığının geliş açısı, güneşin yükseklik açısı, alıcı platformun bakış açısı gibi faktörlerden etkilenir. Uydu görüntüleri kullanılırken, radyometrik olarak tutarlı veri üretebilecek bir yöntem uygulayarak söz konusu etkilerin



Şekil 3. Tuz Gölü'nün doğal yapısı

kaldırılması istenir. Bu, bir görüntünün diğer görüntülerle zamansal ve uzaysal olarak karşılaştırılabilmesine imkân sağlar. Bu işlem ayrıca, uzaktan algılanmış uydu verisinin spektral ölçmeler gibi yersel verilerle birlikte (karşılaştırarak) kullanımını sağlar (Green vd., 2000; Almeida-Filho ve Shimabukuro, 2002; Danaher, 2002; Thenkabail, 2003).

Çalışmada kullanılan Landsat uydu verilerinin birbirleri ve yersel spektrometre ölçmeleri ile karşılaştırılabilmesi amacıyla, görüntüler radyometrik olarak düzeltilmiştir. Radyometrik düzeltme işleminin amacı atmosferik etkileri en aza indirmek ve uydu verisinden elde edilen parlaklık değerlerini yersel ölçmeler ile spektral olarak karşılaştırılabilir hale getirmektir (Chavez, 1996; Yang ve Lo, 2000; Lu vd., 2002; Lillesand vd., 2004). Bu çalışmada, parlaklık değerlerinin yansımaya değerlerine dönüştürülmesi işlemi için Chander ve Markham (2003) tarafından verilen iki temel eşitlik kullanılmıştır. İlk eşitlik parlaklık değerlerinin radyans değerlerine dönüştürülmesi işleminde kullanılmaktadır:

$$L_{\lambda} = \text{Gain}_{\lambda} * \text{DN}_{\lambda} + \text{Bias}_{\lambda} \quad (1)$$

burada Gain_{λ} ve $\text{Bias}_{\lambda} = W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)/DN$ biriminde uydu verisinin bilgi dosyasında (header file) verilen, spektral banda ait yeniden ölçeklendirme katsayıları λ = spektral band numarası L_{λ} = algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeridir.

Bu eşitlikler ile spektral parlaklık değerlerini hesaplama işlemi, bir görüntüyü ortak bir radyometrik ölçeğe dönüştürmek için ilk ve en önemli aşamadır.

İkinci aşamada ise uydu verileri, yersel ölçmeler ile karşılaştırılabilir hale dönüştürülür (Örmeci ve Ekercin, 2006). Bu amaçla, ilk aşamada elde edilen spektral parlaklık değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla spektral yansıtım değerlerine dönüştürülür.

$$R = (\pi * L_{\lambda} * d^2) / (ESUN_{\lambda} * \text{Cos}\theta_s) \quad (2)$$

burada R = birimsiz spektral yansıtım değeri (yer yüzeyindeki)
 L_{λ} = algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri
D = astronomik birimde, dünya ile ay arasındaki mesafe
 $ESUN_{\lambda}$ algılayıcılar için belirlenen ve uyduyu işleten kurum tarafından verilen sabit
 θ_s = derece biriminde Güneş zenit açısı (90°-Güneş yükseklik açısı)'dır.

4. SONUÇLAR

4.1 Eş-zamanlı Verilerin Analizi

16 Mayıs 2005 tarihli Landsat-5 TM görüntüsüne ait spektral (termal hariç) bantlar ve yersel spektrometre ölçmeleri kullanılarak eş-zamanlı yer ve uydu verileri arasındaki korelasyon analiz edilmiştir. Uydu verilerinin yersel veriler ile karşılaştırılabilmesi amacıyla, TM verisinden elde edilen

parlaklık değerleri öncelikle spektral parlaklık değerlerine daha sonra da spektral yansıtım değerlerine dönüştürülmüştür.

Yansımaya değerleri, arazide, 20 noktada gerçekleştirilmiştir. Göl kıyısı boyunca uzanan dört farklı arazi örtü tipi belirlenmiştir; göl suyu, tuz, çamur ve çatlamış toprak. Her bir yansımaya değeri ölçmesi, 10 tekrarlı ölçme işleminin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Standart sapması çok farklı olan ölçmeler ortalama alınması aşamasında işlem dışı bırakılmıştır.

Yersel ölçmeler ve uydu verilerinden elde edilen yansıtım değerleri arasındaki ilişki Şekil 4'de TM bantlarına karşılık gelen spektral aralıklar için verilmektedir. Regresyon analizi sonuçları, ölçülen ve uydu verisinden elde edilen yansımaya değerlerinin son derece uyumlu olduğunu göstermektedir ($0.9664 > R^2 > 0.8404$). Bu noktada, aynı gün ve saatlerde elde edilen (eş-zamanlı) verilerin kullanımının, yer ve uydu verileri arasındaki tutarlılığı artırdığı rahatlıkla söylenebilir.

Yukarıda belirtilen korelasyon analizi, spektrometrenin spektral çözünürlüğü nedeniyle, her 3 ve 10 nm'de elde edilen yansımaya değerlerinin ortalaması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, minimum ve maksimum değerlerin kullanımının sonuçlara etkisi analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, minimum ve maksimum değerlerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar (R^2 değerleri) arasında ciddi bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Maksimum değerler belirlilik katsayısını önemsiz şekilde artırırken, minimum değerler aynı oranda azaltılmaktadır ($R^2_{\text{ort}}=0.9646$, $R^2_{\text{min}}=0.9638$, $R^2_{\text{mak}}=0.9654$).

4.2 Uygun Spektral Aralığın Seçimi ve Uydu Görüntülerinin Yorumlanması

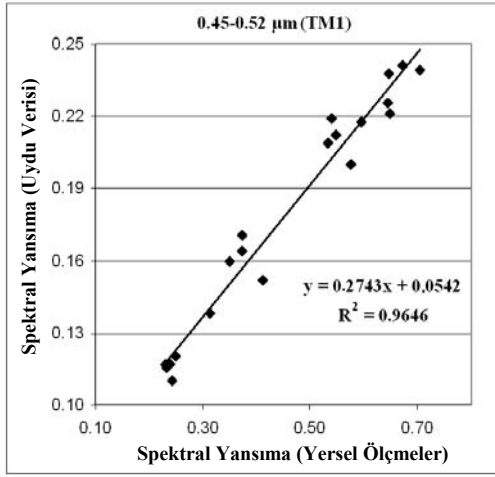
Tuz Gölü'nün doğal yapısı gölü, bilinen göl ve barajlardan farklı yapmaktadır. Göl, çok düşük su derinliğine sahiptir (1-50 cm) ve göl tabanı 1-10 cm arasında kalınlığı değişen tuz tabakası ile kaplıdır. Bunlara ek olarak göl kıyı şeridi, 60 m (bazı bölgelerde 800 m) genişliğinde nemli tuz kristali ile çevrilidir. Bundan dolayı, Tuz Gölü'ne ait uydu verilerinin kullanılması ve yorumlanması oldukça farklıdır.

Uzaktan algılama çalışmalarında çoğunlukla, elektromanyetik spektrumun orta kızılötesi bölgesinde algılanan bantlar (örneğin, Landsat TM5 ve TM7), su-kara ayrımını belirgin hale getirmek amacıyla ve su yüzey alanlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır (Frouin vd., 1996; Wilson, 1997; White ve El-Asmar, 1999). Bu çalışmada, bu yöntemin göl kıyı şeridi boyunca uzanan nemli tuz tabakasından dolayı Tuz Gölü için geçerli olmadığı tespit edilmiştir.

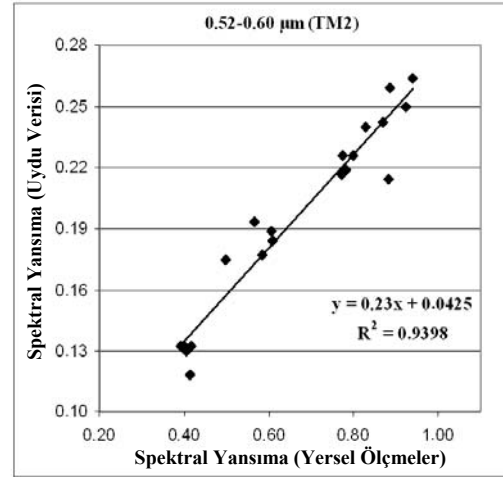
Bu durum, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinde suyla kaplı alanların ayırt edilmesi ve zamansal değişimin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmanın temel hedeflerinden birisidir. Tespit edilen bu durumun ayrıntılarını belirlemek amacıyla, Landsat-5 uydusunun 16 Mayıs 2005 tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak yapılan yersel ölçmeler ve uydu görüntüsü birlikte yorumlanmıştır.

Göl tabanını kaplayan tuzun elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde spektral yansıtması, düşük su seviyesi ve ışımının su içerisindeki penetrasyonu nedeniyle göl genelinde baskındır. Gelen ışınım görünür bölgede göl tabanından yansımakta ve algılayıcı uydu tarafından kaydedilmektedir. Bu nedenle uydu görüntülerinin görünür bantlarında göl, tamamen ve sadece tuzla kaplı olarak görülmektedir.

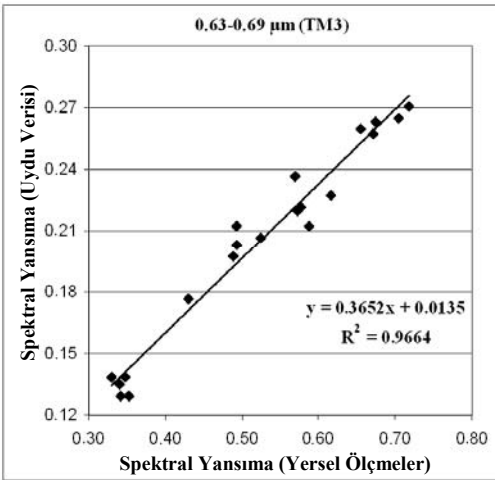
Öte yandan, daha uzun dalga boylarında gelen ışımın (orta kızılötesi), su ve nemli tuzla kaplı alanlarda yutulmaktadır ve



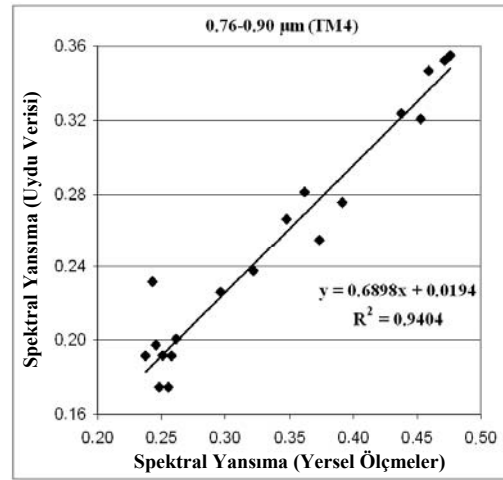
(a)



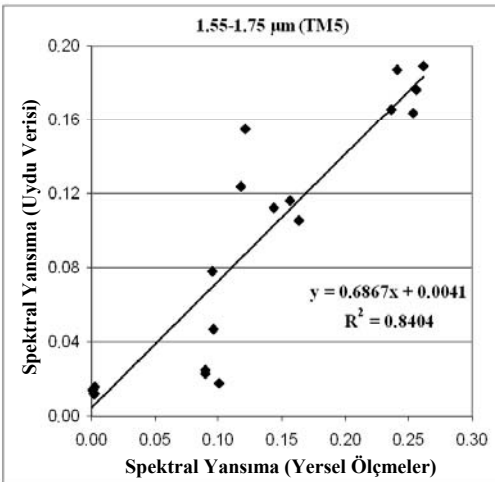
(b)



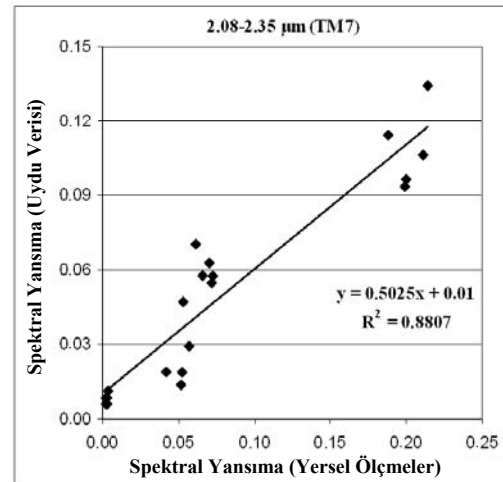
(c)



(d)

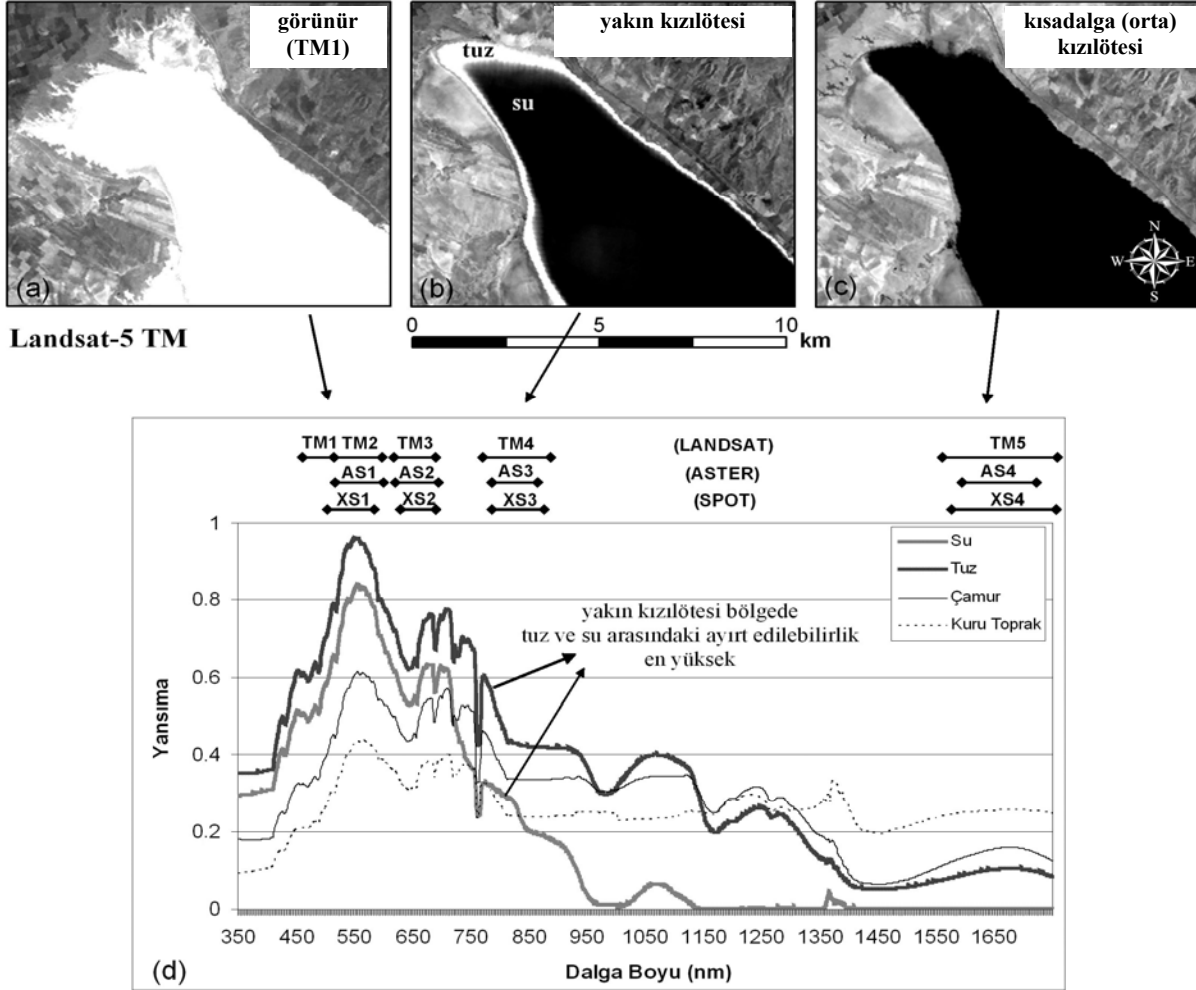


(e)



(f)

Şekil 4. Landsat-5 TM (16 Mayıs 2005) uydu verisinin (termal dışındaki) bantlarına karşılık gelen spektral aralıklar için eş-zamanlı yer ve uydu verileri ile elde edilen yansıtma değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları



Şekil 5. Spektrometre ölçmeleri sonucunda elde edilen spektral yansıtma eğrileri, tuz-su ayrımı ve uydu görüntülerinin yorumlanması

çok az ya da hiçbir yansıtım algılayıcıya ulaşmamaktadır. Bunun sonucunda, göl kıyısı boyunca uzanan tuzla kaplı alanlar orta kızılötesi bantlarda sulak alanlar olarak görülmektedir. Bu nedenle, eğer orta kızılötesi bantlar kullanılarak Tuz Gölü'ne ait kıyı çizgisi ve suyla kaplı alanlar tespit edilirse, su yüzey alanı olduğundan çok daha fazla olarak elde edilecektir (Ekercin, 2007).

Eş-zamanlı olarak elde edilen yersel ölçmeler ve uydu görüntüleri, Tuz Gölü'ndeki tuz ve suyun en iyi ayırt edilmesi için elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi bölgesinde algılanmış spektral bantların kullanılması gerektiğini göstermiştir. Diğer bir deyişle, su ve tuzun yakın kızılötesi bölgedeki yansıtma özellikleri, ayırt edilmelerindeki önemli noktadır. Sonuç olarak, Landsat-5 TM uydu verisine ait yakın kızılötesi bant (4. bant), suyla kaplı alanların tespit edilmesi için en uygun bant olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

5. ÖZET VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, ilk olarak, eş-zamanlı olarak (aynı gün ve zamanda) algılanan yer ve uydu verileri arasındaki korelasyon

araştırılmış daha sonra, Tuz Gölü'nün kendine özgü doğal yapısı nedeniyle, göle ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanmasında oluşan farklılıklar aydınlatılmıştır. Tuz Gölü ve yakın çevresinde uzaktan algılama tekniğinin ilk kez uygulandığı bu çalışma, uydu platformları tarafından algılanan uydu görüntülerinin yorumlanması bakımından önemli bilgiler içermektedir.

Bu çalışmanın temel hedeflerinden birisi, aynı gün ve saatlerde algılanan uzaktan algılama (yer ve uydu) verilerinin incelenmesi ve aralarındaki korelasyonun belirlenmesidir. Sonuçlar, etkili ve doğru zamanlamalı plan yapılması durumunda sonuçların doğruluğunun artırılabilirliğini göstermiştir.

Sadece yakın kızılötesi bölgede algılanmış uydu görüntülerinin (Landsat-5 TM, bant 4 gibi), tabanı tuzla kaplı Tuz Gölü'ndeki suyun belirlenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu, uydu verileri ile su rezervi değişiminin belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Ayrıca, orta kızılötesi bant kullanılarak su ile örtülü alanların belirlenmesi yönteminin, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanması aşamalarında

kullanılmayacağı, kullanılması durumunda ise hatalı sonuçların elde edileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Almeida-Filho, R., Shimabukuro, Y.E., 2002. Digital processing of a Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*, 79, pp. 42-50.

Bilge, F., Yazici, B., Dogeroglu, T., Ayday, C., 2003. Statistical evaluation of remotely sensed data for water quality monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 5317-5326.

Chander, G., Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41, pp. 2674-2677.

Chavez, P.S., 1996. Image-based atmospheric corrections-revisited and improved, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62, pp. 1025-1036.

Danaher, T., 2002. An empirical BRDF correction for Landsat TM and ETMC imagery. In: *Proceedings of 11th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference*, 2-6, Australia.

Ekerin, S., 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu ile Tuz Gölü ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi. *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, pp. 172.

Frouin, R., Schwindling, M., Deschamps, P.Y., 1996. Spectral reflectance of sea foam in the visible and near-infrared, in-situ measurements and remote sensing implications. *Journal of Geophysical Research*, 101, pp. 14361-14371.

Green, G., Schweik, C.M., Hanson, M., 2000. Radiometric calibration of Landsat multispectral scanner and thematic mapper images: guidelines for the global changes community, Working Paper, Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change, Indiana University, Bloomington.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley New York.

Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2002. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research, *International Journal of Remote Sensing*, 23, pp. 1671-2651.

Melesse, A.M., Jordan, J.D., 2002. A comparison of fuzzy vs. augmented- ISODATA classification algorithms for cloud-shadow discrimination from Landsat images, *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, 68, pp. 905-911.

ÖÇKKB, 2001. *Tuz Gölü Entegre Çevre Projesi Fizibilite Çalışması*, Nihai Rapor, İdom, İnclam, Iberinsa, ÖÇKKB (T.C. Çevre Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı), Ankara.

Ormeci, C., Ekerin, S., 2007. An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey through multitemporal Landsat

imagery and real-time ground surveys, *Hydrological Processes*, 21, pp. 1424-1435.

Pax-Lenney, M., Woodcock, C.E., Macomber, S.A., Gopal, S., Song, C., 2001. Forest mapping with a generalized classifier and Landsat TM data, *Remote Sensing of Environment*, 77, pp. 241-250.

Sannier, C.A.D., Taylor, J.C., Du Plessis, W., 2002. Real-time monitoring of vegetation biomass with NOAA-AVHRR in Etosha National Park, Namibia, for fire risk assessment, *International Journal of Remote Sensing*, 23, pp. 71-89.

Teillet, P.M., Dudelzak, A.E., Pultz, T.J., McNairn, H., 2001. A framework for in-situ sensor measurement assimilation in remote sensing applications. In: *Proceedings of Canada Remote Sensing Symposium*, pp. 21-24.

Thinkabail, P.S., 2003. Biophysical and yield information for precision farming from near-real-time and historical Landsat TM images. *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 2879-2904.

White, K., El-Asmar, H.M., 1999. Monitoring changing position of coastlines using thematic mapper imagery, an example from the Nile Delta. *Geomorphology*, 29, pp. 93-105.

Wilson, P.A., 1997. Rule-based classification of water in Landsat MSS images using the variance filter, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63, pp. 485-491.

Yang, X., Lo, C.P., 2000. Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66, pp. 967-980.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan Landsat görüntüleri Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK, Proje No: 105Y283), Aster uydu görüntüleri ise Amerikan Ulusal Hava ve Uzay Dairesi (NASA-Educational user including NASA-sponsored-ASTER) tarafından sağlanmıştır.