

LANDSAT-5 TM UYDU VERİSİ KULLANILARAK TUZLU TOPRAKLARDA TUZLULUK DERESESİNİN TAHMİN EDİLMESİ AMAÇLI MODEL OLUŞTURULMASI

S. Ekercin ^{a,*} & C. Örmeci ^b

^{a,*} Aksaray Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 68100 Aksaray - ekercin@gmail.com

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

ANAHTAR KELİMELER: Uydu görüntüsü, Landsat, tuzluluk, Tuz Gölü, spektrometre ölçmeleri

ÖZET:

Bu çalışmada, topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacıyla yönelik olarak model oluşturulmuş ve sonuçların geçerliliği test edilmiştir. Kurulan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve test edilmiştir. Bu aşamada, uydu verisi ile yüksek korelasyona sahip olan toplam 26 adet numuneye ait değerler (20 tanesi modelin işletilmesinde, diğerleri ise test edilmesinde) kullanılmıştır. Tuz Gölü çevresinden alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Modelin oluşturulması, çalıştırılması ve sonuçların test edilmesi aşamaları Polymath©-6.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan model elde edilen yansıma ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve çok tutarlı sonuçlar elde edilmiştir (Belirlilik katsayısı $R^2=0,9537$). Sonuçların geçerliliğinin sağlanması amacıyla yönelik olarak modelin çalıştırılmasında işleme alınmayan dış (harici) noktalarda test edilmiştir. Bu şekilde yapılan kontrol ile sonuçların çok yüksek oranda ($R^2=0,90$) tutarlı oldukları belirlenmiştir. Oluşturulan model ve sonuçları ayrıca, klasik çoklu regresyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu işlem sonucunda, klasik regresyon denklemi ile belirlilik katsayısı $R^2=0,8827$ olarak bulunmuştur. Sonuç verileri, çalışmada oluşturulan model ile daha yüksek doğruluklu ($R^2=0,9537$) değerler elde edildiğini ispatlamaktadır.

1. GİRİŞ

Ülkemizin ikinci büyük gölü iken kuruma tehlikesiyle karşı karşıya kalan Tuz Gölü, uzaktan algılama konusunda yapılması düşünülen yeni tekniklerin uygulanması/araştırılması konusunda gerçekleştirilecek çalışmalar için pilot bir bölge gibidir. Tuz Gölü, ince tuz tabakası (1-10 cm) ile kaplı bataklık tabanı ve çok düşük su yüksekliği ile kurduğu yaz ayları dışında girilemez bölgedir. Girilebilen Temmuz ve Ağustos aylarında ise bahar ayları başında başlayan buharlaşma nedeniyle gölde genellikle su bulunmamaktadır (ÖÇKKB, 2001).

Öte yandan, topraklarda tuzluluk derecesinin belirlenmesi işlemi, elektriksel iletkenlik özelliğine göre gerçekleştirilir. Bu amaçla, laboratuvar ortamında yapılan analizler sonucunda elde

edilen, elektrik akımını taşıma kabiliyetinden (Elektriksel İletkenlik - EC) yararlanılarak toprak numunelerinin tuzluluk derecesi belirlenir (Tablo 1).

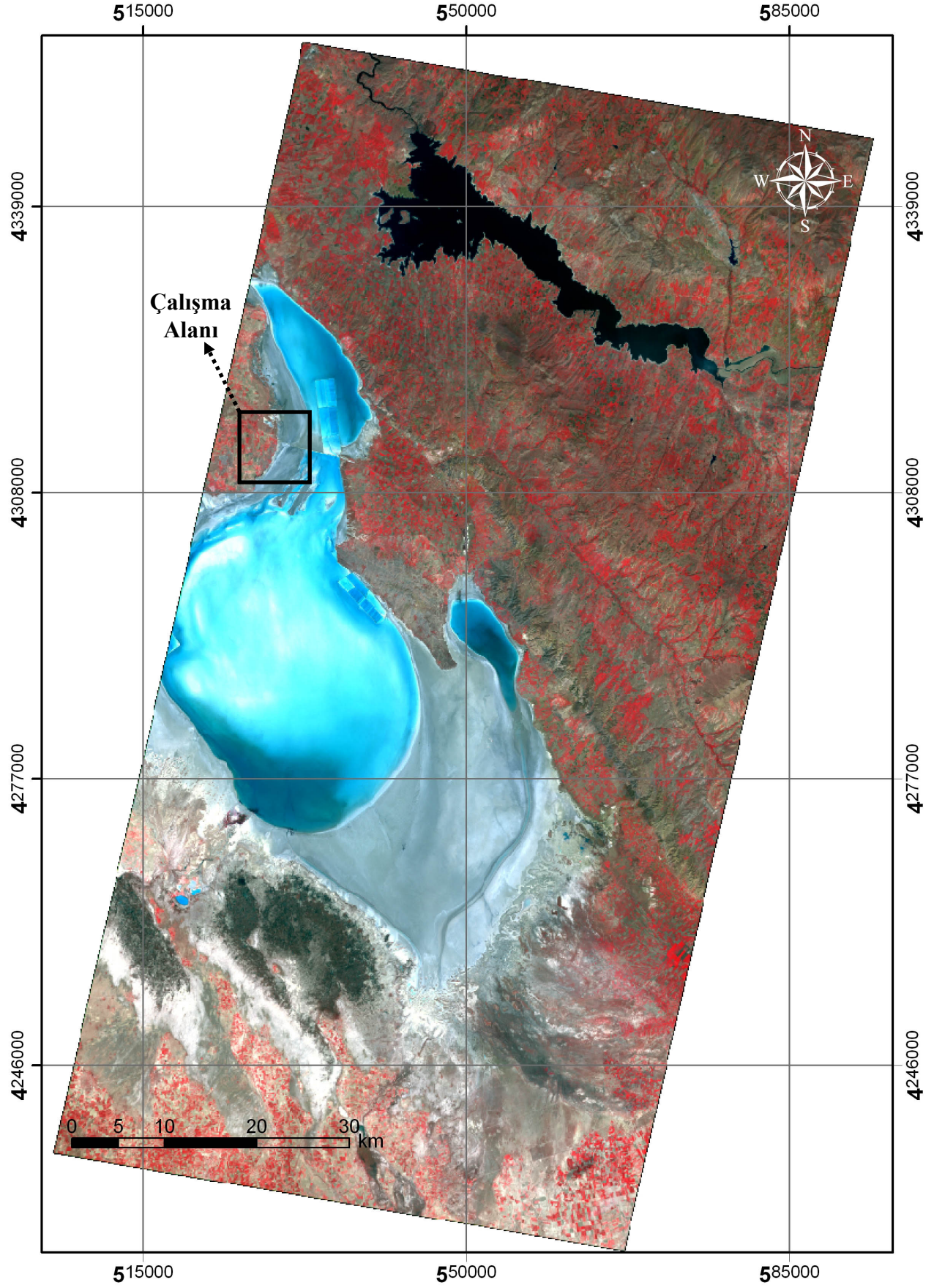
Bu çalışmada, topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacıyla yönelik olarak model oluşturulmuş ve sonuçların geçerliliği test edilmiştir. Kurulan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve test edilmiştir. Bu aşamada, uydu verisi ile yüksek korelasyona sahip olan toplam 26 adet numuneye ait değerler kullanılmıştır.

Tasarlanan model elde edilen yansıma ve elektriksel iletkenlik değerleri kullanılarak çalıştırılmıştır. Sonuçların geçerliliğinin sağlanması amacıyla yönelik olarak modelin çalıştırılmasında işleme alınmayan dış (harici) noktalarda test edilmiştir.

Tablo 1. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre tuzluluk derecesi (www.khgm.gov.tr, 2006).

Elektriksel iletkenlik - EC (dS/m=mS/cm)	Tuzluluk derecesi
0-2	Tuzsuz
2-4	Çok hafif derecede tuzlu
4-8	Orta derecede tuzlu
8-15	Yüksek derecede tuzlu
>15	Çok fazla tuzlu

* Corresponding author. Semih Ekercin, E-mail: ekercin@aksaray.edu.tr, Tel: +90.382.215 0953



Şekil 1. Terra ASTER uydu görüntüsü üzerinde çalışma alanının gösterimi.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ

2.1 Çalışma Alanı

Topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacıyla yönelik olarak model oluşturulmasını içeren bu çalışmada, uygulama alanı olarak Tuz Gölü'nün batı yakası seçilmiştir. Çalışma alanı, 33°03' ve 33°45' doğu boylamları ile 38°20' ve 39°10' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Şekil 1).

2.2 Kullanılan Veri

Çalışmada bir adet 20.06.2006 (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. arasındaki tutarlılığı artırdığı rahatlıkla söylenebilir.

Modelin oluşturulması, çalıştırılması ve sonuçların test edilmesi aşamaları Polymath®-6.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan model elde edilen yansımaya ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmıştır.

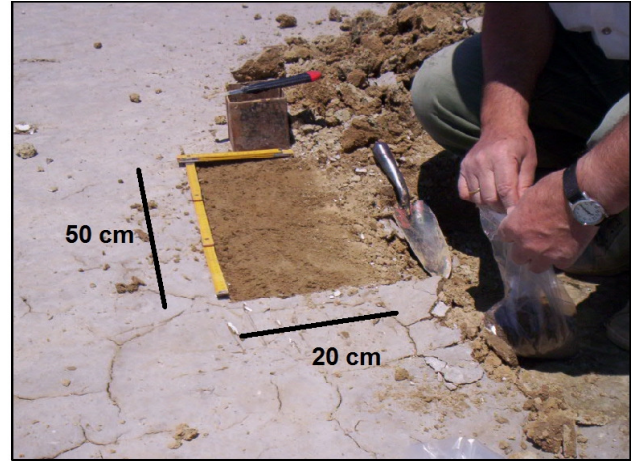
3. YÖNTEM

3.1 Arazi Çalışması

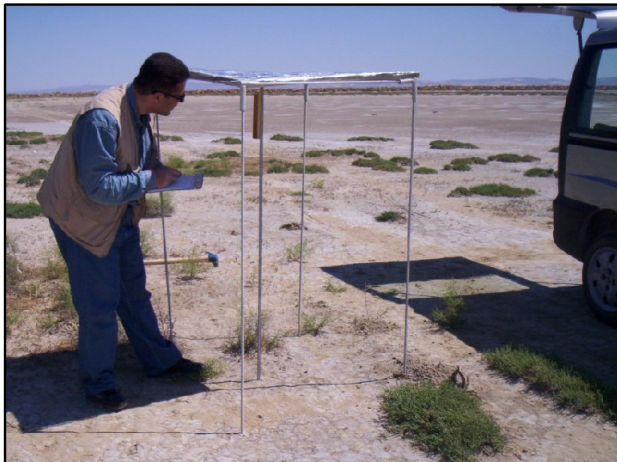
Bu çalışmada, aynı gün ve zamanda elde edilen yer ve uydu verilerini kullanarak, uydu görüntüleri üzerinden topraklardaki tuzluluk miktarlarının tahmin edilmesi amacıyla model oluşturulması hedeflenmiştir. Bu nedenle, Landsat-5 uydusunun Tuz Gölü'nden üst geçişi dikkate alınmış (20.06.2006, 10:31) ve spektral ölçmeler aynı gün 09:30 ile 12:30 saatleri arasındaki gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Seçilen noktalar arasındaki mesafe yaklaşık 300 m olup, noktaların koordinatları el-tipi GPS ile kaydedilmiştir. Bu şekilde toplam 26 adet noktadan toprak



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2. Tuz Gölü çevresinde gerçekleştirilen arazi çalışması.

Tablo 2. Topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsünden tahmin edilmesi amacıyla model oluşturulması aşamasında kullanılan veriler (EC: elektriksel iletkenlik).

Nokta No	Landsat-5 TM						EC	EC (Model)
	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7		
1	68,98	71,22	66,50	78,32	15,95	4,30	21,00	19,440
2	78,02	64,17	64,88	83,01	14,44	3,67	10,97	9,874
3	64,76	65,34	60,05	81,58	15,63	3,67	16,81	15,299
4	78,62	92,37	87,45	83,21	15,95	4,41	25,10	24,250
5	105,73	97,07	89,87	69,36	13,68	4,07	27,40	24,914
6	91,27	87,67	79,39	64,47	12,49	3,84	23,70	24,765
7	89,46	94,19	81,00	79,14	16,39	4,64	27,40	25,661
8	93,68	95,07	85,84	80,76	21,89	5,89	22,90	23,816
9	108,74	107,64	91,48	76,69	15,30	4,58	28,40	27,338
10	74,40	82,14	74,97	75,88	19,20	5,89	21,40	21,333
11	85,00	85,32	78,58	79,14	18,87	5,66	21,22	20,954
12	68,98	71,22	66,50	78,32	15,95	4,30	20,60	19,440
13	78,02	64,17	64,88	83,01	14,44	3,67	10,72	9,874
14	64,76	65,34	60,05	81,58	15,63	3,67	14,29	15,299
15	78,62	92,37	87,45	83,21	15,95	4,41	24,60	24,250
16	105,73	97,07	89,87	69,36	13,68	4,07	25,20	24,914
17	91,27	87,67	79,39	64,47	12,49	3,84	23,50	24,765
18	89,46	94,19	81,00	79,14	16,39	4,64	26,10	25,661
19	93,68	95,07	85,84	80,76	21,89	5,89	22,60	23,816
20	108,74	107,64	91,48	76,69	15,30	4,58	28,50	27,338
1*	65,97	66,09	72,94	57,85	15,09	3,27	23,10	22,765
2*	75,00	59,63	78,58	51,14	18,87	5,66	16,46	15,453
3*	65,97	66,09	72,94	57,85	15,09	3,27	20,80	22,765
4*	75,00	59,63	78,58	51,14	18,87	5,66	15,57	15,453
5*	74,40	82,14	74,97	75,88	19,20	5,89	19,77	21,329
6*	85,00	85,32	78,58	79,14	18,87	5,66	19,89	20,948

* Model kontrol noktaları

numuneleri alınmıştır (Tablo 2). Ölçmeler arazi tipi ASD FieldSpec[®]Pro marka spektrometre ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu arazi çalışmasında alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.2 Geometrik Düzeltme

Çalışma bölgesine ait 20.06.2006 tarihli Landsat-5 TM uydu verisi, 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalardan elde edilen toplam 50 adet nokta kullanılarak UTM projeksiyon sistemine referanslandırılmıştır. Birinci derece polinomlar kullanılarak 30m uzaysal çözünürlüğe sahip olan sonuç görüntüler elde edilmiştir. Polinom eşitliklerinin ürettiği karesel ortalama hatanın ± 0.5 pikselin altında kalması sağlanmıştır. Yeniden örnekleme işlemi esnasında, radyometrik kaybın en az olduğu en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır.

3.3 Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme işleminin amacı atmosferik etkileri en aza indirmektir (Chavez, 1996; Yang ve Lo, 2000; Lu vd., 2002; Lillesand vd., 2004). 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 kaldırılması istenir. Bu işlem ayrıca, uzaktan algılanmış uydu verisinin spektral ölçmeler gibi yersel verilerle birlikte (karşılaştırarak) kullanımını sağlar (Green vd., 2000; Danaher, 2002; Thenkabail, 2003).

Bu çalışmada, parlaklık değerlerinin yansıma değerlerine dönüştürülmesi işlemi için Chander ve Markham (2003) tarafından verilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

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

burada $Gain_{\lambda}$ ve $Bias_{\lambda} = W/(m^2.sr.\mu m)/DN$ 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.

Dönüştürülen bu değerler, koordinatları el-tipi GPS ile belirlenen toprak numunelerinin alındığı noktalardaki tuzluluk değerlendirilerek model oluşturulması ve modelin kontrolünde kullanılmıştır.

4. SONUÇLAR

Çalışmanın arazi çalışması aşamasında yapılan uygulama ile elde edilen verilerin (spektral yansıtma eğrilerinin) değerlendirilmesi sonucunda, toprak yüzeyindeki tuz miktarı ile elektromanyetik spektrumun orta kızılötesi bölgede algılanan yansıma değerlerinin ters orantılı olduğu, eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile tespit edilmiştir. Tuz konsantrasyonunun yansıtmaya etkisinin bilinmesi ve tuzlu topraklarda tuzluluk

miktarının uydu görüntüsü ile tahmin edilmesi amacıyla oluşturulacak bir modelin tasarımı açısından son derece önemlidir ki çalışmanın bu bölümünde oluşturulan model için bu bilgi temel alınmıştır.

Çalışmada, toprak numunesi alınarak elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ölçülen noktalara ait parlaklık değerleri elde edilerek radyometrik düzeltme işleminin uygulanmasından sonra yer ve uydu verileri arasında korelasyon sağlanması ve aynı noktalara ait elektriksel iletkenlik ve parlaklık değerleri elde edilmiş ve modelleme işlemine geçilmiştir.

Tuzluluk derecesi (Elektriksel İletkenlik - EC) ile orta kızıl ötesi bölgede algılanan spektral (Landsat-5 TM, 5. ve 7.) bantlara ait yansıma değerlerinin ters orantılı olduğu bilgisinden yararlanılarak ve çoklu regresyon yöntemi kullanılarak aşağıdaki model oluşturulmuştur:

$$EC = a + b * \left(\frac{c * TM1 + d * TM2 + e * TM3 + f * TM4}{g * TM5 + h * TM7} \right) \quad (2)$$

$$EC = a + b * \left(\frac{c * TM1 + d * TM2 + e * TM3 + f * TM4}{g * TM5 + h * TM7} \right)$$

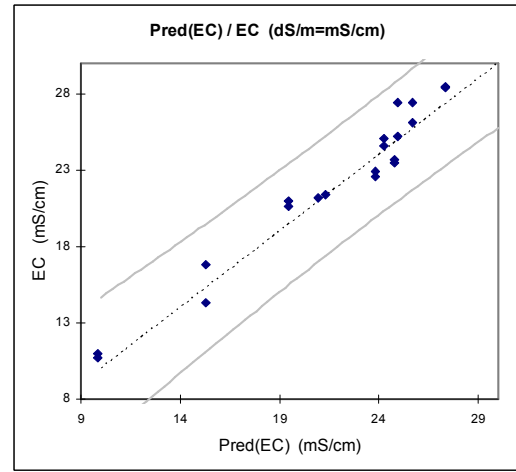
$$a = 18,56646 \quad e = -2,05966$$

$$b = 0,502981 \quad f = -1,46565$$

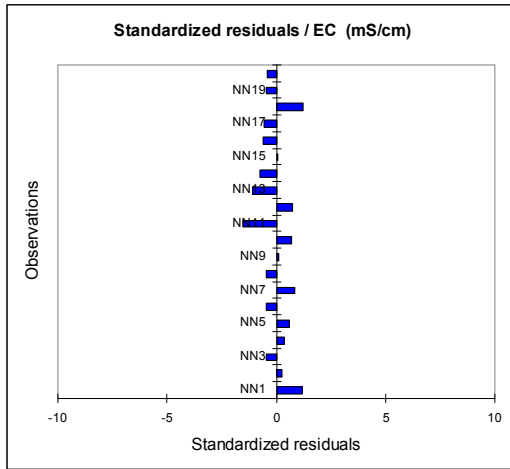
$$c = -0,92861 \quad g = -0,7668$$

$$d = 4,515304 \quad h = 3,616187$$

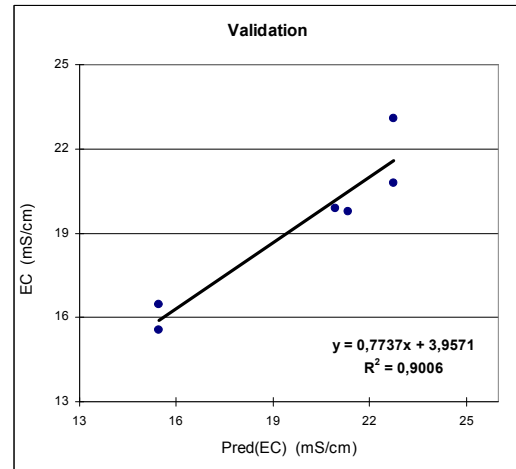
$$R^2 = 0,9537$$



(a)



(b)



(c)

Şekil 3. Tuzlu topraklarda tuzluluk miktarının uydu görüntüsü kullanılarak tahmin edilmesi amacıyla oluşturulan modele ait katsayılar ve sonuçların geçerliliğinin analizi.

bu eşitlikte;

- EC : (Tuzluluk) bağımlı değişken,
- a, b, c, d, e, f, g, : model parametreleri,
- TM1, TM2,...,TM7 : Landsat-5 TM (1., 2.,...,7.)

bantlarına ait yansıma değerlerine karşılık gelen bağımsız değişkenlerdir.

Kurulan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve test edilmiştir. Bu aşamada, uydu verisi ile yüksek korelasyona sahip olan ilk iki katmandan alınan toplam 26 adet numuneye ait değerler (20 tanesi modelin işletilmesinde, diğerleri ise test edilmesinde) kullanılmıştır. Modelin oluşturulması, çalıştırılması ve sonuçların test edilmesi aşamaları Polymath©-6.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlilik katsayısı R^2 , regresyon denkleminin verilere olan uyumunun sağlanıp sağlanmadığının göstergesidir. Açıklanabilen değişimin toplam değişime oranı olan belirlilik katsayısı, bağımlı değişimdeki değişimin ne kadarının bağımsız değişimce açıklandığını gösterir. Örneğin bu çalışma için modelin ürettiği elektriksel iletkenlik-EC (tahmin) değerlerinin, hangi oranda yansıma değerlerinden elde edildiğini gösterir. Korelasyon katsayısının karesine eşit olan belirlilik katsayısının alabileceği en küçük ve en büyük değerler sıfır ve artı birdir ($0 < R^2 < 1$).

Bu bilgiler ışığında tasarlanan model, verilen yansıma ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve çok tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Belirlilik katsayısı $R^2=0,9537$ olup model parametreleri, ölçülen ve tahmin edilen elektriksel iletkenlik-EC (model) değerleri Tablo 2 ve Şekil 3'de özetlenmektedir. Sonuçların geçerliliğinin sağlanması amacıyla yönelik olarak modelin çalıştırılmasında işleme alınmayan dış (harici) noktalarda test edilmiştir. Bu şekilde yapılan kontrol ile sonuçların çok yüksek oranda ($R^2=0,90$) tutarlı oldukları belirlenmiştir (Şekil 3).

Oluşturulan model ve sonuçları ayrıca, klasik çoklu regresyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

$$EC = a + b * TM1 + c * TM2 + d * TM3 + e * TM4 + f * TM5 + g * TM7 \quad (3)$$

eşitliği ile ifade edilen klasik regresyon denklemi ile belirlilik katsayısı $R^2=0,8827$ olarak bulunmuştur. Sonuç verileri, çalışmada oluşturulan model ile daha yüksek doğruluklu ($R^2=0,9537$) değerler elde edildiğini ispatlamaktadır (Ekercin, 2007).

5. ÖZET VE TARTIŞMA

Tuz Gölü ve yakın çevresinde uzaktan algılama ve modelleme konusunda bir ilk olan bu çalışmada, topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacıyla yönelik olarak model oluşturulmuş ve sonuçların geçerliliği test edilmiştir. Kurulan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve test edilmiştir. Tasarlanan model, elde edilen yansıma ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve çok tutarlı sonuçlar elde

edilmiştir (Belirlilik katsayısı $R^2=0,9537$). Sonuçların geçerliliğinin sağlanması amacıyla yönelik olarak modelin çalıştırılmasında işleme alınmayan dış (harici) noktalarda test edilmiştir. Bu şekilde yapılan kontrol ile sonuçların çok yüksek oranda ($R^2=0,90$) tutarlı oldukları belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

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.

Ekercin, 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.

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.

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

Thenkabail, 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.

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) tarafından sağlanmıştır. Arazi çalışması esnasında ve sonuçların yorumlanmasında katkıda bulunan sayın Prof. Dr. Doğan Kantarcıya teşekkür ederiz.