

# UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE YERSEL VERİLERDEN TUZ GÖLÜ'NÜN HOMOJENLİK ANALİZİ

H. Özen, S. Gürol, U. M. Leloğlu, E. Tunali

TÜBİTAK UZAY, ODTÜ Kampüsü 06531 Ankara, Turkey (hilal.ozen, selime.gurol, leloglu, tunali)@uzay.tubitak.gov.tr

**ANAHTAR KELİMELER:** Mutlak radyometrik kalibrasyon, Tuz Gölü, homojenlik analizi, tayfsal ölçüm

## ÖZET:

TÜBİTAK UZAY (TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü) tarafından yapılan araştırmalar sonucunda, ülkemizdeki Tuz Gölü'nün mutlak radyometrik kalibrasyon amaçlı kullanımı için büyük potansiyele sahip bir test alanı olduğu tespit edilmiştir. Ülkenin ve kalibrasyon/doğrulama konusunda çalışan araştırmacıların ihtiyaçlarını karşılamak için Tuz Gölü'nde bir mutlak radyometrik kalibrasyon test alanı kurulmasına yönelik çalışmalara başlanmıştır. Öncelikle Tuz Gölü'nün kullanılabilirliğini değerlendirmek ve en uygun test alanlarının tespiti için, mutlak radyometrik kalibrasyona uygun test alanı seçimi için belirlenmiş ölçütler derlenmiştir. Bu ölçütlerden özellikle uzamsal (spatial), tayfsal (spectral) ve zamansal homojenlik önem taşımaktadır. Bu bildiriye, Tuz Gölü'nün uydu görüntülerinden ve yersel ölçümlerden yapılan homojenlik analizi çalışmaları anlatılmaktadır.

Yaptığımız bu çalışmalardan Tuz Gölü'nün derlenmiş ölçütleri karşıladığı sonucuna varılmıştır. Enstitünün CEOS üyeliği vasıtasıyla gerçekleştirdiğimiz görüşmeler doğrultusunda gerek NASA'dan gerek ESA'dan konuyla ilgili araştırmacılar Tuz Gölü'nün mutlak radyometrik kalibrasyon test alanı olarak kullanılabilirlik potansiyelini yüksek gördüklerini bildirmişlerdir.

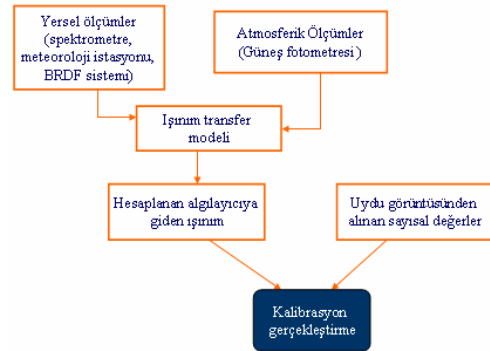
TÜBİTAK UZAY, RASAT uydusu ve gelecekteki optik yer gözlem uydu görüntülerinin mutlak radyometrik kalibrasyonunun yapılması amacıyla dünyada kullanılan radyometrik kalibrasyon alanlarından birisini kullanmak yerine, ulusal teknolojik bağımsızlığımızı ve maliyet etkinliğini sağlamak ve ülkemizin uluslararası bilimsel işbirliğini arttırmak için böyle bir alanın ülkemizde Tuz Gölü'nde oluşturulmasına karar vermiş ve çalışmalarına başlamıştır. İlk arazi çalışması 18-24 Ağustos 2008 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda Tuz Gölü mutlak radyometrik kalibrasyon test alanında her yıl arazi çalışmaları düzenlenecek, toplanan veriler analiz edilecek ve ihtiyaç duyan kalibrasyon/doğrulama konusunda çalışan araştırmacılara veri sağlanacaktır.

## 1. GİRİŞ

Mutlak radyometrik kalibrasyon, optik yer gözlem uydusu verilerindeki sayısal değerler ile yer parlaklık değeri arasında ilişki kurmayı mümkün kılan bir kalibrasyon işlemidir. Bu işlem sonucunda, atmosferik etkiler ve aydınlanma koşulları dikkate alınarak, uzaydaki algılayıcıya ulaşan ışığın bilgisine ulaşılabilir. Bu işlemin bir yararı da bu verileri standart bir ölçeğe sokarak farklı sensörler tarafından alınan verilerin uyumlu ve karşılaştırılabilir olmasını sağlamasıdır. Mutlak radyometrik kalibrasyon uydu verisinin devamlılığı, güvenilirliği ve yaygın kullanımı için önemli bir ihtiyaçtır.

TÜBİTAK UZAY, mutlak radyometrik kalibrasyon için yansıma odaklı metodolojiyi (Biggar, 1994) kullanmaya karar vermiştir (Şekil 1). Bu yöntemde uydunun hedef bölgeyi gördüğü zamandan yarım saat öncesinde ve sonrasında yer ölçümleri gerçekleştirilir. Aynı zamanda atmosferden de veri toplanarak tüm bu verilerden ışınım transfer modeli yardımıyla uydu üzerinde bulunan algılayıcıya giden radyans değeri hesaplanır ve bu değer algılayıcıdan alınan değer ile karşılaştırılarak gerekli olan kalibrasyon değeri elde edilir.



Şekil 1. Yansıma Odaklı Mutlak Radyometrik Kalibrasyon Metodu

Yansıma odaklı bu mutlak radyometrik kalibrasyon çalışması için, radyometrik özellikleri homojen ve atmosferik koşulları kararlı olan, mümkün olduğunca geniş bir bölgeye ihtiyaç vardır.

TÜBİTAK UZAY tarafından yapılan araştırmalar sonucunda, ülkemizdeki Tuz Gölü'nün bu alanda büyük bir potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir.

CEOS (Yer Gözlem Uyduları Komitesi) WGCV (Kalibrasyon ve Doğrulama Çalışma Grubu) ve USGS'de (Amerikan Jeoloji Araştırma Kurumu) kalibrasyon/doğrulama konusunda çalışan araştırmacılar mutlak radyometrik kalibrasyona uygun test alanlarının seçimi için ölçütler belirlemişlerdir (Morain, 2004; Teillet, 2007; Thome, 2002; Scott, 1996). Bu ölçütler ışığında, Tuz Gölü'nün bir mutlak kalibrasyon alanı olarak amaca uygunluğuna yönelik bir takım çalışmalar yapılmıştır. Bu

bildiride Tuz Gölü'nün bu yüksek önem taşıyan ölçütleri sağladığı, uydu görüntülerinden ve arazide yapılan yersel ölçümlerden yararlanılarak gösterilmektedir.

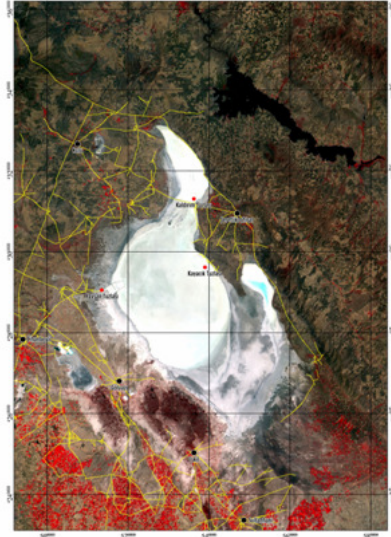
## 2. MUTLAK RADYOMETRİK KALİBRASYONA UYGUN TEST ALANLARININ SEÇİMİ İÇİN ÖLÇÜTLER

Kalibrasyon/doğrulama konusunda çalışan araştırmacıların mutlak radyometrik kalibrasyona uygun test alanlarının seçimi için belirlemiş oldukları ölçütlerden (Morain, 2004; Teillet, 2007; Thome, 2002; Scott, 1996) aşağıdaki liste oluşturulmuştur:

1. Yüksek yansımaya, yüksek sinyal gürültü oranına (SNR) sebep olur ve bütünde doğruluğu artırır.
2. Alanın büyük ve uzamsal homojenliğe sahip olması, yansımaya değerlerinin ihtiyaç duyulan alana genelleştirilmesinde hata payını minimuma indirir.
3. Alanının tayfsal homojenliği kalibrasyon prosedürünü kolaylaştırır.
4. Zamansal homojenlik kalibrasyon prosedürünü kolaylaştırır.
5. Alanda taysal ve zamansal homojenliğin korunması için bitki örtüsü olmamalı veya az olmalıdır.
6. Yüksek rakımda bir alan aerosoldan kaynaklanan hataları azaltmaktadır.
7. Alanın bir Lambert yüzeyi olması farklı güneş ve bakış açılarından kaynaklı hataları azaltmasından dolayı tercih sebebidir.
8. Bulutsuz gün sayısının yüksek olma olasılığı kalibrasyon çalışması için daha fazla zaman sağlamaktadır.
9. Yoğun nüfuslu yerleşim yerlerinin ve endüstriyel tesislerin test alanından uzak mesafede olması antropojenik aerosollerin etkisini azaltır.
10. Denizden veya büyük su kütlelerinden uzak bir alanda atmosferik su buharının etkisi azalır.
11. Test alanının geniş olması çevreden gelebilecek istenilmeyen saçılmaların etkisini azaltır.
12. Alana ulaşımın kolay olması bir avantajdır.
13. Kalibrasyon cihazları ile donatılmış bir test alanı tercih edilmektedir.

## 3. TUZ GÖLÜ

Türkiye'nin ikinci büyük gölü olan Tuz Gölü, İç Anadolu Bölgesi'nde, doğudan Kızılırmak Masifi, güneyden Obruk, batıdan Cihanbeyli ve kuzeyden Haymana platolarıyla çevrili çukur alanın kuzey doğusundaki en alçak bölümünde yer almaktadır (Şekil 2). Ankara, Konya ve Aksaray illeri sınırları içindeki Tuz gölü kapalı bir havzadır. Ankara'ya mesafesi 148 km'dir. Doğal çevre koruma alanı olan Tuz Gölü'nün deniz seviyesinden yüksekliği 907 m'dir. Gölün yaz aylarında %95'i kurumakta ve kuru yüzeyde tuzdan 30-80 cm'lik bir tabaka oluşmaktadır. Her yıl kendisini yenileyen bu tuzlu yüzey oldukça homojen bir alana sahiptir ve yaklaşık 1500 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplamaktadır.



Şekil 2: Tuz gölü'nün 24 Ağustos 2008 tarihli DMC-UK uydu görüntüsü (Ölçek: 1/250000)

## 4. HOMOJENLİK ANALİZİ

Homojenlik, mutlak radyometrik kalibrasyon sonuçlarının doğruluğu üzerinde en çok etkisi olan parametredir. Zamanla değişebilen homojenlik, test alanının seçimi ve alanın kullanılabilirliği üzerinde etkilidir.

### 4.1 Uydu Görüntüsünden Homojenlik Analizi

Uydu görüntüleri ile yapılan çalışmada homojenlik analizi çalışması için 2004-2008 yılları arasında Temmuz ve Ağustos aylarına ait 250 m çözünürlüklü MODIS (LPDAAC, 2008) ve Ağustos 2008 tarihli 300 m. çözünürlüklü Meris Tuz Gölü uydu görüntülerine istatistiksel yöntemler uygulanmıştır.

#### 4.1.1 Uzamsal (Spatial) Homojenlik

Tuz Gölü yüzeyinin alansal olarak ne kadarının mutlak radyometrik kalibrasyona uygun olduğunu anlamaya yönelik bir uzamsal homojenlik çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada uzamsal öz-ilinti (otokorelasyon) kullanılmıştır. Yani piksellerin sayısal değerlerinin piksel koordinatları ile arasındaki bağımlılık derecesine bakılmıştır (Bannari et al., 2005). Uzamsal öz-ilintiyi ölçmek için lokal ve global istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışma için, Getis-Ord (Getis, 1992) ve Moran I (ENVI, 2007) istatistiksel yöntemleri kullanılmıştır.

Görüntüdeki her bir piksel için Getis-Ord değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d)x_j}{\sum_j x_j}$$

$w_{ij}(d)$  = Uzamsal ağırlık matrisi

$x_j$  = j koordinat indeksli pikselin sayısal değeri

$i$  = Hedef pikselin koordinat indeksi

Bu formül, hedef pikselin belirlenen uzaktaki komşu değerleri toplamının tüm görüntüdeki piksel değerleri toplamına oranını verir.

Getis-Ord'dan elde edilen bu değerlerin normalizasyonu (değerlerin ortalama değerden çıkarılıp, standart sapmaya bölünmesi) sonucunda görüntüdeki ortalama sayısal değerden daha yüksek olan piksellere pozitif değer, daha düşük sayısal değere sahip olan piksellere negatif değer atanır. Bu yeni değerler ışığında, ilgilendiğimiz alanda yüksek yansımaya değerine ve düşük yansımaya değerine sahip olan bölgeler açığa çıkar.

Görüntüdeki her bir piksel için Moran I değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$I_i = \frac{x_i}{\sum_i x_i} \sum_j w_{ij} x_j$$

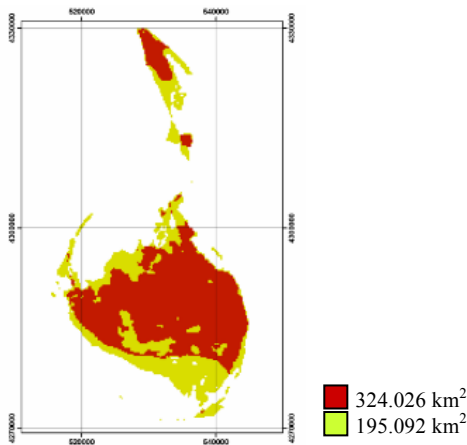
$w_{ij}(d)$  = Uzamsal ağırlık matrisi

$x_j$  = j koordinat indeksli pikselin sayısal değeri

$i$  = Hedef pikselin koordinat indeksi

Bu formül, bize hedef pikselin sayısal değerinin komşu piksellerdeki sayısal değerlere olan yakınlık ilişkisini verir. Eğer bu değer pozitif ise hedef pikselin değerinin komşu piksellerin değerine yakın olduğu, eğer negatif ise hedef pikselin değerinin komşu piksel değerleri ile ilişkisi olmadığı anlaşılmaktadır.

Getis-Ord ve Moran I indeks değerleri, göl yüzeyinin kuru olduğu Temmuz ve Ağustos ayı 2004, 2005 ve 2006 yılları MODIS (LPDAAC, 2007) uydu görüntülerine uygulanmıştır. Bu değerler birlikte analiz edilerek yüksek değerli piksellerin kümelendiği Şekil 3'teki homojen alanlar elde edilmiştir. Bu çalışmaya göre şekildedeki kırmızı alanlar toplamda 324.026 km<sup>2</sup> olup o yıllara ait homojen alanları, sarı alanlar ise toplamda 195.092 km<sup>2</sup> olup olası homojen alanları göstermektedir.



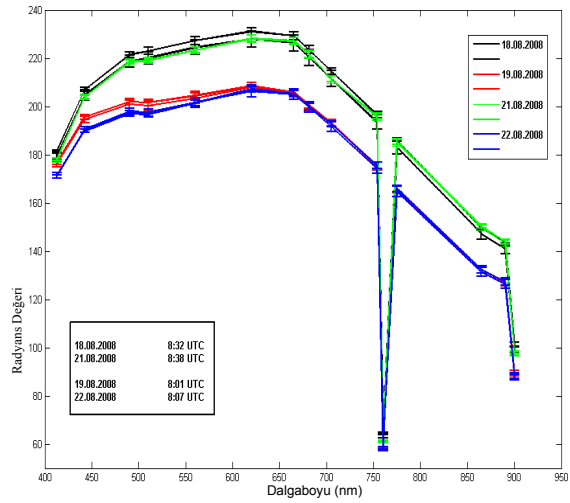
Şekil 3. 2004-2006 yıllarında göl yüzeyindeki homojen alanlar

Hesaplanan alanlar bize Tuz Gölü'nde düşük ve yüksek çözünürlükteki uydu verilerinin mutlak radyometrik kalibrasyonu için yeterli büyüklükte, istenen ölçütlere uygun alanın bulunabileceğini göstermektedir.

#### 4.1.2 Tayfsal (Spectral) Homojenlik

Tayfsal homojenlik çalışmasında Tuz Gölü yüzeyinin tayfsal olarak nasıl bir değişim gösterdiği incelenmiştir. Bunun için 18-19 ve 21-22 Ağustos 2008 yılına ait Meris uydu görüntülerinden radyans değerleri elde edilmiştir.

Tuz Gölü yüzeyinde 20 km x 15 km'lik bir alandan 51 nokta seçilmiş ve birincil komşu piksel değerleri de göz önünde bulundurularak (3x3'lük matrisler) 420-900 nm aralığında 8 tane Meris görüntüsünden ortalama radyans değerleri ve standart sapmaları hesaplanmıştır (Şekil 4 ve Tablo 1).



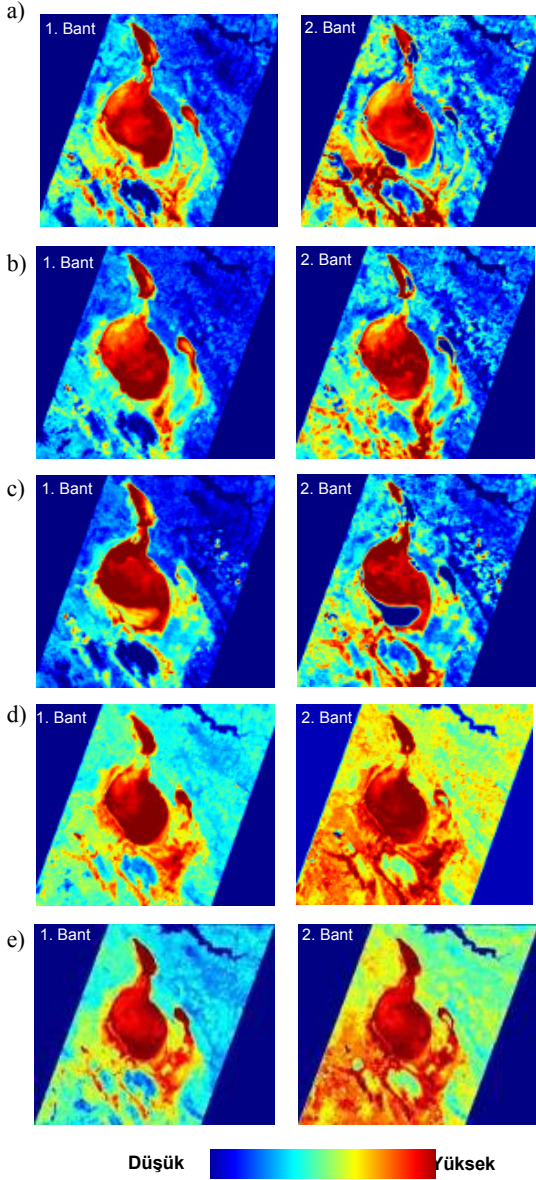
Şekil 4. Tuz Gölü'nün Ağustos 2008 tarihli Meris uydu görüntülerinden radyans değerleri

Şekil 4'deki grafikte 760 nm civarında su buharı emiliminden kaynaklanan bir radyans düşüşü gözlemlenmektedir. Şekil 4'te farklı günlerde elde edilen bu verilerden görünür aralıktaki tayfsal homojenlik görülmektedir.

#### 4.1.3 Zamansal Homojenlik

Tuz gölü yüzeyinde uzamsal homojenlik çalışması ile homojen ve olası homojen olarak tespit ettiğimiz alanların her yıl nasıl bir değişim gösterdiğini anlamak için zamansal homojenlik çalışması yapılmıştır. Bu çalışma için Ağustos ve Temmuz ayı 2004-2008 tarihli MODIS (LPDAAC, 2008) uydu görüntülerinin kırmızı ve kızılötesi bantlarından Getis-Ord indeksleri hesaplanmıştır.

Getis-Ord indeksine göre hedef piksel ve onun komşu piksellerin değerleri benzer değerlere sahipse indeks de yüksek çıkmaktadır (Wulder, 1998). Modis uydu görüntüleri ile yapılan bu çalışmada Tuz Gölü yüzeyinde yüksek yansımaya değerlerine sahip geniş homojen alanlar tespit edilmiştir (Şekil 5).



**Şekil 5.** MODIS (LPDAAC, 2008) uydu görüntülerinden a) 10.07.2004, b) 10.08.2005, c) 10.07.2006, d) 20.07.2007 ve e) 21.08.2008 tarihli görüntülerden hesaplanan Getis-Ord indeks değerleri

Arazi çalışmasının yapıldığı 18-24 Ağustos tarihleri arasındaki değişim de Meris uydu görüntülerinden elde edilen 51 noktadaki değerlerin ortalamasına bakılarak görülmektedir.

Tablo 1 değerlerinden görüldüğü üzere Tuz Gölü yüzeyinin farklı bölgelerinden toplanan radyans değerlerinin değişimi % 0.91- % 1.67 arasındadır. Bu değişim oldukça küçüktür ve ölçüm yapılan tarihlerde (18-24 Ağustos 2008) göl yüzeyinin zamansal olarak homojenliğini göstermektedir.

**Tablo 1:** Meris uydu görüntülerinden Tuz Gölü yüzeyinin radyans değerlerinin istatistiği

Dalgaboyu (nm)	Ortalama (mW/m <sup>2</sup> *sr*nm)	Maksimum Std Sapma (%)
412.50	176	0.91
442.50	199	1.11
490	209	1.15
510	209	1.24
560	214	1.40
620	218	1.51
665	216	1.57
681.25	211	1.56
705	201	1.64
753.75	185	1.62
760	60	1.67
775	175	1.54
865	141	1.42
890	135	1.48
900	94	1.60

#### 4.2 Arazi Çalışmasından Homojenlik Analizi

Homojenlik analizi çalışmasının sadece uydu görüntüleri ile yapılması yeterli görülmemiş ve sonuçların arazide toplanan yersel verilerle doğrulanma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Uydu görüntüsünden Tuz Gölü'nde homojen olarak tespit edilen alanlardan göl kıyısından ulaşımı kolay olan bir test alanında 18-24 Ağustos 2008 tarihinde bir arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada spektrometre ile 350-2500 nm tayfsal aralığında tayfsal değerlerin ölçümleri, güneş fotometresi ve meteoroloji istasyonu ile de atmosferik parametre ölçümleri yapılmıştır (Şekil 6). Arazi çalışmasında toplanan verilerle ölçüm alanının uzamsal, tayfsal ve zamansal homojenliği incelenmiştir.

a)



b)



c)

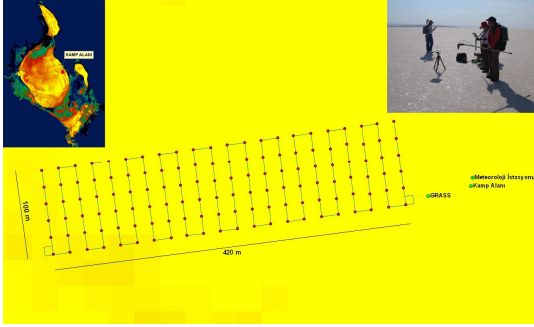


**Şekil 6.** Tuz Gölü'nde arazi çalışmasında kullanılan ölçüm aletleri: a) ASD FieldSpec3 spektrometre, b) Microtops güneş fotometresi ve c) Vantage Pro2 meteoroloji istasyonu



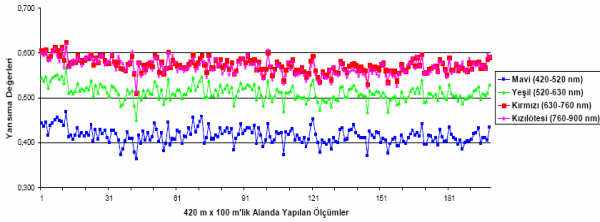
#### 4.2.1 Uzamsal (Spatial) Homojenlik

Arazi çalışması kapsamında uzamsal homojenlik çalışması için 420 x 100 m<sup>2</sup>'lik bir alanda (Şekil 7) 20 m aralıkla, 5 gün boyunca spektroyometre ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.



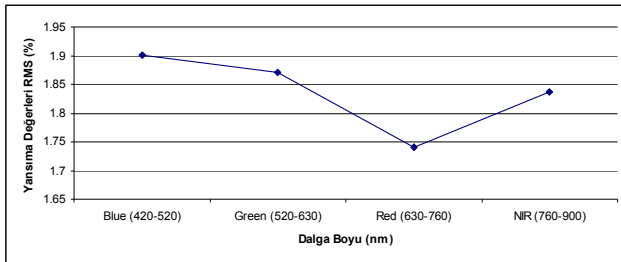
Şekil 7. Uzamsal homojenlik analizi için ölçüm yapılan alan

Yapılan ölçümlerden tayfsal yansımaya değerleri hesaplanmıştır. Test alanında 23.08.2008 tarihinde gerçekleştirdiğimiz toplamda 199 noktanın ölçüm değerlerinin dağılımı Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. 23.08.2008 tarihli ölçümün tayfsal yansımaya değerlerinin dağılımı

Aynı ölçümlerin RMS (Ortalamadan farkların kareleri toplamının karekökü)'leri de hesaplanmıştır (Şekil 9).



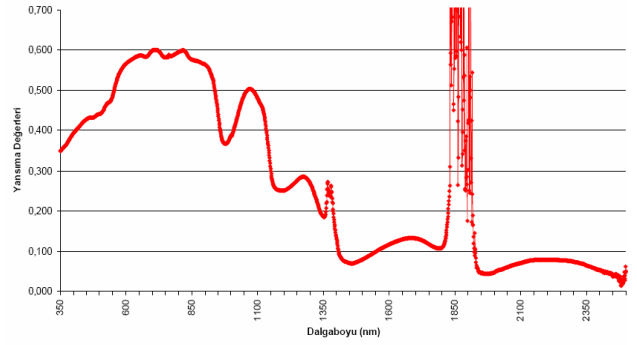
Şekil 9. 23.08.2008 tarihli tayfsal yansımaya değerlerinin RMS'i (Ortalamadan Farkların Kareleri Toplamının Karekökü)

Bu alanda yapılan ölçümler sonucunda alanın uzamsal homojenliğinin %2'den daha az bir RMS'e sahip olduğu görülmüştür. Bu değer Amerika'da kullanılan radyometrik kalibrasyon test sahası Railroad Valley için yaklaşık %5'tir.

#### 4.2.2 Tayfsal (Spectral) Homojenlik

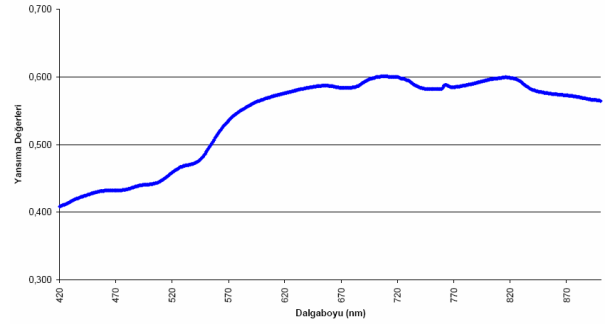
Tayfsal homojenlik çalışması için 5 gün boyunca yapılan ölçümlerden tayfsal yansımaya değerleri hesaplanmıştır (Şekil 10). Bu şekildeki gürültülü değerlerin olduğu bölgeler 1450, 1850 ve 2500 nm dalgaboylarına denk gelmektedir. Bu bölgelerde su buharı emilimi güçlü olmaktadır. Bu değerler

atmosferik su buharı ve tuzda bulunan nemden kaynaklanmaktadır.



Şekil 10. Ağustos 2008 tarihinde ortalama göl yüzeyi tayfsal yansımaya değerleri (350-2500nm)

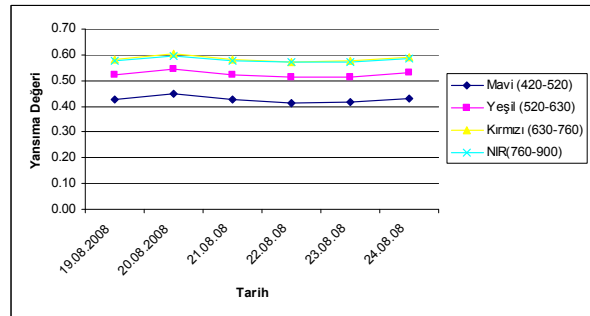
Şekil 11 de Tuz gölü'nde 18-24 Ağustos tarihli yaptığımız çalışmada 420-900 nm aralığında elde edilen ortalama değerlerden tayfsal homojenlik görülmektedir



Şekil 11. Ağustos 2008 tarihinde ortalama göl yüzeyi tayfsal yansımaya değerleri (420-900nm)

#### 4.2.3 Zamansal Homojenlik

Yersel verilerden zamansal homojenlik analizi yapmak için arazi çalışması boyunca alınan veriler değerlendirilmiştir. Bu ölçümlerden alınan sonuçlar Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. 19-24 Ağustos 2008 tarihli tayfsal yansımaya değerleri ölçümlerinin zamansal dağılımı

Şekil 12'deki ölçümlerin günlük bazda ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2:** 19-24 Ağustos 2008 tarihli tayfsal yansıma değerleri

Ölçüm tarihi	Mavi (420-520 nm)	Yeşil (520-630 nm)	Kırmızı (630-760 nm)	Kızılötesi (760-900 nm)
19.08.2008	0.43±0.03	0.52±0.03	0.58±0.03	0.58±0.03
20.08.2008	0.45±0.02	0.55±0.03	0.60±0.03	0.59±0.03
21.08.2008	0.43±0.03	0.52±0.03	0.58±0.04	0.58±0.04
22.08.2008	0.41±0.02	0.51±0.02	0.57±0.02	0.57±0.03
23.08.2008	0.42±0.02	0.51±0.02	0.58±0.02	0.57±0.02
24.08.2008	0.43±0.02	0.53±0.02	0.59±0.02	0.59±0.02

Bu çalışmalar her yıl yapılacak tayfsal yansıma ölçümleriyle zenginleştirilecektir ve yıllık bazda zamansal homojenlik analizleri yapılacaktır.

## 5. SONUÇ

Tuz Gölü için yaptığımız uzamsal, tayfsal ve zamansal homojenlik analizi çalışması ile Tuz Gölü'nün yüksek, orta ve düşük çözünürlüğe sahip uyduların optik görüntüleyicilerinin mutlak radyometrik kalibrasyonu/doğrulaması için test alanı olarak uygunluğu değerlendirilmiştir. Önce uydu görüntüleri ile yapılan çalışmalar daha sonra yersel ölçümlerle de doğrulanmıştır. Tuz Gölü mutlak kalibrasyon test alanı olarak yıl içinde sadece Temmuz ve Ağustos aylarında kullanılabilir olsa da hem ulusal hem de uluslararası kullanıcılar tarafından da uygun bir mutlak kalibrasyon test alanı olacağı özellikle, homojen alanların geniş alansal yayılımı, homojen alanların yüzey yansıma değerlerinin yüksek olması, kolay ulaşılabilirlik ve atmosferik koşulların kararlı olması Tuz Gölü'nün mutlak radyometrik kalibrasyon test alanı olarak oldukça uygun bir alan olduğunu göstermektedir. Tuz Gölü'nde yapılan bu çalışmalar yıllık bazda tekrarlanacak ve şimdiye kadar yaptığımız çalışmalar sonucunda elde ettiğimiz sonuçları sağlamlaştıracaktır.

## 6. TEŞEKKÜR

Arazi çalışmasında emeği geçen Yüksek Müh. Soner Büyükkatalay, Ramazan Küpçü ve Vedat Gün arkadaşlarımıza desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Meris uydu görüntüsü ile yapılan homojenlik çalışması için NPL (National Physics Laboratory, BK)'den Dr. Irina Behnert'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

DMC uydu görüntülerini sağladığı için Dr. Steve Mackin'e ve güneş fotometresini sağladıkları için NERC, BK'ye teşekkür ederiz.

## 7. KAYNAKÇA

Bannari, A., Omari, K., Teillet P.M., ve Fedosejevs, G., 2005. Potential of Getis statistics to characterize the radiometric uniformity and stability of test sites used for the calibration of earth observation sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(12), ss. 2918-2926.

Biggar, S. F., Slater, P. N., ve Gellman, D. I., 1994. Uncertainties in the in-flight calibration of sensors with reference to measured ground sites in the 0.4 to 1.1  $\mu$ m range. *Remote Sensing of Environment*, Cilt. 48, ss. 242-252, 1994.

Getis, A., ve Ord, J.K., 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), ss. 189-206.

ENVI Yazılımı Kullanım Kılavuzu, 2007. <http://www.itervis.com/ProductServices/ENVI/Tutorials.aspx> (12 Haziran 2007).

LPDAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center) for MODIS (MOD 09-Surface Reflectance) images, 2007. <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/> (02 Mayıs 2008).

Morain S., ve Budge M. A., 2004. *Post-Launch Calibration of Satellite Sensors*, ISPRS Book Series – Cilt 2, ss.181-187.

Scott, K. P., Thome, K., ve Brownlee, M. R., 1996. Evaluation of the Railroad Valley playa for use in vicarious calibration. *Proceedings of SPIE*, Cilt 2818, ss. 158-166.

Teillet, P.M., Barsi, J.A., Chander, G., ve Thome, K.J., 2007. Prime candidate earth targets for the post-launch radiometric calibration of space-based optical imaging instruments. *Proceedings of SPIE*, Cilt. 6677, ss. 66770S.

Thome, K., 2002. Paper on the ISPRS Commission I Mid-Term Symposium in conjunction with Pecora 15/Land Satellite Information IV Conference "Ground look radiometric calibration approaches for remote sensing imagers in the solar reflective", Denver, CO USA. <http://www.isprs.org/commission1/proceedings02/paper/00039.pdf> (29 April 2008)

Wulder, M., Boots, B., 1998. Local spatial autocorrelation characteristics of remotely sensed imagery assessed with Getis statistic. *Int.J.Remote Sensing*, 19(11), ss. 2223-2231.