

GEOmatik

Geomatik Dergisi
Cilt 4 / Sayı 2 - Ağustos 2019

ISSN:2564-6761

**Dergi Hakkında**

Geomatik Dergisi bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak harita mühendisliği alanında yeni gelişmelerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan bir dergidir. Geomatik dergisi Tubitak Ulakbim TR Dizin’de Dizinlenmektedir

Amaç & Kapsam

Geomatik Dergisi 2016 yılından beri yayın hayatını sürdüren uluslararası hakemli TÜRKÇE yayın yapan bir dergi olup hakem değerlendirme sistemi mevcuttur. Harita Mühendisliğine ait kuramsal ve uygulamalı araştırma, tarama-inceleme, bildiri, vaka çalışması, kısa rapor ve editöre mektup niteliklerinden birine uygun eserler hakem değerlendirmesinden yayınlanabilir olduğuna dair karar verildikten sonra yayımlanır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Geomatik Dergisinde KÖR HAKEMLİK uygulaması mevcuttur. Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Editör ve Yayın Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayımlanmasın iade edilmez. Dergimizde yayımlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik v.b.) yazarlara aittir. Yayımlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe olarak kabul edilmekte ancak özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

GEOMATİK dergisinin kapsamı;

- ✓ Fotogrametri ve uzaktan algılama,
- ✓ Lidar , Yersel lazer tarama, Mobil lazer tarama,
- ✓ GPS ve uygulamaları, Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları
- ✓ Ölçme teknikleri - endüstriyel ölçmeler, deformasyon ölçmeleri,
- ✓ Jeodezi
- ✓ Hidrografik ölçmeler, navigasyon, madencilik ölçmeleri
- ✓ Mühendislik ölçmeleri, Jeodezi, dengeleme,
- ✓ Kartografik uygulamalar,
- ✓ Arazi Toplulaştırma ve uygulamaları, Kadastro ve uygulamaları
- ✓ İmar Bilgisi ve uygulamaları ve
- ✓ Geomatik mühendisliği ve yerbilimleri ile bağlantılı multi disiplinler çalışmaları.

Yayımlanma Sıklığı

Yılda 3 sayı (Nisan, Ağustos, Aralık, aylarında sayı çıkarılır.)

e-ISSN

2564-6761

WEB

<https://dergipark.org.tr/geomatik>

İletişim

geomatikdersisi@gmail.com



EDİTÖR

Prof. Dr. Murat YAKAR
Mersin Üniversitesi,
Mersin

EDİTÖR YARDIMCILARI

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Konya Teknik Üniversitesi,
Konya

Dr. Osman ORHAN
Konya Teknik Üniversitesi,
Konya

EDİTÖR KURULU

- Prof. Dr. Reha Metin ALKAN, Hitit Üniversitesi
- Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ GÜL, Yıldız Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU, Gebze Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Haluk ÖZENER, Boğaziçi Üniversitesi
- Prof. Dr. Erkan BEŞDOK, Erciyes Üniversitesi
- Prof. Dr. Gönül TOZ, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU, İstanbul Üniversitesi
- Prof. Dr. Fevzi KARSLI, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ, Selçuk Üniversitesi
- Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Doç. Dr. Semra ALYILMAZ, Atatürk Üniversitesi
- Doç. Dr. Tekin SUSAM, Gaziosmanpaşa Üniversitesi
- Doç. Dr. İ. Rakıp KARAŞ, Karabük Üniversitesi
- Doç. Dr. Mevlüt YETKİN, Katip Çelebi Üniversitesi
- Doç. Dr. Şinasi KAYA, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Doç. Dr. İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi
- Doç. Dr. Ömer MUTLUOĞLU, Selçuk Üniversitesi
- Doç. Dr. Arzu ERENER, Kocaeli Üniversitesi
- Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
- Doç. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU, Cumhuriyet Üniversitesi
- Doç. Dr. Yasemin ŞİŞMAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Doç. Dr. Güler YALÇIN, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
- Yrd. Doç. Dr. Ayşe Yavuz ÖZALP, Artvin Çoruh Üniversitesi
- Yrd. Doç. Dr. Fatih TAKTAK, Uşak Üniversitesi
- Dr. Ali ULVİ, Selçuk Üniversitesi

DANIŞMA KURULU

- Prof. Dr. Dursun Zafer Şeker, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ, Akşaray Üniversitesi
- Prof. Dr. Cengiz ALYILMAZ, Atatürk Üniversitesi
- Prof. Dr. Abdurrahman Geymen, Erciyes Üniversitesi
- Prof. Dr. Ferruh YILDIZ, Selçuk Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

CİLT 4 / SAYI 2

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

** Adaptif Komşuluk Seçimi ve Ağırlık Atama Yöntemleri ile Hiperspektral Görüntülerin Sınıflandırılması

Tugcan DÜNDAR, Taner İNCE 82

** Ankara-Yozgat Hattında Mühendislik Ve Cbs Amaçlı Yaklaşık-Jeoit Hesabı

Muzaffer KAHVECİ, Ekrem TUŞAT, Ferruh YILDIZ, Fatih SARI, Fariz MİKALSOY 92

** Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi

Ali İhsan ŞEKERTEKİN, Aycan Murat MARANGOZ 101

** Türkiye’de Taşınmazların Değerini Etkileyen Kriterlere Yaklaşım

Fatma Bünyan ÜNEL, Şükran YALPIR 112

** Taşınmaz Değerlemede Yapay Zekâ Tekniklerinin Kullanılabilirliği Ve Yöntemlerin Karşılaştırılması

Ceyda ULVİ, Gülgün ÖZKAN 134

** İnsansız Hava Araçlarının Kıyı Çizgisinin Belirlenmesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Nedim Onur AYKUT 141

** Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Servislerinin Performans Analizi

Merve ŞİMŞEK, Seda ÖZARPACI, Uğur DOĞAN 147

** Harita Projeksiyonları ve Nümerik Analiz Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Servislerinin Performans Analizi

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ 160

Adaptif Komşuluk Seçimi ve Ağırlık Atama Yöntemleri ile Hiperspektral Görüntülerin Sınıflandırılması

Tuğcan DÜNDAR^{1*}, Taner İNCE²

¹Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gaziantep
(dundar@gantep.edu.tr) ORCID ID 0000 – 0003 – 1374 – 8651

² Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gaziantep
(tanerince@gantep.edu.tr) ORCID ID 0000 – 0003 – 1757 – 5209

Öz

Seyrek gösterim tabanlı teknikler sağladıkları performans nedeniyle sinyal ve görüntü işleme, bilgisayarlı görme ve görüntü tanıma gibi alanlarda araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Son zamanlarda hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması ile ilgili önerilen metotlarda da seyrek gösterim teknikleri kullanılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu makalede, adaptif komşuluk seçimi ile ağırlık atama yöntemlerini birlikte kullanan bir ortak seyrek gösterim tabanlı sınıflandırıcı önerilmektedir. İlk olarak, test pikseli etrafında oluşturulan sabit boyutlu pencere içerisindeki piksellerin tümünün sınıflandırma işlemine dahil edilmesi yerine test pikseline yakın mesafedeki ve benzer spektral karakteristiğe sahip pikseller seçilerek sınıflandırmaya dahil edilmiştir. Bu sayede test pikseline uzak mesafedeki ve spektral olarak benzemeyen komşu pikseller ayrılmıştır. Daha sonra test pikselinin sınıf etiketini belirlerken hesaplanması gereken artık değerde seyrek katsayı matrisi her bir sınıf için belirlenen ağırlıklarla çarpılmıştır. Ağırlıklar belirlenirken seçilen pikseller ile her bir sınıfa ait eğitim sözlüğü arasındaki benzerlik dikkate alınmıştır. Bu sayede test pikselinin doğru sınıfa atanma olasılığı artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Hiperspektral, sınıflandırma, seyrek gösterim, adaptif komşuluk seçimi, ağırlık atama*

Classification of Hyperspectral Images with Adaptive Neighborhood Selection and Weighting Methods

Abstract

Sparse representation based techniques are frequently used in the areas such as signal and image processing, computer vision and pattern recognition due to their performance. In recent years, sparse representation techniques have been used in the proposed methods related to classification of hyperspectral images and favorable results have been obtained. In this article, a joint sparse representation based classifier method that uses adaptive neighborhood selection and weighting processes together is proposed. First, instead of including all of the pixels in the fixed size window created around the test pixel in the classification process, pixels that are close and have similar spectral characteristics to the test pixel are included in the classification. In this way, neighboring pixels which are distant and unlike spectrally to the test pixels are discarded. Then, when determining the class label of the test pixel, the sparse coefficient matrix in the residual value to be calculated is multiplied by the weights determined for each class. Similarity between selected pixels and training dictionary of each class has been considered when the weights are determined. In this way, the probability of assigning the test pixel to the proper class has been increased.

Keywords: *Hyperspectral, classification, sparse representation, adaptive neighborhood selection, weighting*

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan hiperspektral görüntüler birbirlerine yakın olarak konumlandırılmış çok sayıda dalga boyuna sahip sensörler aracılığı ile elde edilir. Yeryüzünde bulunan nesnelere elektromanyetik dalgaları soğurma ve yansıtma karakteristikleri farklı olmaktadır. Hiperspektral görüntüler de fazla sayıda dalga boyuna sahip oldukları için nesnelere sınıflandırılması ile ilgili çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Sınıflandırma ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda yalnızca görüntü içerisindeki spektral bilgi kullanılmıştır. (Melgani ve Bruzzone, 2004)'deki çalışmada destek vektör makinaları (Support Vector Machines, SVM) yardımı ile sınıflar arasında hiperdüzlemler oluşturularak test örneklerinin sınıflandırılması sağlanmıştır. (Chen, Nasrabadi ve Tran, 2011) tarafından yapılan çalışmada seyrek gösterim sınıflandırıcı (Sparse Representation Classifier, SRC) modeli önerilmiştir. Buna göre bir test örneği tüm sınıflara ait eğitim örneklerinden oluşan bir eğitim sözlüğü içerisinde yalnızca birkaç eğitim örneği ile temsil edilebilir. (Ma, Crawford ve Tian, 2010) tarafından önerilen k en yakın komşuluk (K Nearest Neighbor, KNN) metodunda ise test örneğine komşu olan en yakın k adet eğitim örneği seçilip bunların ait olduğu sınıf test örneğinin sınıfı olarak atanmıştır.

Spektral bilgi yardımı ile yapılan çalışmalar sayesinde sınıflandırma sonuçlarında iyi sonuçlar elde edilmiştir fakat yüksek doğruluk değerlerine ulaşamamıştır. Bu sebeple literatürde spektral bilgiye ek olarak uzamsal bilginin de sınıflandırma işlemine dahil edilmesi ile yüksek doğruluk değerlerine ulaşan birçok çalışma mevcuttur. Örneğin (Chen ve diğerleri, 2011) her bir test örneği etrafında oluşturulan sabit boyutlu pencereler yardımı ile piksellerin komşuluk bilgisini yani uzamsal bilgiyi sınıflandırma işlemine dahil eden ortak seyrek gösterim sınıflandırıcı (Joint Sparse Representation Classifier, JSRC) modelini geliştirmişlerdir. Bu model teorik olarak SRC modeline benzese de uzamsal bilgi sayesinde sonuçlarda ciddi bir artış görülmüştür. (Camps-Valls, Gomez-Chova, Munoz-Mari, Vila-Frances ve Calpe-

Maravilla, 2006) önerdikleri yöntemde hem spektral hem de uzamsal bilgiyi kullanan çekirdek fonksiyonları SVM yöntemine ekleyerek SVM ile elde edilen sonuçların iyileştirilmesini sağlamışlardır. (Guo, Cao, Han, Sun ve Bai, 2018) ise sabit boyutlu bir pencere içerisindeki pikselleri KNN metodu ile ortak bir şekilde sınıflandırdıktan sonra sonuçlara rehberli filtre (He, Sun ve Tang, 2013) ekleyerek uzamsal bilgiyi eklemiş ve sonuçların iyileştirilmesini sağlamışlardır.

Hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması için birçok model önerilmiş olsa da seyrek gösterim tabanlı yaklaşımlar sağladıkları performanstan dolayı araştırmacıların dikkatini daha çok çekmiştir. Örneğin, (Tu ve diğerleri, 2018) çalışmalarında JSRC yönteminde artık değer hesaplanırken test örnekleri ile eğitim örnekleri arasındaki benzerliği korelasyon katsayısı yardımı ile işleme dahil ederek sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunda artış sağlamıştır. (L. Gan, J. Xia, P. Du ve Z. Xu, 2017) yaptıkları çalışmada her bir test örneği ile eğitim sözlüğündeki atomlar arasındaki farklılık bilgisini bir ağırlık atama yöntemi ile atomlara uygulamıştır. Bu sayede yerel özellikleri eğitim sözlüğüne eklemiş ve normal SRC yöntemine göre sonuçların doğruluğunda artış sağlamışlardır. (Fang, Li, Kang ve Benediktsson, 2014) ise sabit boyutlu tek bir pencere kullanmak yerine test örneği etrafında farklı boyutlarda pencereler oluşturularak uzamsal bilginin daha da verimli kullanılmasını sağlamışlardır. (Zhang, Li, Huang ve Zhang, 2014) tarafından pencere içerisindeki komşu piksellerin ağırlık oranlarının aynı olmadığı düşüncesiyle test örneği etrafındaki her bir komşu piksele yerel olmayan ağırlık atamasının yapıldığı bir yöntem önerilmiştir. (Fang, Li, Kang ve Benediktsson, 2015) tarafından sabit boyutlu pencere kullanmak yerine görüntü içerisindeki uzamsal bilgiye göre adaptif olarak şekil ve boyut değiştiren süperpiksel bölütleme yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra oluşturulan süperpikseller JSRC yöntemine benzer biçimde sınıflandırılmıştır. (Dunder ve İnce, 2018) tarafından yapılan çalışmada test pikseli etrafında farklı boyutlarda süperpikseller oluşturularak ortak seyrek bir biçimde sınıflandırılmış ve oluşan sınıflandırma haritalarına rehberli filtre

uygulanarak varolan sonuçların daha da iyileştirilmesi sağlanmıştır.

Bu makalede önerilen yöntem iki temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada test pikseli etrafında oluşturulan sabit boyutlu bir pencere içerisindeki komşu pikseller her bir test pikseli için adaptif bir biçimde seçilmiştir. Daha sonra oluşturulan piksel grupları için seyrek katsayı matrisi çözülmüştür. Önceden oluşturulan piksel gruplarının ortalama değeri hesaplanarak matris vektör haline getirilir. Ayrıca eğitim sözlüğü içerisinde aynı sınıfa ait olan eğitim örneklerinin de ortalaması alınarak bir vektör haline dönüştürülür. Piksel gruplarından elde edilen vektör ile eğitim örneklerinden elde edilen vektörler arasında bir ağırlık hesaplaması yapılır. İkinci aşamada ise test örneğinin sınıf etiketini belirlerken hesaplanan artık değerde seyrek katsayı matrisinin ilgili satırları bu ağırlıklarla çarpılmıştır.

2. YÖNTEM

Bu bölümde SRC ve JSRC yöntemlerinin teorik altyapısı anlatılmıştır. Bunlara ek olarak JSRC metoduna komşuluk seçimi ve ağırlık atama yöntemleri ayrı ayrı uygulanmıştır. Son olarak ise önerilen yönteme ait teorik çalışmalar oluşturulmuştur.

Eğitim sözlüğü matrisi $\mathbf{D} = [\mathbf{D}_1 \mathbf{D}_2 \dots \mathbf{D}_C] \in \mathbb{R}^{B \times N}$ veriden rastgele seçilerek oluşturulmuştur. Sınıflara ait her bir alt eğitim sözlüğü ise $\mathbf{D}_i = [\mathbf{D}_{i_1} \mathbf{D}_{i_2} \dots \mathbf{D}_{i_{N_i}}] \in \mathbb{R}^{B \times N_i}$ ($i=1,2,\dots,C$) matrisi ile gösterilmiştir. B görüntü içerisindeki toplam bant sayısını, N toplam eğitim örneği sayısını ve C ise veri setindeki toplam sınıf sayısını belirtmektedir.

2.1. Seyrek Gösterim Sınıflandırıcısı

Bu yöntemde bir test pikselinin eğitim sözlüğü içerisinde yalnızca birkaç adet örnek ile seyrek bir şekilde temsil edilebileceği önerilmiştir. Bu eşitlik

$$\mathbf{y} = \mathbf{D}\mathbf{a} \quad (1)$$

şeklinde gösterilebilir. Bu denklemde \mathbf{a} seyrek katsayı vektörünü temsil etmektedir.

Eğer bu denkleme hata payı veya görüntü içerisinde olabilecek gürültüler eklenecek olursa

$$\mathbf{y} = \mathbf{D}\mathbf{a} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2)$$

(2)'deki gibi denklem elde edilir. Hata payını minimize etmek için ve aynı zamanda da seyreklik koşulunu sağlamak için

$$\hat{\mathbf{a}} = \arg \min \|\mathbf{y} - \mathbf{D}\mathbf{a}\|_2 \quad \text{öyle ki} \quad \|\mathbf{a}\|_0 \leq S \quad (3)$$

(3)'teki optimizasyon problemi seyrek katsayı vektörü için çözümlenmelidir. Burada S vektörün seyreklik seviyesidir ve $\|\cdot\|_0$ ise L_0 normu ifade eder ve vektör içerisinde sıfır olmayan elemanları sayar. Bu problemin çözümü için literatürdeki Dik Eşleştirme Arayış (DEA) (Tropp ve Gilbert, 2007) optimizasyon algoritması kullanılabilir. Seyrek katsayı vektörü $\hat{\mathbf{a}}$ bulunduktan sonra artık değer \mathbf{r}

$$\mathbf{r}_i = \|\mathbf{y} - \mathbf{D}_i\hat{\mathbf{a}}_i\|_2 \quad \text{öyle ki} \quad i = 1, 2, \dots, C \quad (4)$$

her bir sınıf için denklem (4)'teki gibi hesaplanır. Test pikseli \mathbf{y} 'nin sınıfı ise en düşük artık değere sahip sınıf olarak belirlenir.

$$\text{Sınıf}(\mathbf{y}) = \arg \min(\mathbf{r}_i) \quad (5)$$

2.2. Ortak Seyrek Gösterim Sınıflandırıcısı

Bu yöntemde ise tek bir test pikseli yerine merkezde test pikseli olmak koşuluyla sabit boyutlu bir kare pencere oluşturulur. Bu sayede görüntü içerisindeki uzamsal bilgi de sınıflandırmaya dahil edilmiş olur. Test örneği ve etrafındaki komşu pikselleri içeren \mathbf{P} matrisi

$$\mathbf{P} = [\mathbf{p}_1 \mathbf{p}_2 \dots \mathbf{p}_Q] \quad (6)$$

oluşturulur. Burada \mathbf{p}_1 merkezdeki test pikselini ve Q ise pencere içerisindeki toplam piksel sayısını ifade eder. SRC yönteminde olduğu gibi amaç seyrek katsayı matrisini bulmak olduğu için (3)'teki problem

$$\hat{\mathbf{A}} = \arg \min \|\mathbf{P} - \mathbf{D}\mathbf{A}\|_F \quad \text{öyle ki} \quad \|\mathbf{A}\|_0 \leq S \quad (7)$$

JSRC yöntemi için denklem (7)'deki gibi yazılabilir. Burada $\|\cdot\|_F$ ise Frobenius normu temsil etmektedir. Bu problemin çözümü için

literatürdeki Eşzamanlı Dik Eşleştirme Arayış (EDEA) (Tropp, Gilbert ve Strauss, 2006) optimizasyon algoritması kullanılabilir. Seyrek katsayı matrisi $\hat{\mathbf{A}}$ bulunduktan sonra artık değer \mathbf{R} her bir sınıf için hesaplanır.

$$\mathbf{R}_i = \arg \min \|\mathbf{P} - \mathbf{D}_i \hat{\mathbf{A}}_i\|_F \quad (8)$$

\mathbf{p}_1 test pikselinin sınıfı ise minimum artık değere sahip sınıf olarak belirlenir.

$$\text{Sınıf}(\mathbf{p}_1) = \arg \min(\mathbf{R}_i) \quad (9)$$

2.3. Adaptif Komşuluk Seçim Yöntemi

JSRC metodunda sabit boyutlu pencere içerisindeki merkezde bulunan test pikseli ve etrafındaki piksellerin spektral karakteristiklerinin aynı olduğu varsayılarak sınıflandırma işlemi yapılır. Bu yaklaşım küçük boyutlu pencereler için kısmen doğru olsa da özellikle büyük boyutlu pencerelerde yanlış sınıflandırmalara sebep olabilmektedir. Çünkü bu durumda farklı sınıflara ait pikseller de sınıflandırma işlemine dahil edilmektedir. Komşuluk seçim yöntemi sayesinde pencere içerisindeki benzer spektral karakteristiğe sahip pikseller gruplandırılarak sınıflandırma başarı oranları artırılabilir. Bu doğrultuda (L. Pan, H. Li ve X. Chen, 2016; Q. Wang, X. He ve X. Li, 2018) çalışmalarında uygulanan benzerlik yöntemi JSRC metoduna da uygulanmıştır. İlk olarak \mathbf{P} matrisi içerisindeki \mathbf{p}_1 test örneği ile diğer pikseller arasındaki mesafe bahsi geçen benzerlik yöntemi ile hesaplanarak M vektörü oluşturulur.

$$M_{1,j} = \sqrt{\|\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_j\|_2^2 + \|k_1 - k_j\|_2^2} \quad (10)$$

öyle ki $j = 2, 3, \dots, Q$

Denklem (10)'da k_1 test örneğinin görüntü içerisindeki koordinatlarını ve k_j ise sırasıyla diğer piksellerin koordinatlarını belirtmektedir ve bu değerler $[0 \ 1]$ arasında normalize edilmelidir. Yani bu denklem sayesinde hem test örneği ile herhangi bir piksel arasındaki uzaklık bulunur hem de koordinat bilgileri kullanılmış olur. M vektörü oluşturulduktan sonra standart sapması (11) numaralı denklem yardımı ile aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\sigma_M = \sqrt{\frac{1}{Q-1} \sum_{j=2}^Q (M_{1,j} - \mu_M)^2} \quad (11)$$

$$\mu_M = \frac{1}{Q-1} \sum_{j=2}^Q M_{1,j}$$

Burada μ_M değeri M vektörünün ortalama değerini göstermektedir. Standart sapma değeri hesaplandıktan sonra eşik değeri \mathbf{E}

$$\mathbf{E} = \beta \times \sigma_M \quad (12)$$

belirlenir. Denklem (12)'de β değeri bir parametredir ve standart sapma değerine göre eşik değerini belirler. \mathbf{E} değeri belirlendikten sonra M vektöründe bu değerden küçük veya eşit olan değerler ve bunların indeks değerleri belirlenir.

$$[\text{Değer İndeks}] \leftarrow M_{1,j} \leq \mathbf{E} \quad (13)$$

Seçilen indeksler sayesinde de \mathbf{P} matrisi içerisinde ilgili indeksler seçilerek \mathbf{p}_1 test örneğini ve benzer spektral karakteristiğe sahip pikselleri içeren $\tilde{\mathbf{P}}$ matrisi oluşturulur.

$$\tilde{\mathbf{P}} = [\mathbf{p}_1 \cdots \mathbf{p}_x] \quad (14)$$

Bu aşamadan sonra ise $\tilde{\mathbf{P}}$ matrisi için sırasıyla (7), (8) ve (9) numaralı denklemler çözülür ve \mathbf{p}_1 test örneğinin sınıfı bulunur.

Bu yöntemin makale içerisindeki kısaltması OSGS-AK olarak kullanılacaktır.

2.4. Ağırlık Atama Yöntemi

JSRC metodunda seyrek katsayı matrisi belirlendikten sonra artık değer hesaplanarak pikselin sınıfı belirlenmektedir. Eğer bu aşamada pencere içerisindeki pikseller ile eğitim pikselleri arasındaki benzerlikler artık değer hesaplamasına dahil edilebilirse sınıflandırma sonuçlarında artış gözlemlenebilir. Bunun için ilk olarak \mathbf{P} matrisinin ortalaması (15) numaralı denklem yardımı ile bulunur.

$$\bar{\mathbf{P}} = \frac{1}{Q} \sum_{j=1}^Q \mathbf{p}_j \quad (15)$$

Daha sonra her bir alt eğitim sözlüğünün aynı şekilde ortalaması (16) numaralı denklem yardımı ile hesaplanır.

$$\bar{\mathbf{D}}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{n=1}^{N_i} \mathbf{D}_{i_n} \quad (16)$$

$\bar{\mathbf{P}}$ ile $\bar{\mathbf{D}}_i$ arasındaki benzerlik ise aşağıdaki denklem yardımı ile hesaplanmıştır.

$$W_i = \text{kor}(\bar{\mathbf{P}}, \bar{\mathbf{D}}_i) \times e^{(-\|\bar{\mathbf{P}} - \bar{\mathbf{D}}_i\|_2)} \quad (17)$$

Denklem (17)'de *kor* korelasyon katsayısını temsil etmektedir. Bu değer birbirine benzeyen iki vektör için 1'e yakın olurken, birbiri ile benzemeyen iki vektör için 0'a yakın olmaktadır. Her bir sınıf için W_i değeri bulunduğundan sonra artık değer hesabına aşağıdaki gibi eklenmelidir.

$$\mathbf{R}_i = \left\| \mathbf{P} - \mathbf{D}_i \left(W_i^2 \times \hat{\mathbf{A}}_i \right) \right\|_F \quad (18)$$

Denklem (18)'de farklı sınıflara ait ağırlık oranları arasındaki farkı biraz daha arttırabilmek için W_i değerinin karesi alınmıştır.

Bu yöntemin makale içerisindeki kısaltması OSGS-AA olarak kullanılacaktır.

2.5. Önerilen Yöntem

Bu makalede önerilen yöntem hem adaptif komşuluk seçim yöntemini hem de ağırlık atama yöntemini aynı anda kullanan OSGS-AKAA metodudur.

İlk olarak OSGS-AK yönteminde kullanılan (10), (11), (12) ve (13) numaralı denklemler vasıtası ile test örneğinin komşulukları belirlenerek (14)'deki gibi $\tilde{\mathbf{P}}$ matrisi oluşturulur. Daha sonra OSGS-AA yöntemindeki (15), (16) ve (17) numaralı denklemler yardımı ile ağırlıklar belirlenir. Artık değer ise

$$\mathbf{R}_i = \left\| \tilde{\mathbf{P}} - \mathbf{D}_i \left(W_i^2 \times \hat{\mathbf{A}}_i \right) \right\|_F \quad (19)$$

denklem (19) yardımı ile belirlenir ve daha sonra minimum artık değere sahip sınıfa göre test örneğinin sınıfı belirlenir.

Önerilen OSGS-AKAA yöntemine ait algoritma örneği yan sütunda bulunmaktadır.

Algoritma: OSGS-AKAA

Giriş: Eğitim sözlüğü \mathbf{D} , Hiperspektral veri seti \mathbf{H} , Seyreklik seviyesi S , Beta çarpanı β , Pencere boyutu Q

Her bir test pikseli için **tekrarla**

1: \mathbf{p}_1 test pikseli olmak koşuluyla piksel matrisini \mathbf{H} içerisinde seçerek oluştur

$$\mathbf{P} = [\mathbf{p}_1 \ \mathbf{p}_2 \ \dots \ \mathbf{p}_Q] \in \mathbb{R}^{B \times Q}$$

2: \mathbf{p}_1 test pikseli ile diğer pikseller arasındaki uzaklığı (10) numaralı denklem ile hesaplayarak M vektörünü oluştur

3: M vektörünün standart sapması σ_M değerini (11) numaralı denklem ile hesapla ve β değeri ile çarparak (12)'deki eşik değerini belirle

4: M içerisinde eşik değerinden küçük veya eşit değerleri ve bunların indekslerini bularak yeni piksel matrisini oluştur

$$\tilde{\mathbf{P}} = [\tilde{\mathbf{p}}_1 \ \dots \ \tilde{\mathbf{p}}_x] \in \mathbb{R}^{B \times x}$$

5: Seyrek katsayı matrisi $\hat{\mathbf{A}}$ 'yı bul

$$\hat{\mathbf{A}} = \arg \min \left\| \tilde{\mathbf{P}} - \mathbf{D}\mathbf{A} \right\|_F \quad \text{öyle ki} \quad \|\mathbf{A}\|_0 \leq S$$

6: $\tilde{\mathbf{P}}$ matrisinin ortalamasını alarak ve \mathbf{D} matrisinde her bir sınıf için ortalama olarak vektör haline getir

$$\bar{\mathbf{P}} = \text{ortalama}(\tilde{\mathbf{P}})$$

$$\bar{\mathbf{D}}_i = \text{ortalama}(\mathbf{D}_i)$$

7: Her sınıf için ağırlıkları (17) ile hesaplayarak W vektörünü oluştur

8: Artık değeri her bir sınıf için (19) ile hesapla

9: Minimum artık değere sahip sınıfı test pikselinin sınıfı olarak belirle

Çıkış: Test piksellerin sınıf etiketi

3. BULGULAR

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada hiperspektral sınıflandırma alanında sıklıkla üzerinde çalışılan ve AVIRIS sensörü tarafından elde edilen Indian Pines veri seti kullanılmıştır ("AVIRIS NW Indiana's Indian Pines Data Set", 1992). Sensörün spektral aralığı 0.4 – 2.4 μm ve piksel başına mekansal çözünürlüğü ise 20 metredir. Veri seti 145×145 boyutunda olup 220 adet spektral banttandır oluşmaktadır ve çevrimiçi olarak temin edilebilmektedir. Fakat su emilimi ve atmosferik koşullardan kaynaklı olumsuz etkenler sebebiyle bazı bantlar [104-108, 150-163, 220] veri setinden çıkartılmıştır (J. Anthony Gualtieri ve Robert F. Cromp, 1999). Dolayısıyla veri seti son olarak 145×145×200 boyutlu bir hale getirilmiştir. Çoğunlukla tarımsal ürünlerden oluşan 16 farklı sınıfa sahiptir. Sınıflara ait bilgiler ve sınıflarda bulunan örnek sayıları Tablo 1'de

sunulmuştur. Ayrıca veri setine ait yer gerçekliği haritası da Şekil 1'de bulunmaktadır.

Tablo 1. Indian Pines Veri Setine Ait Sınıf Bilgileri ve Örnek Sayıları

Sınıf	Sınıf adı (Chen ve diğerleri, 2011)	Örnek sayısı
1	Alfalfa	54
2	Corn-notill	1434
3	Corn-min	834
4	Corn	234
5	Grass/Pasture	497
6	Grass/Trees	747
7	Grass/Pasture-mowed	26
8	Hay-windrowed	489
9	Oats	20
10	Soybean-notill	968
11	Soybean-min	2468
12	Soybean-clean	614
13	Wheats	212
14	Woods	1294
15	Building-Grass-Tree-Drives	380
16	Stone-steel Towers	95
	Toplam	10366



Şekil 1. Indian Pines Görüntüsüne Ait Yer Gerçekliği Haritası ve Sınıf Etiketleri

3.2. Hesaplama Metrikleri

Hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması ile ilgili yapılan çalışmaların sonuç karşılaştırması kısmında bazı metrikler bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla genel doğruluk (GD), sınıf doğrulukları (SD), ortalama doğruluk (OD) ve kappa (K) değeridir. Bu metriklere ait formüller sırasıyla aşağıda bulunmaktadır.

$$GD = \frac{\text{Doğru sınıflandırılan test örneği sayısı}}{\text{Toplam test örneği sayısı}}$$

$$SD = \frac{\text{İlgili sınıfa doğru atanan test örneği sayısı}}{\text{İlgili sınıfa ait toplam test örneği sayısı}}$$

$$OD = \frac{\text{Sınıf doğruluk değerlerinin toplamı}}{\text{Toplam sınıf sayısı}}$$

$$K = \frac{(\text{Gözlemlenen değer} - \text{Beklenen değer})}{(1 - \text{Beklenen değer})}$$

3.3. Parametre Ayarlaması

Önerilen OSGS-AKAA metodu literatürdeki SVM (Melgani ve Bruzzone, 2004), SVM-CK (Camps-Valls ve diğerleri, 2006), SRC (Chen ve diğerleri, 2011), WSRC (Lu, Min, Gui, Zhu ve Lei, 2013) ve JSRC (Chen ve diğerleri, 2011) metotları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca JSRC metoduna yalnızca adaptif komşuluk seçim yönteminin eklendiği OSGS-AK metodu ve yine JSRC metoduna yalnızca ağırlık atama yönteminin eklendiği OSGS-AA metotları ile de karşılaştırılmıştır.

SVM metodunda gauss radyal temel fonksiyonu kullanılmış olup en uygun parametrelerin seçilmesi için 5-kat çapraz doğrulama yapılmıştır. SVM-CK metodunda 9×9 pencere boyutu kullanılmıştır ve diğer parametreler makaleden alınmıştır. SRC yönteminde önerildiği gibi seyreklik seviyesi 5 olarak seçilmiştir. JSRC yönteminde önerilen 9×9 pencere boyutu ve seyreklik seviyesi olarak da 30 değeri kullanılmıştır. WSRC yönteminde ağırlıklı L_1 minimizasyon yüz tanıma sistemi için önerilmiştir. Bu çalışmada ise parametreler tekrar ayarlanarak Indian Pines hiperspektral veri seti için uygulanmıştır.

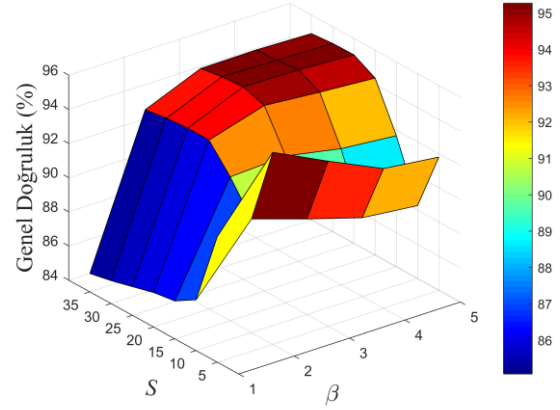
Önerilen OSGS-AKAA yöntemi için 9×9 pencere boyutu seçilerek yöntem bunun üzerinde uygulanmıştır. Farklı seyreklik seviyeleri ve beta değerleri kullanılarak GD ve OD değerleri sırasıyla Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekillerden de görüleceği üzere seyreklik seviyesi $S = 5$ ve $\beta = 2$ değerleri için hem GD değeri hem de OD değeri maksimum seviyededir. OSGS-AK yöntemi için de seyreklik seviyesi olarak $S = 5$, beta değeri için $\beta = 2$ ve 9×9 pencere boyutu kullanılmıştır. OSGS-AA yönteminde ise seyreklik seviyesi olarak $S = 30$ değeri ve 9×9 pencere boyutu kullanılmıştır.

3.4. Deneysel Analiz

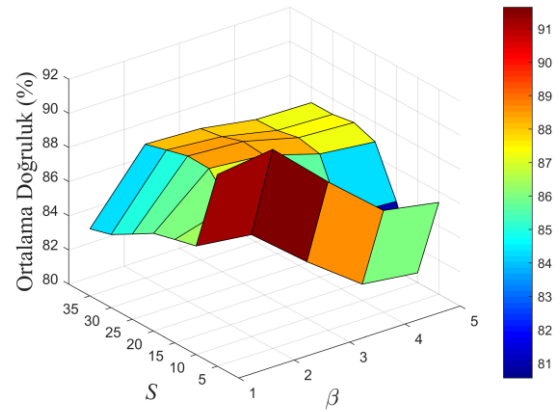
Sınıflara ait eğitim ve test örneği sayıları ile sınıflandırma sonuçlarına ilişkin bilgiler Tablo 2’de sunulmuştur. Görüleceği üzere görüntüdeki uzamsal bilgileri kullanmayan SVM, SRC ve WSRC yöntemleri yerel bilgilerin kullanıldığı diğer metotlara göre daha düşük performans sergilemişlerdir. WSRC yönteminde SRC yöntemine ek olarak ağırlıklar da eklendiği için hem genel hem ortalama hem de kappa değeri bakımından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. SVM-CK yöntemi görüntüdeki uzamsal bilgiyi de kullandığı için SVM yöntemine göre çok daha iyi sonuçlar sağlamıştır. JSRC yöntemine adaptif komşuluk seçimi eklenmesiyle elde edilen OSGS-AK metodunun daha üstün geldiği görülmektedir. Çünkü pencere içerisindeki farklı spektral karakteristiğe sahip pikseller seçim yöntemi sayesinde sınıflandırma işlemine dahil edilmemiştir. Ayrıca JSRC yöntemine ağırlık atama eklenmesiyle OSGS-AA metodu da sonuçları az da olsa artırmıştır fakat bu artış OSGS-AK metodundaki kadar olmamaktadır. Çünkü OSGS-AA yönteminde herhangi bir komşuluk seçimi uygulanmamıştır. Dolayısıyla farklı spektral yapıya sahip pikseller de sınıflandırma işlemine dahil edilmiştir. Önerilen OSGS-AKAA metodunda yani hem komşuluk seçiminin hem de ağırlık atamanın olduğu durumda GD, OD ve K değerleri diğer tüm metotlara kıyasla daha üstün gelmektedir. Eğer sonuçlar dikkatli bir şekilde gözlemlenecek olursa OSGS-AKAA ile OSGS-AK arasında ciddi bir fark bulunmamaktadır. Fakat yine de ağırlık oranlarının da eklenmesiyle sonuçlar OSGS-AK metoduna göre biraz daha iyileştirilmiştir.

Metotlara ait sınıflandırma haritaları sırasıyla Şekil 3’de sunulmuştur. Görüleceği üzere görüntü içerisindeki uzamsal bilginin

kullanılmadığı SVM, SRC ve WSRC yöntemlerinde sonuçlar oldukça gürültülüdür. Uzamsal bilgini kullandığı SVM-CK, JSRC, OSGS-AK, OSGS-AA ve OSGS-AKAA yöntemlerinde ise gürültü çok fazla değildir.



(a)

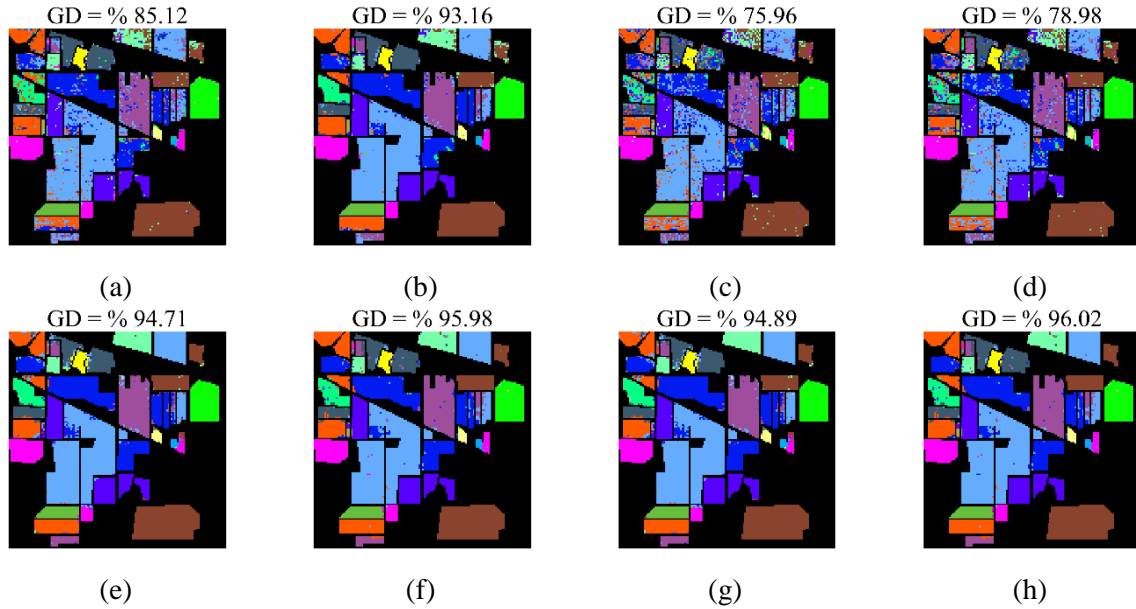


(b)

Şekil 2. Önerilen OSGS-AKAA Metodunda Seyreklik Seviyesi S ve β Parametrelerinin; (a) Genel Doğruluk, (b) Ortalama Doğruluk Sonuçlarına Etkisi

Tablo 2. Indian Pines Veri Setinde SVM, SVM-CK, SRC, WSRC, JSRC, OSGS-AK, OSGS-AA ve OSGS-AKAA Metotları ile Elde Edilen Sınıflandırma Doğruluk Değerleri

Sınıf	Eğitim	Test	SVM	SVM-CK	SRC	WSRC	JSRC	OSGS-AK	OSGS-AA	OSGS-AKAA
1	6	48	75,00	88,13	64,38	66,25	88,13	94,58	87,08	94,58
2	144	1290	81,36	92,29	65,24	68,28	93,47	93,22	93,89	93,29
3	84	750	75,75	94,80	61,27	65,35	93,43	94,40	93,73	94,61
4	24	210	72,76	88,10	46,05	50,95	92,43	89,52	93,33	89,57
5	50	447	93,00	94,00	89,44	90,27	93,47	93,06	92,62	93,00
6	75	672	96,00	98,39	94,72	95,22	99,18	98,15	99,18	98,15
7	3	23	72,61	80,00	79,13	77,83	54,35	81,74	60,00	81,74
8	49	440	98,23	97,98	97,61	98,11	99,86	99,64	99,89	99,64
9	2	18	78,33	86,11	51,67	62,78	7,78	64,44	7,78	64,44
10	97	871	72,38	88,69	71,81	75,21	87,80	91,93	87,90	91,95
11	247	2221	84,32	93,53	76,09	78,93	97,43	96,21	97,71	96,27
12	62	552	86,27	93,77	56,20	61,30	87,70	91,27	88,84	91,34
13	22	190	99,42	99,47	97,89	98,11	99,16	98,16	99,37	98,16
14	130	1164	96,19	96,16	94,03	95,17	99,41	99,73	99,15	99,73
15	38	342	59,50	84,24	41,84	47,98	97,02	93,22	97,34	93,74
16	10	85	92,24	97,18	92,71	92,00	94,24	95,76	92,71	95,76
GD	-	-	84,74	93,55	75,62	78,27	94,93	95,22	95,12	95,28
OD	-	-	83,33	92,05	73,75	76,48	86,55	92,19	86,91	92,25
K	-	-	82,59	92,65	72,17	75,20	94,22	94,55	94,43	94,62



Şekil 3. Indian Pines Görüntüsüne Ait Sınıflandırma Haritaları; (a) SVM, (b) SVM-CK, (c) SRC, (d) WSRC, (e) JSRC, (f) OSGS-AK, (g) OSGS-AA, (h) OSGS-AKAA

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu makalede hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması için adaptif komşuluk seçimi ve ağırlık atama yöntemlerini ortaklaşa kullanan OSGS-AKAA metodu önerilmiştir. Adaptif komşuluk seçimi ile pencere içerisinde yalnızca test örneğine benzeyen pikseller seçilmiştir. Ağırlık atama yöntemi ile de artık değer hesabında seyrek katsayı matrisine seçilen pikseller ile sınıflara ait eğitim örnekleri arasındaki benzerlik oranları bir ağırlık olarak atanmıştır. Analizler bir hiperspektral veri seti üzerinde yapılmıştır ve önerilen metodun literatürde bulunan bazı yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Farklı bir yöntemle komşulukların adaptif olarak seçilmesi veya farklı bir ağırlık atama yönteminin uygulanması halinde sonuçlar daha da iyileştirilebilir. Ek olarak eğitim sözlüğünü veri seti içerisinden rastgele seçmek yerine etkili bir eğitim algoritmasının kullanılması ile oluşturulabilecek eğitim sözlüğü ile daha iyi sonuçlar sağlayabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 215E179 numaralı proje kapsamında yapılmıştır. Bizlere sağladığı desteklerden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- AVIRIS NW Indiana's Indian Pines Data Set. (1992). <https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/hyperspectral.html> adresinden erişildi.
- Camps-Valls, G., Gomez-Chova, L., Munoz-Mari, J., Vila-Frances, J. ve Calpe-Maravilla, J. (2006). Composite Kernels for Hyperspectral Image Classification. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(1), 93-97.
- Chen, Y., Nasrabadi, N. M. ve Tran, T. D. (2011). Hyperspectral Image Classification Using Dictionary-Based Sparse Representation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(10), 3973-3985.
- Dunder, T. ve Ince, T. (2018). Sparse Representation-Based Hyperspectral Image Classification Using Multiscale Superpixels and Guided Filter. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 1-5.
- Fang, L., Li, S., Kang, X. ve Benediktsson, J. A. (2014). Spectral-Spatial Hyperspectral Image Classification via Multiscale Adaptive Sparse Representation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(12), 7738-7749.
- Fang, L., Li, S., Kang, X. ve Benediktsson, J. A. (2015). Spectral-Spatial Classification of Hyperspectral Images With a Superpixel-Based Discriminative Sparse Model. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(8), 4186-4201.
- Guo, Y., Cao, H., Han, S., Sun, Y. ve Bai, Y. (2018). Spectral-Spatial Hyperspectral Image Classification With K-Nearest Neighbor and Guided Filter. *IEEE Access*, 6, 18582-18591.
- He, K., Sun, J. ve Tang, X. (2013). Guided Image Filtering. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(6), 1397-1409.
- J. Anthony Gualtieri ve Robert F. Crompt. (1999). Support vector machines for hyperspectral remote sensing classification. *Proc. SPIE* içinde (C. 3584, ss. 221-232).
- L. Gan, J. Xia, P. Du ve Z. Xu. (2017). Dissimilarity-Weighted Sparse Representation for Hyperspectral Image Classification. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(11), 1968-1972.
- L. Pan, H. Li ve X. Chen. (2016). Locality constrained low-rank representation for hyperspectral image classification. *2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)* içinde (ss. 493-496).
- Lu, C.-Y., Min, H., Gui, J., Zhu, L. ve Lei, Y.-K. (2013). Face recognition via Weighted Sparse Representation. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 24(2), 111-116.
- Ma, L., Crawford, M. M. ve Tian, J. (2010). Local Manifold Learning-Based -Nearest-Neighbor for Hyperspectral Image Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(11), 4099-4109.
- Melgani, F. ve Bruzzone, L. (2004). Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(8), 1778-1790.
- Q. Wang, X. He ve X. Li. (2018). Locality and Structure Regularized Low Rank Representation for Hyperspectral Image Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1-13.
- Tropp, J. A. ve Gilbert, A. C. (2007). Signal Recovery From Random Measurements

- Via Orthogonal Matching Pursuit. *IEEE Transactions on Information Theory*, 53(12), 4655-4666.
- Tropp, J. A., Gilbert, A. C. ve Strauss, M. J. (2006). Algorithms for simultaneous sparse approximation. Part I: Greedy pursuit. *Signal Processing*, 86(3), 572-588.
- Tu, B., Zhang, X., Kang, X., Zhang, G., Wang, J. ve Wu, J. (2018). Hyperspectral Image Classification via Fusing Correlation Coefficient and Joint Sparse Representation. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 15(3), 340-344.
- Zhang, H., Li, J., Huang, Y. ve Zhang, L. (2014). A Nonlocal Weighted Joint Sparse Representation Classification Method for Hyperspectral Imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(6), 2056-2065.

Ankara-Yozgat Hattında Mühendislik ve CBS Amaçlı Yaklaşık- Jeoit Hesabı

Muzaffer KAHVECİ^{1*}, Ekrem TUŞAT¹, Ferruh YILDIZ¹, Fatih SARI², Fariz MİKAILSOY³

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya
(mkahveci/etusat/fyildiz@selcuk.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-5380-7164;
ORCID ID 0000-0003-4130-3764; ORCID ID 0000-0003-1248-8923

² Selçuk Üniversitesi, Çumra Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Çumra, Konya
(fatih.sari@selcuk.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-4717-2382

³ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Iğdır, Konya
(fariz.m@igdir.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4543-5393

Öz

Global Konum Belirleme Sistemlerinin (GNSS) çok yüksek doğruluklar sağlamaya başlamasıyla birlikte, uygulamada kısa sürede yüksek doğruluklu jeoit yüksekliklerinin elde edilmesi gereksinimi de önemli ölçüde artmıştır. Örneğin, mühendislik uygulamalarında ve CBS çalışmalarında ortometrik yükseklikler kullanıldığı için yerel jeoit belirleme çalışmaları daha da önem kazanmıştır.

Bilindiği gibi Türkiye tektonik olarak aktif bir bölgede olup, farklı zamanlarda meydana gelen depremler ülke nivelman ağındaki noktaların düşey konumlarında deformasyonlara/değişimlere neden olmaktadır. Diğer taraftan Ülke Temel Jeodezik Ağlarının kurulması ve yaşatılmasından sorumlu olan Harita Genel Müdürlüğü (HGM; eski adıyla Harita Genel Komutanlığı), 1999 yılından bu yana GNSS ölçülerinden yararlanarak farklı yıllarda güncel Türkiye Jeoidi modelleri hesaplayarak, kullanıcıların hizmetine sunmaktadır. HGM tarafından bu güne kadar hesaplanmış olan jeoit modellerinin dış doğrulukların genel olarak 10 cm'den daha iyi olmadığı değerlendirilmektedir. Oysa kullanıcıların ihtiyacı olan bu doğrulukların 10 cm'den daha iyi olması arzu edilen bir durumdur. Söz konusu doğruluklara ulaşıp ulaşılamayacağı için Selçuk Üniversitesi için Selçuk Üniversitesi ile pilot bir uygulama yapılması hedeflenmiş ve bu amaçla sadece İç Anadolu'nun belirli bir kesimini kapsayacak yerel gravimetrik jeoit ve geometrik yaklaşım ile yaklaşık (quasi)-jeoit hesaplanması için Konya Selçuk Üniversitesi kaynakları kullanılarak bir bilimsel araştırma projesi başlatılmıştır.

Söz konusu proje bölgesine ilişkin mevcut GNSS ve nivelman verilerine ilaveten gravite verileri arazide ölçülmüş ve mutlak gravite değerleri, TG-03 kestirim değerleri gibi bazı diğer veriler de HGM'den temin edilmiştir. Yerel quasi-jeoit hesabında Karlsruhe Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Enstitüsü tarafından geliştirilmiş ve proje kapsamında temin edilmiş olan DFHRS (Sonlu Elemanlı Yükseklik Referans Sistemi) yazılımı kullanılmıştır. Söz konusu yazılım sürekli polinomsal yükseklik referans sistemi ve GNSS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklere dayalı olarak jeoit yüksekliklerinin $N(\varphi, \lambda, h)$ parametrik modellenmesi prensibine dayanmaktadır. Bu yazılım ile yapılan hesaplama sonucunda 10 cm'den daha iyi doğruluklu yerel quasi-jeoit elde edilmesi sağlanmıştır. Aynı noktadaki GPS/Nivelman jeoidi, DFHRS hesap ve TG-03 kestirim değerleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Netice olarak, bu makalede proje kapsamında sadece geometrik yaklaşım ile hesaplanmış olan quasi-jeoit modeline ilişkin yapılmış olan çalışmalar ile ulaşılmış olan ara sonuçlar sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Gravimetrik jeoit, yaklaşık (quasi) jeoit, elipsoit yüksekliği, ortometrik yükseklik

* Sorumlu Yazar

Computation of A Local Quasi-Geoid Along Ankara-Yozgat Line for Engineering and GIS Purposes

Abstract

Requirement for a high resolution geoid model has increased substantially during the last few decades especially with the advent of Global Navigation Satellite Systems (GNSS). As an example, when orthometric heights are used in engineering and GIS applications local quasi-geoid determination studies have become especially important.

As it is well known, Turkey is situated on a tectonically very active region and earthquakes occurring in different times cause deformations in heights of levelling points of Turkish National Vertical Network. On the other hand, National Mapping Agency of Turkey (GDM: General Directorate of Mapping, formerly GCM) which is responsible for the establishment and maintenance of national geodetic networks compute geoid models for whole Turkey and release them for public use in different periods. And it is known that the absolute accuracies of these geoid models are nearly at the 10 cm level or even worse. But, the requested accuracy is about better than 10 cm. Hence, in order to prove that the required accuracy levels can be achieved, A local gravimetric and quasi-geoid determination project using the resources of Konya Selçuk University was initiated. Project area has been planned to cover a limited part of Central Anatolia, namely, Ankara-Yozgat line.

Necessary gravity data for this Project have been obtained in the field by performing observations/measurements in addition to the existing GNSS and leveling data. Some other necessary data such as absolute gravity and TG-03 geoid prediction values have been obtained from GDM. For the computation of local quasi-geoid using geometric approach DFHRS software developed by the Karlsruhe Applied Sciences was used. The principle of the DFHRS software is based on the parametric model of $N(\varphi, \lambda, h)$ as a continuous polynomial height reference surface (HRS). Following the quasi-geoid computation it has been shown that a local quasi-geoid model was achieved better than 10 cm along the project area. GPS/Levelling geoid, TG-03 prediction values and DFHRS results were compared with each other for the same points. Consequently, in this paper, all works carried out within the framework of this project and the preliminary results related to quasi-geoid model computation using geometric approach are presented.

Keywords: *GNSS, Gravimetric geoid, quasi geoid, ellipsoidal height, orthometric height*

1. GİRİŞ

Günümüzde cm doğruluğunda bölgesel veya yerel jeoit belirleme fiziksel jeodezinin uygulamaya yönelik ana uğraşı alanı olmuştur. Bunun nedeni ise günümüzde GNSS (Global Navigation Satellite Systems) ile ulaşılan ölçüm ve hesap doğruluklarıdır. 1980'li yıllardan itibaren GPS'in sivil araştırmalara ve kullanıma açılmasıyla geleneksel jeodezik ölçümlerin yerini GPS (Global Positioning System) ölçümleri almıştır. Zaman içerisinde konum belirleme uydu sistemlerindeki yenilik ve gelişmeler ile uydu sistemi sahibi ülkelerin sayısının artmasıyla GPS yerine GNSS tanımı kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde GNSS uygulamalarının kullanıcılara gerçek zamanlı ve yüksek doğruluklu 3-boyutta koordinat ve koordinat düzeltmeleri sağlaması, haritacılık faaliyetlerini farklı bir seviyeye taşımıştır. Bu bağlamda, özellikle ülkelerin kamu kurum ve kuruluşları, haritacılık kapsamında kullanıcılarına daha doğru ve hızlı hizmet verebilmek için gerçek zamanlı aktif GNSS (CORS: Continuously Operating Reference

Stations) ağları (Ağ-RTK) kurmuşlar ve ihtiyaç duyulan haritacılık verilerini (koordinatlar, koordinat düzeltmeleri, atmosferik düzeltmeler, zaman bilgisi, datum bilgileri vb.) bu ağlar üzerinden gerçek zamanlı olarak hesaplayıp ulaştırmaya başlamışlardır. Kullanıcılara yayınlanan bu düzeltmeler ve bilgiler RTCM (Radio Technical Commission for Maritime) mesajları formatı ve içeriğinde yayınlanmaktadır (Kahveci 2018). Ülkemizde bu şekilde kurulmuş olan ulusal ağ TUSAGA-Aktif'in yanında belediyeler tarafından kurulmuş olan ve işletilen çok sayıda yerel ağlar (örn. İstanbul-İSKİ, Ankara-ASKİ, Adana-ASKİ, vb.) mevcuttur. Halen bu ağlarda yayınlanan düzeltme ve diğer ilave parametreler sınırlı sayıda olup, tüm gereksinimlere cevap verecek şekilde değildir. Örneğin, Ağ-RTK prensibi ile çalışan bu ağlarda kullanıcılara genelde ITRF (International Terrestrial Reference Frame) datumunda yatay koordinat düzeltmeleri, atmosferik düzeltmeler vb. yayınlanmaktadır. Yükseklik bilgisi düzeltmeleri ise GNSS ölçümlerinden elde edildiği haliyle, bir başka

ifadeyle elipsoidal yükseklik olarak yayınlanmaktadır.

Diğer taraftan, Ağ-RTK servislerinden yüksek doğruluklu, gerçek zamanlı ve düşük maliyetli hizmet sunulması beraberinde yükseklik bilgisi sorununu da gündeme getirmektedir. Başka bir ifadeyle, gerçek zamanlı GNSS (Ağ-RTK) hizmet sunumlarında konum belirleme sorunu yatay ve düşey konum belirleme olarak iki bölüme ayrılmaktadır. Yatay konum datum dönüşümü ile yerel koordinat sistemine dönüştürülebilmektedir. Dolayısıyla, bu şekilde elde edilecek yatay koordinatlar kolayca klasik jeodezik konum belirleme teknikleri ile bütünleştirilebilmektedir. Oysa, yükseklik bileşeni için durum biraz farklıdır (Kahveci vd. 2018).

Yükseklik bilgisinin mühendislik ölçmelerinde ve jeodezideki yeri çok önemlidir ve fiziksel jeodezinin ana konularından birisini oluşturmaktadır. Bilindiği gibi, GNSS ölçü ve hesaplamaları ile ölçü noktasının elipsoit yüksekliği elde edilmektedir (Kahveci ve Yıldız 2018). Oysa, mühendislik projelerinde ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) uygulamalarında ortalama deniz seviyesinden itibaren ölçülen ve hesaplanan ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Sonuç olarak GNSS ile belirlenmiş elipsoit yüksekliklerinin (h) uygun jeoit modeli kullanılarak ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi ve dolayısıyla söz konusu jeoit modelinin ise günümüz doğruluk ihtiyaçlarını karşılayacak seviyede belirlenmesi gerekmektedir. İşte bu gereksinim, jeodezicileri yüksek doğruluklu yerel jeoit modeli belirlemeye zorlamıştır. Dolayısıyla, Ağ-RTK prensibiyle çalışan ağların normal şartlarda navigasyon, mobil CBS/haritacılık ile mobil IT (bilgi teknolojileri) uygulamalarına da hizmet edebilecek seviyeye getirilmesi gerekmekte olup, bu ise mevcut jeodezik altyapının bu uygulamalara da gerçek zamanlı hizmet verecek şekilde (örn. Nokta jeoit modelinin/yüksekliklerinin ve/veya doğrudan ortometrik yüksekliklerin yayınlanması) kurulması ise olanaklıdır. Bunu sağlamak için de uygulamaya dönük ve fakat yüksek doğruluklu jeoit model, hesabı en önemli gereksinim olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum Türkiye gibi dağlık arazisi ve jeoidin hızlı değişim gösterdiği bölgeleri olan bir ülke için daha da önemli bir durum yaratmaktadır.

Bu nedenle global gravite modellerinin Türkiye için iyileştirilmesine ihtiyaç vardır (Yılmaz vd. 2016)

Günümüzde jeoit modeli hesabı genel olarak az sayıda ve fakat çok bilinen yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemler çok genel bir sınıflama ile; kaldır-hesapla-yerine koy (RCR:Remove-Compute-Restore) yöntemi, LSMS (Least Square Modification of Stoke's) yöntemi ve geometrik (DFHRS:Digital finite-element height reference surface) yöntemi şeklinde yazılabilir (Schwarz vd 1990, Sjöberg L. E., 2003, Jaeger ve Kaelber 2006, Agren vd 2009, Yıldız vd. 2011).

Bunlardan, kaldır-hesapla-yerine koy (Schwarz et al.) yöntemi muhtemelen en çok kullanılan yöntem olup burada, global gravite modeli ile hesaplanan uzun dalga boyu ile yerel düzeltmesi (topoğrafya) ile hesaplanan kısa dalga boyu etkileri arazide ölçülmüş gravite verilerinden çıkarılır. Daha sonra hesaplanan gravite anomalileri, Stoke integrali ile quasi-jeoit yüksekliklerine dönüştürülür. Son aşamada ise, ilk başta kaldırılmış olan uzun ve kısa dalga boyu etkileri tekrar bu quasi-jeoit yüksekliklerine eklenir. LSMS yönteminde ise, gravite ölçülerine indirgee uygulamak yerine, topoğrafyadan jeoide kadar olan ilave düzeltmeler (additive corrections) getirilir (Sjöberg, 2005). DFHRS yöntemi ise jeoit modeli hesaplamalarında geometrik bir yaklaşım olup, Karlsruhe Uygulamalı Bilimler Üniversitesinde geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu makalede DFHRS yöntemi kısaca tanıtılmakta ve söz konusu araştırma projesinin ilk aşaması ile elde edilmiş olan sonuçlar tartışılmaktadır.

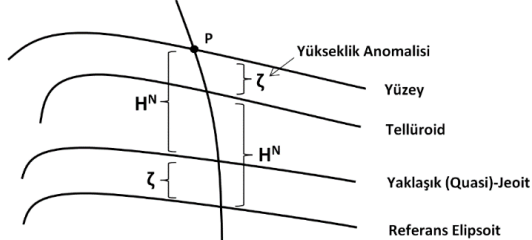
2. JEOİT VE GEOMETRİK YAKLAŞIK (QUASI)-JEOİT HESABI (DFHRS)

Uygulamada kullanılan pratik yükseklikler ortometrik yükseklikler (H) olarak isimlendirilmekte olup bunlar ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliklerdir ve bir ülkenin düşey datumunu oluştururlar. Söz konusu Pratik yükseklikler yeryüzünde yapılan gravite ölçüleri ile belirlenirler. Diğer taraftan, eğer çok yüksek doğruluklu bir düşey datum ihtiyacımız varsa, bu durumda artık ortalama deniz seviyesi, bilimsel çalışmalarımız ve hatta ulusal datumlarımız için düşey datum olma özelliğini kaybetmektedirler. İşte bu gibi

durumlarda, çalışma bölgesine ilişkin jeoit hesabının yapılması gerekmektedir.

Bilindiği gibi jeoide bağlı olarak üç farklı yükseklik tanımlanmıştır. Bunlar; dinamik yükseklik, ortometrik yükseklik ve normal yüksekliktir. Bu yükseklik sistemlerinin her birisi gravite ölçüsü yapılan nokta ile jeoit arasındaki gravite potansiyeli farklarına dayandırılarak tanımlanmışlardır. Bu potansiyel farklara jeopotansiyel sayılar (C_p) adı verilmektedir. (Jekeli 2000). Sonuç olarak, bu üç farklı yükseklik sistemi arasındaki ilişkiler bu jeopotansiyel sayılarla kurulmaktadır. Buradan, jeopotansiyel sayıların gerçekte en doğal yükseklik sistemini oluşturmasına karşın Pratik olmadıkları için doğrudan kullanılmamaktadırlar.

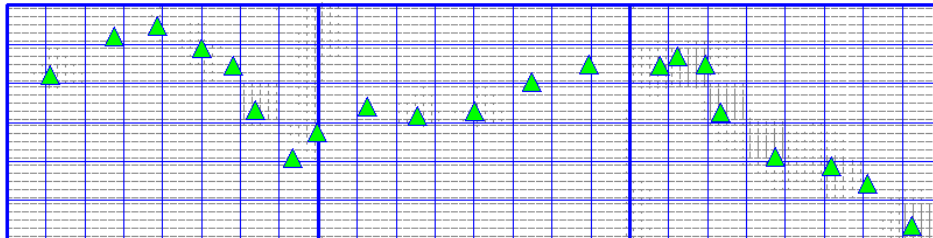
Netice olarak, bu makalenin de konusu olan ortometrik yükseklikler yeryüzündeki bir noktadan jeoide kadar, çekül eğrisi boyunca ölçülen yüksekliklerdir ve "H" ile gösterilirler. Normal yükseklikler ise çekül eğrisi boyunca yaklaşık-jeoit'den olan yüksekliği ifade etmektedir. Bu bağlamda, jeoit ile yaklaşık-jeoit ortalama kıyı şeridinde ve denizlerde çakışmaktadır, (Şekil-1).



Şekil 1. Normal Yükseklik (H^N) ve Yaklaşık(Quasi)-Jeoit

Şekil-1'de $H_p^N = \frac{C_p}{\gamma}$ ile hesaplanmakta olup

burada $\bar{\gamma}$, P yeryüzü noktasından geçen çekül



Şekil 2. 5km'lik grid ağ yapısında oluşturulmuş DFHRS hesaplama tasarımı (ince mavi çizgiler mesh, kalın mavi çizgiler patch, yeşil üçgenler polinom dayanak noktaları)

eğrisi boyunca olan ortalama normal gravite değerini ifade etmektedir.

DFHRS geometrik yöntemle yaklaşık-jeoit hesabı, çalışma bölgesinde referans yükseklik yüzeylerinin oluşturulması prensibine dayanmaktadır. Bu prensip temel olarak, sonlu elemanlı bir grid ağı (mesh) üzerinde sürekli bir polinom yüzeyi (FEM: Finite Element Meshes) oluşturma mantığına dayanmaktadır, (Jäger,1998). P sayıdaki parametrelili bu FEM'ler referans yükseklik sisteminin (HRS) taşıyıcı fonksiyonunu oluşturmaktadırlar, (Şekil-2, ince mavi çizgiler). Sonuç olarak bu şekilde oluşturulan HRS'ye dayalı FEM yüzeyi NFEM ($p | \varphi, \lambda$) olarak isimlendirilmektedir.

GNSS Nivelmanı ile H (ortometrik) yüksekliklerinin belirlenmesi durumunda GNSS'den elde edilen h (elipsoit) yükseklikleri DFHRS'ye (φ, λ, h) parametreleri ile tanımlanmakta ve buradan N (jeoit) yükseklikleri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır:

$$H = h - N = h - DFHRS(p, \Delta m | \varphi, \lambda, h) \\ = h - (NFEM(p | \varphi, \lambda) + \Delta m \cdot h)$$

Buradaki $N = DFHRS(\varphi, \lambda, h)$ yükseklikleri DFHRS veri tabanından alınmakta olup, bu veri tabanında ($p, \Delta m$) HRS parametreleri yanında Şekil-2'de örneği verilen proje alanine ilişkin grid ağ (mesh) tasarımı da bulunmaktadır. DFHRS yazılımının fonksiyonel ve stokastik modeli Tablo-1'de çok genel olarak verilmiştir.

Tablo 1. DFHRS Yazılımının Genel Matematik Modeli

Fonksiyonel Model	Stokastik Model (Kovaryans Matrisi)	Ölçü Tipi
$h + v = H + h. \Delta m + NFEM(p \mid x, y)$ $NFEM(p \mid x, y) = f(x, y).p$	$C_h = diag(\sigma_{h_i}^2)$	Elipsoit yükseklikleri
$N_G(\varphi, \lambda)^j + v = f(x, y)^T .p + \partial N_G(d^j)$	C_{NG}	Jeoit yükseklikleri
$\xi^j + v = -f_\varphi^T / (M(\varphi) + h).p + \partial \xi (d^j_{\xi, \eta})$ $\eta^j + v = -f_\lambda^T / (N(\varphi) + h). \cos(\varphi).p + \partial \eta (d^j_{\xi, \eta})$	---	Zenit kamera ile ölçülen veya herhangi bir gravite potansiyeli modelinden elde edilen çekül sapması bileşenleri (η, ξ) .
$H + v = H$	$C_H = diag(\sigma_{H_i}^2)$	Fiziksel anlamı olan ortometrik yükseklikler
$C + v = C(p)$	---	Süreklilik şartını sağlayan ve küçük varyans ile yüksek ağırlıklara sahip yakıştırma (pseudo) gözlemler.

Yazılımla hesap yapılırken, Tablo-1’de verilen gözlem eşitliklerinde yeterli sayıda dayanak noktasına ait enlem, boylam ve elipsoit yükseklik değerleri girilmektedir. Tablo-1’den de anlaşılacağı gibi, DHRS yazılımında zenit kamera ile ölçülmüş çekül sapması bileşenlerini de ölçü olarak kullanmak olanaklı olmakla birlikte çalışma bölgesine ait bu veriler olmadığı için bu çalışmada söz konusu bileşenler uygun bir global gravite modelinden (EGM2008) elde edilmişlerdir.

3. ANKARA-YOZGAT HATTINDA GEOMETRİK YÖNTEM İLE YAKLAŞIK-JEOİT HESABI

Bilindiği gibi, mühendislik projelerinde ihtiyaç duyulan jeoit yükseklikleri ya Harita Genel Müdürlüğü (HGM)’nden temin edilmekte veya proje alanında GNSS ve nivelman ölçüleri yapılarak yerel GPS-Nivelmanı yöntemi ile belirlenmektedir.

Diğer taraftan, HGM tarafından kullanıma sunulan ulusal jeoit modeli özellikle dağlık bölgelerde beklenen yüksek doğruluğu sağlayamamaktadır. Ülkemizin dağlık olması, birçok bölgede jeoidin hızlı değişim

göstermesi ve en önemlisi her bölgede yeterli sıklıkta gravite ölçüsünün bulunmaması gibi sorunlar da ülke boyutunda yüksek doğruluklu bir ulusal jeoit modeli oluşturulmasını oldukça zora sokmaktadır. Bu gibi durumlarda (10 cm’den daha iyi doğruluklu değerlere ihtiyaç duyan) akademik ve özel sektör kullanıcıları yerel jeoit hesabı ile çözüm bulmaya çalışmaktadırlar.

Yerel jeoit hesabı ile elde edilecek doğrulukları hesabı yapan kişinin deneyimi, kullandığı yöntem vb. birçok faktör olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bunun sonucunda da ülkemizde standartlara uymayan çok sayıda farklı jeoit modeli ve dolayısıyla bunlardan elde edilmiş jeoit yüksekliklerinin kullanımı söz konusu olmaktadır. Bu şekilde farklı yöntem ve kullanıcılar tarafından elde edilen bu değerlerin ulusal projelerde kullanılması ise Türkiye ulusal jeoit modeli ile uyum sorunlarının çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorunun gerçekte en Pratik çözümü, jeoit modeli bilgilerinin RTCM mesajı olarak Ağ-RTK düzeltmeleri ile birlikte kullanıcılara ulaştırılmasıdır. Bunu yapabilmek için ise gerçek zamanlı çalışabilecek daha pratik jeoit hesabı modellerine ve yazılımlarına gereksinim bulunmaktadır. Türkiye’deki

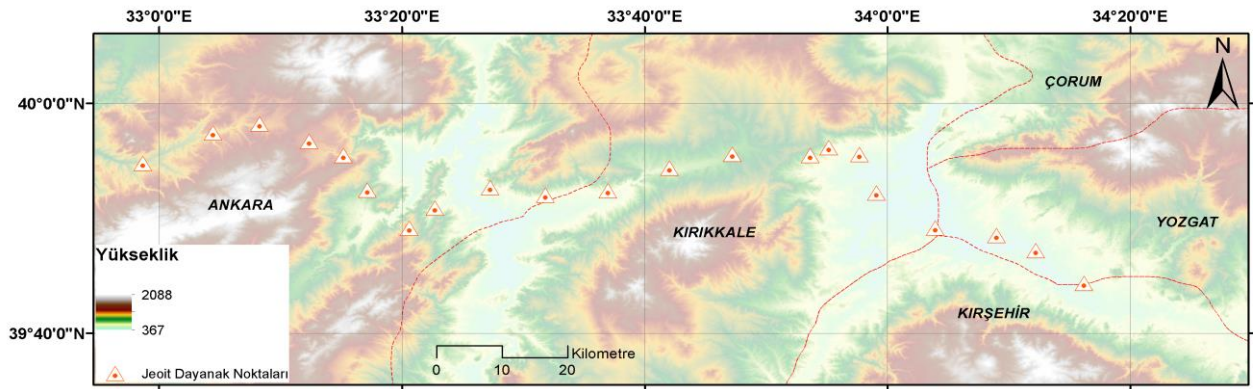
altyapının henüz buna hazır olmadığı bilinen bir gerçektir.

Yukarıda çok özet olarak değinilen bu soruna somut bir çözüm önerisi getirebilmek için Konya Selçuk Üniversitesi olanakları ile 2017 yılında yerel ölçekte bir bilimsel araştırma projesi pilot proje olarak başlatılmıştır. Bu proje ile ulaşılabilecek ilk ara sonuçlara bağlı olarak proje kapsamı ve alanı daha da genişletilerek ülke boyutunda somut çözüm önerileri getirilmeye çalışılacaktır.

Söz konusu proje kapsamında Ankara-Yozgat hattı pilot alan olarak seçilmiştir (Şekil-3). Bu alanın seçilmesinin nedenleri arasında öncelikle bölgede HGM'ye ait yeterli sayıda yersel gravite ölçüsünün mevcut olması, Konya bölgesine yakın ve ayrıca gelecekte oluşturulması umulan ulusal gravite datumunun başlangıcının Ankara olmasıdır. Yaklaşık 140 km uzunluğundaki Ankara-Yozgat hattında yapılacak görel gravite ölçümleri için hem harita hem de arazide nokta keşif çalışmaları tamamlanarak söz konusu hat üzerinde 21 adet noktada gravite ölçüsü yapılmasına karar verilmiş ve buna ilişkin ölçü planı yapılmıştır. Daha sonra (Nisan 2018 ayı içerisinde) söz konusu bu 21 noktada görel gravite ölçümleri yapılmış olup, aynı noktalarda daha önceki yıllarda GNSS ve nivelman ölçümleri de mevcuttur.

Görel gravite ölçümleri Dokuz Eylül Üniversitesi envanterinde bulunan Scintrex CG-5 AUTOGRAV cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Söz konusu görel gravite ölçümleri projenin ikinci aşaması olan ve 2019 yılı içerisinde başlanması umulan gravimetrik jeoit belirleme amaçlı kullanım için olup, bu makalenin kapsamı dışındadır.

DFHRS yazılımı kullanılarak elde edilmiş olan geometrik yaklaşık-jeoit hesap sonuçları (jeoit yükseklikleri) aynı noktalara ait olarak HGM'den temin edilen ve Türkiye Ulusal Jeoidi 2003 (TG-03) jeoit modelinden 21 noktadaki kestirim değerleri ve ayrıca arazide GPS nivelmanı ile bulunan gerçek değerler Tablo 2' de verilmiştir. GPS/Nivelman, TG-03 ve DFHRS ile elde edilen jeoit yükseklikleri karşılaştırılmış olup, farklar Tablo 3' te, hesaplama yaklaşımına ilişkin jeoit yüksekliklerine ilişkin bölgesel jeoit haritası ise Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 3. Proje alanı ve jeoit dayanak noktalarının görünümü (Ankara-Yozgat Hattı)

Tablo 2. GPS/Nivelman, TG-03 ve DFHRS Jeoit Yükseklikleri

Nokta No	GPS/Nivelman (m)	TG-03 Kestirim (m)	DFHRS Hesap (m)
1	36,732	36,708	36,718
2	36,716	36,721	36,717
3	36,696	36,710	36,696
4	36,573	36,570	36,592
5	36,422	36,387	36,414
6	36,152	36,195	36,185
7	36,171	36,063	36,177
8	35,991	35,965	35,970
9	35,817	35,838	35,825
10	35,792	35,772	35,779
11	35,777	35,724	35,753
12	35,641	35,636	35,643
13	35,535	35,493	35,531
14	35,381	35,333	35,367
15	35,292	35,295	35,296
16	35,206	35,193	35,167
17	35,026	35,126	35,078
18	35,017	35,091	35,036
19	34,959	35,063	34,988
20	34,962	35,065	34,965
21	35,061	35,095	35,023

Tablo 3. GPS Nivelmanı, TG-03 ile DFHRS Farkları

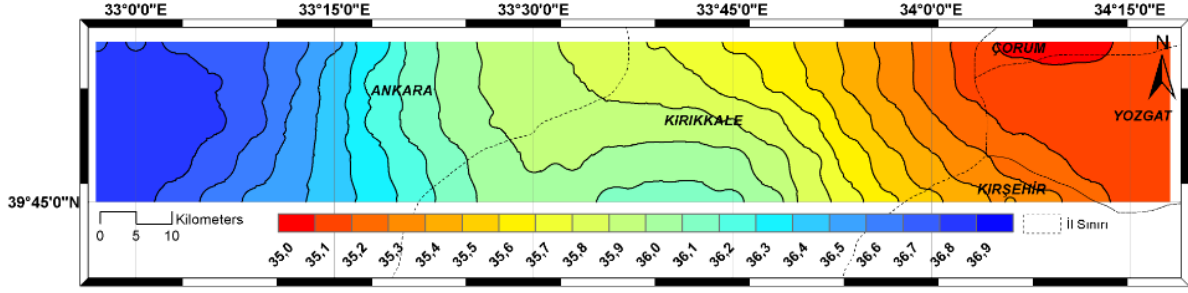
Nokta No	(GPS/Nivelman-TG-03) Farkları (m)	(TG-03-DFHRS) Farkları (m)	(GPS/Nivelman-DFHRS) Farkları (m)
1	0,024	-0,010	0,014
2	-0,005	0,004	-0,001
3	-0,014	0,014	0,000
4	0,003	-0,022	-0,019
5	0,035	-0,027	0,008
6	-0,043	0,010	-0,033
7	0,108	-0,114	-0,006
8	0,026	-0,005	0,021
9	-0,021	0,013	-0,008
10	0,020	-0,007	0,013
11	0,053	-0,029	0,024
12	0,005	-0,007	-0,002
13	0,042	-0,038	0,004
14	0,048	-0,034	0,014
15	-0,003	-0,001	-0,004
16	0,013	0,026	0,039
17	-0,100	0,048	-0,052
18	-0,074	0,055	-0,019
19	-0,104	0,075	-0,029
20	-0,103	0,100	-0,003
21	-0,034	0,072	0,038

Tablo 4. GPS Nivelmanı, TG-03 ile DFHRS Farkları

Farklar	(GPS/Niv-TG-03) Farkları (m)	(TG-03-DFHRS) Farkları (m)	(GPS/Niv-DFHRS) Farkları (m)
En küçük	-0,104	-0,114	-0,052
En büyük	0,108	0,100	0,039
Ortalama	-0,006	0,006	0,000
Standart Sapma	0,055	0,047	0,022

Tablo 3 ve Tablo 4 'ten de görüleceği gibi, Türkiye Ulusal jeoidi (TG-03) ile GPS/Nivelman jeoit yükseklikleri arasındaki farklar -10 ila +11 cm arasında değişmekte olup, standart sapması ± 5.5 cm'dir. Türkiye Ulusal jeoidi (TG-03) ile geometrik yaklaşımla hesaplanmış olan yaklaşık-jeoit (DFHRS) yükseklikleri arasındaki farklar -11 ila +10 cm arasında değişmekte olup, standart sapması ± 4.7 cm'dir. Bu farklar bize geometrik yaklaşımla hesaplanan doğrulukların çok iyi seviyede olduğunu göstermektedir. TG-03 jeoidinin dış doğruluğunun bölgelerdeki arazi yapısına, veri dağılımına ve sıklığına bağlı olarak ± 10 cm seviyesinde (ve hatta daha kötü) olduğu bir çok araştırmada ifade edilmektedir (Akiz ve Yerci, 2009). Diğer taraftan, arazide nivelman ve GPS ölçüleri ile elde edilmiş GPS nivelmanı jeoit yükseklikleri ile DFHRS'den elde edilmiş yüksekliklerin -5 cm ila +4 cm arasında değiştiği görülmekte olup, standart sapması ± 2.2 cm'dir. Bu sonuçlardan da görüleceği gibi, geometrik yaklaşımla hesaplanan yerel jeoit bir çok mühendislik uygulaması için ihtiyaç duyulan 5 cm ve daha iyi doğruluk seviyesini sağlamaktadır.

Dolayısıyla, bu çalışmanın ilk aşaması olarak, kullanılan geometrik yaklaşımın ulusal jeoid göre tutarlılığı ve ayrıca aynı noktalarda yapılmış GPS nivelmanı ile bulunan sonuçlardan farklılığı test edilmiştir. Bu test çalışması ile yapılan hesaplamalarla en az TG-03 dış doğruluğunda jeoit yüksekliklerinin elde edilebileceği gösterilmiştir. Oysa, günümüzde bir çok mühendislik projesinde doğrulukların 10 cm'den daha iyi olması beklenmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada önerilen yöntem ile söz konusu hedeflere ulaşılabileceği açıktır.



Şekil 4. Ankara-Yozgat Hattı Yaklaşık-Jeoit Yükseklikleri Haritası

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

DFHRS yazılımı ve arazide ölçülmüş veriler kullanılarak Ankara-Yozgat arasındaki 140 kilometrelik hatta (aynı zamanda gravite ölçüsü yapılmış) 21 adet dayanak noktasında geometrik yaklaşıma dayalı “yaklaşık (quasi)-jeoit” hesabı yapılmıştır. Bu hesaplamalarda geometrik yaklaşımla 21 noktada yapılan hesaplama sonucu elde edilmiş olan yaklaşık (quasi)-jeoit yükseklikleri aynı noktalara ait ve HGM’den temin edilmiş olan TG-03 kestirim değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda DFHRS ile elde edilmiş olan sonuçların en az TG-03 doğruluğunda olduğu test edilmiştir. Bu test ile, geometrik yaklaşımla yaklaşık-jeoit yüksekliği hesabının mühendislik ve CBS amaçlı olarak çok kısa sürede ve amaca uygun doğrulukta elde edilebileceği sonucuna ulaşmak olanaklıdır. Ayrıca, bu hesaplama modelinin Ağ-RTK ortamında kolaylıkla kullanılabilirliği düşünülebilir.

Diğer taraftan, günümüzde global modellerin doğruluğundaki artış dikkate alınarak ve 1-2 mGal doğruluklu yersel gravite ölçüleri kullanılarak 10 cm’den daha iyi doğruluklu gravimetrik jeoit hesaplamak olanaklıdır. Bu kapsamda örneğin 5 cm doğruluklu olması beklenen bir gravimetrik jeoit modeli ancak bundan daha yüksek bir doğrulukta jeoit yükseklikleri ile kontrol edilmelidir. Bu nedenle, bu çalışmadan elde edilecek hesaplama sonuçlarına dayalı olarak daha kapsamlı bir proje hazırlanarak ve proje bölgesi daha da genişletilip ilave GNSS, nivelman ve gravite ölçüleri de yapılarak elde edilecek yeni verilerin katkısıyla iyileştirilmiş ve hedeflenen doğrulukları sağlayacak

bölgesel gravimetrik jeoit belirlenmeye çalışılacaktır.

TEŞEKKÜR

Söz konusu yayın Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 17401151 proje numaralı "İç Anadolu'nun Bir Bölgesi İçin Gravimetrik Jeoit Sonuçlarının GPS/Nivelman Jeoidi ile Karşılaştırılması" konusu ile ilgili olup, ilgili birimce desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Agren J., Barzaghi R., Carrion D., Denker H., Grigoriados V. N., Klamehr R., Sona G., Tscherning C. C., Tziavos I. N. (2009). Different geoid computation methods applied on a test data set: results and considerations. *Poster presented at Hotine-Marrussi Symp., Rome, 6–12 July, 2009.*
- Akiz E., M. Yerci (2009). Jeoit Kullanarak Elipsoit Yüksekliklerinden Ortometrik Yükseklik Belirleme Yöntemlerinin Doğruluk Araştırması. *Harita Dergisi;S.141;13-25;01/2009.*
- Jäger, R. (1998). Ein Konzept zur selektiven Höhenbestimmung für SAPOS. *Beitrag zum 1. SAPOS-Symposium. Hamburg 11./12. Mai 1998. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). Amt für Geoinformation und Vermessung, Hamburg. S. 131-142.*
- Jäger R., Kälber, S. (2006). Precise Transformation of Classical Networks to ITRF by CoPaG and Precise Vertical Reference Surface Representation by DFHRS - General Concepts and Realisation of Databases for

- GIS, GNSS and Navigation Applications. *Proceedings to GeoSiberia 2006. Volume 1. S. 3-31. Novosibirsk, Russia. ISBN 5-87693-199-3.*
- Jekeli, C. (2000). Heights, the Geopotential and Vertical Datums. *Dept. of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, OSU, 2000.*
- Kahveci M. (2018). Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları. *Nobel Yayın, Ankara.*
- Kahveci M., F. Yıldız (2018). Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS): teori-Uygulama. *Nobel Yayınları, Ankara.*
- Kahveci M., E. Tuşat, F.Yıldız, F.Sarı, F.Mikailsoy (2018). Determination of Local Quasi-Geoid in Central Anatolia for Engineering and GIS Purposes. *EURASIAN GIS 2018 Congress 04-07 September 2018 Baku/AZERBAIJAN.*
- Schwarz K-P., Sideris M.G., Forsberg R. (1990). Use of FFT methods in Physical Geodesy. *Geophysical Journal International, 100:485-514.*
- Sjöberg L.E. (2003). A computational scheme to model the geoid by the modified Stokes' formula without gravity reductions. *J. Geod., 77, 423-432.*
- Sjöberg L.E. (2005). A discussion on the approximations made in the practical implementation of the remove-compute-restore technique in regional geoid modeling. *J. of Geod. 78:645-653.*
- Yildiz, H., Forsberg, R., Ågren, J., Tscherning, C.C., Sjöberg, L.E. (2011). Comparison of Remove-Compute-Restore and Least Squares Modification of Stokes' Formula Techniques to Quasi-geoid Determination over the Auvergne Testarea. *Journal of Geodetic Science, 2:53-64, 2011.*
- Yilmaz, M , Turgut, B , Gullu, M , Yilmaz, I . (2016). Evaluation of recent global geopotential models by gnss/levelling data: internal aegean region. *International Journal of Engineering and Geosciences, 1 (1), 15-19. DOI: 10.26833/ijeg.285221, 2016.*

Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi

Ali İhsan ŞEKERTEKİN^{1*}, Aycan Murat MARANGOZ²

¹Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ceyhan/Adana
(asekerteekin@cu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-4715-5160

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak
(aycanmarangoz@hotmail.com) ORCID ID 0000-0003-4409-6000

Öz

Bu çalışmanın amacı, Zonguldak metropolitan alanı için Landsat 8 uydusuna ait veriler yardımıyla Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü (AKAÖ) ve Yer Yüzey Sıcaklığı (YYs) arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bu kapsamda 24 Mayıs 2017 tarihinde alınan Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. YYs çıkarımı için pratik bir yöntem olan mono-window algoritması ele alınmıştır ve AKAÖ haritalarının oluşturulması için piksel tabanlı maksimum benzerlik yönteminden yararlanılmıştır. YYs görüntüsünün doğruluk analizlerini gerçekleştirmek için uydu verisi ile eş zamanlık olarak arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmasında, data loggerlar yardımıyla eş dağılımlı noktalarda sıcaklık ve nem ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen YYs değerleri ile yersel ölçümlerle elde edilen yakın hava sıcaklığı değerleri arasındaki korelasyon katsayısı (R) %83 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, üç yüz rastgele nokta seçilerek gerçekleştirilen AKAÖ haritasının doğruluk analizinde, ortalama doğruluk ve Kappa değeri sırasıyla %90 ve 0.86 olarak belirlenmiştir. YYs görüntüsü AKAÖ haritası arasındaki ilişkiyi incelemek için her bir AKAÖ sınıfından kesitler alınarak bu kesitlere karşılık YYs değerleri çıkarılmıştır. Genel olarak, yerleşim alanları ile açık yüzeyler yüksek YYs değerlerine sahipken, ormanlık ve bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki YYs değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yerleşim yerlerindeki YYs değerlerinin, bitki örtüsü kaplı alanlara nazaran ortalama 4 °C daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Landsat-8, Bölgesel İklim Değişikliği, Yer Yüzey Sıcaklığı, Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü, Mono-window Algoritması

The Impact of Land Use Land Cover on Land Surface Temperature in Zonguldak Metropolitan Area

Abstract

The goal of this study is to examine the impact of Land Use Land Cover (LULC) on Land Surface Temperature (LST) using Landsat 8 satellite data for Zonguldak metropolitan region. In this context, Landsat 8 satellite image acquired on May 24, 2017 was used. Mono-window algorithm, which is a practical method for LST extraction, was utilized and the pixel-based maximum likelihood method was performed for the generation of LULC maps. Field work was performed simultaneously with the satellite data to carry out the accuracy analysis of the LST image. In the field study, temperature and humidity parameters were measured with the help of dataloggers in uniformly distributed points. The correlation coefficient (R) between LST and the near-air temperature, obtained by ground measurements, was determined as 83%.

* Sorumlu Yazar

In addition, the overall accuracy and kappa values were determined as 90% and 0.86, respectively, in the accuracy analysis of the LULC map by selecting three hundred random points. In order to reveal the impact of LULC on LST, cross-sections from each class of LULC were taken and YYS values were obtained for these cross-sections. In general, open areas and settlement areas have high LST values, while vegetation and forest areas have low LST values. It was determined that the LST values in the settlement area were 4 °C higher than the vegetated areas.

Keywords: *Landsat-8, Regional Climate Change, Land Surface Temperature, Land Use Land Cover, Mono-window Algorithm*

1. GİRİŞ

Son yıllarda etkisini hızlı bir şekilde göstermeye başlayan küresel ısınma nedeniyle bilim insanları bu çerçevedeki çalışmalarına hız vermiştir. Dünyanın doğal döngüsü içinde çevreye verilen zararların büyük bir bölümü insanoğlu tarafından gerçekleştirilmektedir. İnsanoğlunun verdiği zararların yanında, sanayileşme ve gelişen teknoloji ile birlikte bu süreçlerin çevreye olan etkilerinin göz ardı edilmesi çevremizdeki doğal döngünün düzgün bir şekilde çalışmamasına neden olmaktadır (Sekertekin, Kutoglu, & Kaya, 2016).

Termal uzaktan algılama, uzaktan algılama teknolojisinin bir alt dalı olmakla beraber cisimlerin yaydığı radyasyonu belirleyerek sahip oldukları ısı enerjisini konumsal olarak ortaya koymak için kullanılmaktadır (Merry 2004). İklim araştırmaları çerçevesinde, termal uzaktan algılama maliyet ve zaman bakımından geleneksel yöntemlerden daha avantajlıdır. Aynı zamanda geniş ölçekte uygulanabilirliği açısından da cazip bir yöntemdir.

Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS), yer yüzeyi ve atmosfer arasındaki etkileşimi açıklayan ve bu ikili arasındaki enerjiyi kontrol eden bir parametredir. Ayrıca, çevresel kaynakların sürekli değişimini yönlendiren bir etkidir (Zhihao Qin & Karnieli, 1999). Uydu verileri ile YYS tahmini için birçok algoritma geliştirilmiştir ve bu detaylar sonraki bölümlerde detaylı olarak sunulmuştur. Meteoroloji istasyonları da ışınım ölçümleri yaparak YYS değerlerini elde edebilir ancak bu ölçümler nokta tabanlı olduğu için topoğrafyayı temsil edememektedir. Ayrıca, bu tür istasyonların kurulması ve bakımları maliyetli işlemlerdir.

Termal uzaktan algılama verileri ile YYS görüntülerinin elde edilmesi, bölgesel iklim değişikliğinin gözlemlenmesi açısından önemli olmasının yanı sıra iklim modelleme ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çalışmaları için de altlık veri olarak kullanılabilir. ABD ulusal

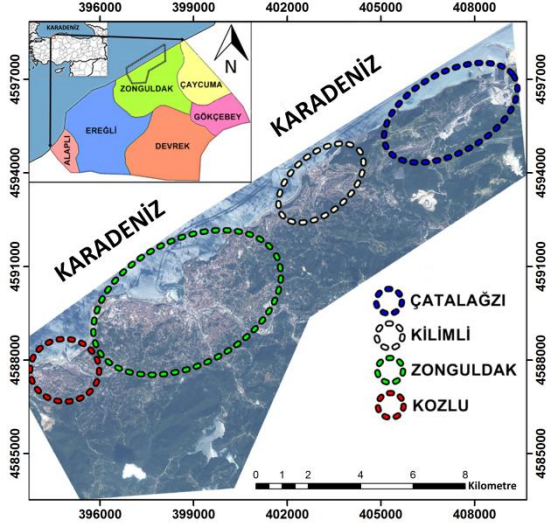
havacılık uzay dairesi (NASA) tarafından uzaya gönderilen Landsat 8 uydusu, iki adet termal banda sahiptir ve iklim değişikliği ile birçok farklı çevresel uygulamada kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Önceki Landsat programlarının bilim dünyasına kattığı çalışmalar göz önüne alındığında Landsat 8 uydu görüntüleri de birçok bilimsel çalışmaya katkıda bulunacaktır. Yapılan literatür taramasında Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü (AKAÖ) ve YYS arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Amiri, Weng, Alimohammadi, & Alavipanah, 2009; Balcik, 2014; Balçık & Ergene, 2017; Cicek, Yilmaz, Turkoglu, & Caliskan, 2013; Duman Yüksel & Yılmaz, 2008; Guo, Wang, Cheng, & Shu, 2012; Jiang, Fu, Weng, Baghdadi, & Thenkabail, 2001; Kaya, Basar, Karaca, & Seker, 2012; Li et al., 2011; Onishi, Cao, Ito, Shi, & Imura, 2010; Qian, Cui, & Jie, 2006; Şekertekin, Kutoğlu, Kaya, & Marangoz, 2015; Şensoy et al., 2017; Shen, Huang, Zhang, Wu, & Zeng, 2016; Xiao & Weng, 2007). Bu çalışmaların sonuçları genellikle benzerlik göstermekle beraber, çalışmalarda; yerleşim ve açık yüzeylerin YYS değerleri, öteki arazi sınıflarına göre daha yüksekken, ormanlık ve bitki örtüsü olan alanların daha düşük YYS değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı; Landsat 8 uydu verilerini kullanarak Zonguldak bölgesi için AKAÖ'den kaynaklanan YYS değişimlerini analiz etmek ve sonuçlarını sunmaktır. Bu kapsamda ele alınan Landsat 8 uydusuna ait görüntüler Amerikan Jeoloji Birliği (USGS) tarafından ücretsiz olarak temin edilmiştir. Çalışmada, Qin vd. (2001) tarafından YYS elde etmek için geliştirilen mono-window yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, AKAÖ haritalarının elde edilmesi için piksel-tabanlı maksimum benzerlik sınıflandırma yöntemi ele alınmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE MATERYAL

Çalışma alanı olarak, içerisinde Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi merkez kampüslerinin de yer aldığı Karadeniz

kıyısında bulunan 3.306 km² yüzölçümüne, 597,524 toplam nüfusa sahip ve geçiminin büyük bir kısmını taş kömürü madenlerinden sağlayan, merkezi yaklaşık 10 m rakıma sahip olan Zonguldak ili ve çevresi seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanının RGB formatında sunulmuş Worldview-2 Uydu Görüntüsü.

Uydu verisi olarak 24 Mayıs 2017 tarihinde çekimi gerçekleştirilen Landsat 8 görüntüsü kullanılmıştır. Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) ve Termal Infrared Sensor (TIRS) olmak üzere iki temel sensöre sahiptir (Tablo 2). OLI sensöründen elde edilen veriler daha önceki Landsat sensörlerine ait verilerle kıyaslandığında derin mavi band kıyı/aerosol çalışmaları için, kısa dalga kızılötesi bandı sirus bulutlarının tespiti için kullanılmaktadır. Ayrıca, sensör kalite değerlendirme bandı içermektedir. TIRS sensörü ise termal bant verilerini içermektedir. Bu veriler, kurak arazide su kullanımı ve kentsel alanlardaki ısı adacıkları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Liu & Zhang, 2011; Moyano et al., 2018; Sekertekin, Kutoglu, Marangoz, & Kaya, 2016).

Çalışmada uydu verisi ile eş zamanlı olarak arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmasında DS100 marka sıcaklık ve nem ölçerler kullanılarak YYS görüntülerinden elde edilen değerler ile bu ölçümler karşılaştırılmıştır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde, YYS çıkarımında kullanılan algoritma ile AKAÖ haritalarının elde

edilmesinde kullanılan yöntemler hakkında bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, gerçekleştirilen doğruluk analizleri hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1 YYS Çıkarımı

Termal verilerle YYS elde etme yöntemleri, farklı veri kaynakları ve parametreler göz önüne alınarak geliştirilmiştir. "Single channel" yöntemi (Duan et al., 2018; Jiménez-Muñoz & Sobrino, 2003), "mono-window" yöntemi (Z. Qin, Karnieli, & Berliner, 2001), sıcaklık/yayınrlık ayırma yöntemi (Gillespie et al., 1998) ve "split-window" yöntemi (Sobrino, Li, Stoll, & Becker, 1996) en çok kullanılan YYS elde etme algoritmalarıdır. "Mono-window" algoritması (MWA), pratik bir YYS elde etme yöntemi olduğu ve yüksek doğruluklu sonuçlar sunduğu için bu çalışmada tercih edilmiştir. Ek olarak, orijinalinde Landsat 6 TM uydu verisi kullanılarak geliştirilen MWA bu çalışma ile Landsat 8 verisine uyarlanmıştır. Bu kapsamda Landsat 8 uydusuna ait 4. Band (Kırmızı), 5. Band (Yakın Kızılötesi: NIR) ile 10. (Termal) bandları YYS elde etmek için kullanılmıştır. Ortalama atmosferik sıcaklık, atmosferik geçirgenlik ve yayınlık MWA algoritması için gerekli üç ana parametredir. Avdan ve Jovanovska tarafından (2016) gerçekleştirilen çalışmada; YYS görüntüsünün otomatik elde edilmesine yönelik ERDAS Imagine yazılımı ile bir model oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamında da ERDAS Imagine yazılımında bir model oluşturularak MWA yöntemi ile otomatik olarak YYS görüntüsü elde edilmiştir. MWA temel olarak aşağıda belirtilen 7 alt başlık altında incelenebilir.

3.1.1 Radyans Dönüşümü

(1) nolu eşitlik kullanılarak parlaklık değerleri radyans değerlerine dönüştürülür ve bu dönüşüm genellikle termal bandlara uygulanmaktadır. Bu dönüşüm işlemi ile, görüntüde parlaklık ve kontrast düzeltilmesi yapılmış olur (Milder 2008).

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Bu denklemde, L_{λ} radyans değerini, M_L banda özel çarpımsal yeniden ölçekleme değerini, A_L banda özel toplamsal yeniden örnekleme değerini, Q_{cal} dijital piksel değerlerini ifade

etmektedir. M_L ve A_L değerleri, görüntü metaveri dosyasından alınır.

3.1.2 Parlaklık değerlerinin yansıtım değerlerine dönüştürülmesi

Termal banda uygulanan radyans dönüşümü sonrasında 4 ve 5 nolu bandlar için parlaklık değerlerinin yansıtım değerlerine dönüştürülmesi işlemi (2) nolu denklem ile gerçekleştirilir. 4 ve 5 nolu bandlar için dönüşüm yapıldıktan sonra öncelikle Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) hesaplanır ve NDVI ile daha sonraki adımlardan biri olan yayınlık hesabı gerçekleştirilir. Algılayıcı yansıtım değerleri hesabı, solar yükseklik açısı ve dünya-güneş mesafesi gibi sensör ve gezegensel etkileri düzeltmek için yapılır (Milder 2008).

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_p \cdot Q_{cal} + A_p}{\sin \theta_{SE}} \quad (2)$$

Burada, ρ_{λ} yansıtım değerlerini, M_p banda özel çarpımsal yeniden ölçekleme değerini, A_p banda özel toplamsal yeniden örnekleme değerini, θ_{SE} güneş yükseklik açısını ifade etmektedir. Bu değerler ilgili görüntünün metadata dosyasından elde edilebilir.

3.1.3 Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi

Landsat 8 termal bandları için (3) eşitliğindeki denklem yardımıyla radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi işlemi gerçekleştirilir.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3)$$

Burada; T Kelvin cinsinden sensördeki parlaklık sıcaklığı değerini, K_1 ve K_2 sırasıyla birinci ve ikinci kalibrasyon sabitlerini, L_{λ} spektral radyans değerini temsil etmektedir. Landsat 8 uydusu için K_1 ve K_2 kalibrasyon sabitleri sırasıyla 774.89 ve 1321.079'dur.

3.1.4 Yer yüzey yayınlığı (ϵ_i) hesabı

Yayınlık; cisme gelen toplam ışın enerjisinin, emilen ışın enerjisine oranı olarak tanımlanmakla beraber kara cisim teorisiyle açıklanabilmektedir. Cisim veya yüzey ne kadar mat ve siyah olursa, yayınlığı bir (1) değerine o kadar yakın olur. Aksi halde, cismin

yansıtlılığı arttıkça sahip olduğu yayınlık değeri düşer. Yayınlık hesabı NDVI değerleri yardımıyla hesaplanabilmektedir. NDVI hesabı için yansıtım değerleri hesaplanmış görüntülerden 5. bant olan NIR ve 4. bant olan kırmızı (R) bant arasında (4) eşitliğinde görüldüğü gibi matematiksel bir işlem yapmak gerekir.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (4)$$

Van de Griend & Owe (1993) NDVI değerleri 0.157 ile 0.727 arasında değişen yerlerin yüzey yayınlık tahmini için ileri sürmüştür. NDVI tabanlı yayınlık görüntüsü elde edebilmek için Tablo 4'deki koşul değerlerinden faydalanılabilir. Tablo 1'de NDVI değerleri 0.157 ile 0.727 dışında kalan değerlerden yayınlık hesabı yapabilmek için Sobrino vd. (2008) tarafından sunulan ifadeler kullanılmıştır.

Tablo 1. NDVI Verileri ile Yayınlık Hesabı.

NDVI ≤ 0	0.979 - ρ_R * 0.035
0 < NDVI ≤ 0.72	1.00094 + log(NDVI * 0.04)
7	7
NDVI < 1	0.99

3.1.5 Atmosferik geçirgenlik hesabı (τ_i)

Atmosferik geçirgenlik, su buharı içeriği kullanılarak tahmin edilebilir (Liu & Zhang, 2011). Su buharı içeriği, meteorolojik istasyonlardan temin edilebilir veya yakın yüzey sıcaklığı ve bağıl nem değerleri ile hesaplanabilmektedir. Su buharı içeriğine bağlı atmosferik geçirgenlik tahmininde kullanılan denklemler Tablo 2'de gösterilmektedir (Liu & Zhang, 2011).

Tablo 2. Su Buharı ile Atmosferik Geçirgenlik Tahmini.

Profiller	Su Buharı (w_i) (g/cm ²)	Geçirgenlik tahmini denklemi (τ_i)
Yüksek Hava Sıcaklığı	0.4-1.6	0.974290-0.0801× w_i
	1.6-3.0	1.031412-0.1154× w_i
Düşük Hava Sıcaklığı	0.4-1.6	0.982007-0.0961× w_i
	1.6-3.0	1.053710-0.1414× w_i

3.1.6 Ortalama atmosferik sıcaklık (T_a) hesabı

Algoritmanın altıncı adımı, ortalama atmosferik sıcaklık (T_a) hesabıdır. Ortalama atmosferik sıcaklık hesabı, yakın yüzey sıcaklığına (T_o) bağlı olarak (5) nolu denklem esas alınarak hesaplanabilmektedir (Z. Qin et al., 2001).

$$T_a = 16.0110 + 0.92621 \times T_o \quad (5)$$

3.1.7 MWA ile YYS hesabı

Yukarıda belirtilen adımlar tamamlandıktan sonra son olarak (6) nolu algoritma denklemi kullanılarak YYS görüntüsü elde edilir. (6) nolu eşitlikten anlaşılacağı üzere yayınlık, atmosferik geçirgenlik ve ortalama atmosferik sıcaklık verileri kullanılarak YYS görüntüsü oluşturulmaktadır.

$$T_s = \{a(1-C-D) + [b(1-C-D) + C + D]T_i - DT_a\} \div C \quad (6)$$

(6) eşitliğinde; $a = -67.355351$ ve $b = 0.458606$ algoritma sabitlerini ifade etmektedir. $C = \epsilon_i \times \tau_i$, $D = (1 - \tau_i)[1 + (1 - \epsilon_i) \times \tau_i]$ şeklindedir. T_s , yer yüzey sıcaklığını (Kelvin), T_i , parlaklık sıcaklığını (Kelvin), ϵ_i yer yüzey yayınlığını, τ_i atmosferik geçirgenliği ve T_a efektif ortalama atmosferik sıcaklığı temsil etmektedir. Çalışmada, MWA ile Kelvin cinsinden elde edilen YYS görüntüsü Santigrat dereceye ($^{\circ}C$) dönüştürülmüştür.

3.2 AKAÖ Haritalarının Çıkarımı

Piksel-tabanlı maksimum benzerlik sınıflandırma yöntemi, görüntü sınıflandırmak için en sık kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntem ile her bir sınıf için eş olasılık eğrileri tanımlanarak sınıflandırmaya tabi olacak piksellerin, üyelik olasılığı en yüksek olan sınıfa dahil edilmesi ilkesine dayanır ve bu olasılığın hesabı (7) nolu eşitlikte gösterildiği gibi hesaplanır. Maksimum benzerlik yönteminin performansı, her sınıf için hesaplanan ortalama vektör ve kovaryans matrisin doğru tahmin edilmesine bağlıdır (Benediktsson, Swain, & Ersoy, 1990).

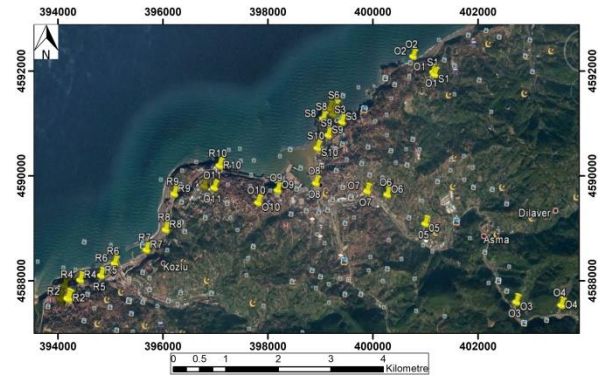
Çalışmada AKAÖ görüntüleri bu yöntemle göre sınıflandırılmıştır.

$$g_i(x) = \ln p(w_i) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_i| - \frac{1}{2} (x - m_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - m_i) \quad (7)$$

Burada i sınıfı, x n boyutlu veriyi, $p(w_i)$ görüntüde oluşan w_i sınıfının olasılığını, $|\Sigma_i|$ w_i sınıfındaki verinin kovaryans matrisinin determinantını, Σ_i^{-1} ters matrisini ve m_i ortalama vektörü ifade etmektedir.

3.3 Doğruluk Analizleri

Elde edilen YYS görüntülerinin doğruluk analizi için uydu verisi ile eş zamanlı olarak arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Arazi ölçümlerine uydu geçişi sırasında başlanarak her noktada en az 3 dakika ölçüm yapmak üzere veriler kaydedilmiştir ve her noktada ortalama değerler dikkate alınmıştır. Tüm arazi çalışması yaklaşık 4 saat sürmüştür Arazi çalışmasında Şekil 2'de gösterilen noktalarda sıcaklık ve nem ölçümleri kaydedilmiştir. Sıcaklık ve nem ölçümleri alınan noktalarda arazi yapısının en azında 30x30m (1 piksel boyutu) boyutunda yapı yapıda olmasına dikkat edilmiştir. Örneğin, kentsel alanda yapılan ölçümlerde 30x30m lik bir alanda bitki örtüsünün olmamasına tamamen kentsel yapıların olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 2. Arazi Çalışması için Belirlenen ve Ölçüm Yapılan Homojen Dağılımlı Noktalar.

Yapılan sıcaklık ölçümlerinin hava sıcaklığını temsil etmesi ve nokta bazlı olması uydu verisinden elde edilen piksel tabanlı YYS değerini tam olarak karşılamasa bile literatürde bu karşılaştırmalara yer verilmiştir.

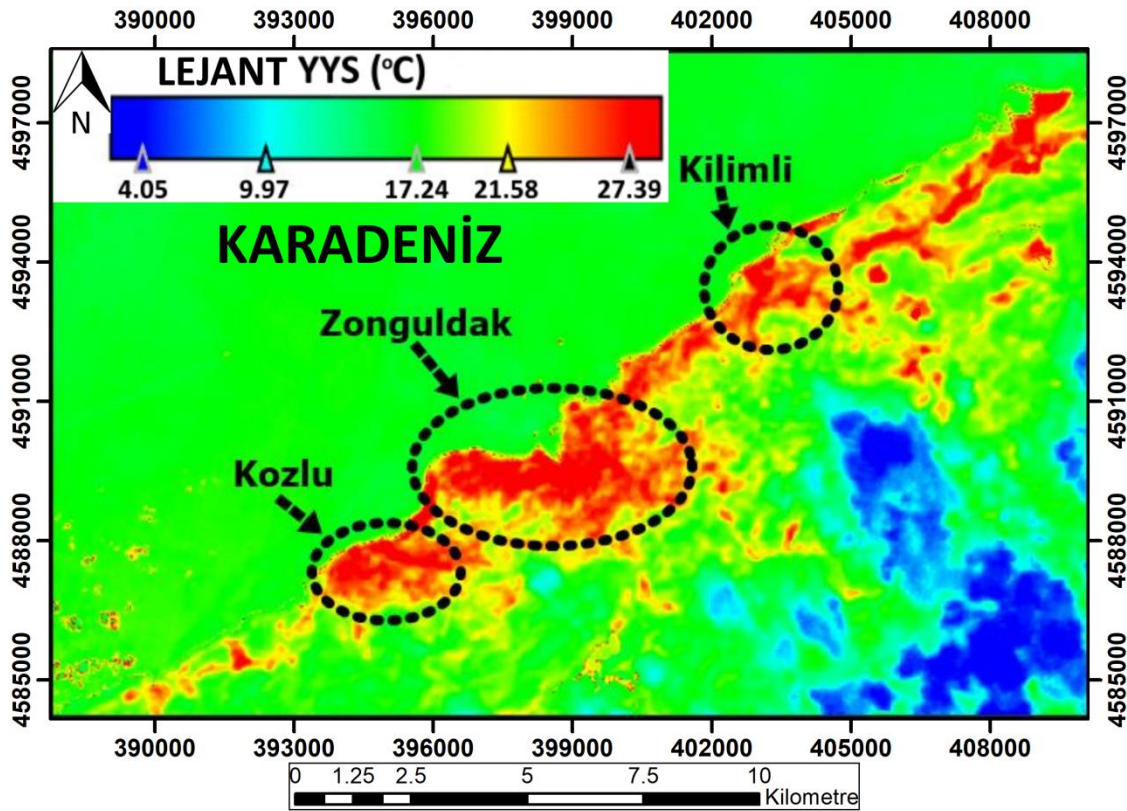
Ayrıca, AKAÖ haritalarının doğruluk analizi için rastgele seçilen 300 nokta kullanılmıştır.

Bu şekilde, ortalama doğruluk ve Kappa istatistiki değeri elde edilmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde, 3. bölümünde belirtilen algoritmalarla oluşturulan YYS ve AKAÖ görüntüleri sunulmuştur. Şekil 3'te yoğunluk dilimleme (density slicing) yöntemi ile sınıflandırılmış YYS görüntüsü gösterilmektedir. Görüntü Santigrat derece (°C) cinsinden sıcaklığı ifade etmektedir ve mavi renkten kırmızı renge doğru gidildikçe YYS

değerlerinin arttığı gözlemlenmektedir. Görüntünün alındığı zaman diliminde çalışma alanı üzerinde bulut örtüsü de bulunduğu için Şekil 3'te mavi renkli alanlar bulut yapılarını temsil etmektedirler. Bulutlar yer yüzeyinden çok yukarıda oldukları için YYS değerlerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Yeşil alanlar su yapısı, orman ve bitki örtüsü olan alanları temsil ederken; sarı alanlar genellikle üzerinde bitki örtüsü ve yerleşim olmayan çıplak arazileri ifade etmektedir. Kırmızı alanlar ise yerleşim, endüstriyel alanlar ve kumsal yapılarını ifade etmektedirler. Ayrıca çalışma bölgesinde yer alan açık kömür stok alanları da kırmızı renkte görünmektedir.



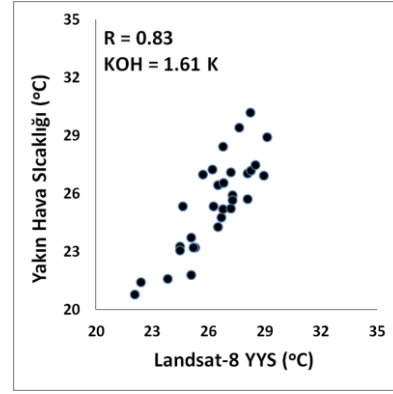
Şekil 3. 24 Mayıs 2017 Tarihli Landsat 8 Görüntüsünden MWA kullanılarak üretilen YYS Görüntüsü.

YYS görüntüsünün doğruluk değerlendirmesi için arazi çalışmasından elde edilen yakın hava sıcaklığı değerleri aynı noktalardaki YYS değerleri ile regresyon analizine tabi tutulmuştur (Tablo 3, Şekil 4). YYS değerleri yüzeyin sıcaklığını temsil etmesine karşın, doğruluk değerlendirmesinde yakın hava sıcaklığının kullanılması göreceli bir karşılaştırma yöntemi olarak literatürde yer almaktadır.

Şekil 4'te YYS değerleri ile yakın yüzey sıcaklığı arasındaki regresyon analizinde korelasyon katsayısının (R) %83 gibi yüksek bir değerde olduğu ve Karesel Ortalama Hata (KOH)'nın 1.61 K olduğu görülmektedir. Ayrıca, Landsat verisinin kısa bir zaman diliminde alınmasına karşın arazi çalışmasının daha uzun bir süre alması ve çalışma alanında yeterince eş dağılımlı meteoroloji istasyonunun olmaması çalışmanın bir kısıtlaması olarak görülmektedir.

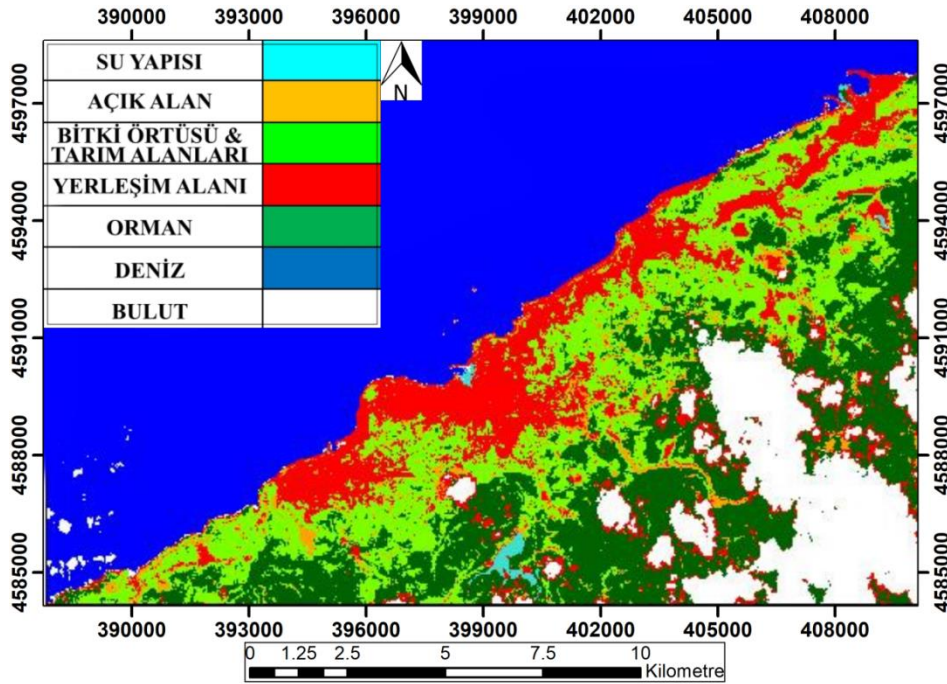
Tablo 3. YYS ve İlgili Piksellere Karşılık Gelen Arazi Ölçümlerinden Elde Edilen Yakın Hava Sıcaklığı Değerleri.

YYS Değeri (°C)	Yakın Hava Sıcaklığı (°C)	YYS Değeri (°C)	Yakın Hava Sıcaklığı (°C)
22.10	20.77	26.80	25.17
22.40	21.38	26.81	26.54
23.85	21.55	26.80	28.41
24.50	23.25	27.21	27.09
24.50	23.05	27.30	25.89
24.65	25.33	27.30	25.62
25.10	23.70	27.20	25.19
25.30	23.18	27.65	29.39
25.20	23.17	28.10	27.02
25.09	21.78	28.09	25.68
25.73	26.97	28.25	30.16
26.23	27.21	28.28	27.16
26.30	25.33	28.52	27.46
26.51	26.41	28.97	26.89
26.51	24.26	29.16	28.89
26.70	24.75		



Şekil 4. YYS ve Yakın Hava Sıcaklığı Arasındaki İlişkinin Grafikselsel Olarak Gösterimi.

Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılan Landsat uydu görüntüsünden elde edilen AKAÖ görüntüsü Şekil 5'te sunulmuştur. Sınıflandırılmış görüntü; su yapısı, açık alan, yeşil alan, yerleşim, orman, deniz ve bulut olmak üzere yedi temel sınıftan oluşmaktadır. Denizden ayrı olarak su yapısı sınıfı, baraj gölü vb. tatlı su yapılarını ifade etmektedir. Tablo 3'te gerçekleştirilen doğruluk analizinin sonuçları sunulmuştur. Sınıflandırmanın ortalama doğruluğu %90.33, ortalama Kappa değeri ise 0.86 olarak belirlenmiştir.



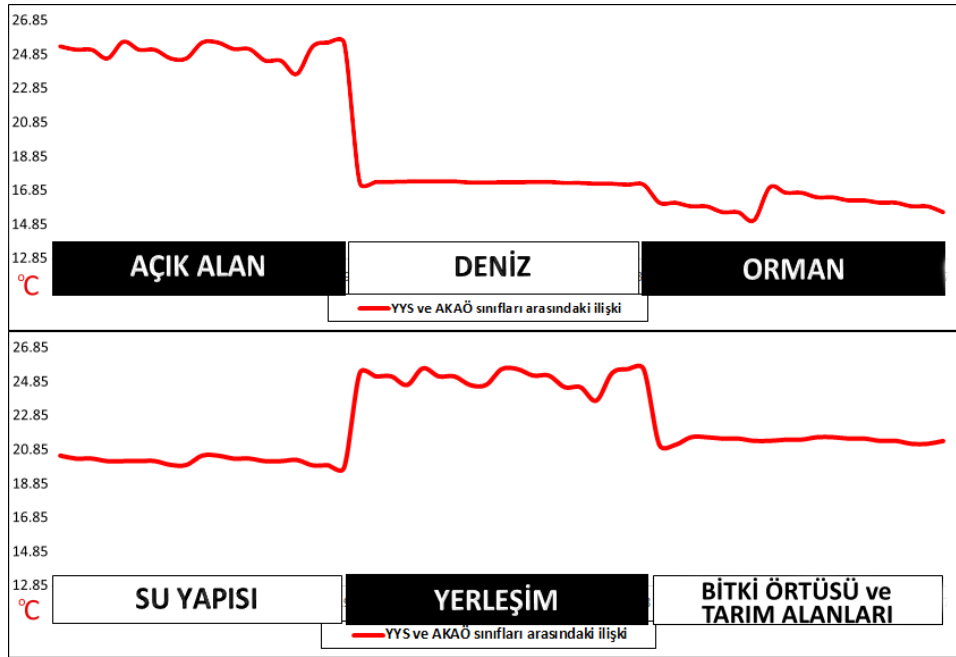
Şekil 5. 24 Mayıs 2017 Tarihli Landsat 8 Uydu Görüntüsünden Elde Edilen AKAÖ Haritası.

Tablo 3. AKAÖ Haritası için Doğruluk Analizi Tablosu.

Sınıf İsmi	Referans Toplamları	Sınıflandırma Toplamları	Doğru Nokta	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Su Yapısı	2	1	1	50.00%	100.00%
Açık Alan	4	3	3	75.00%	100.00%
Bitki Örtüsü ve Tarım Alanları	37	30	25	67.57%	83.33%
Yerleşim Alanı	18	30	18	100.00%	60.00%
Orman	53	57	46	86.79%	80.70%
Deniz	153	154	153	100.00%	99.35%
Bulut	33	25	25	75.76%	100.00%
Toplam	300	300	271		
Ortalama sınıflandırma doğruluğu: %90.33					
Ortalama Kappa Değeri: 0.8572					

YYS ve AKAÖ sınıfları arasındaki ilişkiyi daha anlaşılır bir biçimde ortaya koymak için Şekil 6'da gösterilen grafik çizilmiştir. Her bir arazi sınıfı için kesitler alınarak hazırlanan bu

grafikten anlaşılacağı üzere yerleşim ve açık alanların en yüksek YYS değerlerine sahip olduğu ve orman sınıfının en düşük YYS değerlerine sahip olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 6. 24 Mayıs 2017 Tarihli Landsat 8 Uydu Verilerinden Elde Edilen YYS ve AKAÖ Sınıfları Arasındaki İlişki Grafiği.

5. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında 24.05.2017 tarihinde alınan Landsat 8 uydusuna ait görüntü kullanılarak bölgesel iklim değişikliğine etki eden önemli parametrelerden biri olan YYS görüntüsü elde edilmiştir. YYS görüntülerinin elde edilmesinde çok sık kullanılan “mono-

window” algoritmasından faydalanılmıştır. Ayrıca YYS görüntüsünün doğruluk analizini gerçekleştirmek için uydu geçişi ile eş zamanlı olarak arazi çalışması gerçekleştirilerek çalışma alanında homojen dağılımlı noktalarda sıcaklık ve nem ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Oluşturulan YYS görüntüleri, Landsat verilerinin kontrollü sınıflandırma yöntemine tabi tutularak elde edilen AKAÖ görüntüleri ile ilişkilendirilmiştir.

YYS görüntüsünde genel olarak, açık yüzeyler ile yerleşim alanlarının, ormanlık ve bitki örtüsü olan alanlara nazaran daha yüksek YYS değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Yerleşim yerlerindeki YYS değerlerinin, bitki örtüsü kaplı alanlara nazaran ortalama 4 °C daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6'da farklı arazi sınıflarının sahip olduğu YYS değerleri açık bir şekilde sunulmuştur. Şekil 6'dan anlaşılacağı üzere, ormanlık ve yeşil alanların bölgesel iklim değişikliklerini önlemede önemli bir rol aldıkları sonucuna varılmaktadır.

Orman ve bitki örtüsü olan alanların tahribatı, sıcaklık rejimlerinin değişiminde kısa vadeli düşünüldüğünde çok fazla etkili olmayabilir ancak uzun vadeli olarak bölgesel iklim değişikliğine neden olma olasılığı oldukça fazladır. Orman alanları ile Bitki Örtüsü ve Tarım Alanları ele alındığında orman alanlarının daha düşük YYS değerlerine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bunun nedeni; Bitki Örtüsü ve Tarım Alanları içerisinde kısmen yerleşimin olması, insan faaliyetlerinden dolayı tarım alanlarında sürekli bir vejetasyon düzenlenmesi ile yer yer açıklık alanlara rastlanması ve vejetasyon kapalılığının orman alanı kadar yüzeyi %70 ve yukarısında örtme yüzeyi olmadığından dolayıdır.

Landsat 8 uydu verilerine ek olarak Terra uyduyu üzerinde yer alan ASTER sensörü tarafından kaydedilen görüntüler de YYS elde etmek için tercih edilebilir. ASTER sensörü 5 adet termal banda sahip olması nedeniyle bu sensörden elde edilen YYS sonuçlarının irdelenmesi de önemli katkılar sağlayacaktır. Ek olarak, günümüz teknolojisinde kullanım alanları hızla yayılan insansız hava araçlarına takılabilecek termal algılayıcılar yardımıyla da bir bölgenin YYS değerleri detaylı bir şekilde analiz edilebilir.

Çalışmada uydu verileri ile yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular, uzaktan algılama teknolojisinin çevresel gözlem ve değerlendirme çalışmalarında etkili bir yöntem olduğunu açıkça göstermektedir. Sözel ve sayısal verilere ek olarak görsel anlamda da

sonuçlar veren bu teknoloji, çevreye etki eden parametrelerin belirlenmesi ve zamansal olarak gözlemlenmesi gibi özellikleri ile de diğer bilim dallarına nazaran ön plana çıkmaktadır. Son olarak, uzaktan algılama teknolojisi ile elde edilen tüm ürünler dijital formatta olduğu için oluşturulacak olası CBS programları için de altlık olarak kullanılabilirler.

TEŞEKKÜR

Şekil 1'de sunulan Worldview-2 uydusuna ait görüntü Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi tarafından 2015-47912266-02 nolu Bilimsel Araştırma Projesi ile temin edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., & Alavipanah, S. K. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113(12), 2606–2617.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.07.021>
- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. *Journal of Sensors*, 2016, 1–8.
<https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Balcik, F. (2014). Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2), 859–872.
<https://doi.org/10.1007/s10661-013-3427-5>
- Balçık, F. B., & Ergene, E. M. (2017). YER YÜZEY SICAKLIĞININ TERMAL UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ İLE BELİRLENMESİ : İSTANBUL ÖRNEĞİ. In *TUFUAB 2017* (pp. 105–110).
- Benediktsson, J. A., Swain, P. H., & Ersoy, O. K. (1990). Neural Network Approaches Versus Statistical Methods In Classification Of Multisource Remote Sensing Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 28(4), 540–552.
<https://doi.org/10.1109/TGRS.1990.572944>
- Cicek, I., Yilmaz, E., Turkoglu, N., & Caliskan, O. (2013). Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi. *International Journal of Human Sciences*, 10(1), 621–640.

- Duan, S.-B., Li, Z.-L., Wang, C., Zhang, S., Tang, B.-H., Leng, P., & Gao, M.-F. (2018). Land-surface temperature retrieval from Landsat 8 single-channel thermal infrared data in combination with NCEP reanalysis data and ASTER GED product. *International Journal of Remote Sensing*, 00(00), 1–16. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1460513>
- Duman Yüksel, Ü., & Yılmaz, O. (2008). Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 23(4), 937–952.
- Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Steven Cothorn, J., Hook, S., & Kahle, A. B. (1998). A temperature and emissivity separation algorithm for advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1113–1126. <https://doi.org/10.1109/36.700995>
- Guo, Z., Wang, S. D., Cheng, M. M., & Shu, Y. (2012). Assess the effect of different degrees of urbanization on land surface temperature using remote sensing images. *Procedia Environmental Sciences*, 13(2011), 935–942. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.087>
- Jiang, Y., Fu, P., Weng, Q., Baghdadi, N., & Thenkabail, P. S. (2001). Assessing the Impacts of Urbanization-Associated Land Use/Cover Change on Land Surface Temperature and Surface Moisture: A Case Study in the Midwestern United States. *Remote Sens*, 7, 4880–4898. <https://doi.org/10.3390/rs70404880>
- Jiménez-Muñoz, J. C., & Sobrino, J. A. (2003). A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, 109(April), 8112. <https://doi.org/10.1029/2004JD004804>
- Kaya, S., Basar, U. G., Karaca, M., & Seker, D. Z. (2012). Assessment of Urban Heat Islands Using Remotely Sensed Data. *Ekoloji*, 21(84), 107–113. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2012.8412>
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., & Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3249–3263. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.008>
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(12), 1535–1552. <https://doi.org/10.3390/rs3071535>
- Moyano, M., Garcia, M., Palacios-Orueta, A., Tornos, L., Fisher, J., Fernández, N., ... Juana, L. (2018). Vegetation Water Use Based on a Thermal and Optical Remote Sensing Model in the Mediterranean Region of Doñana. *Remote Sensing*, 10(7), 1105. <https://doi.org/10.3390/rs10071105>
- Onishi, A., Cao, X., Ito, T., Shi, F., & Imura, H. (2010). Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. *Urban Forestry and Urban Greening*, 9(4), 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.06.002>
- Qian, L. X., Cui, H. S., & Jie, C. (2006). Impacts of land use and cover change on land surface temperature in the Zhujiang Delta. *Pedosphere*, 16(200523), 681–689.
- Qin, Z., & Karnieli, A. (1999). Progress in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 20(12), 2367–2393. <https://doi.org/10.1080/014311699212074>
- Qin, Z., Karnieli, A., & Berliner, P. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719–3746. <https://doi.org/10.1080/01431160010006971>
- Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş. H., Kaya, Ş., & Marangoz, A. M. (2015). Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye. In 15. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Sekertekin, A., Kutoglu, S. H., Marangoz, A. M., & Kaya, S. (2016). The Surface Heat Island Effect of Urbanization: Spatial-Temporal Analysis. In 4th *International Geography Symposium* (pp. 80–87).
- Sekertekin, A., Kutoglu, S. H. S. H. akan, & Kaya, S. (2016). Evaluation of spatio-temporal variability in Land Surface Temperature: A case study of Zonguldak, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1), 30. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5032-2>
- Şensoy, S., Şahin, L., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Darende, V., & Yazıcı, B. (2017). Antalya Yüzey Isı Adası Özelliklerinin Uydu Verileri ile Analizi. In III. *Meteorolojik*

Uzaktan Algılama Sempozyumu (pp. 133–146).

- Shen, H., Huang, L., Zhang, L., Wu, P., & Zeng, C. (2016). Long-term and fine-scale satellite monitoring of the urban heat island effect by the fusion of multi-temporal and multi-sensor remote sensed data: A 26-year case study of the city of Wuhan in China. *Remote Sensing of Environment*, 172, 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.005>
- Sobrino, J. A., Jimenez-Muoz, J. C., Soria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., ... Martinez, P. (2008). Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(2), 316–327. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.904834>
- Sobrino, J. A., Li, Z., Stoll, M. P., & Becker, F. (1996). Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. *International Journal of Remote Sensing*, 17(September 2012), 2089–2114. <https://doi.org/10.1080/01431169608948760>
- Van de Griend, A. A., & 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. <https://doi.org/10.1080/01431169308904400>
- Xiao, H., & Weng, Q. (2007). The impact of land use and land cover changes on land surface temperature in a karst area of China. *Journal of Environmental Management*, 85, 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.07.016>

Türkiye’de Taşınmazların Değerini Etkileyen Kriterlere Yaklaşım

Fatma BÜNYAN ÜNEL^{1*}, Şükran YALPIR²

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin
(fatmabunel@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-9949-640X

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya
(sarici@selcuk.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9366-5770

Öz

Taşınır ve taşınmaz bütün malların bir ekonomik değeri vardır. Taşınır malların değeri, üretim maliyeti üzerinden ne kadar edeceği hesaplanabilir iken arazi, arsa, konut gibi taşınmazların değeri karakteristik özelliklerine dayanmaktadır. Ayrıca üzerlerindeki hak, yükümlülük ve kısıtlılıklar da bu değere etki eden unsurlardandır.

Taşınmazlar, ülke ekonomisinin lokomotifi konumunda olması nedeniyle projeler, sertifikalar, yatırım fonları ve ortaklıkları gibi olaylarda gündemden düşmeyen varlıklardır. Dolayısıyla taşınmaz değerlendirme konusu ülke ve aile ekonomisi için her daim önemi baki kalmıştır. Ülke ekonomisine katkısı açısından; vergiler, harçlar, sigorta gibi taşınmaz değeri üzerinden yapılan kesintilerde ve kira geliri ile değer artış kazancı vergilerinde tam fayda sağlanamamıştır. Taşınmaz değerlemenin önemi Mortgage Sistemi ile ortaya çıkmış ve 2008 yılı küresel ekonomik krizi ile daha belirginleşmiştir. 2018 yılında dünya çapında yaşanan ekonomik savaşlar ise ticari olup temelde taşınmazları da etkisi altına almaktadır.

Bu çalışma için Yükseköğretim Kurulunun Ulusal Tez Merkezinde 1985-2017 (Nisan) yılları arasında yapılmış 227 adet taşınmaz değerlendirme konusu kapsamında lisansüstü tezine erişilmiştir. Tezlerin üniversite, yıl ve mesleklere göre dağılımlarının yanı sıra taşınmaz değerlemenin içerisindeki konu dağılımlarına göre incelenmiş ve grafiklerle görselleştirilmiştir. Taşınmaz (Gayrimenkul, Arazi); Değerleme, Geliştirme ve Yönetim adlarının farklı kombinasyonları ile üniversitelerin fen bilimleri enstitülerinde, tezli/tezsiz yüksek lisans programları eğitime başlamıştır. Bundan dolayı tez sayısının 2017 yılına doğru arttığı görülmüştür. Yapılan tez çalışmalarında, konu bakımından özellikle değerlendirme yönteminin çalışıldığı gözlenmiştir. Taşınmaz değerini etkileyen kriterler ise yeteri kadar ele alınamamıştır. Her bilim dalı kendi sahasına yakın konuları irdelemiş olup fen bilimlerinde yasal ve konum özellikleri; sosyal bilimlerde ekonomik özellikler üzerinde daha çok durulduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşınmaz değerlendirme, toplu (küme, kitlesel) değerlendirme, yükseköğretim çalışmaları.

Approach to Criteria Affecting Value of Real Properties in Turkey

Abstract

All properties which are movable and immovable have an economical value. While value of movable properties is able to being calculated how much it will be on production cost, value of real property or immovable properties, such as land, plot and house, etc. is based on their characteristics. In addition, the rights, obligations and limitations are also criteria affecting their value.

* Sorumlu Yazar

Since the real properties are the locomotives of the national economy, they are subjects which do not fall off the agenda in the cases such as real property projects, certificates, investment funds and trusts. Therefore, real property valuation has always remained of importance for the country and the family economy. It could not be fully benefit in terms of its contribution to the national economy in deductions from real property value such as taxes, duties, and insurance; rental income and value-increase earnings taxes. The importance of real property valuation emerged with the Mortgage System and it became more evident with the 2008 global economic crisis. In the world, the economic wars lived in 2018 are commercial and it has basically affected real property. For this study, a total of 227 postgraduate (doctor of philosophy and master of science) theses which made on real property valuation between the years 1985-2017 (April) have been reached in National Thesis Center in Council of Higher Education. As well as distribution of theses according to university, year and occupations; the distribution of the subject within the valuation was examined and visualized by graphs. With different combinations of Real Property (Real Estate or Immovable Property and Land) Valuation, Development and Management terms, thesis or non-thesis Master of Science degrees have been begun education in the science institutes of the universities. For this reason, it is seen that the number of theses increased towards 2017. In the theses, it has been observed that especially the valuation method according to the subject distribution has been studied. Criteria affecting value of real property have not been handled sufficiently. Every branch of science has examined the subjects close to its field. It has been determined that more emphasis is placed on the legal and locational features in the science, economic features in the social.

Keywords: Real property valuation, mass appraisal, higher education studies

1. GİRİŞ

Türkiye’de taşınmaz alım-satım konusu önemini hiçbir zaman yitirmemiş olup Mortgage (ipotekli satış-tutsat) sisteminin 2007 yılında uygulanmaya başlaması ile daha da hareketlenmiş ve gerek kanun gerekse kurum yapılanmasında düzenlemelere, değişimlere ve eklemelere gidilmesi gerekliliği doğmuştur. Bu bağlamda Sermaye Piyasası Kurulu Sermaye Piyasasında Uluslararası Değerleme Standartları Hakkında Tebliğ (UDES), 01.05.2006 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 06.12.2012 tarihli ve 6362 sayılı Sermaye Piyasası Kanunu yürürlüğe konularak yenilenmiştir. Bu değişim sonucu, taşınmaz değerlerinin objektif unsurlara göre tespitini gerekli kılmıştır (Yalpır & Ünel, 2016).

Uluslararası Değerleme Standartlarına göre “mülkün özellikleri” ve “değerleme uzmanı tarafından göz önünde bulundurulması gereken faktörler” (UDES, 2006) dikkate alınarak değerlendirme raporları hazırlanmaktadır. Değerleme uzmanının; Gayrimenkul ve Konut Değerleme Uzmanı olarak iki farklı statüsü bulunmakta olup Sermaye Piyasası Kurulu (SPK) lisansına sahip olması gerekmektedir. SPK lisansı için eğitim disiplini farketmeksizin “Gayrimenkul Değerleme Uzmanı” lisans, “Konut Değerleme Uzmanı” ise önlisans düzeyinde eğitim alınmış olması gerekmektedir (LisanslamaTebliğ, 2014).

Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği (TDUB) üyelerinin %53,24’ü mühendislik fakültesi

lisans eğitimi alan değerlendirme uzmanlarından oluşmaktadır (TDUB, 2019). TDUB, Gayrimenkul Bilgi Merkezinin hazırladığı rapora göre 2010 yılında üye sayısı 1.012 iken 30 Eylül 2018 itibariyle 7.176’ya ulaşmıştır (TGBM, 2018).

Taşınmaz değerlendirme konusundaki akademik çalışmalarda; mühendislik, mimarlık, şehir ve bölge planlama, gayrimenkul geliştirme ve yönetimi, iktisat, işletme gibi bölümler göze çarpmaktadır. Birçok disiplinle ilişkisinin yanı sıra gerçek hayatta ekonomik olarak daha da öne çıkması, değerlendirme uzmanlığını yeni bir meslek statüsüne getirmiştir. Bu bağlamda “Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi” ve “Gayrimenkul ve Varlık Değerleme” adı altında Yükseköğretim Kuruluna (YÖK) bağlı biri devlet üçü vakıf üniversitesinde yeni bölümler açılmıştır (ÖSYM, 2018).

YÖK; Anayasanın 130. ve 131. Maddeleri (Anayasa, 1982) ve 2547 Sayılı Yükseköğretim Kanunu ile (YÖK, 1981) kendisine verilen görev ve yetkiler çerçevesinde özerkliğe ve kamu tüzel kişiliğine sahip bir kuruluş olup, ülkemizde bütün yükseköğretimden sorumlu tek kuruluş haline gelmiştir (Karatekin, Aydın, Tunakan, Özdem, & Işık, 2010).

Anayasanın 130. Maddesi (Anayasa, 1982): “Çağdaş eğitim-öğretim esaslarına dayanan bir düzen içinde milletin ve ülkenin ihtiyaçlarına uygun insan gücü yetiştirmek amacı ile; ortaöğretime dayalı çeşitli düzeylerde eğitim-öğretim, bilimsel araştırma, yayın ve danışmanlık yapmak, ülkeye ve insanlığa

hizmet etmek üzere çeşitli birimlerden oluşan kamu tüzelkişiliğine ve bilimsel özerkliğe sahip üniversiteler Devlet tarafından kanunla kurulur.”

Anayasanın 131. Maddesi (Anayasa, 1982): “Yükseköğretim kurumlarının öğretimini planlamak, düzenlemek, yönetmek, denetlemek, yükseköğretim kurumlarındaki eğitim-öğretim ve bilimsel araştırma faaliyetlerini yönlendirmek bu kurumların kanunda belirtilen amaç ve ilkeler doğrultusunda kurulmasını, geliştirilmesini ve üniversitelere tahsis edilen kaynakların etkili bir biçimde kullanılmasını sağlamak ve öğretim elemanlarının yetiştirilmesi için planlama yapmak maksadı ile Yükseköğretim Kurulu kurulur.”

Taşınmaz (gayrimenkul) değerlendirme; bir taşınmazın, taşınmaza bağlı hakların, sorumlulukların ve kısıtlılıkların ya da bir taşınmaz projesinin değerlendirme günündeki tanımlı değerinin, bağımsız, yansız ve nesnel ölçütlere dayanarak kestirimidir (Açlar & Çağdaş, 2008). Taşınmaz (gayrimenkul) geliştirme, ham araziye arsa yapmadan bina yapımına ve yenilenmesine, pazarlamadan kiralanmasına ve yönetimine kadar değişen faaliyetleri kapsayan, çok yönlü bir iştir (Bostancı, 2008; Peiser & Frej, 2003). Her iki konu, temelde parsel bilgisi, genelde arazi yönetimine dayanmaktadır.

Bu çalışmadaki literatür araştırmasında erişilen akademik çalışmaların %15’i doktora, %85’i yüksek lisans tezidir. Tezler; üniversite, yıl ve mesleklerin yanı sıra taşınmaz değerlemede yöntem, yönetim, planlama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), kriter analizi gibi konu dağılımları da incelenmiştir. Çalışma sonunda Taşınmaz (Gayrimenkul, Arazi) Değerleme, Geliştirme ve Yönetim adlarının farklı bileşkeleri ile üniversitelerin fen bilimleri enstitülerinde, tezli/tezsiz yüksek lisans açılmasından bu konuda tez sayısının arttığı ve özellikle değerlendirme yöntemi konusunda çalışıldığı gözlenmiştir.

2. YÖNTEM

Bu çalışmanın materyali YÖK’e bağlı üniversitelerin enstitülerinde yapılan lisansüstü tezleridir. Taşınmaz değerlendirme konusundaki anahtar kelimeler aracılığıyla tarama yapılmış ve lisansüstü teze ulaşılmıştır. Bu tezlerin,

taşınmaz değerlemede hangi problemi çözmek amacıyla ele alındığı temelinde dayanarak inceleme yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bilime katkı sağlamak, bilimsel araştırma ve faaliyetleri desteklemek amacıyla 2006 yılı ve sonrası yüksek lisans ve doktora tezleri olan lisansüstü tezleri; yazarları tarafından Yükseköğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanında arşivlenmesine ve internet üzerinden tam metin erişime açılmasına izin verilen tezler açık erişime sunulmaktadır. İzinli olmayanların basılı kopyalarına üniversite kütüphaneleri aracılığıyla Türkiye Belge Sağlama ve Ödünç Verme Sistemi (TÜBESS) üzerinden ulaşılmaktadır. 2006 yılı öncesi yayınlanan tezlerin dijital formatta olmamaları sebebiyle yazarların tez yayımlama izin belgesi vermeleri halinde tezleri tam metin erişime açılmaktadır (YÖK, 2017). Lisansüstü tezlerin; üniversitelere, yıllara, konularına, türüne ve üniversitelerin yıllara göre tez sayıları, aylık tez indirme ve tez sorgulama sayıları gibi istatistiki bilgileri YÖK tarafından sunulmaktadır.

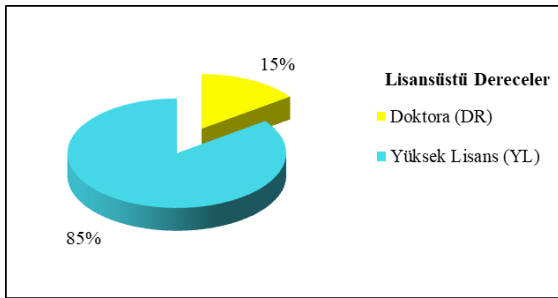
Lisansüstü tezleri birer eser olup 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanununa göre bir eserin telif hakkı eser sahibine aittir. Tez yazarları, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezine tezlerinin tam metin erişime açılması konusunda izin vermişlerdir. Bu web sitesi içerisinde yer alan tezlerin tamamı veya bir bölümü yazarlarından izin alınmadan ticari ya da mali kazanç amaçlı kullanılamaz, yayımlanamaz, dağıtılamaz ve kopyalanamaz. Ulusal Tez Merkezi Web Sayfasını kullanan araştırmacılar, tezlerden bilimsel etik ve atıf kuralları çerçevesinde yararlanılmasına izin verilmektedir (YÖK, 2017).

Lisansüstü tezleri incelendiğinde genellikle taşınmaz değerlendirme yöntemi konusunda çalışıldığı tespit edilmiştir. Taşınmaz değerini etkileyen kriterler belirlenmeden önce yöntem arayışına gidilmektedir. Yani taşınmaz değerlendirme probleminin çözümüne baştan değil, ortadan çözülmeye çalışılmaktadır. Bu da sağlıklı sonuçların elde edilmesini engellemektedir. Hangi yöntemi uygulamaya karar vermeden önce, optimum kriterlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Taşınmaz türüne göre değeri etkileyen bu kriterler uygulanan bölgeye, yönetime ve uygulayıcıya göre değişiklik göstermekte olup bir standartlık

bulunmamaktadır. Dolayısıyla yöntem arayışından önce kriterlerin standartlaştırılarak optimum düzeyde ve objektif kriterlerin elde edilmesi ülkemiz için gerekmektedir.

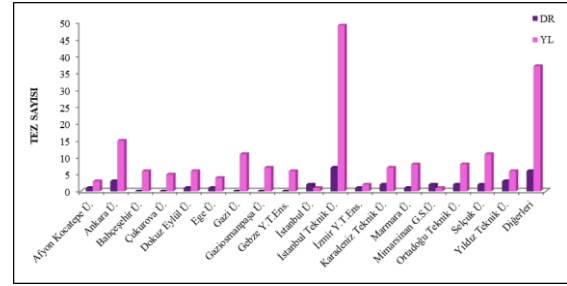
3. BULGULAR

Ulusal çapta tezler, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından yayınlanmakta olup 1985-2017 (Nisan) yılları arasında taşınmaz değerlendirme konusunda toplam 227 teze ulaşılmıştır. Bu tezlerin yaklaşık %15’i doktora tezi, %85’i yüksek lisans tezidir (Şekil 1).



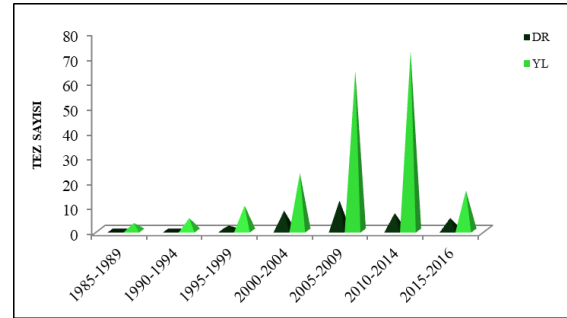
Şekil 1. Doktora ve yüksek lisans tezlerinin oranları

Bunlara ilaveten taşınmaz değerlemeye yakın ve başlı başına bir konu olan Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları konusunda da 6 doktora ve 39 yüksek lisans tezi yapılmıştır. Ancak bu tezler irdelenmemiş olup sayı olarak sadece konu dağılımındaki Şekil 5’de gösterilmiştir. Taşınmaz değerlendirme konusunda bilimsel anlamda en fazla doktora ve yüksek lisans tez çalışması yaptıran İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)’nin olduğu görülmektedir. İTÜ’de 2001 yılından beri eğitim-öğretim yapan Disiplinler arası Anabilim Dalının altında Gayrimenkul Geliştirme Bilim Dalı’ndan mezun olanların yapmış olduğu çalışmalar çoğunluktadır. Yüksek lisans tezinde ikinci sırada Ankara Üniversitesi (AÜ) yer almakta olup 2007 tarihinde kurulan Taşınmaz Geliştirme Anabilim Dalı yeni adıyla Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı yer aldığı tespit edilmiştir. Selçuk Üniversitesi (SÜ), Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) ve Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) de değerlendirme konusunda çalışanların genellikle Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalında olduğu gözlenmiştir (Şekil 2).



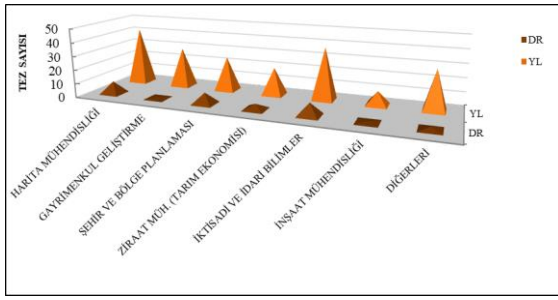
Şekil 2. Lisansüstü tez çalışmalarında üniversite dağılımı

Tezlerin yıllara göre dağılımına bakıldığında en fazla tamamlanan doktora tezi 2005-2009, yüksek lisans tezi 2010-2014 yılları arasında olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Tezlerin yıllara göre dağılımı

Taşınmaz değerlendirme; mühendislik, mimarlık, şehircilik, hukuk, istatistik, ekonomi ve iktisat gibi birçok bilim dalının bir arada çalışması gereken çok disiplinli bir konudur. Şekil 4’de görüldüğü gibi en çok Harita Mühendisliği bölümünün çalıştığı bir konu olmakla birlikte Gayrimenkul Geliştirme, Şehir ve Bölge Planlama, Ziraat ve İnşaat Mühendisliği gibi bölümlerinin taşınmaz değerlendirme konusunda tez çalışmaları bulunmaktadır. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinden işletme, ekonomi, ekonometri, maliye, iktisat, muhasebe, uluslararası finans, siyaset bilimi ve kamu yönetimi, Avrupa Birliği Çalışma Programı bölümleri de konuyla ilgili tezler sunmuşlardır. Ancak her meslek dalı taşınmaz değerlemeye ilişkin yöntem uygulamalarında kendi mesleği açısından bakmış ve doğal olarak o pencereden yorumlar yapmışlardır (Şekil 4).



Şekil 4. Tezlerin mesleklere göre dağılımı

Taşınmaz değerlendirme ile ilgili yapılan tez çalışmalarında genelde matematiksel bir model arayışı içerisinde **yöntem** uygulamaları olmuştur. Geleneksel değerlendirme yöntemlerinden emsal karşılaştırma, maliyet ve gelir (M. Ertaş, 1992; M. Ertaş, 2000; Gemici, 2008; Hasanova, 2015; Karaca, 2008; Z. Ü. Karakayacı, 2005; Kül, 2009; Nuhoğlu, 2007; Tatoğlu, 2008; Türeoğlu, 2008; Üreten, 2007), kapitalizasyon (Aktaş, 2000; İ. Aslan, 2002; Avcı, 2010; H. Aydın, 2007; A. Baştürk, 2011; Demircan, 1991; Ereeş, 2010; İncir, 2015; Kaplan, 2015; Z. Karakayacı, 2011; Karakuş, 2011; Kaynar, 2014; G. Keskin, 1994; Özudoğru, 1998; Sökmen, 1992), istatistikî değerlendirme yöntemlerinden regresyon (Akış, 2013; Amca, 2016; Bostancı, 2008; Eğdemir, 2001; Z. Keskin, 2007; Sam, 2004; Tuna, 2013; Yalpir, 2000), hedonik (K. Arslanlı, 2012; Ayvaz, 2002; Bekar, 2013; Boyacıgil, 2003; Boza, 2015; Z. Bulut, 2011; Cingöz, 2011; Hurma, 2000; T. Karagöl, 2007; A. Özçelik, 2003; Savuran, 2008; Ustaoglu, 2003; Yankaya, 2004), nominal (Eren, 1998; Kalaycı, 2007; Nişancı, 2005; S. Timur, 2009; Toktaş, 2012; Ünlü, 2010) ve modern değerlendirme yöntemlerinden yapay sinir ağları-YSA (B. N. Bulut, 2011; Saraç, 2012; Taş, 2013), bulanık mantık (Derinpinar, 2014; Karimov, 2010; Yalpir, 2007; Yentür, 2011), çoklu ölçütlü karar verme (Akkaynak, 2014; Bahar, 2007; Kavas, 2014; Özbay, 2010; Özer, 2010; Torun, 2009; A. Yılmaz, 2010) gibi yöntemler ile taşınmazların değer tahminleri yapılmıştır (Şekil 5).

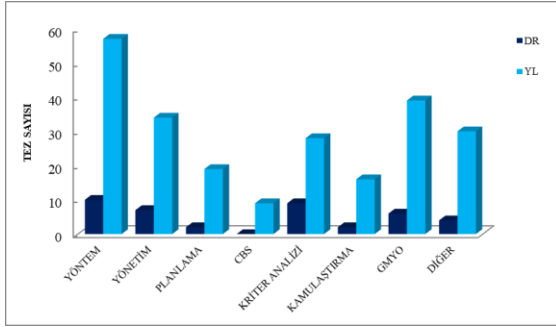
Sürdürülebilir kalkınma adı altında taşınmazlar fonksiyonelliklerini kaybetmeden geleceğe aktarılması için doğru yönetilmeleri gerekmektedir. Taşınmaz değerinin içinde olduğu arazi **yönetimi**yle ilgili mevcut durum incelemesi, değer değişimlerinin yansıtılması,

kurum modeli önerisi, pazar analizi ve mevzuat altyapı modeli konularında (Baş, 2009; Bülbül, 2005; Candaş, 2012; Çağatay, 2008; V. Çağdaş, 2001; Çete, 2008; Değirmenciler, 2008; Erdem, 2016; Erdoğan, 2012; Foan, 2003; Nikes, 2005; Onurlu, 2006; N. Özçelik, 2004; Sezer, 2010; Uygun, 2011; E. Uzer, 2009) çalışmalar mevcuttur. Yine vergi yönetiminde mevcut sistemin irdelenmesi (Aslanpınar, 2011; E. Aydın, 2002; Hacıköylü, 2009; Kalender, 2013; Ural, 1997), vergi sisteminin tasarımı ve öneriler (V. Çağdaş, 2007; F. Kaya, 2011; Sivrikaya, 2014; Tarin, 2013; Yıldırım, 2015; Yıldız, 2014) gibi konular irdelenmiştir. Devlet mallarının yönetimine (Söyler, 2004) ilişkin olarak hazine taşınmazlarının değerlendirilmesi (A. Aslan, 2012; Atılgan, 2010; Çevik, 2012; Lüküslü, 2006; Sezgin, 2010; Utkucu, 2007), belediye gayrimenkullerinin değerlendirilmesi (Kılıç, 2006) ve orman vasfını yitirmiş arazilerin değerlendirilmesi (Üstün, 2009) ele alınmıştır. Ayrıca özelleştirme, sigortacılık gibi işlemler için taşınmaz değerlendirme konusu (Adıbelli, 2006; Çelik, 2013; Duran, 2013; M. Gül, 1998; Köse, 2001) incelenerek arazi yönetimine ilişkin araştırmalar yapılmıştır (Şekil 5).

Kırsal alanlarda bulunan arazilerin **planlama** yapıp kentsel alana dâhil edilerek arsa niteliği kazanması ile geçen zaman periyodu içinde ani değer çıkışları yaşanmaktadır. Bu periyod içinde imar planlarının tasarlanması, çizilmesi, uygulamaya geçilmesi ve kentsel dönüşüm şeklindeki planlama faaliyetleri (K. Y. Arslanlı, 2004; Aydemir, 2013; V. Başer, 2002; F. Baştürk, 2009; Daşkiran, 2016; Demircioğlu, 2004; Dinç, 2012; Durmuş, 2010; Gölbaşı, 2006; İlyasoğlu, 2016; İspir, 2006; Kahraman, 1997; Karabaş, 2010; Karayünlü, 2004; Meydan, 2011; Narin, 2010; Sarıbozacıyan, 2009; Sarıkaya, 2002; Tunçer, 2014; Uçar, 2009; Ahmet Yılmaz, 2016) ele alınarak değer değişimleri YÖK'de bulunan tezler arasında incelenmiştir (Şekil 5).

CBS, değerlendirme konusunda değer haritası üretimi (Döner, 2010; Erdoğan, 2011), Taşınmaz Değerlemesi Bilgi Sistemi tasarımı (Özfidan, 2008) ve Emlak Bilgi Sistemi (Albayatı, 2015; Kaba, 2003) için tez çalışmalarında kullanılan bir sistemdir. Ayrıca taşınmaz değerlendirme konusunda CBS'nin kullanım olanakları bazı çalışmalarda da

(Börekçi, 2014; Gülbay, 2006; Sacin, 2009; Şahbaz, 2002) araştırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Lisansüstü tezlerin konu dağılımı

Kamulaştırma konusunda bulunan tez çalışmaları; satın alma usulü (Şener, 2009), kamulaştırma değerinin tespiti (İnal, 1988; Kepçeli, 1990; G. Keskin, 2000; Pehlivan, 2008), davalar ve bilirkişi raporları (Berberoğlu, 2004; Demirbaş, 2014; Hayta, 2007; Ö. Karagöl, 2009; Kurt, 2015; Mülayim, 2005), mülkiyet hakkı (Özel, 2013; Tepe, 2009; Yazıcı, 2011), değer değişimleri (Armut, 2016; Balcı, 2010; Er, 2015) ve sit alanlarına ilişkin uygulamalar (Z. Y. Uzer, 2010) ele alınarak çalışılmıştır. Ayrıca muhtelif konularda da örneğin; hukuk (E. K. Aslan, 2004; Bulur, 2006; Günel, 1997; Kocalar, 2009), yatırımlar (Gündoğan, 2011; Kuyumcu, 2010; B. Şahin, 2001; Temel, 2009; H. H. Yıldırım, 2012), otel değerlendirme (Filiz, 2010;

Tınaz, 2009), değerlendirme uzmanlığı ve eğitimi (D. Şahin, 2010; Yalçın, 2006), değerlendirme raporları (Ergin, 2013; Gödur, 2016), değer farklılıkları (Kırar, 2008), en etkin ve en verimli kullanım analizi (Gönülal, 2009; A. D. Özçelik, 2010) ve diğer konularda (Aliefendioğlu, 2011; Alkan, 2015; Altıntaş, 1995; Arslan, 2016; Baran, 2007; Berse, 2008; Çelikkol, 2015; Dalkıran, 2015; Nurel, 2015; Oğuz, 2011; Öztürk, 1985; Saner, 2008; Soyer, 1988; B. A. Timur, 2012; Ünsal, 2011; H. Yıldırım, 2012) tezler hazırlanmıştır. YÖK'te, taşınmaz değerlendirme konularının genel başlıklar altında toplandığı çalışmalarda ağırlıklı olarak yöntem ve yönetim alanlarında çalışıldığı görülmüştür (Şekil 5).

Taşınmazların değerine etki eden **kriterlerin analizinde** doğrudan ve dolaylı olarak ayırım yapılmıştır. Doğrudan yapılanlar kendi içinde; taşınmaz türü (arazi, arsa, konut, taşınmaz-gayrimenkul), kullanılan yöntem (regresyon, hedonik, faktör, vd.), kriter sayısı ve etkilenen değer faktörü (konut fiyatları, taşınmaz değeri, gayrimenkul yatırımları ve konut kiralari) olarak kategorize edilmiştir. Dolaylı olarak yapılmış kriter analizi çalışmaları yukarıda ele alınmış olup farklı yöntem uygulamaları ile model üretmek, eşdeğerlilik ilkesine göre arazi ve arsa düzenlemesi yapmak, CBS destekli programlarda değer haritası üretmek amacıyla kriterlere ağırlık veya puanlandırma verilerek yapılmış çalışmalardır.

Tablo 1. Kriter analizi yapılan tez çalışmaları

Kaynak Adı (Yıla göre sıralı)	Taşınmaz Türü	Yöntem	Kriter Sayısı	Etkilenen Değer Faktörü
Öktensoy (1995)	Konut	İstatistikî Yöntemler	Özellikle Şehir Merkezine Uzaklık	Konut değeri
Hasekioğlu (1996)	Konut	Tahmin Yöntemi	4 Kriter	Reel konut fiyatları
Birinci (1997)	Arazi	Gelir Yöntemi	17 Kriter	Arazi kıymetleri
Engindeniz (1998)	Arazi	Geleneksel, Regresyon	-	Arazi kıymetleri
Göçer (1998)	Konut	-	Merkez, Erişebilirlik, Denize Mesafe	Konut değeri
Alkay (2002)	Yeşil alan	Hedonik	Fiziksel ve Sosyal Çevre	Yeşil alanların ekonomik değeri
B. Keskin (2003)	Konut	Regresyon	-	Konut Fiyatı
Akalın (2005)	Konut	-	Çevresel Kriterler	Konut Kira Değeri
Özus (2005)	Konut	Hedonik	-	Konut Fiyatı
Valiker (2005)	Konut	Regresyon	Özellikle Zemin Yapısı	Konut Fiyatı
Keykubat (2006)	Taşınmaz	Teorik	Tapu ve plan bilgileri	Taşınmaz Değeri
Mirasyyedi (2006)	Konut	Hedonik	4 Kriter daha etkili	Konut Fiyatı
Özpak (2006)	Taşınmaz	Teorik	Sınırlı Aynı Haklar	Taşınmaz Değeri
Cömertler (2007)	Konut	Hedonik, Regresyon	Konut Özellikleri-61'den 10'u etkili, Demografik Özellikler-	Konut Kira Fiyatı

			16'dan 4'ü etkili (Yaya yolu)	
E. Gündoğdu (2007)	Konut	Korelasyon	4 Kriter	Konut Fiyatı
Hurma (2007)	Arazi	Ayırma, Hedonik, Kriter, Kümeleme	22 Kriter	Tarımsal Arazi Değeri
Yahşi (2007)	Konut	Regresyon	42 Kriterden 7'si etkili	Konut değeri
Yıldızcı (2007)	Taşınmaz	Teorik	23 Kriterden 7'si daha etkili	Gayrimenkul Yatırımları
Arıkan (2008)	Konut	Hedonik	48 Kriterden 7'si daha etkili	Konut kiralari
İnci (2008)	Konut	Hedonik	38 Kriter	Daire Fiyatları
Topçu (2008)	Konut/Arazi	Korelasyon, Regresyon	Konut-6, Arazi-26	Konut/Arazi Değeri
Ünlükara (2008)	Konut	Hedonik	Konut Özellikleri-9, Mekânsal Özellikler-3	Konut Satış Fiyatı
Abayhan (2009)	Konut	Regresyon	25 Kriterden 5'i etkili (Manzara sahipliği)	Konut Fiyatı
Erna (2009)	Konut	Anketteki konut projelerini Değerlendirme	7 Kriter	Konut Satış Fiyatı
Özkan (2009)	Taşınmaz	Regresyon	22 Kriterden 9'u etkili	Taşınmaz Satış Fiyatı
Bayram (2010)	Taşınmaz	Karşılaştırma	Ulaşım Ağları	Taşınmaz Değeri
Ekşioğlu (2010)	Konut	Hedonik	Konut-28 ve Estetik-15	Konut Fiyatı
Umut (2010)	Taşınmaz	Puanlama	Konut-12 ve Arsa-18,	Şerefiyelendirme Katsayısı
Ö. Gündoğdu (2011)	Konut	Hedonik	27 Kriter	Konut Kira Fiyatı
Küçükdoğan (2011)	Konut	Regresyon	22 Kriterden 8'i daha etkili	Konut Fiyatı
Odabaş (2011)	Konut	Vektör Otoregresyon	7 Kriter	Konut Satış Fiyatı
D. Gül (2012)	Konut	Hedonik	19 Kriter	Konut Fiyatı
Çakır (2013)	Arazi/Arsa	Varyans	34 Kriterden en önemlisi 15 Kriter	-----
Çoşar (2013)	Arazi	Hedonik	11 Kriter	Sulu Tarla Arazi Değeri
Eryılmaz (2013)	Arazi/Arsa	Regresyon	Ulaşım Altyapıları	Arazi Değeri
Kördiş (2013)	Konut	Hedonik	23 Kriter	Konut Fiyatı
U. Başer (2015)	Arazi	Korelasyon, Regresyon, Hedonik	6 Kriter	Arazi Fiyatı

Doğrudan kriter analizi yapılmış çalışmalarda taşınmaz türü olarak genellikle konut alındığı bunun yanında başlı başına arsanın değerini etkileyen kriter analizlerinin yapılmadığı gözlenmiştir. Kriter analizinde genellikle regresyon ve hedonik yöntem tercih edilmiş olup her ikisi de bağımlı ve bağımsız değişkene göre yapılan analiz türleridir. Dolayısıyla değer, kira gibi bağımlı değişkene göre analizler yapılmış olmaktadır. Bağımlı değişken kullanarak hangi kriterlerin anlamlı düzeyde daha etkili olduğunu çıkartan çalışmalar tespit edilmiştir (Arıkan, 2008; Küçükdoğan, 2011; Mirasyedi, 2006; Özkan, 2009; Yahşi, 2007; Yıldızcı, 2007). Sadece Çakır (2013) tez çalışmasında bağımlı değişken kullanmadan arsa vasıflı taşınmazlara (arazilere) ait kriter analizi yapmış ve en önemli kriterleri belirlemiştir. Kriterler irdelendiğinde şehir merkezine uzaklık, zemin yapısı, çevre estetiği, manzara sahipliği, yaya yolları, ulaşım ağları ve altyapıları gibi spesifik kriterlerin taşınmaz değerlerine etkileri analiz edildiği tespit edilmiştir. En çok kriter kullanan

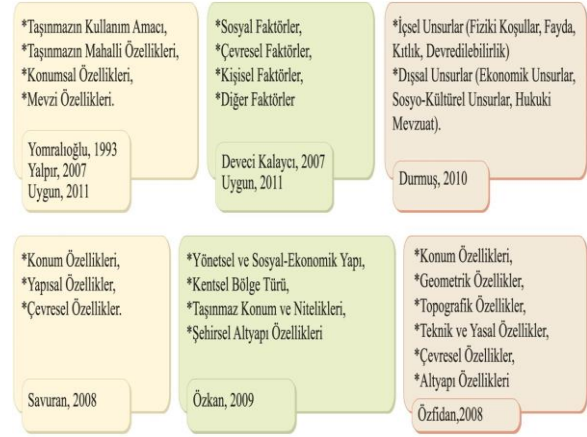
çalışmalarda sırayla 77, 48, 42 ve 38 kriter sayıları ile analiz yapılmıştır (Arıkan, 2008; Cömertler, 2007; İnci, 2008; Yahşi, 2007). Bağımlı değişken olarak genellikle taşınmaz değerinin kullanıldığı saptanmıştır. Aynı zamanda kriterlerin mevzuat açısından incelenmesi, sınırlı aynı hakların değere etkisi ve gayrimenkul yatırımlarını etkileyen faktörler teorik olarak ele alınıp analiz edilmiştir (Tablo 1).

Yapılan çalışmalarda özellikle konut fiyatını etkileyen kriterler olarak sosyal bilimciler; gayrisafi milli hâsıla, nüfus, faiz oranı, enflasyon, inşaat maliyeti, emlak vergisini alırken fen (teknik) bilimciler; alan, yaş, oda sayısı, balkon sayısı, banyo sayısı, sosyal donatılara uzaklıklar gibi kriterleri ele almaktadır. Bu durumda konutun yani taşınmazların değerlerini etkileyen doğrudan ya da dolaylı birçok kriterin olduğu anlaşılmaktadır. Akademik çalışmalar içindeki kriterler; Fen Bilimleri Enstitüsü (FBE) ve Sosyal Bilimler Enstitüsü (SBE) olmak üzere

iki farklı şekilde incelemeye alınmıştır. YÖK dışında Maliye Bakanlığı, Milli Emlak Genel Müdürlüğü tarafından hazine taşınmazlarının kıymet takdiri (Kayabaşı, 2007) ve T.C. Merkez Bankası, İstatistik Genel Müdürlüğü tarafından konut fiyatlarını etkileyen faktörler (A. Kaya, 2012) konuları ele alınarak hazırlanmış uzmanlık tezleri de bulunmaktadır.

3.1. Fen Bilimleri Enstitüsü

FBE’de yapılan tezlerde özellikle istatistiki ve modern yöntemler ile kriter analizi yapılan değerlendirme çalışmaları incelenerek arsaya ait kriterler tespit edilmiş (Tablo 2) ve kriter gruplarının ana başlıkları verilmiştir (Şekil 6). Bu tezlerin çoğunda, taşınmaz türü olarak konut ve çalışmalarda konuta ait kriterler çıkartılarak arsanın kriterleri dikkate alınmıştır.



Şekil 6. FBE’deki çalışmalarda ele alınan kriterlerin ana başlıkları

Tablo 2’deki arsaya ait kriterler incelendiğinde ağırlıklı olarak konumsal özelliklerin yer aldığı görülmektedir. Bazı kriterlerin de SBE’de yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler olduğu göze çarpmaktadır. Ancak bu kriterler sözel olarak anlatılmış olup uygulamalarda genellikle kullanılmadığı gözlenmiştir. Tablo 2’de koyu yazılan kriterler, SBE çalışmalarında sık kullanılan kriterlerdir.

Tablo 2. FBE’deki çalışmalarda ele alınan kriterler

FBE Kriterleri		
Arsanın kullanım amacı, Arsanın nevi si-fonksiyonu, Kentsel ve kırsalda olduğu	Taşınmazın konumu	Topografya
Arsa Alanı, Mevcut kullanılabilir alanı,	Cazibe noktası- Mevcut cazibe merkezlerine yakınlık Kent merkezi-Şehir merkezine olan uzaklık	Zemin durumu-Zemin yapısı-jeolojik yapısı
Arsanın eğimi,	Sağlık tesislerine yakınlık	Deprem bölgesi
Mülkiyet hakkı-Mülkiyet durumu	Okula mesafe, ilkokul, Üniversiteye mesafe	Toprak yapısı-Toprağın niteliği, Kimyasal yapısı
Takyidat durumu	Temel belediye hizmetleri-Kamu hizmetlerinin mevcut oluşu-Alt ve üstyapı hizmetleri-Kamu hizmetlerinden istifade durumu	Doğal Bitki Örtüsü, Ekolojik yapısı
İrtifak hakkı	Hapishaneye mesafe	Mevcut kaynaklar
Kullanım durumu (kira/mal sahibi) Ev Sahibi Olanların Kiracı Olarak Oturanlara Oranı	Güvenlik, karakola, polis istasyonu ve itfaiyeye mesafe	Gözde semt ya da mahallede bulunup bulunmaması,
İmar planında parselin kamusal alana ya da konut dışı kullanım alanına denk gelmesi Parselin değer kaybı ya da artışı	Postaneye mesafe	Çevrenin bakımı, Çevre kalitesi,
İmar durumu-yapılaşma şartları,	Sosyal, eğitim ve kültürel amaçlı donatıların yoğunluğu ve mesafesi	Peyzaj, Estetik
İzin verilen kat adedi, Yapı yüksek sınırlamaları	Alışveriş merkezine mesafe-Supermarket,	Bitki ve hayvan varlığı

İzin verilen inşaat alanı	Pazar yerlerine mesafe	Gürültü ve hava kirliliği
İzin verilen inşaat stili-mevcut imar planı ve bu plana uygun yapı düzeni	Spor alanlarına mesafe, Özel kulüplerin varlığı, Yüzme havuzu varlığı	Rüzgâr durumu
Taban alanı katsayısı-TAKS	Golf kurslarına uzaklık,	Faydalanılabilir imkânlar
Kat alanı katsayısı-KAKS	Hipodroma mesafe	Tercih edilen nüfus yoğunluğu Brüt Yoğunluk (Nüfus/Yerleşme Alanı) Net Yoğunluk (Nüfus/Net Konut Alanı)
Ada içi yerleşim durumu, Parsel konumu	Ormana mesafe	Demografik yapısı, Mahallede yaşayanların yaş grupları
Parsel şekli (dar, geniş, vb.)-Parseli geometrisi	Rekreasyon alanına mesafe	Yaşam koşulları
Parsel cephe uzunluğu, derinliği	Yeşil alan-Piknik alanları	Çevrede oturanların ortalama geliri
Cephe kullanımı	Çocuk bahçesi mesafe Oyun alanına mesafe	Oturanların iş durumları-istihdam-İşsizlik oranları
Cephe sayısı	Yürüyüş-yaya yollarına mesafe, geçitler	Çalışma alanları
Su kapasitesi, Su, elektrik gibi teknik altyapı	Anayola ulaşım, Merkezi yollara yakınlık, Erişilebilirlik	Maddi ve manevi güçler
Drenaj, Kanalizasyon	Cadde/Sokağa ulaşımı	Akrabalık durumları
Sokağın yüzey kaplama kalitesi, kaldırım genişliği, çöp donanımı	Tren yoluna ulaşım Tren istasyonlarına mesafe	Sosyal statü ve komşuluk ilişkileri- Sosyal tabakalaşma-Çevredekilerin sosyal sınıfları
Şeffaflık, Petrol, Terörizm	Havaalanına mesafe, Denize ulaşım	Bölgenin yaş, eğitim, meslek, gelir, araba/konut sahipliği ve ırkçılık gibi sosyo-ekonomik düzeni
Ulusal güvenlik, Getiri oranı	Metroya mesafe	Yaşanılan yerin sosyo-kültürel yapısı
Faiz oranı, Enflasyon	Kamu ulaşım duraklarına mesafe	Suç oranı, suç bölgeleri, Çevre güvenliği Yasalara karşı davranış biçimleri
Arz/Talep miktarı Rant etkisi	Manzara	Gelişme potansiyeli
İdari politik, Politik istikrar	Göl, su havzalarına mesafe	Sosyal ve ekonomik gelişmeye katkılar
Açık alan oranı, açık alan yoğunluğu, boşluk oranı	Dini tesislere mesafe, Çevresinde mezarlık varlığı	Trafik yoğunluğu, Araç yoğunluğu
<i>Mevcut satış değeri, Satış ya da kira birim fiyatları Değerleme Tarihi</i>	Otoparka mesafe	Şehirleşme oranı, Yapılanma, yapı yoğunluğu, yeni inşa edilen yapı yoğunluğu
Ticari ve endüstriyel faaliyetler ve bu türden tesislerin varlığı Sanayi tesislerine mesafe	Zararlı Alan-Şehrin zararlı bölgelerine olan mesafe-Sağlık açısından tehlikeli bölgelere yakınlık, Nahoş alanlara yakınlık	Yönetmel ve sosyal ekonomik varsayımlar
İş imkânlarına yakınlık	Çöp toplama alanlarına mesafe	Yapılan veya yapılacak olan yatırım ve hizmetler
Tarihi alanlara olan mesafe	Yüksek Gerilim ve enerji hatlarına mesafe	Fiyat değişimi, Fiyat artışı
Kentsel alan fonksiyonları	Benzin istasyonuna mesafe	Vergi

FBE çalışmalarında taşınmaz değerini etkileyen kriterler ele alınırken ve düzenlenirken farklı farklı gruplamalar yapılmıştır. Grup başlıklarında ortak kullanımlı gruplar konum ve çevresel özelliklerdir. Konum özelliklerinin kapsadığı kriterler, sosyal donatılara yakınlıklar olup bütün çalışmalarda benzerlik göstermektedir. Ancak çevresel özellik gibi bazı özelliklerin kapsamı farklıdır. Örneğin topografya (eğim) kriteri bazı çalışmalarda çevresel özellikli grubun içinde yer alırken, bazı

çalışmalarda ayrı bir grup olduğu görülmektedir (Yalpr & Ünel, 2016). Sonuç olarak, kriterlerde olduğu gibi kriter gruplamalarında da farklılıklar gözlenmiştir.

3.2. Sosyal Bilimler Enstitüsü

SBE'de yapılan tezler incelenerek arsaya ait kriterler tespit edilmiş (Tablo 3) ve kriter gruplarının ana başlıkları Şekil 7'de verilmiştir. Ana başlıkların genellikle içsel ve

dışsal ya da makro ve mikro şeklinde gruplamalar yapıldığı görülmüştür.



Şekil 7. SBE’deki çalışmalarda ele alınan kriterlerin ana başlıkları

Taşınmaz türü olarak genellikle konut ele alınmış olup nüfusun demografik bilgileri, istihdamı, işsizlik oranları, gelir dağılımı, satın alma gücü ve kişi başına düşen milli gelir, faiz

oranları, enflasyon gibi kriterler taşınmaz değerini etkileyen kriterler şeklinde sıralanmıştır. Nüfusun konut ve arsa ihtiyacı; sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan belirlenerek arz-talep ve taşınmaz değerlerinin artış/azalış oranları tespit edilmeye (Yalpir & Ünel, 2016) çalışılmıştır. Kriterlerin çoğu sözel anlatılmış olup bazılarında uygulama mevcuttur. Taşınmaz fiyatına etki eden kriterlerin tespiti ya da fiyatının belirlenmesi amacıyla istatistiki uygulamalarda FBE’deki konumsal kriterler de kullanılarak hedonik ve regresyon analizlerinin uygulandığı saptanmıştır. Tablo 3’de koyu yazılan kriterler, FBE çalışmalarında sık kullanılan kriterlerdir.

Tablo 3. SBE’deki çalışmalarda ele alınan kriterler

SBE Kriterleri		
Kişi başına düşen milli gelir (Gayri Safi Milli Hâsıla - GSMH) (Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla - GSYİH)	Arsa üretimi- Uygun olan boş ve yapılandırılmış arazi stokları Doluluk oranı	Politika yapıcılar Hükümet politikaları Ulusal ve yerel maliye politikaları
Kredi faiz oranı-Mortgage Faiz oranı- Mortgage kredi hacimleri-Kredi koşulları- konut kredileri, Piyasadaki fiyat düzeyleri- Azalan ve çoğalan piyasa getirileri	Bitmiş ve bitmekte olan gayrimenkul stoku Yeni yapımına başlanan ve plan aşamasında olan projeler- İnşaat halinde olan ve planlanmış yeni gelişmeler	Yasal olarak getirilen muafiyet, istisnalar ve kısıtlamalar- Özel hukuk kısıtlamaları (önalım, geri alım, alım, irtifak hakları, ipotek, vb.) –Hukuki çevre-Hukuki kısıtlamalar
Uzun vadeli kredi imkânı ve maliyeti	İnşaat maliyetleri	Borçlanma tutarını ve vadesini etkileyen yasalar, borç veren kuruluşlara sağlanan imkânlar
Ekonomik büyüme-Ekonomik istikrar Toplumun ekonomik durumu Bölge ve yörenin ekonomik tabanı	Konut talepleri, Konut satış hacmi oranı	Demografik faktörler (yaş, cinsiyet, medeni durum, eğitim düzeyi)
Enflasyon	Konut fiyatlarındaki yıllık artış	Nüfus ve nüfus artışı/azalışı
Hisse senetleri	Konut yatırımları-Alternatif yatırım imkânları	Göç ve kentleşme hızı
Fiyat seviyesi-Ücret seviyesi-Fiyat istikrarı	Ev sahibi tarafından kullanılan konut oranı	Aile genişliği-Aile yapısında meydana gelen değişiklikler
Finansman Olanakları-Finansal güçler- Tedarik kaynakları	Konut alacak olan bireyin yaşı	İşgücü, İstihdam, İşsizlik
Fayda	Vergiler- vergi ve Sübvansiyon gibi mali destekler	Gelir dağılımı
Kıtlık- Nadir bulunma	Uyumluluk (içsel ve dışsal)	Beklenti ve değişim
Devredilebilirlik (Pazarlanabilirlik)	Gayrimenkulün içindeki uyum	Sosyal talep
Arz-talep (Rekabet unsuru)	Çevresi ile uyum	Hanehalkının tüketim kararları Hanehalkının satın alabilme gücü (Harcanabilir gelir)
Arzu (arzu edilen daha değerlidir) Müşteriler-Rakipler	İyi gayrimenkulün yanındaki kalitesi düşük gayrimenkulün değerini yükseltmesi veya tersi	Ücret düzeyleri ve satın alma gücü üzerine direkt veya dolaylı etkileri olan diğer faktörler
İkame	Çevredeki yapılaşmanın kalitesi ve düzenliliği	Kamuoyu grupları (bankalar, devlet daireleri)
Denge	Teknoloji	Yörenin genel görünümü
Kullanışlılık	Kişilerin sosyal içgüdülerinden, sosyokültürel yapılarından, ideal ve özlemlerinden kaynaklanan diğer faktörler	Doğal afetlere karşı korunma olanakları
Mevcut gayrimenkullerin fiyat ve kira durumu	Doğal/Ekolojik çevre	İklim

Arsanın imar durumu	İşgal durumu	Güvenlik tedbirleri
Parselin büyüklüğü ve şekli	Hastane	Sağlık kurumlarına uzaklık
Köşede olup olmadığı Önünün açık olup olmadığı	Toplu taşıma araçlarına uzaklık- Kamusal ulaşım olanakları	Eczane
Fiziki koşullar (konum, şekil, cephe, altyapı, topografya, vb.), Arazinin topografyası	AVM- Alışveriş merkezine uzaklığı- Semt pazarı ve alışveriş merkezlerine uzaklık, Pazara uzaklık, Market	Eğitim kurumlarına uzaklık
Jeolojik durum-Zemin etüdünün yapılp yapılmadığı	Denizi görüp görmediği Denize sıfır olup olmadığı	Kreş
Toprağın verimliliği	Şehir merkezine uzaklığı	İş merkezine uzaklık
Teknik altyapı tesislerinin varlığı	Kültür merkezlerine uzaklık	Kamusal hizmetlerden yararlanma imkânları
Parselasyon	Ormanlık alanın içinde olup olmadığı	Ticaret alanlarına yakınlık
Tevhit/Birleştirme	Manzara	Sanayi merkezlerine uzaklık

SBE çalışmalarında en çok kullanılan kriterler; fayda, kıtlık ve devredilebilirliktir. Bu kriterler, içsel unsurlar başlıklı grubun altında yer almıştır. Yasalara ilişkin kriter ise dışsal unsur veya makro çevre faktörleri başlıklı gruplarda değerlendirilmiştir. Dolayısıyla ekonomik ve sosyal kriterler, akademik çalışmalarda daha çok ele alındığı gözlenmiştir.

İncelemeler sonucunda taşınmaz değerini etkileyen kriterler ve kriterlerin analizleri gerektiği kadar üzerinde durulmadığı bu sebeple kriter dağılımının bir yandan eksik kaldığı diğer yandan önem durumuna göre ağırlıklarının değerlendirilemediği tespit edilmiştir.

Fen ve Sosyal bilimlerde ele alınan kriterlerde, ortak kullanılan kriterlerin mevcut olduğu fakat kullanımlarında ya da çalışma konusuna yaklaşımlarında farklılıkların olduğu görülmektedir. Taşınmazların toplu bir şekilde değerlendirilmesi için kriterlerdeki karmaşıklık ve farklılıkların giderilmesi elzemdir. Her iki bilim dalında da kullanılan kriterlerin gerekliliği tartışılmaz bir konudur. Ancak bütün kriterlerin bir arada kullanılarak değerlemeye katılması bir takım sıkıntılar doğuracaktır. Değerlemenin çok disiplinli bir konu olmasından dolayı uzmanların aynı platformda buluşup ortak bir akıl birliği için görev dağılımının yapılması gerekmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Türkiye’deki akademik çalışmalarda taşınmazların değerini etkileyen kriterlerin farklı ele alındığı gözlenmiştir. Lisansüstü tezlerinin yanı sıra mevzuat, değerlendirme

standartları, raporlar ve projelerde de standart kriterlerden bahsetmek pek mümkün değildir (Unel, Yalpir, & Gulnar, 2017; Ünel, 2017).

Ülke ekonomileri için büyük öneme sahip olan taşınmaz değerlendirme, ülkemizde tam anlamıyla çözüm üretilmeyen konulardandır. Değerlemede en önemli problemlerden ilki değere etki eden kriterlerin net olmaması, ikincisi klasik değerlendirme yöntemlerinin yetersiz kalması nedeniyle yöntem arayışının devam etmesidir. Yazılım teknolojilerinin gelişmesiyle kriterlerin kendi başına ve aralarındaki ilişkilere göre ağırlıklı etkilerinin hesaplanabilmesi gibi olanaklar yeni yöntem arayışlarını devam ettirmektedir. Değerlemede arz-talep ilişkisi ile piyasa koşullarının oluşmasından dolayı sübjektif yaklaşımların değeri etkilemesine yol açmaktadır. Oysa değerlendirme kullanılan kriterlerin objektif kriterler olması daha adaletli ve doğru değerlendirme yapılmasını sağlayacaktır.

Mortgage Sistemine 2007 yılında geçilmesiyle birlikte Sermaye Piyasası Kurulunun “Gayrimenkul Değerleme Uzmanlığı” lisansını vermek amacıyla sınavlarının yapılması ve değerlendirme raporlarının yasalara uygun bir şekilde Gayrimenkul Değerleme Şirketlerince hazırlanması gibi değişimlerle taşınmaz değerlendirme konusuna verilen önem artmıştır. Ancak; değer haritası üretmek amacıyla taşınmaz değerlendirme sistemi ihtiyacı gibi ciddi bir konu ele alındığında bu uzmanlık dalı için tüm lisans mezunlarının değerlendirme uzmanlığı lisansı alabilmesi ve mahalli ölçekteki uygulamalarda her meslek sahibinin alım-satım bürosu açabilmesi gibi eksikliklerin giderilmesi için çalışmalar sürmektedir.

Üniversitelerin fen bilimleri enstitülerinde taşınmaz değerlendirme ile ilgili anabilim dalları tezsiz yüksek lisanslarla başladığı, lisans düzeyinde yeni bölümlerin açılmasıyla devam ettiği gözlenmektedir. Türkiye'nin değerlendirme uzman açığını kapatma çalışmaları her yıl artarak sürmektedir. Dünya Bankası destekli TKGM'nin projesi de konunun ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır. Son olarak, vatandaşları bilinçlendirerek taşınmaz değerlerinin gerçek alım-satım değerlerini beyan etmeleri konusunda Maliye Bakanlığı tarafından hazırlanan afişler TKGM'de yerini almıştır. Bu çalışmaların sonucunda TKGM tarafından Taşınmaz Değerleme Sistemi kurulması hedeflenmiş ve çalışmalara hız verilmiştir.

Taşınmaz değerlendirme, hem taşınmazın ekonomik hareketinin artması hem de bu hareketin her geçen gün daha fazla disipline edilmesiyle önemi daha da artmıştır. Değerlemenin ayrıntılı, kapsamlı ve faydalı yapılabilmesi; yatırım ve finans sektörünün yanında devletin de ilgili strateji, yatırım planlarının daha dikkatli uygulamasını ve vergilendirme, kamulaştırma, özelleştirme, devletleştirme gibi konularda sağlıklı sonuçlara ulaşmasını sağlamaktadır. Taşınmaz değerlemede alım-satım istatistikleri tutma, kar-zarar tespiti, fırsat ve risk analizleri ve değer tahminindeki hata oranlarının tespitine kadar ayrıntılara inilebilmektedir. Bu gibi işlemler; Türkiye Veri İşleme Merkezi, Gayrimenkul Kıymetler Borsası ve Endeksa gibi kamu ve özel kuruluşların hedefleri arasındadır.

Lisansüstü tez çalışmalarından beklenen, mevcutların üzerine yeni çalışmaların eklenmesi ve elde edilen bulgular çerçevesinde Türkiye ekonomisi ve taşınmaz değerlendirme gerektiren uygulamaların bir an önce hayata geçirilmesidir. Taşınmaz değerlemenin çok disiplinli çalışma gerektirdiği, yapılan araştırmada kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ilgili meslek disiplinleri ile her bir taşınmaz türüne göre değeri etkileyen kriterler ortaya konulmalı ve bu kriterlerin değere olan etki dereceleri farklı yöntemler ile hesaplanabilmelidir. YÖK'de yapılan çalışmalar bu anlamda büyük önem taşımaktadır.

Yapılan bu çalışma; yeni yapılması planlanan tez çalışmalarında probleme nasıl çözümler

üretilmesi gerektiği konusunda bir yaklaşım sunarak uygulamalarda öncülük edebilecektir.

BİLGİ

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi BAP koordinatörlüğü tarafından 15101008 numaralı proje; Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 115Y769 numaralı proje ile desteklenmiş ve F. B. Ünel'in doktora tezi için yapılan araştırmadan faydalanılmıştır.

KAYNAKÇA

- Abayhan, A. D. (2009). *Manzara sahipliğinin konut fiyatına etkisi: İzmir ili Buca ilçesi Yedigöller rekreasyon alanı çevresine ilişkin ampirik çalışma*. Dokuz Eylül Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Açlar, A., & Çağdaş, V. (2008). *Taşınmaz (Gayrimenkul) Değerlemesi* (2. ed.). Ankara: TMMOB, HKMO.
- Adıbelli, S. (2006). *Türkiye'de ikinci kadastro tasarımı*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Akalın, S. (2005). *Konut kira değerlerini etkileyen faktörler: Beşiktaş ilçesi örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Akış, B. (2013). *İstatistiksel yöntemlerle değer belirleme ve değer haritası üretimi Selçuklu örneği*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Akkaynak, B. (2014). *Gayrimenkul değerlendirme ve gayrimenkul değerlendirme üzerine bir uygulama*. Mersin Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Aktaş, A. R. (2000). *Tokat ili Niksar ovası tarla arazilerinde kapitalizasyon faiz oranının saptanması üzerine bir araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Albayatı, N. (2015). *Effective of real estate offices database structure analysis/Emlak büroları veritabanı yapısı analizinin etkililiği*. Çankaya Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Aliefendioğlu, Y. (2011). *Türkiye'de koruma alanlarındaki taşınmazların kullanımı ve koruma statülerinin taşınmaz piyasaları ve değerlerine etkileri: Muğla ili örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Ankara.
- Alkan, B. U. (2015). *Hidroelektrik santrallerinin değerlendirme üzerine model önerisi*. Gebze

- Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Alkay, E. (2002). *Hedonik fiyat yöntemi ile kentsel yeşil alanların ekonomik değerlerinin ölçülmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Altıntaş, M. H. (1995). *Emlak pazarlaması ve Bursa Bölgesi'nde bir uygulama*. Uludağ Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Amca, F. (2016). *Gayrimenkul değerlemesi ve Denizli merkez'de bir uygulama*. Pamukkale Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Anayasa, (1982). 2709 Sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası.
- Arıkan, F. E. (2008). *Ev kiralarını etkileyen faktörlerin hedonik fiyat yöntemi ile belirlenmesi*. Marmara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Armut, S. (2016). *Kentsel donatı alanları için arazi edinimi değer ilişkisi ve çevre taşınmaz değerleri: Merzifon meydan projesi örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Arslan, A. (2016). *Kentsel alanlarda taşınmaz değerlemesi* Balıkesir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- Arslanlı, K. (2012). *Mekansal ağırlıklandırılmış otoregresif konut fiyat indeksi modeli*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Arslanlı, K. Y. (2004). *Kentsel alanda planlama faaliyetlerinin taşınmaz mal değerine etkisinin araştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Aslan, A. (2012). *Hazine arazilerindeki işgallerin belirlenmesinde ve satışa esas hazine arazilerinin kıymetlendirilmesinde bilgi teknolojilerinin kullanımı*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Aslan, E. K. (2004). *İcra ve İflas Hukukunda taşınmaz malların açık artırma yolu ile paraya çevrilmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Aslan, İ. (2002). *Tokat ili Artova ilçesi tarla arazilerinde kapitalizasyon faiz oranının tespiti üzerine bir araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Aslanpınar, Y. B. (2011). *Gayrimenkullerin ivazsız intikallerinin vergilendirilmesi analizi*. Gazi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Atılğan, Y. (2010). *Hazine taşınmaz mallarının değerlendirilmesi ve Türkiye ekonomisine etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Avcı, İ. (2010). *Tokat ili Pazar ilçesi tarla arazilerinde kapitalizasyon oranı tespiti üzerine bir araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Aydemir, S. (2013). *Kayden şayi mahallen müstakil kullanım durumunda olan alanlarda ıslah imar planı uygulamaları ve sonuçları: Ataşehir örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Aydın, E. (2002). *Türk vergi sisteminde iktisadi işletmelere dahil kıymetleri değerlendirme*. Marmara Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Aydın, H. (2007). *Zile Ovası tarla arazilerinde kapitalizasyon oranının tesbiti üzerine bir araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Ayvaz, Ö. (2002). *Emlak fiyatlarının hedonik model ile araştırılması -İzmir örneği-*. Dokuz Eylül Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Bahar, M. E. (2007). *Taşınmaz değerlemesinde CBS'nin kullanım olanakları*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Balcı, E. (2010). *Kamulaştırma maliyetinin İstanbul ulaşım yatırımlarına etkilerinin incelenmesi*. Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Baran, H. (2007). *Ailelerin konut satın alma tutum ve davranışları üzerinde bir araştırma*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Baş, M. (2009). *İstanbul Zincirlikuyu-Levent Gayrimenkul Pazar Analizi Büyükdere Cd. üzerinde karma kullanımlı proje önerisinin fonksiyonel ve finansal açıdan değerlendirilmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Başer, U. (2015). *Samsun ili Ladik ilçesinde arazi fiyatını etkileyen faktörlerin belirlenmesi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Başer, V. (2002). *Tarım arazisi iken imar parseline dönüştürülmüş arazilerde değer artış sürecinin irdelenmesi: Trabzon-Kaşüstü örneği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Baştürk, A. (2011). *Samsun ili Lâdik ilçesi tarla arazilerinde kapitalizasyon oranının saptanması üzerine bir araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Baştürk, F. (2009). *Planlama ile taşınmaz değerine getirilen rant, Riva örneği*. İstanbul

- Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bayram, O. (2010). *İstanbul Büyükşehir Belediyesi ulaştırma yatırımlarının gayrimenkul değerleri üzerine etkileri*. Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bekar, E. (2013). *Hedonik konut fiyatlarının mekansal kantil regresyon modeli ile analizi*. Marmara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Berberoğlu, A. (2004). *Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi kararları ışığında kamulaştırma kavramı ve Türkiye uygulaması*. Gazi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Berse, Ö. E. (2008). *Tarihi yarımada içerisinde yer alan çeşitli kamu taşınmazlarının turizme tahsisi ile elde edilecek değerlerin tespiti*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Birinci, A. (1997). *Erzurum ve Erzincan illerinde tarla arazilerinin kıymetlerinin takdirinde kullanılan kapitilasyon faizine etki eden faktörlerin tespiti üzerine bir araştırma*. Atatürk Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Erzurum.
- Bostancı, B. (2008). *Taşınmaz geliştirmede değer kestirim analizleri ve İstanbul konut alanı örneğinde bir uygulama*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Boyacıgil, O. (2003). *Hedonic pricing yönteminin İskenderun kenti örneğinde uygulanması*. Çukurova Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Boza, E. (2015). *Investigation of housing valuation models based on spatial and non-spatial techniques/Mekansal ve mekansal olmayan tekniklere dayalı konut değerlendirme modellerinin incelenmesi*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Ankara.
- Börekeçi, A. (2014). *Gayrimenkul değerlemesinde coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanma olanakları Adana ili Çukurova ilçesi Güzelyalı mahallesi örneği*. Çukurova Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Bulur, A. (2006). *İcra ve iflas hukukunda ihalenin feshi nedenleri*. Başkent Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Bulut, B. N. (2011). *YSA ve DVM yöntemleri ile taşınmazdeğerlemesi için bir yaklaşım geliştirme*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Bulut, Z. (2011). *Real estate appraisal and their application in Ankara/Gayrimenkul değerlendirme yöntemleri ve Ankara'da uygulanması*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Bülbul, F. (2005). *Kentsel değer dönüşümünde yenilikçi yaklaşımlar kapsamında katılımcı esnek değerlendirici (KED) modelin uygulanabilirliği, Sütluce örneği*. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Candaş, E. (2012). *Taşınmaz değerlemesi için mevzuat altyapısının modellenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Cingöz, A. R. A. A. (2011). *Hedonik talep teorisi çerçevesinde bir fiyatlandırma örneği*. (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi, SBE, İstanbul.
- Cömertler, S. (2007). *The impact of pedestrianization on residential property rental values / Yayalaştırmanın konut kira fiyatlarına etkisi*. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, FBE, Doktora Tezi, İzmir.
- Çağatay, U. (2008). *AB sürecinde Türkiye'de bilgi yönetimi ve konumsal bilgi sistemleri ile taşınmaz piyasalarının analizine ilişkin bir model tasarımı*. Dokuz Eylül Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, İzmir.
- Çağdaş, V. (2001). *Taşınmaz Likiditesi ve değerlendirme*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çağdaş, V. (2007). *Türkiye İçin Bir Emlak Vergisi Sistemi Tasarım Modeli Önerisi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Çakır, P. (2013). *Arsa vasıflı taşınmazların değerine etki eden faktörlerin ve bu faktörlerin önem sıralarının belirlenmesi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Çelik, T. Ö. (2013). *Kentsel ölçekteki gayrimenkul yatırımlarının mekansal gelişme üzerindeki etkisi: Başakşehir örneği*. Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çelikkol, U. (2015). *Alışveriş merkezleri değerlendirme süreci ve yöntemleri, Marmara Forum AVM değerlendirme çalışması örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çete, M. (2008). *Türkiye için bir Arazi İdare Sistemi yaklaşımı*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Trabzon.
- Çevik, Z. (2012). *Kamu taşınmaz mallarının değerlendirme yöntemleri*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Çoşar, G. Ö. (2013). *Menemen ilçesinde sulu tarla arazilerinin değerlerini etkileyen faktörlerin saptanması üzerine bir araştırma*. Ege Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

- Dalkıran, M. (2015). *Gayrimenkul değerlendirme ve İzmir ili Balçova ilçesi örneği*. Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Gediz.
- Daşkıran, F. (2016). *Kentsel dönüşüm sürecinde deprem riski altında gayrimenkul değerlendirme: Denizli örneği*. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, Muğla.
- Değirmenciler, E. (2008). *Kentsel gelişim sürecinde Türkiye'de gayrimenkul değerlendirme sorunları ve çözüm önerileri*. Kocaeli Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Demirbaş, M. (2014). *İstanbul içme suyu havzalarında uygulanan kamulaştırma çalışmalarının idare ekonomisi açısından incelenmesi*. Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Demircan, V. (1991). *Adana ili - Seyhan ve Yüreğir ilçeleri kamulaştırma bölgesindeki tarla arazilerinin kıymet takdirinde uygulanabilir kapitalizasyon faiz oranının tespiti üzerine bir araştırma*. Çukurova Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Demircioğlu, E. (2004). *Kentsel alanda yeni planlanan taşınmazların kentsel dönüşümde bir araç olarak kullanılabilirliği: Akmerkez ve Tepe-Nutilus Alışveriş Merkezi örnekleri*. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik/FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Derinpınar, M. A. (2014). *Bulanık mantık ile coğrafi bilgi teknolojilerini kullanarak taşınmaz değerlendirme: Sarıyer-İstanbul örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Dinç, A. (2012). *Özelleştirme kapsam ve programındaki taşınmazlara ilişkin planlama faaliyetinin taşınmazın değeri üzerindeki etkilerinin incelenmesi*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Döner, S. (2010). *CBS destekli taşınmaz mal değer haritalarının oluşturulması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Duran, M. (2013). *Two essays on real estate economics and finance/Emlak ekonomisi ve finansmanı üzerine iki çalışma*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Durmuş, H. (2010). *Arsa düzenlemesine üç boyutlu değer esaslı bir yaklaşım*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Eğdemir, F. G. (2001). *İstanbul'da konut fiyatlarının mekansal analizi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Ekşioğlu, G. (2010). *Çevre estetiğinin konut fiyatları üzerindeki etkisinin hedonik fiyat yöntemi ile modellenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Engindeniz, S. (1998). *Küçük Menderes Havzasında alüvyial topraklarındaki tarım arazilerinin vergilendirme açısından kıymetlerinin takdiri üzerine bir araştırma*. Ege Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İzmir.
- Er, O. (2015). *Kamulaştırma sonrası taşınmazların değerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Erdem, N. (2016). *Türkiye için bir taşınmaz değerlendirme sistemi yaklaşımı*. Erciyes Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Kayseri.
- Erdoğan, A. (2011). *Mekânsal karar destek sistemi uygulaması olarak web tabanlı emlak değer haritası tasarımı ve geliştirilmesi*. Fırat Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- Erdoğan, S. (2012). *Gayrimenkul değerlendirme*. Ege Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Ereeş, E. (2010). *İzmir'in Menderes ilçesindeki seraların değerlendirme üzerine bir araştırma*. Ege Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Eren, E. (1998). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinde raster tekniği ile taşınmaz değer haritalarının üretilmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Ergin, M. (2013). *Gayrimenkul türlerine göre değerlendirme raporlarının analizi*. Marmara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Erna, L. (2009). *İstanbul kentsel gelişim alanlarında üst-orta ve üst gelir grubu konut fiyatlarına etki eden faktörler*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ertaş, M. (1992). *Kentsel alanlarda taşınmaz mal değerlendirme ve Karatay ilçe belediyesi için bir uygulama*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Ertaş, M. (2000). *Kentsel alanlarda taşınmaz mal değerlendirme*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Eryılmaz, Y. (2013). *Ulaşım altyapılarının arazi değer artışına etkileri -Tem Otoyolu İstanbul Anadolu kesimi örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.

- Filiz, S. (2010). *Otel işletmelerinde marka değerlemesi, Antalya örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Foan, C. (2003). *Gayrimenkul geliştirmede finansman para yönetimi karlılık analizi ve Türkiye değerlendirmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gemici, Ş. A. (2008). *Gayrimenkul değerlemesi, maliyet yaklaşımına dayalı bina değer tahmin yöntemi ve İstanbul ili için bir uygulama*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Göçer, K. (1998). *İstanbul'da konut değerini etkileyen faktörler. Anadolu Yakası örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gödur, E. (2016). *Development of an ontology for realty valuation reports/Gayrimenkul değerlendirme raporları için bir ontoloji oluşturulması*. Dokuz Eylül Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Gölbaşı, İ. (2006). *Planlama faaliyetlerinin taşınmaz mal değerleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gönülal, F. (2009). *Gayrimenkul değerlendirme sürecinde "en etkin ve verimli kullanım" amaçlı pazar analizinin Ispartakule örneğinde incelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gül, D. (2012). *Konut fiyatlarına etki eden faktörlerin hedonik modelle belirlenmesi: Mersin ili örneği*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Gül, M. (1998). *Sümer Holding örneğinde özelleştirme için gayrimenkul değerlemeleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gülbay, Y. (2006). *Ankara Çukurambar Mahallesi'nde kentsel rantın Coğrafi Bilgi Sistemleri (C.B.S.) kullanılarak belirlenmesi*. Gazi Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Gündoğan, S. (2011). *Türkiye'de kamu taşınmazlarının turizm yatırımlarına tahsis işlemleri ve sorunlarının analizi*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Gündoğdu, E. (2007). *Mortgage kredilerinin konut fiyatlarına etkisinin bazı Avrupa ülkeleri ve Türkiye için araştırılması*. Çukurova Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Gündoğdu, Ö. (2011). *Sosyo- ekonomik ve mekansal değişkenlerin hanehalkı kira harcamaları üzerine etkilerinin hedonik fiyat fonksiyonu ile tahmin edilmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Günel, O. K. (1997). *Lex Cornmissoria Yasağı*. Ankara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Hacıköylü, C. (2009). *Emlak vergisinde değerlendirme sorunu ve değer tespitine ilişkin öneriler*. Anadolu Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, Eskişehir.
- Hasanova, S. N. (2015). *Gayrimenkul değerlendirme yöntemleri ve gayrimenkul yatırım ortaklıklarında performans analizi*. Sakarya Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Hasekioğlu, G. (1996). *Determinants of housing prices in Turkey/Türkiye'de konut fiyatlarının belirleyicileri*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Hayta, M. A. (2007). *Kamulaştırma davaları*. Ankara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Hurma, H. (2000). *Tekirdağ ilinde bulunan tarımsal arazilerde karşılaşılan değer biçme sorunları üzerine bir araştırma*. Trakya Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Hurma, H. (2007). *Çevre kalitesinin tarımsal arazi değeri üzerine etkilerinin analizi: Trakya örneği*. Namık Kemal Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- İlyasoğlu, T. (2016). *Tarihi kent merkezlerinde kentsel dönüşüm uygulamalarının bölgeye ve taşınmaz değerine etkileri: İstanbul, Beyoğlu, Tarlabası örneği*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- İnal, M. (1988). *Türkiye'de baraj alanlarının kamulaştırılması Bitlis Ayşehatun barajı örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- İnci, M. (2008). *Emlak piyasasında talebe etki eden faktörler: Muğla için hedonik fiyatlandırma modeli uygulaması*. Muğla Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- İncir, S. (2015). *Tokat ili çevreli beldesi tarla arazilerinde kapitalizasyon faiz oranının saptanması üzerine bir araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- İspir, G. (2006). *İmar uygulamalarında değer farklılıkları ve dağıtım ilişkileri*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

- Kaba, E. (2003). *Emlak bilgi sistemi ve Zonguldak-Kozlu kentsel gelişim alanı için uygulanması*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- Kahraman, E. (1997). *Kentsel işlevler ve arazi değerleri ilişkilerinin saptanması. Örneklem alanı Şişli*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kalaycı, E. D. (2007). *Kentsel alanlarda taşınmaz mal değerlemesi ve Afyonkarahisar örneği*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Kalender, M. (2013). *Vergi yükünün gayrimenkul yatırımlarına etkisi ve Türkiye uygulaması*. Marmara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kaplan, H. S. (2015). *Şanlıurfa ili sulu tarım arazilerinde değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması: Harran Ovası örneği*. Harran Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- Karabaş, F. (2010). *Kentsel dönüşüm uygulamalarında gayrimenkul değerlendirme yaklaşımının Bayrampaşa kentsel dönüşüm projesi kapsamında irdelenmesi*. Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karaca, H. (2008). *Taşınmaz mal değerlemesi yöntemleri ve karşılaştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karagöl, Ö. (2009). *Kamulaştırma davalarında bedel tespiti esasları*. İstanbul Kültür Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karagöl, T. (2007). *A study of housing prices in Ankara/Ankara'da konut fiyatları çalışması*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Karakayacı, Z. (2011). *Tarım arazilerinin değerlemesinde CBS'nin kullanılması: Konya ili Çumra ilçesi örneği*. Selçuk Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, Konya.
- Karakayacı, Z. Ü. (2005). *Konya ili Ereğli ilçesi tarım arazilerine değer taktirinde uygulanan gelir yöntemi ve pazar değeri yöntemi arasındaki farkın incelenmesi*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Karakuş, H. H. (2011). *Kentsel alanlarda gayrimenkul değerlendirme ve Balıkesir örneği*. Balıkesir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- Karatekin, B., Aydın, B., Tunakan, B., Özdem, G., & Işık, Ş. (2010). *Vakıf Üniversitesi öğrencilerinin gözünde Türkiye Yükseköğretim Sistemi içinde Vakıf Üniversitelerinin yeri ve etkileri*. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Sosyoloji Bölümü.
- Karayünlü, S. (2004). *İmar uygulamalarında taşınmaz değerlendirme, Avcılar örneği*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karimov, A. (2010). *Office rent variation in CBD: an application of Mamdani and TSK-type fuzzy rule based system* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kavas, S. (2014). *Konut fiyatlarının çok kriterli bir karar destek modeli ile tahmin edilmesi* İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kaya, A. (2012). *Türkiye'de konut fiyatlarını etkileyen faktörlerin Hedonik Fiyat Modeli ile belirlenmesi*. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, Uzmanlık Yeterlilik Tezi, Ankara.
- Kaya, F. (2011). *Gayrimenkul değerlemeleri ve değerlemelerin vergi üzerindeki etkisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kayabaşı, S. (2007). *Genel olarak taşınmaz değerlendirme işlemleri ve hazine taşınmazları kıymet takdirlerinde uygulanan değerlendirme işlemleri ile karşılaştırılması*. T.C. Maliye Bakanlığı, Milli Emlak Genel Müdürlüğü, Denizli Defterdarlığı, Milli Emlak Uzmanlığı Tezi, Denizli.
- Kaynar, İ. (2014). *Kentsel alanlarda gayrimenkul değerlendirme için bölgesel kapitalizasyon oranının belirlenmesi: Amasya/Merzifon örneği*. Gümüşhane Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.
- Kepçeli, M. (1990). *Atatürk Barajı göl alanında kalan taşınmazların kıymet takdiri uygulamalarının değerlendirilmesi*. Çukurova Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Keskin, B. (2003). *Türkiye'de şehirlerarası konut yapısını farklılaştıran unsurların incelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Keskin, G. (1994). *Eskişehir ili tarla arazilerinde ortalama kapitalizasyon faiz oranının bulunması*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Keskin, G. (2000). *Türkiye'de tarım arazilerinin kamulaştırılmasında değer biçme: Akyar ve Kurtboğazı Barajları örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Ankara.
- Keskin, Z. (2007). *İstanbul'da arazi değerlerinin mekansal dağılımının nüfus, istihdam ve ulaşım açısından analizi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Keykubat, A. (2006). *Taşınmaz değerlendirme uzmanlığı ve taşınmaz değerlendirme*

- kriterlerinin mevzuatımız açısından incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kılıç, S. (2006). *Evaluation of the real estates of municipalities a case of Istanbul Metropolitan Municipality/Belediye gayrimenkullerinin değerlendirilmesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi örneği*. Beykent Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kırar, B. (2008). *Taşınmazlarda emlak vergisine esas değer, tapu değeri ve piyasa değeri arasındaki farklılıkların incelenmesi; Beşiktaş örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kocalar, A. C. (2009). *Koruma amaçlı imar planı uygulanan taşınmazlarda mülkiyet ve imar haklarının aktarımı*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Kördiş, G. (2013). *Antalya'da konut fiyatlarını etkileyen faktörler: Hedonik Yaklaşım*. Akdeniz Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Köse, H. (2001). *Sigortacılık işlemlerinde taşınmaz değerlemesinin kullanılması*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kurt, E. (2015). *Baraj kamulaştırmalarında yaşanan sorunlar: Kayseri Gümüşören Barajı örneği*. Aksaray Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray.
- Kuyumcu, A. (2010). *The development of shopping centers in Turkey: The case of Denizli/Türkiye'de alışveriş merkezlerinin gelişimi: Denizli örneği*. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Küçükdoğan, D. (2011). *Externalities in house prices: Evidence from the Turkish real estate market/Konut fiyatlarını etkileyen dış faktörler: Türkiye gayrimenkul piyasası örneği*. İstanbul Bilgi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kül, B. (2009). *İstanbul Beylikdüzü bölgesinde taşınmaz değerlemesine yönelik kira bedeli belirlenmesi ve analizi*. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- VII-128.7 Sermaye Piyasasında Faaliyette Bulunanlar için Lisanslama ve Sicil Tutmaya İlişkin Esaslar Hakkında Tebliğ (2014).
- Lüküslü, D. (2006). *Hazine arazilerinin edinimi, kullanımı, kullanımındaki değer tespit işlemleri, sorunlar ve çözüm önerileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Meydan, S. G. (2011). *Kentsel toprakta değer artış süreci kentleşme ve kentsel rant ilişkisi: Kayseri örneği*. Erciyes Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Mirasyedi, A. (2006). *Konut fiyatını etkileyen faktörlerin incelenmesi: Üsküdar örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Mülayim, B. O. (2005). *Tarım alanlarında kamulaştırma ve kamulaştırmaz el atma davalarında bilirkişilik*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Narin, H. (2010). *Planlama sürecinde geliştirilen gayrimenkul yatırımlarının rant etkisinin incelenmesi, Kurtköy örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Nikes, Ş. (2005). *Kentsel alanlardaki değer değişmelerinin taşınmazlara yansıtılabilmesi için bir yöntem önergesi*. Gazi Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Nişancı, R. (2005). *CBS ile nominal değerlendirme yöntemine dayalı piksel tabanlı kentsel taşınmaz değer haritalarının üretilmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Trabzon.
- Nuhoğlu, B. A. (2007). *Gayrimenkul değerlendirme*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Nurel, S. (2015). *Changing economies of scale in housing production as related to supply and demand factors/Arz ve talep faktörleri altında konut üretiminde değişen ölçek ekonomileri*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Ankara.
- Odabaş, D. (2011). *Türkiye'de makroekonomik faktörlerin konut fiyatına etkisi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, Afyon Kocatepe.
- Oğuz, A. M. (2011). *Süreç yönetimi ve bir gayrimenkul değerlendirme tekniği uygulaması: Vakıflar Genel Müdürlüğü örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Onurlu, Ö. (2006). *Uluslar arası değerlendirme standartlarının Türkiye'de uygulanması sürecinde gelir kapitalizasyonu yaklaşımının irdelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Öktensoy, Z. V. (1995). *İstanbul'da konut ekonomik değerlerinin mekansal dağılımı örneklem alanı: Kadıköy yöresi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ÖSYM, (2018). Yükseköğretim Programları ve Kontenjanları Kılavuzu. Retrieved 12 Ağustos 2018, from

- <https://www.osym.gov.tr/TR,15240/2018-yuksekgoretim-programlari-ve-kontenjanlari-kilavuzu.html>
- Özbay, Ö. (2010). *Gayrimenkul değerlendirme projelerine AHP yöntemiyle bir yaklaşım*. Marmara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özçelik, A. (2003). *Hedonik piyasalar teorisi ve bir uygulama: Erzurum'da konut kiralalarının oluşumu ve konut hizmetleri talebi*. Atatürk Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Özçelik, A. D. (2010). *En etkin ve en verimli kullanım analizinin Ataşehir örneğinde uygulanması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özçelik, N. (2004). *Appraisal of real estate&appraisal practice in Turkey/Gayrimenkul değerlemesi ve Türkiye'de gayrimenkul değerlendirme uygulaması*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özel, S. (2013). *Anayasal mülkiyet hakkı açısından kamulaştırma*. Ankara Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, Ankara.
- Özer, M. (2010). *Taşınmaz değerlemesinde kullanılan finansal ve sayısal yöntemler: TOPSİS ve yeni çoklu kriter modelleriyle bir uygulama*. Dokuz Eylül Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Özfidan, F. (2008). *Taşınmaz değerlendirme bilgi sistemi tasarım ve uygulaması: Yenişehir örneği*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- Özkan, H. S. (2009). *Taşınmaz satış fiyatına etki eden faktörlerin istatistiksel yöntemlerle araştırılması*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özpak, T. (2006). *Taşınmaz değerlendirme ve sınırlı aynı hakların taşınmaz değerine etkisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Öztürk, M. (1985). *Emlak değerlendirme*. Gazi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Özus, E. (2005). *Dönüşüm yaşanan tarihi alanlarda konut fiyatlarını etkileyen faktörlerin analizi Beyoğlu örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Özüdoğru, H. (1998). *Meyve bahçelerinde değer biçme; Ankara İli Çubuk İlçesi bir vişne bahçesi örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Pehlivan, C. (2008). *Kamulaştırmada bedel tespiti*. İstanbul Kültür Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Peiser, R. B., & Frej, A. B. (2003). *Professional Real Estate Development* (Second ed.). Washington: The Urban Land Institute (ULI).
- Sacın, Y. (2009). *Balıkesir İvrindi örneğinde taşınmaz geliştirmede CBS kullanımı*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Sam, N. (2004). *Kent toprakları ve konut yerleşimlerinin ekonomik değer (karşılık) analizi Bursa Nilüfer ilçesinde konut rayiç değerleri üzerine ekonometrik bir uygulama*. Uludağ Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, Bursa.
- Saner, E. (2008). *Türkiye'de konut piyasasının belirleyicileri: Ampirik bir uygulama*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- Saraç, E. (2012). *Yapay sınırlar yöntemi ile gayrimenkul değerlendirme*. İstanbul Kültür Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sarıboyacıyan, K. A. (2009). *Finansal yatırım analizi yöntemi ile gayrimenkul projelerinde küresel kriz risklerinin azaltılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sarıkaya, Ö. (2002). *İstanbul'da üst gelir grubu konut alanlarının çağdaş planlama yaklaşımları çerçevesinde değerlendirilmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Savuran, O. İ. (2008). *Gayrimenkul fiyat endeksleri ve İstanbul Etiler bölgesinde konutlar için hedonik fiyat endeksi uygulaması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sezer, A. K. (2010). *Taşınmaz fiyat değerlendirme ve model belirleme*. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Sezgin, V. (2010). *Gayrimenkul değerlendirme yöntemleri ve Hazine'ye ait taşınmazların değerlemesinde alternatif yöntemler*. Gazi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Sivrikaya, H. (2014). *Gayrimenkul değerlendirme, Türk vergi mevzuatı ve Türkiye muhasebe standartları açısından incelenmesi*. Marmara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Soyer, K. (1988). *Korunacak taşınmaz değerler için uygulamaya yönelik sistematik bir sapsma-belgeleme ve değerlendirme*. Gazi Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Sökmen, B. Ş. (1992). *Tarla arazilerinde kapitalizasyon faiz oranının saptanması üzerine bir araştırma*. Ankara

- Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Söyler, İ. (2004). *Devlet mallarının yönetimi ve kamu finansmanı açısından değerlendirilmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, SBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Şahbaz, Ö. (2002). *Marmara depreminden etkilenen yerleşimlerde imar haklarının transfer edilebilmesi için GIS'in bir araç olarak kullanımı*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Şahin, B. (2001). *Alışveriş merkezi yatırımlarının Türkiye koşullarında irdelenmesi ve Antalya örneği*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Şahin, D. (2010). *Gayrimenkul değerlendirme yöntemleri, değerlemede eğitim süreci ve Türkiye uygulamaları*. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Şener, E. G. (2009). *Kamulaştırmada satın alma usulü*. Kocaeli Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Tarin, E. (2013). *Yerel yönetimlerde emlak vergisi matrahının tespiti, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri*. İstanbul Aydın Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Taş, İ. S. (2013). *Fast, accurate and approximate valuation of real estate property/Gayrimenkullerin hızlı, doğru ve yaklaşık olarak değerlendirilmesi*. Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tatoğlu, H. E. (2008). *Gayrimenkul değerlemesi ve Eryaman/Ankara Bölgesinde bir uygulama*. Gazi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- TDUB. (2019). TDUB Üye Yapısı. Retrieved 20.01.2019, from <http://tdub.org.tr/Web/MyContents.aspx?MyContentID=129&LangID=1&UID=f2ebf269-66ac-4f64-909d-5f7a44a3b25c>
- Temel, A. T. (2009). *Gayrimenkul yatırım aracı olarak otel yatırımları: Sütlüce bölgesinde "Hilton Garden InnHaliç" örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tepe, S. (2009). *Kamulaştırma ve mülkiyet ilişkisinin irdelenmesi üzerine bir araştırma*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- TGBM, (2018). *Değerleme Sektörü Analizi* (pp. 81). Ankara: TDUB, Gayrimenkul Bilgi Merkezi A.Ş.
- Timur, B. A. (2012). *A study on values, problems and potentials of the traditional dwellings in Karabağlar-Muğla/Muğla Karabağlar yaylası geleneksel konut mimarisi değer, sorun ve potansiyelinin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Timur, S. (2009). *Coğrafi Bilgi Sistemleri destekli taşınmaz değer haritalarının oluşturulması: İstanbul İli, Şişli İlçesi örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tınaz, O. F. (2009). *Otel değerlendirme*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Toktaş, M. (2012). *Hazine arazileri için CBS destekli değer haritasının üretilmesi: Afyonkarahisar örneği*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Topçu, M. (2008). *Konut değerleri değişiminin kentsel etmenlerle ölçülmesine yönelik bir yöntem denemesi: İstanbul örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- Torun, M. K. (2009). *Taşınmaz değer haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile üretilmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tuna, M. F. (2013). *Pazarlama kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin konut fiyatlarının belirlenmesinde kullanımı: Ankara ilinde bir uygulama*. Cumhuriyet Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- Tunçer, H. N. (2014). *Ulaşımın arazi kullanımı ve taşınmaz değerine etkilerinin analizi: Bursa ili Osmangazi ilçesi çevre yolu çevresi örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Türeoğlu, Z. E. (2008). *Konut finansmanı sisteminde gayrimenkul değerlendirme*. Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Uçar, C. (2009). *Kentsel dönüşümün uygulama bölgesi dinamiklerine ve taşınmaz değerine etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- UDES, (2006). *Sermaye Piyasasında Uluslararası Değerleme Standartları Hakkında Tebliğ*.
- Umut, F. B. (2010). *Gayrimenkul değerlemede şerefiye kriterlerinin belirlenmesi ve şerefiyelendirme uygulamaları*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Unel, F. B., Yalpir, S., & Gulnar, B. (2017). *Preference Changes Depending on Age Groups of Criteria Affecting the Real Estate Value*. International Journal of

- Engineering and Geosciences (IJEG), 2(2), 41-51.
- Ural, S. (1997). *Emlak vergi sisteminde Arsa Değerlendirmesi'nin irdelenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Ustaoğlu, E. (2003). *Hedonic price analysis of office rents: A case study of the office market in Ankara/İşyeri kiralarının hedonik fiyat analizi: Ankara'da işyeri pazarı üzerine bir değerlendirme*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Utkucu, T. (2007). *Hazine taşınmaz mallarının değerlendirilmesi ve Türkiye ekonomisine etkileri*. Gazi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Uygun, U. (2011). *İmar uygulamasında değer esaslı kriterlerine göre dağıtım probleminin yapay zeka yöntemiyle çözümü*. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Uzer, E. (2009). *Türkiye için taşınmaz değerlendirme kurumu oluşturulmasına yönelik bir model önerisi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Uzer, Z. Y. (2010). *Kamulaştırma uygulamalarında hazine arazilerinden yararlanma ve SİT alanlarına ilişkin uygulamaların incelenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Ünel, F. B. (2017). *Taşınmaz Değerleme Kriterlerine Yönelik Coğrafi Veri Modelinin Geliştirilmesi*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Konya.
- Ünlü, S. (2010). *Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımı ile taşınmaz değer haritalarının oluşturulması ve Eskişehir örneği*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Ünlükara, T. (2008). *Lüks konutlarda satış fiyatını etkileyen faktörlerin incelenmesi: İstanbul örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ünsal, B. (2011). *Enerji etkin tasarımın gayrimenkul değerlendirme açısından incelenmesi*. Ege Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Üreten, A. (2007). *Gayrimenkul değerlendirme yöntemleri ve gayrimenkul yatırım ortaklıklarında değer tespiti*. Gazi Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Üstün, K. (2009). *Orman vasfını yitirmiş arazilerin değerlendirilmesi: Ankara ili Kızılcahamam ilçesi örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Valıker, K. (2005). *İstanbul'da zemin yapısının konut fiyatlarına olan etkisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yahşi, E. (2007). *Konut değerlendirilmesi ve konut değerini etkileyen faktörlerin regresyon analizi ile incelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yalçın, S. (2006). *Gayrimenkul değerlendirilmesinde değerlendirme uzmanlığı üzerine bir inceleme*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yalpir, Ş. (2000). *Kentsel alanlarda taşınmaz değerlerinin belirlenmesi ve Konya örneği*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Yalpir, Ş. (2007). *Bulanık mantık metodolojisi ile taşınmaz değerlendirme modelinin geliştirilmesi ve uygulaması: Konya örneği*. Selçuk Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, Konya.
- Yalpir, Ş., & Ünel, F. B. (2016). Türkiye 'de ve Uluslararası çalışmalarda arsa değerlemede kullanılan kriterlerin irdelenmesi ve Faktör Analizi ile azaltımı. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(025502), 303-322.
- Yankaya, U. (2004). *Modeling the impacts of İzmir subway on the values of residential property using hedonic price model/İzmir metrosunun konut fiyatları üzerindeki etkisinin modellenmesi: Hedonik fiyat modeli kullanarak*. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Yazıcı, N. (2011). *Çoruh nehri üzerinde yapılan deriner barajı kamulaştırma çalışmalarının incelenmesi: Zeytinlik köyü örneği*. Artvin Çoruh Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Yentür, G. K. (2011). *Bulanık hedonik regresyon*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yıldırım, H. (2012). *TOKİ'nin sosyal konut ve lüks konut projelerinin değerlendirilmesi: Ankara örneği*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yıldırım, H. H. (2012). *Gayrimenkul yatırımlarında getiri-risk hesabı ve Türkiye'de bir uygulama*. Marmara Üniversitesi, SBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yıldırım, S. (2015). *Türkiye'de emlak vergi sistemine küme değerlendirme ile yaklaşım*. Aksaray Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray.
- Yıldız, Ü. (2014). *Gayrimenkul bilimlerinde kitlesel değerlendirme uygulamaları ve Türkiye için model önerisi*. Ankara Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Yıldızcı, A. H. (2007). *Gayrimenkül yatırımlarını etkileyen faktörler ve Atyrau şehri değerlendirmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yılmaz, A. (2010). *Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri ile taşınmaz değerlendirme ve oran çalışması*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yılmaz, A. (2016). *İmar uygulaması değerlendirme çatkısının oluşturulması ve değer esaslı uygulama modelinin ülkemize uyarlanması*. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi, İstanbul.
- YÖK, (1981). 2547 Sayılı Yükseköğretim Kanunu.
- YÖK, (2017). www.yok.gov.tr;
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp>;
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/yasaliUyari.jsp>

TAŞINMAZ DEĞERLEMEDE YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ceyda ULVİ^{1*}, Gülgün ÖZKAN²

¹ Harita Mühendisi

(ceydakaragz66@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-2756-5103

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

(gozkan@selcuk.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0815-2899

Özet

Taşınmaz değerlendirme, taşınmazların sahip olduğu özelliklerin ekonomik gelişmeler karşısında analiz edilerek, piyasa koşullarındaki değişim değerinin bulunması işlemidir. Taşınmaz değerlerinin belirlenmesi ve belirlenen değerlerin taşınmazlarla ilgili işlemlere konu olması gelişmişlik göstergelerinden biridir. Şuan için ülkemizde taşınmaz değerinin belirlenmesinde kesin modellerden söz etmek mümkün değildir. Değer belirlenmesinde, kullanılan yöntemlerde ideal yöneme ulaşmak için halen çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmada taşınmaz değerlerinin tespiti için model araştırması yapılmıştır. Elde edilen veriler yardımı ile Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık yöntemi ile modeller oluşturulmuş, oluşturulan modeller yardımı ile bulunan değerler karşılaştırılmıştır. Yapay Sinir Ağları ile hesaplamada Ortalama Yaklaşıklık : % 88.13, Bulanık Mantıkta ile hesaplamada Ortalama Yaklaşıklık : % 84.39 bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Değer Haritası, Taşınmaz Değerlendirme, Yapay Sinir Ağları

USABILITY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES AT REAL ESTATE VALUATION AND COMPARISON OF THE METHODS

Abstract

Real Estate Valuation is the process to identify exchange value of an immovable property in market conditions by analyzing the features it has in the face of economic developments. That the value of immovable property is identified and that the values determined are mentioned in the processes related to immovable properties are of developedness indicators. At the moment, it is impossible to mention about the explicit models in assessment of the value of immovable property. About the methods used in assessment of the value, for reaching the ideal one, the studies are still continuing. In this study, a new model was researched for identification of the values of immovable property. By means of the data collected, the models were formed with the method of artificial neural network and fuzzy logic, and the values found via the model formed were compared to each other. Neural network with calculation Average Approximation: 88.13% Average Approximation in calculations with the Fuzzy Logic: 84.39% was found.

Keywords: Artificial Neural Networks, Fuzzy Logic, Real Estate Valuation, Value Map

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Taşınmazın değerinin belirlenmesi günümüzün en popüler çalışma alanlarının başında gelmektedir. Taşınmaz değerlendirme, bir taşınmazın kısmen veya tamamen nitelik ve nicelikler bakımından ifade edilmesi olarak tanımlanabilir. Taşınmaz değerine etki eden kriterler çok fazladır. Ayrıca yöresel olarak da değişkenlik göstermektedir. Taşınmaz değerinin belirlenmesinde seçilecek yöntem ülke ekonomik piyasalarına ve değerlemede kullanılacak niteliklere bağlı olarak değişkenlik gösteren ve ampirik olarak türetilen ekonometri modelidir (Özkan ve Yalçın,2005).

Ülkemizde taşınmaz değerlendirme konusunda yasal boşlukların olması ve bu konunun belli bir sisteme oturtulamaması değerlemeyi daha da zorlaştırmaktadır. Kamulaştırma, emlak vergisi, alım-satım değerinin tespiti, bankalarda ipotek veya kredilendirme, arsa ve arazi düzenlemesi, arazi toplulaştırması ve özelleştirme gibi farklı uygulamalar için değer tespiti gerekmektedir. Uygulamalarda belirlenen taşınmaz değerleri, piyasa koşullarında oluşan değerlerle uyumsuzlukta, hatta farklı uygulamalar adına değeri belirlenen aynı taşınmaz için farklı değerlerle karşılaşılmaktadır (Arıcı vd. 2002).

Günümüzde değer tespiti için yeni yaklaşım arayışları devam eden çalışma alanları içinde önemli yer almaktadır. Bilgisayar teknolojilerinin, mesleki uygulamalardan başlayıp alışverişe kadar uzanan geniş bir yelpazede kullanımına her gün yeni bir halka ilave olmaktadır. Bu geniş yelpazede bilgisayar teknolojilerinin son çalışma ürünü yapay zekâ teknikleri, sonuca gitmekte bir araç olarak kullanılmaktadır. Yapay zekâ teknikleri insan düşüncesini taklit etmeye yönelik oluşturulan yöntemler grubudur. Bu yöntemlerin her birinin çalışma şeklinin farklı olmasına rağmen her birindeki amaç mantık kavramını bilgisayara tanıtılmaktır (Yalçın, 2007).

Taşınmaz değerlendirme, taşınmazların sahip olduğu özellikleri dikkate alınarak değer biçme işlemidir. Taşınmazların

değerlemede kesin modellerden söz etme olası değildir.

Geçmişten günümüze değerlerin tespiti için arayışlar devam etmektedir.

Taşınmaz değer tespiti ülke ekonomisi içinde büyük öneme sahiptir. Değerlerin doğru tespit edilmesi vergi, kamulaştırma, mortgage ve benzer uygulamalara konu olması değer tespiti için uygun model oluşturma çabalarını zorunlu kılmaktadır.

2.TAŞINMAZ DEĞERLEMESİ

Taşınmazın değerinin doğru olarak bulunabilmesi için; bütün temel bilgi ve belgelerin elde edilmesi ve bütün bunları doğru yorumlayabilecek ve değerlendirebilecek bilgi düzeyine sahip olunması gereklidir (Erbil E.H, 2014).

Bir taşınmazın değerini belirlemek amacıyla, objektif ve tarafsız bir şekilde, bir söz konusu taşınmaza ilişkin nitelik, fayda, çevre, kullanım koşulları gibi faktörlerin değerlendirilmesi işlemlerinin bütününe taşınmaz değerlendirme adı verilir. Taşınmaz değerlendirilmesinde, taşınmazın konumu, değeri belirleyen en önemli ölçüt ve kararlardan birisidir (Büyükkaracıoğlu ve ark.,2017).

2.1. Taşınmaz Değerlemenin Amacı ve Önemi

Değerleme işleminde asıl amaç, normal alım-satım bedeli denen “rayiç bedel” tespitidir. Vergilendirme bir devlet politikası olduğundan bu amaçla yapılacak değerlemeler sübjektif etkilere maruz kalır (Ertaş, 2000). Vergi amaçlı değerlemeler belli bir devlet politikasına göre yapılır. Çünkü bazı yerlerde mülk edinmeyi özendirip bazı yerlerde ise spekülasyonu önlemek ister. Yani taşınmazın kullanımının toplumsal çıkarlara uygun olmasını ister. Bunun için vergi amaçlı değerlemeler farklıdır. Bununla birlikte, yerel yönetimler fiyatları düşük belirleyerek seçime yatırım yapmak, ya da fiyatlar yüksek gösterildiği takdirde vergi toplayamama tehlikesi düşünceleriyle vergilendirme amaçlı değerlemelerin güvenilirliğinin sorgulanmasına neden olur (Karayünlü, 2004 ve Ertaş, 2000).

Taşınmazların değerlendirilmesi ve bu değerlerin vergiye yansıtılması gelişmiş toplumların önemli ekonomik kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Nitekim dünyadaki sermaye kaynağının da %56'lık büyük bir bölümü taşınmazlara dayalıdır (Bender vd., 1997)

Taşınmaz değerlendirilmesi gelişmiş toplumların önemli ekonomik kaynaklarından bir tanesidir. Ülkemizde, taşınmaz değerlendirme işlemleri, herhangi bir standardizasyona bağlı olmadığından, değişik yaklaşımlar sonucunda ortaya büyük farklılık gösteren bedeller çıkmakta ve bunların da ekonomik ve sosyal dengeler üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır (Yomralıoğlu, 1997).

2.2. Taşınmaz Değerleme Yöntemleri

Klasik yöntemlerin uygulanmasındaki sıkıntıların varlığı ve teknolojinin gelişmesinden dolayı alternatif yöntem arayışına girilmiştir. Bundan dolayı araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalara göre farklı alternatif değerlendirme yöntemleri ortaya koymuşlardır.

Yalpr (2007), tarafından yapılan çalışmada taşınmaz değerlendirme yöntemleri şu şekilde verilmiştir:

1. Geleneksel Değerleme Yöntemleri

-Karşılaştırma Yöntemi

-Gelir Yöntemi

-Maliyet Yöntemi

2. İstatistiksel Yöntemler

-Nominal Yöntem

-Çoklu regresyon

-Hedonik

3. Modern Değerleme Yöntemleri

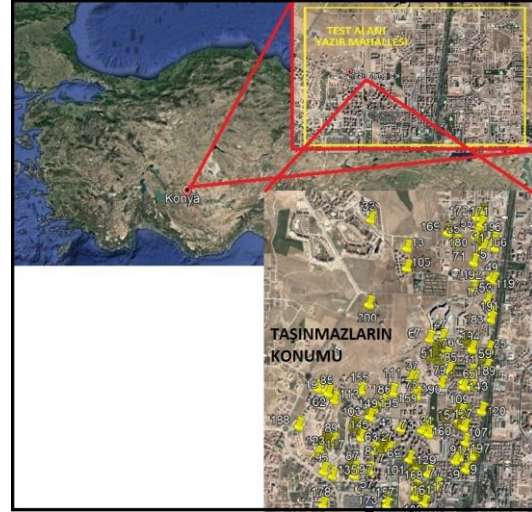
-Yapay Sinir Ağları

-Bulanık Mantık

-Konumsal Analiz

3. UYGULAMA

Konya ili Selçuklu ilçesi Yazır Mahallesi test alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Yazır mahallesinin nüfusu toplam 59.146 tır. Bu nüfusun 28.065'si erkek, 31.081'si kadındır.



Şekil 1. Test alanı olarak belirlenen alanın sınırları ve taşınmazların konumu

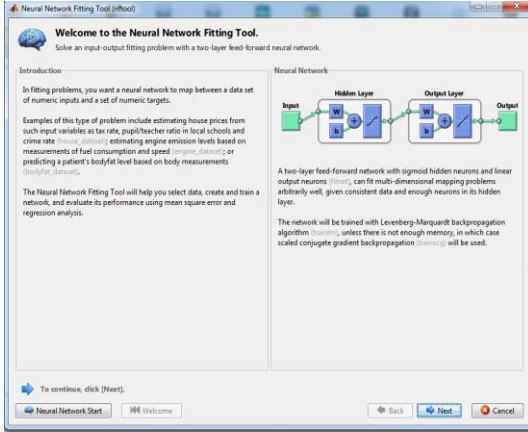
3.1. Kullanılan Veri Seti

Veri setinde yer alan taşınmazlar Konya ili Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesi'nde yer almakta olup toplam 200 adet taşınmaz ve özelliklerine aittir. Verilerin değer analizinde kullanılan parametreler; bina yaşı, kat sayısı, bulunduğu kat, cephesi, oda sayısı, daire alanı, ısınma türü ve sosyal tesise olan uzaklığıdır. Mevcut veriler sayısallaştırılıp analiz için uygun hale getirilmiştir. Çalışmada MATLAB R2013a yazılımı kullanılmıştır.

3.2. Yapay Sinir Ağları ile Model Oluşturma

Yapay Sinir Ağları ile oluşturulacak sistemde 8 giriş değişkeni (input) ve 1 çıktı değişkeni seçilmiştir. Giriş değişkeni olarak bina yaşı, kat sayısı, bulunduğu kat, cephesi, oda sayısı, daire alanı, ısınma türü ve sosyal tesise olan uzaklığı tanımlanmıştır. Çıktı değişkeni(output) ise fiyat olarak tanımlanmıştır (Şekil2).

Şekil 2. Giriş ve çıkış değişkenleri Neural Network Fitting menüsü ile inputs datası 200x8 matrix, targets datası ise 200x1 olacak şekilde matrix tanımlanmıştır (Şekil3).



Şekil 3. Neural Network Fitting

Ağın eğitilmesi için değerler Training parametresi %70, Validation parametresi %20, Testing parametresi %10 seçilmiştir. Bu değerlerin tercih edilmesinin sebebi değişik bilimsel çalışmalarda tercih oranları olarak kullanılmaları ve bu uygulamamızdan elde edilen sonuçların piyasa değerleri ile daha anlamlı örtüşmeleridir. Katmandaki nöron sayısının tespitinde deneme-yanılma yöntemi kullanılmıştır. Bunun için izlenecek yol, başlangıçtaki nöron sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın altına inmeden azaltmaktır. Çalışmada nöron sayısı 15 kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağlarıyla hesaplanan değerler ile taşınmaz değerlerinin yaklaşıklık tablosu (ilk 10 tanesi) Tablo 1'de örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Yapay Sinir Ağlarıyla hesaplanan değerler ile taşınmaz değerlerinin yaklaşıklık tablosu

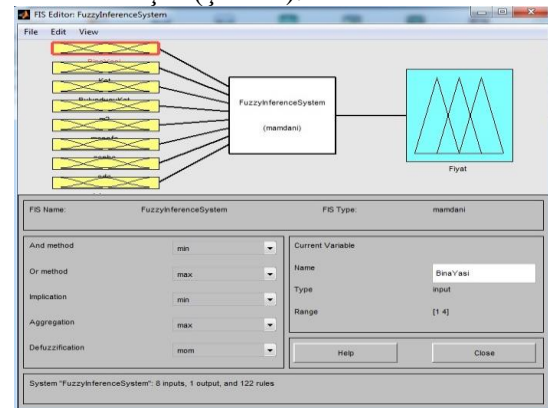
NO	TAŞINMAZ DEĞERİ	YSA DEĞERİ	YAKLAŞIKLIK %
1	145000	198037	63.42
2	247000	272964	89.49
3	322000	318018	98.76
4	199000	229841	84.50
5	107500	105189	97.85
6	275000	289762	94.63
7	475000	381974	80.42
8	300000	284488	94.83
9	420000	367458	87.49
10	280000	361999	70.71

3.3. Bulanık Mantık ile Model Oluşturma

Bulanık Mantık modeli ile taşınmaz değer tespiti yapmak için MATLAB R2013a programından yararlanılmıştır. Bulanık Mantık modeli için Fuzzy Logic Design toolbox'ı kullanılarak model oluşturulmuştur.

Fuzzy Inference System (FIS) yapısı; FIS editörü, Üyelik Fonksiyonu editörü, Kural editörü, Kural izleyici ve yüzey izleyici olmak üzere 4 ana bileşenden oluşmaktadır.

Mamdani yapısı ile oluşturulan sistemde 8 giriş değişkeni ve 1 çıktı değişkeni yer almaktadır. Giriş değişkeni olarak bina yaşı, kat sayısı, bulunduğu kat, cephesi, oda sayısı, daire alanı, ısınma türü ve sosyal tesise olan uzaklığı tanımlanmıştır. Çıktı değişkeni ise fiyat olarak tanımlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. FIS editörü

Bulanık Mantıkla hesaplanan değerler ile taşınmaz değerlerinin yaklaşıklık tablosu (İlk 10 tanesi) Tablo2’de örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 2. Bulanık Mantıkla hesaplanan değerler ile taşınmaz değerlerinin yaklaşıklık tablosu

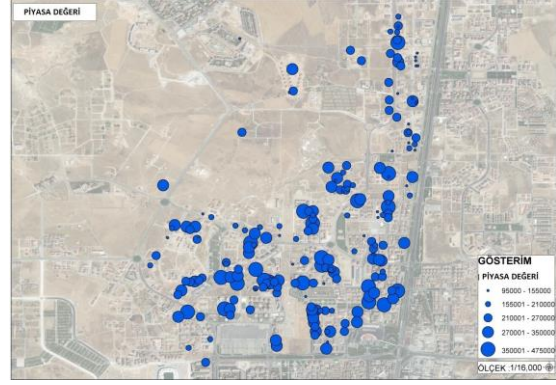
NO	TAŞINMAZ DEĞERİ	BM DEĞERİ	YAKLAŞIKLIK %
1	145000	190000	68.97
2	247000	190000	76.92
3	322000	381900	81.40
4	199000	190000	95.48
5	107500	115900	92.19
6	275000	285000	96.36
7	475000	380000	80.00
8	300000	285000	95.00
9	420000	380000	90.48
10	280000	285000	98.21

3.4. Sonuçların Görsel Sunumu

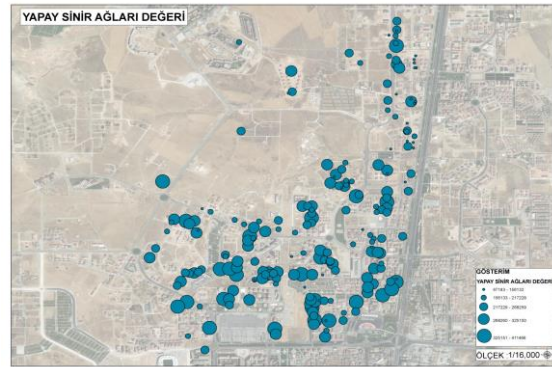
Bu çalışmada çalışma bölgesine ait daha önceden belirlenen değerlemesi yapılacak binaların konumunu gösteren kmz uzantılı dosya Google Earth haritası ile oluşturulmuştur. Bu dosya ARCGIS yazılımı ile açılıp yazılıma tanıtılmıştır.

Binaların piyasa değerleri, Yapay Sinir Ağları değerleri ve Bulanık Mantık değerlerinin bulunduğu excell dosyası da programa import edilerek binaların konum bilgileri ve değerleri eşleştirilmiştir. ARCGIS yetenekleri kullanılarak taşınmaz değer haritası üretilmiştir. Bu haritalar Şekil 5-6-7 de görülmektedir.

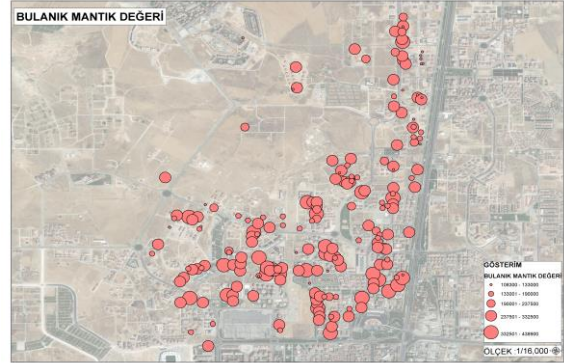
Şekiller gözlemlendiğinde değer aralıklarına göre üretilen tematik haritalardan, taşınmazların değerlerine ulaşılmaktadır.



Şekil 5. Taşınmazların piyasa değerinin değer haritası



Şekil 6. Taşınmazların Yapay Sinir Ağları yöntemine göre elde edilen değer haritası



Şekil 7. Taşınmazların Bulanık Mantık yöntemine göre elde edilen değer haritası

3.5. Tartışma

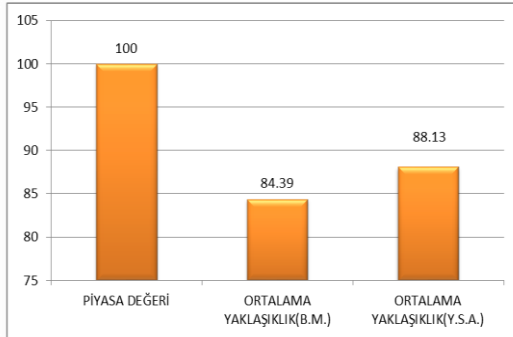
Çalışmada taşınmaz değerlerinin tespiti için yeni model araştırması yapılmıştır. Belirlenen bölgede 200 taşınmaza ait özellikler ve değerlerine ulaşılmıştır.

Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık yöntemine de oluşturulan modeller yardımı ile bulunan değerler karşılaştırılmıştır.

Yapay Sinir Ağlarından piyasa değerleriyle örtüşen değerleri bulabilmek için yazılımda farklı değerler kullanılmış ve denemeler yapılmıştır. Ağın eğitilerek denenen değerler sonucunda ideal değerlere en yakın olan yeni çıktı değişkeni output2 oluşturulmuştur. Bulanık Mantık metodolojisinde sayısal verilerin niteliksel özelliklere göre sınıflandırılması ile üyelik sayısı belirlenmiş olup Mamdani yöntemi ile üyelik aralığı oluşturulmuştur. Kural editöründen sistemin çalışması için kurallar listesi oluşturulmuştur. Oluşturulan kurallar ile üyelik test edilmiştir. Sonuçları gösteren çıktı oluşturulmuştur.

Bu değerlerin sonucuna göre Yapay Sinir Ağları ile hesaplamada Ortalama Yaklaşıklık : % **88.13**, Bulanık Mantıkta ile hesaplamada Ortalama Yaklaşıklık : % **84.39** bulunmuştur(Grafik 1).

Grafik 1. YSA ve BM nin ortalama yaklaşıklık grafiği



Yalpr Ş.(2007), benzer çalışmasında, Bulanık Mantık metodolojisinde, Mamdani sistemine göre bulanık yapı oluşturularak yapılaşmamış ve yapılaşmış bölgelerde değişik kriterler ile alternatif senaryolar üretilmiştir. Üretilen senaryolar içerisinde en uygun yapı (model) seçilmiştir. Bu seçilen yapı, Sugeno sisteminde veri setleri kullanılarak oluşturulan yapı ile karşılaştırılmıştır. Her iki bölgede ve her iki yapıya göre elde edilen test sonuçları ile ortalama olarak yapılaşmamış alanda %83, yapılaşmış alanda ise %87 yaklaşma oranları elde edilmiştir.

Yalpr'ın çalışmasından elde ettiği değerler ile çalışmamız sonucu elde edilen değerler paralellik göstermektedir.

4. SONUÇ

Taşınmaz değerlemesi yapılırken taşınmazın değerinin bulunabilmesi için çok fazla sayıda parametreye ihtiyaç vardır. Parametreler bölgeden bölgeye değişkenlik göstermektedir. Genel olarak kullanılan parametreler daire alanı, sosyal tesisler, mevki, deniz manzarası, oda sayısı, asansör, açık ve kapalı otopark, ısınma ve güneş alma durumu, yapım yılı, bina özelliğidir.

Çoklu verilerin değerlemesi günümüz değerlemede kullanılan klasik değerlendirme yöntemleri ile olası görülmemektedir. Bu çalışmada çoklu verilerin bir arada değerlemesine uygun olan Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık yöntemi kullanılarak ulaşılan değerler yöntemlerin uygulanabilirliğini doğrulamaktadır.

Kullanılan yöntemlerden Yapay Sinir Ağları daha çabuk daha az işlem adımları sahip iken, Bulanık Mantık işlem adımları anlamında uzman kullanıcılara ihtiyaç duymaktadır.

Yapılan çalışma Yapay Sinir Ağları ile hesaplanan piyasa değerlerine daha çok yaklaşması nedeni ile daha uygun yöntem olarak görülmektedir.

Gerçek değerler ile elde edilen değerler arasındaki korelasyonu ifade eden R^2 ler Bulanık Mantıkta 0.6857, Yapay Sinir Ağlarında ise 0.7889 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda Yapay Sinir Ağlarında elde edilen korelasyonu ifade eden R^2 1 değerine daha çok yaklaştığı için taşınmaz değerleri ile piyasa değerlerinin birbiri ile daha ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Ceyda ULVİ'nin Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Arıcı Ş., Özkan G., Erdi A., (2002),“Kentsel Alanlarda Taşınmaz Değerlerinin Belirlenmesi ve Konya Örneği”, *Selçuk Üniversitesi Jeo. ve Foto. Müh. Öğretiminde 30. Sempozyumu*, Konya, Sayfa: 127-139.
- Bender, A., Din, A., Favarger, P., Hoesli, M. ve Laakso, J., 1997. An Analysis Of Perceptions Concerning The Environmental Quality of Housing In Geneva, *Urban Studies*, 34, 3, 503- 513
- Büyükkaracığan N.,Altınışik İ., Uzun H.,2017,” Türkiye’ de Gayrimenkul Değerleme Çalışmalarında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi* Sayı: 14, 2017, ss. 77-91.
- Erbil E.H., 2014, Taşınmaz mal Değerleme Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı,5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, 14-17 Ekim 2014, İstanbul
- Ertaş M., 2000, “Kentsel Alanlarda Taşınmaz Mal Değerlemesi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Doktora Tezi*, İstanbul.
- Karayünlü S., K., 2004, “İmar Uygulamalarında Taşınmaz Değerlemesi, Avcılar Örneği”, *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2004.
- Özkan G., Yalçır Ş.,(2005), “Taşınmaz Ekonomik Bakış ve Değerlendirmesi” *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası,10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*,28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara
- Yalçır Ş. ,2007, “Bulanık Mantık Metodolojisi ile Taşınmaz Değerleme Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Konya Örneği” ,Doktora Tezi, T.C Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Yomralıoğlu T.,1997,”Taşınmazların Değerlendirilmesi ve Kat Mülkiyeti Mevzuatı ”, *JEFOD-Kentsel Alan Düzenlemelerinde İmar Planı Uygulama Teknikleri*, Trabzon Sayfa: 153-169.

İnsansız Hava Araçlarının Kıyı Çizgisinin Belirlenmesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Nedim Onur AYGUT^{1*}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
(oaykut@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-5052-6217

Öz

Kıyı izleme, doğal kaynakların yönetimi, çevresel planlama ile ilgili konularda hayati bir rol oynamaktadır. Kıyı alanlarında kıyı erozyonu, sediman taşınımı ve kıyı morfolojisinin değişimi sadece doğal etkenlerden değil aynı zamanda insan kaynaklı da olabilmektedir. Gelişen teknoloji ile insansız hava araçları lokal alanlarda hızlı, güvenilir veri toplama araçları olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sunulan çalışmada Terkos Bölgesi "Sürdürülebilir Kıyı Bölgesi İzleme Modeli İçin İnsansız Hava Araçları Entegrasyonu-Üç Boyutlu Otomatik Kıyı Ekstraksiyonu ve Analizi" başlıklı "TÜBİTAK Projesi (Proje No: 115Y718)" kapsamında üretilen ortofoto görüntü kullanılmıştır. GNSS ölçüleri ve elle sayısallaştırma sonuçları karşılaştırılarak insansız hava araçlarının, uluslararası standartlar çerçevesinde kıyı çizgilerinin belirlenmesindeki kullanım olanakları araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız hava aracı, kıyı çizgisi, fotogrametri, ortofoto, GNSS

The Research for Usability of Unmanned Aerial Vehicles in Coastal Line Determination

Monitoring the coastal line is playing a vital role for management of natural resources and environmental planning. Coastal erosion, sediment transport and coastal morpho dynamics changes can be occurred in coastal areas because of not only natural factors but also human-induced effects. Unmanned aerial vehicles have been used as fast, reliable data collection vehicles in local areas by developing technology. The orthophotos, which were produced in the scope of a TUBITAK Project (Project No: 115Y718) titled "Integration of Unmanned Aerial Vehicles for Sustainable Coastal Zone Monitoring Model – Three-Dimensional Automatic Coastline Extraction and Analysis: Istanbul-Terkos Example", have been used in this study. It has been investigated the usage possibilities of unmanned aerial vehicles in the determination of coastal lines within the framework of international standards by comparing the results of real-time kinematic GNSS measurements and manual digitization.

Keywords: Unmanned aerial vehicles, coastal line, photogrammetry, orthophotos, GNSS

1. GİRİŞ

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde yaklaşık 8300 kilometre uzunluğunda kıyı şeridi yer almaktadır. Kıyı alanları hem turistik hem de yerleşim alanı olarak önemli bir yere sahiptir.

Kıyı alanlarının yoğun bir gelişme içinde olması, turistik tesisler ve bazı eğlence anlayışları bu alanların bozulmasına yol açabilmektedir (Yüksel, 2005). Kıyı alanları hassas nitelikleri ile erozyona eğilimli alanlar olup, bu alanların sürekli izlenmesi ve korunması gerekmektedir.

* Sorumlu Yazar

Kıyı erozyonunun önlenmesi, kıyıların su baskınlarından korunması, kıyı alanlarına limanların planlanması, tasarımı ve yapımı, limanların kumlanma etkisine karşı korunmaları, vb. kıyı mühendisliği uygulamalarında (Yüksel, 1998) hidrodinamik yapının belirlenmesi ve modellenmesi gerekmektedir.

Kıyı çizgisinin ölçülmesi önceleri yersel yöntemler ile yapılmakta olup, uydu teknolojilerinin gelişmesiyle gerçek zamanlı kinematik ölçümler ile yapılabilmektedir (Aydın, 2005). Kıyı değişimlerinin izlenmesi uzun yıllar boyu araştırmaların konusu olmuştur (Dornbusch vd., 2006). Uzaktan algılama teknikleri geleneksel yöntemlere oranla daha hızlı ve güvenilir bir şekilde kıyı çizgilerinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir (Bayram vd., 2017). İnsansız hava araçlarının (İHA) sivil amaçlı kullanımı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Ekonomik ve fonksiyonel faydalar göz önünde bulundurulduğunda hem ticari üreticiler hem de sivil kullanıcılar için İHA' lar önemli bir pazar kapasitesine ulaşmıştır (Stöcker, vd., 2017). İHA teknolojisinin uzaktan algılama ile entegrasyonu, çevre ile ilgili araştırmalar için veri analizi ve modellemeyi mümkün kılmıştır (Cheng, vd. 2014). Günümüzde, İHA sistemleri yoğunlukla yüzey analizi ile ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır. Örneğin Peter, vd. (2014) İHA-kamera verilerini kullanarak toprak erozyonunu izlemişlerdir. Bunun yanında, özellikle kıyı alanlarında da artan bir kullanıma sahiptir (Gonçalves, vd. 2015; Barazzetti, vd. 2010). Bayram, vd. (2016) İHA-LIDAR ve İHA-Kamera verileri kullanarak otomatik kıyı çizgisi çıkartılmasına yönelik bir yöntem önermişlerdir. Yoo ve Oh, (2016) İHA-Kamera sistemini kullanarak kıyı erozyonunun üç boyutlu (3B) belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Nikolakopoulos, vd. (2017) Yunanistan'daki kıyı alanlarının SfM yöntemi ile izlenmesi için İHA-Kamerayı kullanmışlardır. Esposito, vd. (2017) kıyı bölgelerinde İHA-Kamera sistemi ile kıyı erozyonunu belirlemek için çalışmış ve SfM yöntemiyle elde edilen nokta bulutlarını karşılaştırmıştır.

Sunulan çalışmada, Karadeniz'in batısında, İstanbul/Terkos bölgesinde, yaklaşık 1 km uzunluğundaki kıyı çizgisi hem gerçek zamanlı kinematik yöntem ile hem de İHA ile çekilen

görüntülerden elde edilen ortofotoların elle sayısallaştırılmasıyla belirlenmiştir. Yapılan karşılaştırmalardan hesaplanan konum doğruluğunun Uluslararası Hidrografi Örgütünün öngördüğü kıyı çizgisi belirleme standartlarına uygun olup olmadığı incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Kıyı çizgisinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlere değinmeden önce kıyı ile ilgili bazı kavramların açıklanmasında yarar bulunmaktadır.

2.1. Kıyı ile ilgili Tanımlamalar

17.04.1990 tarih ve 20495 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan 3621 sayılı Kıyı Kanununa göre;

Kıyı, kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alanı;

Kıyı Çizgisi, deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgiyi;

Dar Kıyı ise kıyı kenar çizgisinin, kıyı çizgisi ile çakışmasını ifade etmektedir.



Şekil 1. Kıyı ile ilgili gösterimler

2.2. Kıyı Çizgisinin Uluslararası Standartlara göre Belirlenme Doğruluğu

Uluslararası Hidrografi Örgütü (IHO) Hidrografik Ölçme Standartları Özel Yayın No: 44/5 (2008)' e göre, ölçme alanları özel derece, 1.derece a ve b ile 2.derece olmak üzere 4 kısımda tanımlanmıştır. Özel derece alanlar derinliği 40 metreden sığ, limanlar, yanaşma ve demirleme yerleri ve gemilerin omurga-altı geçiş derinliğinin kritik olduğu kanallardır. 1a derece alanlar ise 100 metreden sığ derinliğe sahip alanlardır. Bu alanlarda

omurga-altı geçiş derinliği özel derece alanlara göre daha az kritik olup, yaklaşma suları ve gemilerin geçiş yolları bu alanlara örnek olarak verilebilir. 1b derece alanlar omurga-altı geçiş derinliğinin kritik olmadığı 100 metreden sığ alanlar, 2. derece alanlar ise 100 metreden derin alanlardır.

Uluslararası Hidrografik Ölçme Standartlarına göre, kıyı çizgisi ölçümündeki konumlandırma doğruluğu Tablo 1’ de görülmektedir.

Tablo 1. Kıyı Çizgisi Belirlemede Asgari Standartlar (IHO, 2008)

Alan Tanımları	Özel	1a	1b	2
Kıyı çizgisi ve seyir için daha az önemli topografik cisimlerin konumu (p=0.05)	10 m	20m	20m	20m

2.3. Araştırma Alanı

Araştırma alanı, Marmara Bölgesinde Batı Karadeniz kıyıları olarak seçilmiştir (Şekil 2). 20 Eylül 2017 tarihinde 115Y718 no.lu TÜBİTAK projesi kapsamında insansız hava aracı kullanılarak kıyı alanının görüntüleri çekilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Batı Karadeniz’ de Yer alan Araştırma Alanı (GoogleEarth)

Çekilen görüntülerin, 41°22’27.52”K Enlemi ve 28°34’38.35D Boylamından başlayarak Doğuya doğru yaklaşık 1 kilometrelik kısmından yararlanılmıştır.



Şekil 3. Ölçümlerin Yapıldığı Karadeniz Kıyısı

2.4. Veri Toplama Yöntemleri

Kıyı alanlarının belirlenmesinde DJI Phantom 4 Pro İHA’sından yararlanılmıştır. Bu araçta, 1” CMOS sensör ile 20 MP özelliklerinde bir kamera bulunmaktadır (Dji, 2018).



Şekil 4. Phantom 4 Pro İHA

Kıyı çizgileri gerçek zamanlı kinematik (RTK) GNSS yöntemi ile ölçülmüştür. Topcon Hyper Pro çift frekanslı GNSS alıcıları ile kıyı çizgisi boyunca yürüyerek yaklaşık 20-30 metrede bir ölçümler gerçekleştirilmiştir. RTK GNSS ölçümlerinde CORS-TR ağından yararlanılarak sanal referans yöntemi kullanılmış ve kıyı çizgisinin koordinat değerleri belirlenmiştir.

Ortofoto üretimi için İHA-Kamera uçuşları 70 m yükseklikten, %80, %70 bindirme oranları ile gerçekleştirilmiştir. Uçuştan önce test alanında 25 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Kontrol noktalarının ve referans kıyı çizgisinin koordinatları RTK GNSS yöntemi ile belirlenmiştir. Ortofoto üretimi aşamasında SfM yöntemi ile nokta bulutu verisi elde edilmiş ve ardından kıyı alanının 1.96 cm yer örnek aralığında ortofotusu üretilmiştir.

2.5. Verilerin Analizi

Kıyı çizgileri CAD ortamında elle 3 farklı kişi tarafından sayısallaştırılmıştır. Çalışmada GNSS ölçümleri ile toplanan koordinat değerleri referans veri olarak kabul edilmiştir. Kıyı çizgilerinin birbirleriyle karşılaştırılması için, 1080 metre uzunluğundaki kıyı boyunca 10 metre ara ile enine kesitler çizilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Ortofoto harita ve enine kesitler

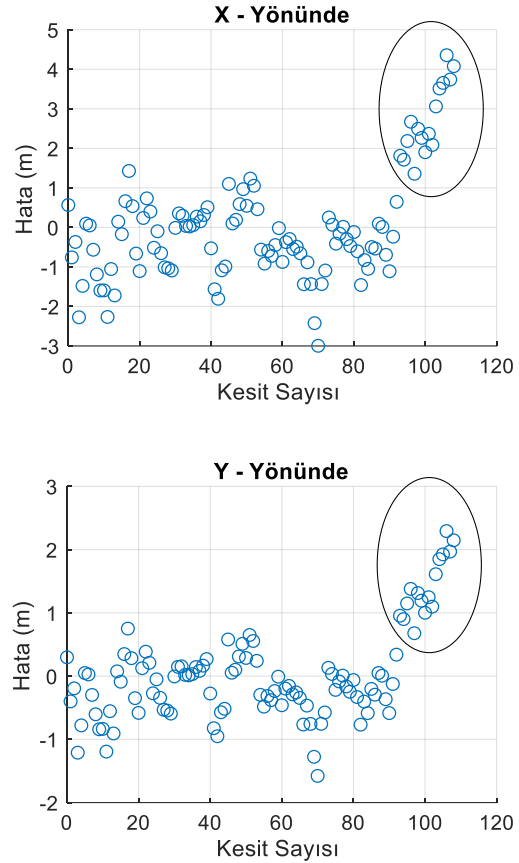
Üç farklı kişi tarafından yapılan sayısallaştırma sonucu elde edilen kıyı çizgilerinin kesitleri kestiği noktaların koordinatlarının belirlenmesinin ardından bu değerlerin ortalamaları alınarak kıyı boyunca ortalama bir kıyı çizgisi elde edilmiştir. GNSS ölçümlerinden elde edilen kıyı çizgisi referans (bilinen) olarak kabul edilmiş ve ϵ_X ve ϵ_Y hataları (Şekil 6) koordinat farklarından Eşitlik 1 ve 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\epsilon_{X(i)} = X_{Say(i)} - X_{RTK(i)} \quad (1)$$

$$\epsilon_{Y(i)} = Y_{Say(i)} - Y_{RTK(i)} \quad (2)$$

$$RMS_{konum} = \sqrt{\frac{[\epsilon\epsilon]_X + [\epsilon\epsilon]_Y}{n}} \quad (3)$$

X ve Y yönündeki hatalardan Eşitlik 3'e göre belirlenen karesel ortalama hata, kıyı çizgisinin konum doğruluğuna ilişkin uygun bir istatistiktir (Aydın, vd, 2018). Eşitlik 3'e göre konum doğruluğu, 1.578 metre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. X ve Y Yönündeki Hatalar

Şekil 6' dan, X ve Y yönündeki hatalar incelendiğinde, elips içine alınan kısımların dalga etkisinden kaynaklandığı ve sistematik hata içerdiği anlaşılmaktadır. 93-108 no.lu kesitlere denk gelen verilerin değerlendirmeden çıkarılması ile tekrar yapılan hesaplamalarda konum doğruluğu 1.068 metre olarak belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tablo 1'den de görüleceği üzere, Uluslararası Hidrografi Örgütü tarafından yayınlanan Hidrografik Ölçme Standartlarında özel derece alanlarda kıyı çizgilerinin belirlenmesinde konumlandırma doğruluğu (%95 güven aralığı) 10 metre, 1a, 1b ve 2. derece alanlarda ise 20 metredir.

Çalışma bölgesine ait ortofoto görüntülerin 3 farklı kişi tarafından elle sayısallaştırılması sonucunda, 109 adet kesit üzerinde yapılan değerlendirmeler ile belirlenen kıyı çizgisinin konum doğruluğu (σ) 1.578 metredir. Bu değer %95 güvenirlilik seviyesinde (2σ) 3.156

metredir. Dalgadan kaynaklanan sistematik hatalı ölçüler çıkarılarak yapılan hesaplamalarda kıyı çizgisinin konum doğruluğu (σ) 1.068 metre, (2σ) ise 2.136 metre olarak belirlenmiştir. Hem dalgalı hem de dalga etkisinden arındırılmış olarak belirlenen kıyı çizgilerinin konum doğruluklarının, IHO'nun öngördüğü kıyı çizgisi belirleme doğruluklarını karşıladıkları görülmektedir.

Ölçmelerin yapıldığı tarihte havanın parçalı ve az bulutlu, hava sıcaklığının 25°C ila 29°C aralığında olduğu, rüzgarın Batı Karadeniz'de batı ve kuzeybatıdan 3 ila 5 (20-40km/sa), zamanla 4 ila 6 (30-50km/sa) kuvvetinde estiği, dalga yüksekliğinin ise 1.0 ila 2.0 metre civarında olduğu o haftanın meteoroloji raporlarından anlaşılmaktadır.

Dalga hareketinden kaynaklanan köpükler nedeniyle suyun kıyıya değdiği yerlerde, durgun deniz durumuna göre farklılıklar oluşmuştur. Dolayısıyla RTK GNSS ölçüleri ile elle sayısallaştırma sonucundaki hatalar denizin dinamik yapısından kaynaklanmıştır. X yönündeki hataların Y yönündekilerinden büyük çıkmasının nedeni de dalga etkisidir. Her ne kadar kıyı çalışmalarında denizin durgun olduğu zamanlarda uçuş ve ölçü önerilmekteyse de, pratikte bu neredeyse Karadeniz için olanaksızdır.

Uzun bir sahil şeridinde sahip olan ülkemizde kıyı çizgilerinin ölçümünün, gerçek zamanlı kinematik GNSS yöntemlerine nazaran hem maliyet hem de zaman ve emek tasarrufu açısından İHA' lar kullanılarak yapılmasının tercih edilebilir olduğu düşünülmektedir.

Bunun yanında, ülkemizde dik yamaçlı ve ulaşması güç kıyılarımız da bulunmaktadır. Bu alanlardaki ölçmeler için de insansız hava araçlarının bir fırsat olduğu görülmektedir.

Elle yapılan sayısallaştırmalardan elde edilen konum doğruluklarına bakıldığında, sadece kıyı çizgisinin ölçümü değil, denizlerde gemilerin navigasyonu sırasında yararlanılan seyir yardımcılarının (şamandıra, vb.) da konumlarının yine insansız hava araçları yardımıyla belirlenmesinin mümkün olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma çalışmasındaki veriler 115Y718 no.lu TÜBİTAK projesi kapsamında toplanmıştır. Bu çalışma için söz konusu proje verilerini paylaşan proje yürütücüsü Prof. Dr. Bülent BAYRAM' a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

- Aydın, C., Aykut, N.O., Akpınar, B. (2018). GNSS-PPP ile Elde Edilen Düşey Yerdeğiştirmenin Doğruluğu, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (2018) 015506 (605-615).
- Aydın, Ö., Aykut, N.O., Akpınar, B., Ata, E. (2005). RTK GPS Yöntemiyle Kıyı Çizgisinin Ölçülmesi, 5. *Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu* Bildiriler Kitabı, s.467-478.
- Bayram B., Avşar E. Ö., Şeker D. Z., Kayı A., Erdoğan M., Eker O., Janpaule I., Çatal R. H. (2017). The Role Of National And International Geospatial Data Sources In Coastal Zone Management. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(1), pp. 383-391.
- Bayram B., Demir N., Ogurlu M., Catal R. H., Seker D. Z. (2016). 3D Shoreline Extraction Using Orthophoto-Maps and LIDAR. In: *37 th Asian Conference on Remote Sensing*, Sri Lanka, Colombo, pp.1-5.
- Barazzetti, L., Remondino, F., ve Scaioni, M. (2010). "Automation in 3D reconstruction: results on different kinds of close-range blocks," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. XXXVIII, no. Part 5, pp. 55-61.
- Cheng, L., Tong, L., Liu, Y., Li, M. and Wang, J. (2014). "Automatic Registration of Coastal Remotely Sensed Imagery by Affine Invariant Feature Matching with Shoreline Constraint," *Mar. Geod.*, vol. 37, no. 1, pp. 32-46.
- Dji, (2018). Phantom Pro 4 Manual, from https://www.dji.com/phantom-4-pro?site=brandsite&from=landing_page
- Dornbusch, U., Robinson, D.A., Moses, C.A., Williams, R.B.G. (2006). "Chalk coast erosion and its contribution to the shingle budget in East Sussex", *Z. Geomorphol. N.F.*, 144, 215-230.
- Esposito, G., Salvini, R., Matano, F., Sacchi, M., Danzi, M., Somma, R., Troise, C. (2017). "Multitemporal monitoring of a coastal landslide through SfM-derived point cloud

- comparison,” *Photogramm. Rec.*, vol. 32, no. 160, pp. 459–479.
- Gonçalves, J.A., and Henriques, R. (2015). “UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas,” *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 104, pp. 101–111.
- IHO, (2008). IHO Standards for Hyrdographic Surveys, Special Publication No:44, 5th edition, Monaco.
- Nikolakopoulos, K.G., Kozarski, D. and Kogkas, S. (2017). “Coastal areas mapping using UAV photogrammetry,” *Earth Resour. Environ. Remote Sensing/GIS Appl.* VIII, no. October 2017, p. 23.
- Peter, K.D., d’Oleire-Oltmanns, S., Ries, J.B., Marzloff, I. and Ait Hssaine, A. (2014). “Soil erosion in gully catchments affected by land-levelling measures in the Souss Basin, Morocco, analysed by rainfall simulation and UAV remote sensing data,” *Catena*, vol. 113, pp. 24–40.
- Stöcker, C., Bennett, R., Nex, F., Gerke, M. and Zevenbergen, J. (2017). “Review of the current state of UAV regulations,” *Remote Sensing*, vol. 9, no. 5.
- Yoo, C.I. and Oh, T. S. (2016). “Beach volume change using UAV photogrammetry Songjung beach, Korea,” *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch.*, vol. 41, no. July, pp. 1201–1205.
- Yüksel, Y., ve Özkan Çevik, E. (2005). Liman Mühendisliği, Deniz Mühendisliği Serisi-No:3, Arıkan Basım Yayım Dağıtım Ltd.Şti., İstanbul.
- Yüksel, Y., Çevik, E., Çelikoğlu, Y., (1998). Kıyı ve Liman Mühendisliği, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi, Alaz Ofset, Ankara.

Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Servislerinin Performans Analizi

Merve ŞİMŞEK^{1*}, Seda ÖZARPACI², Uğur DOĞAN^{3*}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul
(mrve.smsek@gmail.com) ORCID ID 0000 – 0001 – 6198 – 171X

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul
(seda.ozarpaci@gmail.com) ORCID ID 0000 – 0002 – 1900 – 3725

³Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul
(dogan@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000 – 0003 – 0927 – 0886

Öz

Bu çalışmada, web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinin tektonik uygulamalarda kullanılabilirliği ve doğruluk performanslarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında, 23 Ekim 2011 Van depreminin deprem anı yatay deformasyonlarının belirlenmesi için deprem bölgesinde bulunan TUSAGA-AKTİF ağına ait 12 GNSS istasyonunun gözlem verisi web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinden AUSPOS, OPUS ve CSRS-PPP ile analiz edilmiştir. Web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinin doğruluk performanslarını ölçmek için, aynı istasyonların verileri GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilip deprem anı yatay deformasyonlar belirlenerek iki çözüm arasındaki sonuçlar karşılaştırılmıştır.

GAMIT/GLOBK yazılımından elde edilen deprem anı yatay deformasyonlar ile belirtilen servislere göre elde edilen sonuçlar incelendiğinde, istasyonların yer değiştirme vektör büyüklükleri ve yönleri bakımından uyumlu olduğu, iki çözüm arasındaki yatay deformasyon farklarının istatistiksel olarak anlamsız olduğu saptanmıştır. Ayrıca, her iki çözüm ile elde edilen deprem anı yatay deformasyonlar kullanılarak iki boyutlu gerinim analizi yapılmıştır. Gerinim analizi sonucunda çözümlerden elde edilen asal gerinim parametrelerinin genel olarak uyumlu oldukları ve asal gerinim parametreleri arasındaki farkların 0.04 μ strain değerinin altında olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre, sürekli istasyonların, web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servisleri tarafından elde edilen koordinat çözümleri tektonik çalışmalarda kullanılacak düzeyde yüksek doğrulukta olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: 23 Ekim 2011 Van Depremi, Deprem Anı Deformasyonu, GAMIT/GLOBK, Gerinim Analizi, Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Değerlendirme Servisleri

Performance Analysis of Web-Based Online GNSS Services in Determination of Crustal Movements

Abstract

In this study, to measure usability and accuracy performances of web based online GNSS processing services in tectonic studies is aimed. In this scope, for the determination of the horizontal deformations of Van earthquake, October 23th, 2011, the observation data of 12 GNSS stations which belong to TUSAGA-Active network in the earthquake zone were analyzed with AUSPOS, OPUS and CSRS-PPP from web based online

* Sorumlu Yazar

processing services. In order to examine the accuracy performances of web based online processing services, the data of the same stations were processed using GAMIT/GLOBK software and the horizontal co-seismic deformation were calculated and the results were compared.

When the difference between co-seismic horizontal deformations required from GAMIT/GLOBK software and the online processing services were examined, it was found that the differences are statistically insignificant and the displacement vector sizes and directions are compatible. In addition, two-dimensional strain analysis was performed by using co-seismic horizontal deformation obtained by both solutions. As a result of the strain analysis, it was seen that the principal strain parameters obtained from the solutions were generally compatible and the differences between the principal strain parameters were below the value of 0.04 µstrain. According to the results obtained, it was found that, the coordinate solutions of the continuous stations obtained by the web based online evaluation services, were highly accurate to be used in tectonic studies.

Keywords: October 23th 2011 Van earthquake, Co-seismic Deformation, GAMIT/GLOBK, Strain Analysis, Web Based Online GNSS Processing Service

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojiye bağlı olarak GNSS (Global Navigation Satellite System) veri işleme metodolojisindeki gelişmeler sayesinde konum belirleme konusunda kullanıcılara yeni kolaylıklar sunulmaktadır. Bu doğrultuda çeşitli araştırma merkezleri, üniversiteler ya da kurumlar web tabanlı çevrimiçi GNSS veri analizi servisleri geliştirmişlerdir. Bu çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin genellikle ücretsiz olması, kullanım için internet bağlantısı ve web tarayıcısının yeterli olması, kullanıcıdan minimum seviyede veri ve bilgi alacak şekilde tasarlanmış olması, yaygın olarak kullanımlarının artmasına neden olmaktadır (Tsakiri, 2008; Subaşı, 2011; Bahadur ve Üstün, 2014; Mahmoud, 2018).

Ayrıca, bu çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin bir kısmı noktaların mutlak anlamda konumlarını belirleyen PPP (Precise Positioning System) ve diğer bir kısmı da bağıl yöntemle konum belirleyen tekniklerle koordinat hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Her iki tekniği kullanan çevrimiçi servislerin performanslarını incelemeye yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Ghoddousi ve Dare , 2006; Tsakiri, 2008; Subaşı ve Alkan, 2011; Ocalan, vd., 2013; Doğru, vd., 2018).

Ghoddousi ve Dare 2006'da, bir istasyonun bilinen koordinatları ile CSRS-PPP, Auto-GIPSY, SCOUT ve AUSPOS değerlendirmeleri sonucunda hesaplanan koordinatları karşılaştırmış ve 10 saatlik veri seti için çift frekanslı alıcı kullanılarak

güvenilir sonuçlar elde edilebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Tsakiri, 2008 yılında yaptığı çalışmada; 8 IGS istasyonuna ait gözlem verisini, 24, 6 ve 1'er saatlik ölçme aralıklarına bölerek, farklı veri süreleriyle, OPUS, AUSPOS, SCOUT ve CSRS-PPP çevrimiçi servislerinin statik ve ayrıca CSRS-PPP'nin kinematik değerlendirme performanslarını incelemiştir. Bu çalışma sonucunda, 24 saatlik veri ile statik değerlendirmede 3-4 cm ve CSRS-PPP yardımıyla 30 saniyelik veri ile kinematik değerlendirmede 5-10 cm doğruluk sağlandığı gösterilmiştir.

Subaşı ve Alkan 2011'de İSKİ-UKBS ağına ait 6 sürekli istasyonun 24 saatlik verisini OPUS, SCOUT ve AUSPOS servislerinde değerlendirmiş ve birkaç cm doğrulukla noktaların konum ve yüksekliklerinin belirlenebileceğini göstermiştir.

Abdallah ve Schwieger, 2016'da yaptıkları çalışmada, Afrika'nın farklı bölgelerinde bulunan 6 istasyon için çevrimiçi PPP servislerinin (APPS-PPP, GAPS-PPP, CSRS-PPP) farklı ölçü süreleri ve farklı enlemlerdeki performanslarını karşılaştırmışlardır. CSRS-PPP ve APPS-PPP servislerinin ekvatorial bölgeler için en iyi çözümü verdiğini, GAPS-PPP servisinin ekvator bölgesinde kullanılmasının uygun olmadığını göstermiştir.

Ayrıca, web tabanlı çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin, heyelanlar sonucu oluşan deformasyonların belirlenmesi ve yapı sağlığının izlenmesi gibi çalışmalarda kullanılabilirliği ile ilgili araştırmalar da yapılmıştır (Zhang vd., 2005; Wang ve Soler,

2012, 2013, 2015; Yigit, 2016; Aydın, vd., 2017).

Zhang vd., 2005'te yaptıkları çalışmada, AUSPOS yardımıyla deformasyon analizi için CORS (Continuously Operating Reference Stations – Sürekli Çalışan Referans İstasyonları) istasyonlarının kullanılabilirliğini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, AUSPOS tarafından 24 saatlik verilerin değerlendirilmesi ile elde edilen koordinat doğruluğunun 3-5 mm olarak bildirmiş ve bu doğruluğun deformasyon analizi için uygun olduğunu belirtmiştir.

Wang ve Soler 2012 yılında Porto Riko ve Virgin adalarında meydana gelen heyelanları 2 yıl boyunca incelemiş; tek GPS alıcısı ve web tabanlı konumlandırma servisi (OPUS) kullanarak heyelanların yatay doğrultuda cm doğrulukla izlenebileceğini göstermiştir.

Wang ve Soler 2013 yılında çökme hareketini izlemek için Houston'da kurulan CORS ağındaki GNSS verilerini hem OPUS hem GIPSY yardımıyla değerlendirmiş ve OPUS'un günlük verileri değerlendirme performansının düzeyde 1 cm'lik doğruluğa ulaştığını saptamıştır. Wang ve Soler 2015'te, Texas'taki bir çökme alanı ve Porto Riko, Ponce'daki bir heyelan alanında uzun süreli GNSS gözlemlerini kullanarak arazi çökmesini gözlemiştir. Alınan GNSS verilerini GIPSY/OASIS ve OPUS yardımıyla analiz etmiş ve iki değerlendirme sonucu arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını gözlemiştir.

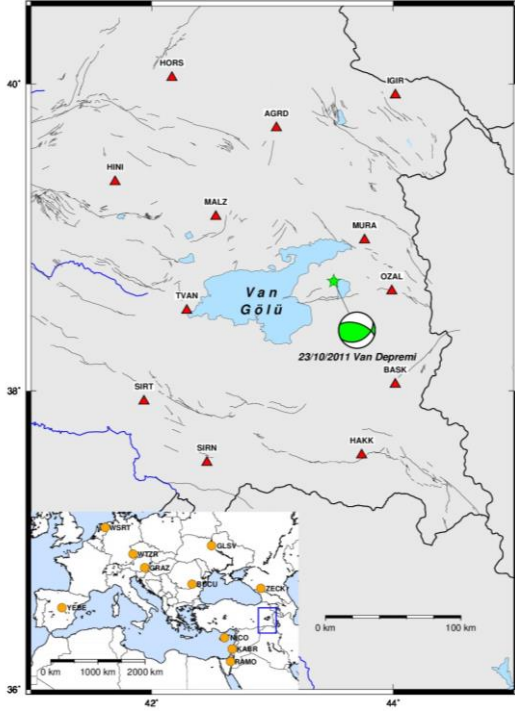
Bu çalışmada ise, web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servisleri ile 23 Ekim 2011 (Mw = 7.2) Van depremi (Altınar, vd., 2013; Elliot, vd., 2013; Dogan, vd., 2014; Wang, vd., 2015; Tiryakioğlu, vd., 2017) sonucu bölgede meydana gelen deprem anı (co-seismic) yatay deformasyonların ve gerinim parametrelerinin belirlenmesi ve belirtilen servislerin doğruluk performanslarını ölçmek için GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirme sonuçlarının irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak web tabanlı çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin tektonik çalışmalarda kullanılabilirliği incelenmiştir.

2. YÖNTEM

Web tabanlı çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin tektonik çalışmalarda kullanılabilirliğini araştırmak ve bu kapsamda doğruluk performanslarını ölçmek için 23 Ekim 2011 (Mw = 7.2) Van Depremi örnek uygulama olarak seçilmiştir. Deprem sonucu bölgede meydana gelen deprem anı yatay deformasyonların belirlenmesi kapsamında Van ili ve çevresinde bulunan TUSAGA-Aktif ağına ilişkin 12 GNSS istasyonunun (Şekil 1) RINEX (Receiver Independent Exchange) verisi depremden bir gün önce (2011 yılı 295. GNSS günü – t_1) ve depremden bir gün sonra (2011 yılı 297. GNSS günü – t_2) AUSPOS, OPUS ve CSRS-PPP çevrimiçi servisleri ve GAMIT/GLOBK programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

2.1. GNSS Ölçülerinin GAMIT/GLOBK Yazılımı ile Değerlendirilmesi

GNSS ölçüleri MIT (Massachusetts Institute of Technology-ABD) tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK GNSS yazılımı ile değerlendirilmiştir (Herring vd., 2015). GAMIT çözümü sonucu gözlem noktalarına ait istasyon koordinatları ile zenit gecikmeleri ve yer küre dönme parametreleri elde edilmiştir. Bu aşamada değerlendirmeye her çözüm günü için 10 IGS (International GNSS Service) istasyonu da dahil edilerek bölgesel ve küresel ağ ilişkilendirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Van Gölü etrafındaki 12 TUSAGA – Aktif sürekli GNSS istasyonu (kırmızı üçgenler). Sol alt köşede gösterilen istasyonlar (turuncu yuvarlak istasyonlar) GAMIT/GLOBK değerlendirme işlemi sırasında referans olarak kullanılan IGS istasyonlarıdır. Gri süreksiz çizgiler aktif fay hatlarını (Emre vd., 2013), yeşil yıldız Van depreminin mekanizma çözümü ve odak noktasının yerini göstermektedir.

Değerlendirmenin GAMIT çözümü aşamasında aşağıdaki strateji izlenmiştir:

- Hassas yörünge bilgisi, IGS duyarlı yörünge bilgisi, Standard Ürün 3 (Standard Product 3 – SP3) olarak Scripps Institution of Oceanography (SIO) üzerinden Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC)'a ait <ftp://garner.ucsd.edu/pub/products> web adresinden alınmıştır.
- Yer dönme parametreleri (EOPS-Earth Orientation Parameters), USNO bull_b (United States Naval Observatory bulletin_b) değerlerinden alınmıştır.
- Tüm IGS istasyonlarının GNSS verileri SOPAC arşivinden; <ftp://garner.ucsd.edu/pub/rinex> yapısı içinden indirilmiştir.
- Referans sistemi tanımlamada ITRF2008 koordinat çözümü kullanılmıştır. (Web tabanlı

çevrimiçi değerlendirme servisleriyle aynı sistem kullanılmıştır.)

- Zenit gecikme bilinmeyenleri Saastamoinen öncül standart troposfer modeline dayalı olarak 2 saatlik aralıklarla hesaplanmıştır.
- Atmosferin kuru ve ıslak kısımları için GMF (Global Mapping Function) uygulanmıştır.
- Mapping function, eğim açısına bağlı olarak değişen sinyal yolu eğriliği için zenit gecikme değerlerinin modellenmesi için kullanılmıştır.
- Değerlendirmede L1 ve L2 taşıyıcı dalga fazlarının iyonosferden bağımsız LC (L3) doğrusal lineer kombinasyonu kullanılmıştır (Herring vd., 2015).

GAMIT sonucunda Q ve H adı verilen iki adet sonuç dosyası elde edilmektedir. Q-dosyasında, tam sayı belirsizliklerinin çözümü ve sonuçların hataları bulunur. Bu dosya sayesinde veri işlemin nasıl gerçekleştirildiği adım adım incelenebilmektedir. H-dosyalarında ise dengeleme sonrası türetilmiş ölçüler ve kovaryans matrisleri bulunmaktadır. Bu dosyalar veri işlemin diğer bir kısmı olan GLOBK için girdi oluşturmaktadır.

Veri işleminin GLOBK aşamasında ise, GAMIT ile her bir oturum için elde edilen H-dosyaları, küresel çözümlerle birleştirmek için genel veri merkezlerince oluşturulmuş günlük H-dosyaları ile beraber analiz edilmekte ve her bir istasyon için zaman serileri oluşturulmaktadır. Elde edilen zaman serileri yardımıyla her bir istasyonun kuzey-güney, doğu-batı ve düşey koordinat bileşenlerinin ve gerektiğinde baz bileşenlerinin zamana bağımlı değişimleri incelenebilmektedir (Herring vd., 2015).

2.2. GNSS Ölçülerinin Web Tabanlı Çevrimiçi Servisler ile Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında örnek olarak, bağlı yöntemle değerlendirme yapan OPUS ve AUSPOS çevrimiçi servisleri ve PPP yöntemi ile çözüm üreten CSRS-PPP çevrimiçi servisi kullanılmıştır.

National Geodetic Survey (NGS) tarafından işletilen OPUS (Online Positioning User Service) çevrimiçi veri değerlendirme servisi konumu belirlenecek ölçme noktasına en

yakın belirli sayıda IGS referans istasyonunu baz alarak bağıl yöntemle (hızlı-statik ve statik) ve PAGES yazılımı kullanarak değerlendirme yapmaktadır. Kullanıcılar ilgili servisin web adresine, ölçme noktasına ilişkin RINEX (Receiver Independent Exchange) formatındaki verisini yüklemekte ve değerlendirme sonucunda elde edilen analiz sonuçları kayıt anında belirtilen e-posta adresine gönderilmektedir (Tablo 1).

Geoscience Australia tarafından işletilen AUSPOS çevrimiçi veri değerlendirme servisi konumu belirlenecek ölçme noktasına uygun yakınlıktaki IGS referans istasyonlarını baz alarak bağıl yöntemle, IGS'in yayımlandığı duyarlı uydu yörünge ve saat bilgilerini ve Bernese 5.2 (Dach vd., 2015) yazılımını kullanarak değerlendirme yapmaktadır. Değerlendirme sonucunda sunulan raporda, referans alınan IGS istasyonları, ITRF08

datumundaki koordinatlar ile standart sapmaları verilmektedir. Bu rapor kullanıcının kayıt anında belirttiği e-posta adresine gönderilmektedir (Tablo 1).

Natural Resources Canada (NRCAN) tarafından geliştirilmiş CSRS-PPP çevrimiçi veri değerlendirme servisi ile, GNSS verileri statik veya kinematik olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcılar ilgili servisin web adresine ölçme noktasına ilişkin RINEX formatındaki verilerini yüklemekte, yüksek doğruluğa sahip duyarlı uydu yörünge ve saat bilgileri kullanılarak PPP yöntemi ile nokta koordinatları hesaplanmaktadır.

Değerlendirme sonucunda elde edilen analiz sonuçları kayıt anında belirtilen e-posta adresine gönderilmektedir (Tablo 1)

Tablo 1. Web çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin kullandıkları parametreler (Mulic vd., 2013; Jamiesen vd., 2018).

Parametreler	OPUS	AUSPOS	CSRS-PPP
Referans çerçeve	ITRF08	ITRF08	ITRF08
Koordinat formatı	Jeodezik /XYZ	Jeodezik /XYZ	Jeodezik /XYZ
Anten düzeltmesi	IGS	IGS	IGS
Uydu yörünge ve saat bilgisi	IGS	IGS	IGS
Uydu yükseklik açısı	10 derece	7 derece	10 derece
GNSS sistemi	GPS	GPS	GPS + GLONASS
Yazılım	PAGES	BERNESE	CRSS-PPP
Gözlem verisi	Çift frekans, statik	Çift frekans, statik	Tek ve Çift frekans, statik ve kinematik
Data transfer	e-posta	e-posta ve ftp	e-posta
Data formatı	RINEX 2.0, 2.11	RINEX 2.0, 2.11	RINEX 2.0, 2.11
Troposfer modeli	GMF	GMF	GMF

2.3. Gerinim Analizi

Gerinim, yeryuvarının bölgesel olarak farklı doğrultulardaki hareketi sonucu meydana gelen jeodezik bir problem olduğundan jeodezik gözlemlerle doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada GNSS ile elde edilen deprem anı yer değiştirme vektörleri kullanılarak 2-boyutlu gerinim parametreleri hesaplanmıştır.

Homojen gerinim teorisine göre bağıl konum değişim vektörü :

$$\begin{bmatrix} d_x \\ d_y \end{bmatrix} = (E + dR) \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

olarak verilmektedir (Kakkuri ve Chen, 1990). Burada, $dx=x_{t2} - x_{t1}$, $dy=y_{t2} - y_{t1}$ t_1 ve t_2 zamanlarda ölçülen bir noktanın konum değişimlerini, $[t_x \ t_y]^T$ tüm noktalar için geçerli olan katı blok kuvveti hareketi (öteleme), E simetrik gerinim tensörü, dR ters simetrik dönme tensörü ve $[x \ y]^T$ ise koordinatları göstermektedir.

Gerinim tensörü E , köşegen elemanları (e_{xx} , e_{yy}) koordinat eksenleri boyunca birim uzunlukta oluşan değişimi, köşegen dışındaki elemanları (e_{xy}) ise koordinat eksenlerine göre deformasyon sonucu ortaya çıkan küçük açısal bozulmaları tanımlar:

$$E = \begin{bmatrix} e_{xx} & e_{xy} \\ e_{xy} & e_{yy} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dönme tensörü dR , ilgili koordinat eksenlerini içeren düzlemde deformasyon nedeniyle oluşan katı bloğun diferansiyel dönmesini gösterir:

$$dR = \begin{bmatrix} 0 & \omega \\ -\omega & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Gerinim tensör parametreleri göz önüne alınarak maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri (ϵ_{max} , ϵ_{min}) ile maksimum gerinim yönü (φ)

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{max} \\ \epsilon_{min} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \left[(e_{xx} + e_{yy}) \pm \sqrt{(e_{xx} - e_{yy})^2 + 4e_{xy}^2} \right] \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{e_{xx} - e_{yy}}{2e_{xy}} \right) \quad (5)$$

olarak belirlenir (Prescott vd., 1976; Brunner, 1979; Feigl vd., 1997).

3. DEFORMASYONLARIN BELİRLENMESİ VE ANALİZ SONUÇLARI

Değerlendirmeler sonucu elde edilen bir i istasyonuna ilişkin kuzey-güney (x_i) ve doğu-batı (y_i) koordinat çözümleri arasındaki farklar

$$\begin{aligned} dx_i &= x_i(t_2) - x_i(t_1) \\ dy_i &= y_i(t_2) - y_i(t_1) \end{aligned} \quad (6)$$

olarak hesaplanıp bu istasyona ait deprem anı (co-seismic) yatay yer değiştirmeler bulunmuştur. Burada t_1 ve t_2 deprem öncesi ve sonrası zamanları göstermektedir.

GAMIT/GLOBK yazılımına göre yapılan değerlendirme sonuçlarına göre (Şekil 2,3 ve 4) en büyük yatay deformasyonun MURA noktasında meydana geldiği görülmektedir (kuzey-güney doğrultusunda -56.02 ± 4.05 mm, doğu batı doğrultusunda -21.83 ± 4.19 mm). Depremin olduğu bölgeden (Şekil 1 ve Şekil 5'te görülen yeşil yıldızlar depremin odak noktasının yerini göstermektedir) uzaklaştıkça deformasyon miktarlarının azaldığı görülmektedir. Örneğin, HINI noktasında kuzey-güney bileşeninde -5.41 ± 3.29 mm, doğu-batı bileşeninde 0.63 ± 3.75 mm yer değiştirme belirlenmiştir.

GAMIT/GLOBK yazılımı ile gerçekleştirilen değerlendirme sonucunda elde edilen deprem anı yatay deformasyonları doğru kabul edilerek, web tabanlı çevrimiçi GNSS değerlendirme servisleri kullanılarak elde edilen sonuçlar bu büyüklüklerle karşılaştırılmıştır.

Öncelikle, GNSS istasyonlarına ait veriler AUSPOS çevrimiçi veri değerlendirme servisi ile değerlendirilmiş ve sonuçlar GAMIT/GLOBK sonuçlarıyla

karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Her iki çözümden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, istasyonların yer değiştirme vektör büyüklükleri ve yönleri bakımından uyumlu olduğu, bazı noktalarda (MURA, AGRD, OZAL) küçük dönüklükler olduğu görülmektedir (Şekil 2a). Bu dönüklüklerin iki çözüm arasındaki datum etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca, AUSPOS ve GAMIT/GLOBK çözümlerinden elde edilen deformasyon büyüklüklerinin farkları da Şekil 2b'de verilmiştir. Şekil 2b'ye göre, iki farklı çözümden elde edilen yatay deformasyon büyüklüklerin kuzey-güney bileşeninde 0.29 – 6.21 mm, doğu-batı bileşeninde 0.78 – 4.00 mm arasında farklar bulunmuştur. İki çözüm arasında elde edilen en büyük fark HORS noktasında (kuzey-güney doğrultusunda 6.21 mm, doğu batı doğrultusunda 1.46 mm) iken en küçük fark BASK noktasında (kuzey-güney doğrultusunda 0.76 mm, doğu-batı doğrultusunda 0.78 mm) hesaplanmıştır. Belirlenen farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir (Şekil 2b).

İkinci olarak, GNSS istasyonlarına ait veriler OPUS çevrimiçi veri değerlendirme servisi ile analiz edilerek istasyonlara ilişkin deprem anı yatay yer değiştirme değerleri belirlenmiş ve GAMIT/GLOBK yazılımı ile yapılan değerlendirme sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Her iki çözümden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, istasyonların yer değiştirme vektör büyüklükleri ve yönleri bakımından uyumlu olduğu, SORN istasyonu hariç diğer istasyonlarda vektörler arasında herhangi bir dönüklük olmadığı da görülmektedir (Şekil 3a).

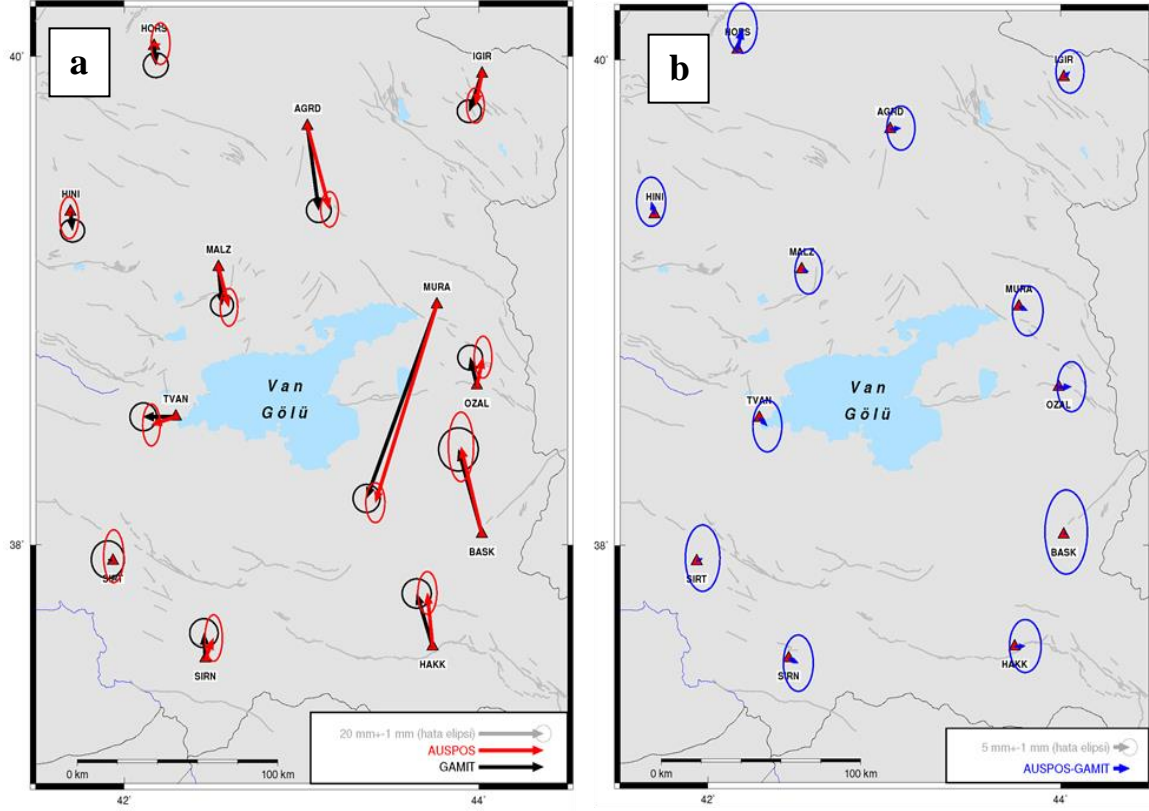
OPUS ve GAMIT/GLOBK çözümlerinden elde edilen deformasyon büyüklüklerinin farkları da Şekil 3b'de verilmiştir. Şekil 3b'ye göre, iki farklı çözümden elde edilen deformasyon büyüklüklerin kuzey-güney bileşeninde 0.61 – 7.92 mm, doğu-batı bileşeninde 0.05 – 3.15 mm arasında farklar bulunmuştur. İki çözüm arasında elde edilen en büyük fark SIRT noktasında (kuzey-güney doğrultusunda 7.92 mm, doğu-batı doğrultusunda -1.39 mm) iken en küçük fark IGIR noktasında (kuzey-güney doğrultusunda -0.03 mm, doğu-batı doğrultusunda -0.61 mm) hesaplanmıştır. Belirlenen farkların

istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir (Şekil 3b).

Son olarak, TUSAGA-Aktif ağının istasyon verileri CRSS-PPP çevrimiçi veri değerlendirme servisi ile analiz edilerek istasyonlara ilişkin deprem anı yatay yer değiştirme değerleri, GAMIT/GLOBK yazılımıyla yapılan değerlendirme sonuçları ile birlikte Şekil 4'de gösterilmiştir. Her iki çözümden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, istasyonların yer değiştirme vektör büyüklükleri ve yönleri bakımından uyumlu olduğu, AUSPOS çözümünde de olduğu gibi, bazı noktalarda (MURA, AGRD, OZAL) küçük dönüklükler olduğu görülmektedir. Bu dönüklüklerin de iki çözüm arasındaki datum etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

CSRS-PPP ve GAMIT/GLOBK çözümlerinden elde edilen yatay deformasyon büyüklüklerinin farkları Şekil 4b'de verilmiştir. İki farklı çözümden elde edilen deformasyon büyüklüklerin kuzey-güney bileşeninde 0.04 – 2.61 mm, doğu-batı bileşeninde 0.44 – 6.19 mm arasında farklar bulunmuştur. İki çözüm arasında elde edilen en büyük fark TVAN noktasında (kuzey-güney doğrultusunda -1.94 mm, doğu-batı doğrultusunda 6.19 mm) iken en küçük fark HINI noktasında (kuzey-güney doğrultusunda 0.37 mm, doğu-batı doğrultusunda 0.44 mm) hesaplanmıştır. Belirlenen farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir (Şekil 4b).

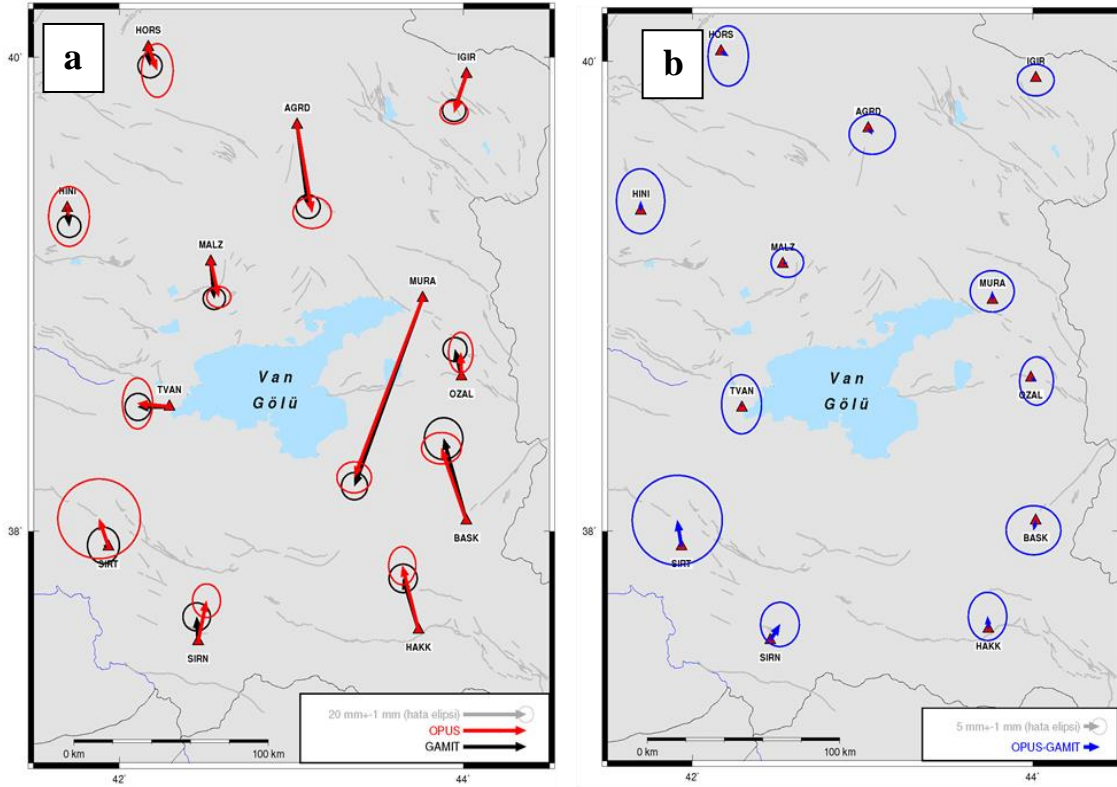
Koordinatlar seçilen datuma bağlı olarak belirlenen parametreler olduğundan dolayı, datumdan bağımsız bir parametre olan baz vektör uzunlukları ile çözüm sonuçları karşılaştırılarak, farklar incelenmiştir. Bu analiz için, hem çalışma bölgesine olan mesafesi hem de veri kalitesine bakılarak IGS istasyonlarından biri olan ZECK (URL1) istasyonu tercih edilmiştir. ZECK istasyonuna göre diğer istasyonlar arasındaki bazların depremden bir gün önce (2011, 295. GNSS günü) ve depremden bir gün sonra (2011, 297. GNSS günü) elde edilen değerleri arasındaki farklar hesaplanarak, her bir çözüm için bulunan sonuçlar Tablo 2' de verilmektedir.



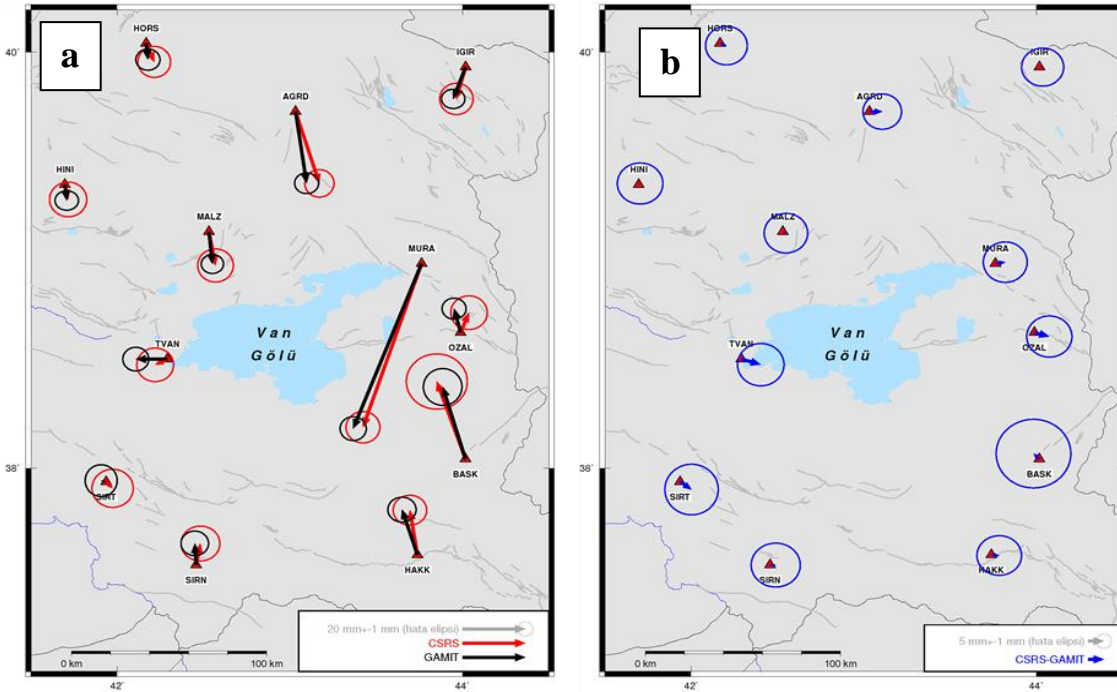
Şekil 2. a) AUSPOS ve GAMIT ile belirlenen deprem anı yatay yer değıştirme vektörleri ve hata elipsleri, b) iki çözüm arasındaki düzeltmeleri ve hata elipslerini, gri süreksiz çizgiler aktif fay hatlarını göstermektedir (Emre vd., 2013).

Tablo 2. Deprem anı baz değışimleri ve standart sapmaları

Bazlar	Baz değışimleri ve standart sapmaları (mm)			
	GAMIT/GLOBK	AUSPOS	OPUS	CSRS-PPP
ZECK – AGRD	24.17 ± 2.7	24.96 ± 3.1	26.49 ± 3.4	25.49 ± 3.2
ZECK – BASK	-25.11 ± 3.8	-25.42 ± 4.2	-22.95 ± 4.8	-28.14 ± 4.9
ZECK – HAKK	-16.29 ± 3.2	-15.46 ± 4.2	-19.83 ± 3.8	-15.31 ± 3.5
ZECK – HINI	4.89 ± 2.6	1.28 ± 3.2	2.31 ± 3.9	4.90 ± 3.7
ZECK – HORS	5.37 ± 2.7	7.06 ± 3.2	7.09 ± 3.9	6.55 ± 3.8
ZECK – IGIR	8.15 ± 2.4	8.86 ± 3.5	9.04 ± 3.7	8.70 ± 3.4
ZECK – MAZL	10.83 ± 2.4	12.07 ± 2.9	10.98 ± 4.2	11.59 ± 4.0
ZECK – MURA	45.54 ± 2.7	48.13 ± 4.1	43.74 ± 4.5	46.40 ± 4.2
ZECK – OZAL	-8.87 ± 2.7	-7.48 ± 3.4	-7.37 ± 4.2	-5.93 ± 2.9
ZECK – SIRN	-7.63 ± 3.1	-5.74 ± 3.6	-11.44 ± 4.7	-7.18 ± 3.4
ZECK – SIRT	-0.06 ± 4.3	-1.00 ± 4.2	-9.16 ± 5.3	0.45 ± 3.9
ZECK – TVAN	1.36 ± 3.0	1.80 ± 4.4	-2.35 ± 5.1	1.41 ± 3.4



Şekil 3. a) OPUS ve GAMIT ile belirlenen deprem anı yatay yer değiştirme vektörleri ve hata elipsleri, b) iki çözüm arasındaki düzeltmeleri ve hata elipslerini, gri süreksiz çizgiler aktif fay hatlarını göstermektedir (Emre vd., 2013).



Şekil 4. a) CSRS ve GAMIT ile belirlenen deprem anı yatay yer değiştirme vektörleri ve hata elipsleri, b) iki çözüm arasındaki düzeltmeleri ve hata elipslerini, gri süreksiz çizgiler aktif fay hatlarını göstermektedir (Emre vd., 2013).

Tablo 2'ye göre; GAMIT/GLOBK ile AUSPOS çözümlerinden elde edilen

deformasyon büyüklükleri arasında maksimum 3.61 mm, GAMIT/GLOBK ile OPUS çözümlerinden elde edilen deformasyon büyüklükleri arasında maksimum 9.10 mm ve GAMIT/GLOBK ile CSRS-PPP çözümlerinden elde edilen deformasyon büyüklükleri arasında maksimum 3.03 mm olarak bulunmuştur. Genel olarak, AUSPOS ile CSRS-PPP çözümünden elde edilen baz değişimleri arasındaki farkların daha uyumlu olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan TUSAGA-Aktif GNSS istasyonlarına ait GNSS verileri web tabanlı çevrimiçi veri değerlendirme servislerinden AUSPOS, OPUS ve CSRS-PPP ile analiz edilerek bölgeye ilişkin deprem anı yatay yer değiştirme değerlerinden 2-boyutlu gerinim analizi yapılmıştır. Web tabanlı çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin sonuçlarından elde edilen deprem anı gerinim parametreleri, GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen 2-boyutlu deprem anı gerinim parametreleri ile karşılaştırılarak, çevrimiçi servislerden elde edilen sonuçların doğruluk performanslarıyla ilgili analizler paylaşılmıştır.

Bölgeye ilişkin 2-boyutlu gerinim analizi için, analize konu olan istasyonların deprem anı deformasyonları ve doğruluk ölçütleri kullanılarak, delaunay yöntemine göre oluşturulan üçgenlerin ağırlık merkezi koordinatları yerel koordinat sistemine (kuzey-güney, doğu-batı) dönüştürülmüş ve gerinim parametreleri hesaplanmıştır.

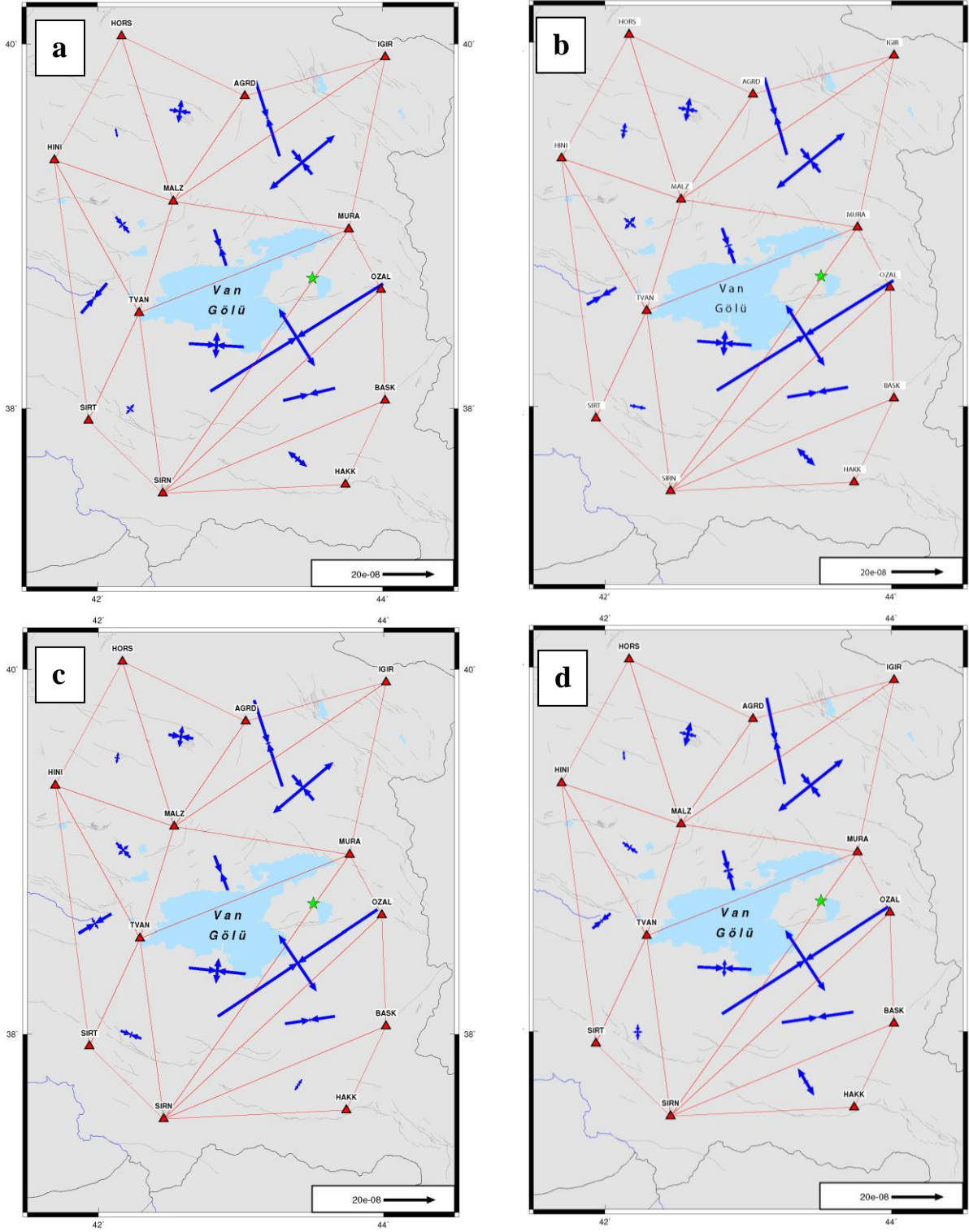
Hesaplanan gerinim parametreleri kullanılarak asal gerinim büyüklükleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 5'de verilmiştir.

Şekil 5'e göre, ana faya yakın kısımlarda sıkışmanın arttığı, faydan uzaklaştıkça gerinimin azaldığı görülmektedir. HINI-HORS-MALZ noktalarında oluşan üçgen üzerinde minimum gerinim gözlenirken ($\epsilon_{\max} = 0.05670$ μstrain , $\epsilon_{\min} = -0.01794$ μstrain), ana faya yakın olan bölgede bulunan MURA-OZAL-SIRN üçgeninde maksimum gerinim belirlenmiştir ($\epsilon_{\max} = 0.41122$ μstrain , $\epsilon_{\min} = -1.23651$ μstrain).

Ayrıca, en büyük maksimum asal gerinim MALZ-IGIR-MURA noktalarından oluşan üçgen eleman üzerinde 0.5133 μstrain , en büyük minimum asal gerinim MURA-OZAL-

SIRN noktalarından oluşan üçgen eleman üzerinde -1.2365 μstrain olarak bulunmuştur. En küçük gerinim değerleri ise SIRN-SIRT-TVAN noktalarından oluşan üçgen elemanda hesaplanmıştır ($\epsilon_{\max} = -0.0531$ μstrain , $\epsilon_{\min} = -0.0691$ μstrain) (Şekil 5).

GAMIT/GLOBK ve diğer web tabanlı çevrimiçi yazılımlara göre yapılan değerlendirme sonuçları incelendiğinde, çözümlerden elde edilen asal gerinim parametre değerlerinin genel olarak uyumlu oldukları (OPUS çözümünde BASK-SIRN-HAKK üçgeni hariç) ve asal gerinim parametreleri arasında 0.04 μstrain değerinin altında farklar olduğu belirlenmiştir. Buna karşın maksimum gerinim yönlerinde küçük farklılıklar görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Asal gerinim büyüklükleri. a) GAMIT b) AUSPOS c) OPUS ve d) CSRS-PPP ile elde edilen sonuçları, gri süreksiz çizgiler aktif fay hatlarını göstermektedir (Emre vd., 2013).

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinin tektonik uygulamalarda kullanılabilirliği ve doğruluk performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında, AUSPOS, OPUS ve CSRS-PPP web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servisleri ile 23 Ekim 2011 Van depreminin deprem anı yatay deformasyonlarının belirlenmesi amacıyla deprem bölgesinde bulunan TUSAGA-AKTİF ağına ait 12 GNSS istasyonu verisi kullanılmıştır. Ayrıca, web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinin doğruluk performanslarını ölçmek için, aynı istasyonların verileri GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilerek deprem anı yatay deformasyon büyüklükleri belirlenmiştir.

Web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerinden elde edilen sonuçlar ile GAMIT/GLOBK yazılımından elde edilen sonuçlar birlikte incelendiğinde, istasyonların yer değiştirme vektör büyüklükleri ve yönleri bakımından uyumlu olduğu belirlenmiştir. Servislerden ve GAMIT/GLOBK çözümlerinden elde edilen deformasyon büyüklüklerine ilişkin farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğu saptanmıştır.

Datumdan bağımsız bir parametre olan baz vektör uzunluklarının deprem öncesi ve sonrası değerleri arasındaki farklar incelenmiştir. Bu analiz sonucunda, AUSPOS ile CSRS-PPP çözümünden elde edilen baz değişimleri arasındaki farkların GAMIT/GLOBK çözümleriyle daha uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca, gerinim analizi çözümlerinden elde edilen asal gerinim parametrelerinin genel olarak uyumlu oldukları (OPUS çözümünde BASK-SIRN-HAKK üçgeni hariç) ve asal gerinim parametreleri arasındaki farkların 0.04 μ strain değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, sürekli istasyonların, web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servisleri tarafından elde edilen koordinat çözümleri, tektonik uygulamalarda kullanılabilir yeterli doğruluğa sahip olduğu gösterilmiştir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışmada, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Müdürlüğü tarafından işletilen TUSAGA-Aktif ağına ilişkin GNSS verileri kullanılmıştır. Ayrıca tüm şekiller GMT (Generic Mapping Tools) yazılımı kullanılarak çizilmiştir (Wessel vd. 2013).

KAYNAKÇA

- Abdallah, A., Schwieger, V. (2016). Static GNSS precise point positioning using free online services for Africa. *Survey review*, 48 (306), 61–77.
- Altner, Y., Söhne, W., Güney, C., Perl, J., Wang, R. ve Muzli, M., (2013). A geodetic study of the 23 October 2011 Van, Turkey earthquake, *Tectonophysics*, 588, 118-134.
- Aydın C. , Uygur S.Ö., Çetin S., Özdemir A. ve Doğan U. (2017). Ability of GPS PPP in 2D deformation analysis with respect to GPS network solution. *Survey Review*. doi: 10.1080/00396265.2017.1415664
- Bahadır, B., Üstün, A. (2014). İnternet tabanlı Gns veri değerlendirme servisleri. *Harita Dergisi*, 80(152), 40-50.
- Brunner, F.K. (1979). On the analysis of geodetic network for the determination of the incremental strain tensor. *Survey Review*, 25, 56-67.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., & Fridez, P. (2015). Bernese GNSS software version 5.2. User manual. Bern: Astronomical Institute, University of Bern, Bern Open Publishing. doi:10.7892/boris.72297; ISBN: 978-3-906813-05-9.
- Doğru, A.D., Duman, H., Şanlı D.U., Berber M.M. (2018). Efficiency of OPUS-RS solutions. *Survey Review*, doi.org/10.1080/00396265.2017.1405495.
- Dogan, U., Demir, D., Cakır, Z., Ergintav, S., Ozener, H., Akoğlu, A.M., Nalbant, S.S. ve Reilinger, R. (2014). Postseismic deformation following the Mw 7.2 October 23, 2011 Van earthquake (Turkey): evidence for aseismic fault reactivation. *Geophys. Res. Lett.*, 41(7), 2334–2341.
- Elliott, J. R., Copley, A. C., Holley, R., Scharer, K. ve Parsons, B. (2013). The 2011 Mw 7.1 Van (Eastern Turkey) earthquake. *Journal of Geophysical Research*, 118 (4), 1619-1637.
- Emre, Ö., Duman, S. Ozalp, F. Tokay, Kuşçu, I. (2013). Active fault map of Turkey with explanatory text Rep. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.

- Feigl, K.N., King, R.W., Jordan, T.H. (1997). Geodetic Measurements of Tectonic Deformation in the Santa Maria Fault and Thrust Belt, California, *JGR*, 95, 2679-2699.
- Ghoddousi-Fard, R., Dare, P. (2006). Online GPS processing services: an initial study, *GPS Solutions*, 10(1), 12-20.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., McClusky, S. C. (2015). GAMIT/GLOBK Reference Manual, Release 10.6.
- Jamieson, M., & Gillins, D. T. (2018). Comparative Analysis of Online Static GNSS Postprocessing Services. *Journal of Surveying Engineering*, 144(4), 05018002.
- Kakkuri, J. ve Chen, R. (1990). Four dimensional adjustment of the finnish first order triangulation: results of a test computation. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 29, Springer Verlag.
- Mahmoud, K. (2018). Accuracy assessment of free web-based online GPS processing services and relative GPS solution software. *Journal of Geomatics*, 12(1), 82-88.
- Mulic, M., Krdzalic, D., Donlagic, E., ve Bilajbegovic, A. (2013) Possibilities and benefit of the online GNSS PPP free services for GNSS applications the accuracy and reliability. *United Nations/Croatia Workshop on the Applications of Global Navigation Satellite Systems*, Baska, Krk Island, Croatia.
- Ocalan, T., Erdogan, B., ve Tunalioglu, N. (2013). Analysis of web-based online services for GPS vd. Relative and Precise Point Positioning techniques. *Boletim De Ciencias Geodesicas*, 19(2), 191-207.
- Prescott, W.H. (1976). An extension of Frank's Method for obtaining crustal shear strains from survey data. *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 66, 1847-1853.
- Subaşı, K., Alkan R.M. (2011). İnternet Tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı , 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- Subaşı, H.K. (2011). İnternet-tabanlı gps değerlendirme servislerinin doğruluk ve performans analizi: İstanbul Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tiryakioğlu, İ., Yavasoglu H., Uğur, M. A., Ozkaymak, C., Yılmaz M., Kocaoglu, H., Turgut. (2016). B. Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw 5.6), 2011 Van Earthquakes Using Long-Term GNSS Time Series. *Earth Sciences Research Journal*, 21(3), 147-156.
- Tsakiri, M. (2008). GPS Processing Using Online Services. *Journal of Surveying Engineering*, 134(4), 115-125.
- Wang, G., Soler, T. (2012). OPUS for horizontal subcentimeter-accuracy landslide monitoring: case study in the Puerto Rico and Virgin Islands region. *Journal of Surveying Engineering*, 138 (3), 143-153.
- Wang, G., Soler, T. (2013). Using opus for measuring vertical displacements in Houston, Texas, *Journal of Surveying Engineering*, 139 (3), 126-134.
- Wang, C., Ding, X., Li, Q., Shan, X., Zhu, W., Guo, B. ve Liu, P. (2015). Coseismic and postseismic slip models of the 2011 Van earthquake, Turkey, from InSAR, offset-tracking, MAI, and GPS observations. *Journal of Geodynamics*, 91, 39-50.
- Wang, G., Soler, T. (2015). measuring land subsidence using GPS: ellipsoid height versus orthometric height. *Journal of Surveying Engineering*, 141 (2), 05014004.
- Wessel, P., Smith, W. H., Scharroo, R., Luis, J., & Wobbe, F. (2013). Generic mapping tools: improved version released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 94(45), 409-410.
- Yigit, CO. (2016). Experimental assessment of post processed kinematic precise point positioning method for structural health monitoring. *Geomat Nat Hazards Risk*, 7, 363-380.
- Zhang, K., Hu, Y., Liu, G., Wu, F. ve Deakin, R. (2005). Deformation monitoring and analysis using victorian regional CORS data. *Journal of Global Positioning Systems*, 4(1+2), 129-138.
- URL1.
<https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/links/ZECK.html> (indirme tarihi: 10.12.2018)

Harita Projeksiyonları ve Nümerik Analiz

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ*

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
iobildirici@ktun.edu.tr

Öz

Harita projeksiyonları problemlerinin çözümünde çeşitli nümerik analiz yöntemlerine gerek duyulur. Doğrusal olmayan denklemlerin iteratif çözümü yaygın kullanılır. Kaynaklarda çok fazla ele alınmamasına rağmen nümerik türevin pratik olarak kullanımı mümkündür. Nümerik türev deformasyon araştırmasında, doğrusal olmayan denklem çözümleri ise ara değişken kullanılan gerçek anlamlı olmayan projeksiyonlarda ve ters projeksiyon uygulamalarında kullanılır. Bu çalışmada yöntemlerin uygulamaları örnekler üzerinde tartışılmış, parametre önerileri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Harita projeksiyonları, projeksiyon deformasyonları, nümerik analiz

Map Projections and Numerical Analysis

Abstract

There are certain numerical analysis methods that have been used in solving map projection problems. In this study methods such as numerical derivation and solving nonlinear equations are introduced, and their usage possibilities are discussed. Additionally, parameter suggestions, and special numerical approaches are given.

Keywords: Map projections, projection distortions, numerical analysis

1 Giriş

Bu makalede harita projeksiyonlarında uygulanabilecek nümerik analiz konuları tartışılacaktır.

İlk olarak nümerik türev konusu ele alınacak, nümerik türev için harita projeksiyonu uygulamalarında kullanılacak parametrenin değeri analiz edilecektir. Daha sonra kısmi türevlerin sıklıkla kullanıldığı diferansiyel anlamda deformasyon analizi, projeksiyon yüzeyinin eğik olmasında kısmi türevlerdeki değişiklikler incelenip daha sonra nümerik ters projeksiyon uygulamaları ele alınacaktır.

2 Harita Projeksiyonu

Harita projeksiyonları orijinal yüzeydeki (küre ya da elipsoit) bir noktayı harita düzleminde bir noktaya izdüştüren bir fonksiyon çifti ile tanımlanır. Orijinal yüzeyden düzleme izdüşüm düz dönüşüm (forward transformation) olarak da ifade edilir. Burada kapalı bir yüzeyin düzleme dönüşümü söz konusudur.

$$x = x(\varphi, \lambda), \quad y = y(\varphi, \lambda) \quad (1)$$

Bu dönüşümün tersine de (düzlemden orijinal yüzeye) ihtiyaç duyulur. Bu, ters dönüşüm (inverse transformation) olarak da adlandırılır.

$$\varphi = \varphi(x, y), \quad \lambda = \lambda(x, y) \quad (2)$$

*Sorumlu yazar

Geliş Tarihi:04.02.2019

Kabul Tarihi:06.03.2019

3 Nümerik Türev

Bir fonksiyonun türevinin sayısal değeri gerekli olduğunda türev almaksızın nümerik olarak yaklaşık değeri bulunabilir.

$$f'(x) = \frac{f(x+t) - f(x)}{t} \quad (3)$$

Ya da

$$f'(x) = \frac{f(x+t) - f(x-t)}{2t} \quad (4)$$

Burada t yeterince küçük seçilecek bir sayısal değerdir. Türevin geometrik anlamı fonksiyona teğet doğrunun eğimi olduğuna göre nümerik türevde teğet doğruya kesen bir doğru ile yaklaşılmaya çalışılmaktadır. Seçilen t değeri sıfıra yaklaştıkça (3) eşitliği belirsizleşir. Sıfırdan uzaklaştıkça kesen doğru teğet doğrudan uzaklaşır (Şekil 1). Kısmi türevler söz konusu ise;

$$f = f(x, y) \quad (5)$$

olmak üzere,

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial x} &= \frac{f(x+t, y) - f(x-t, y)}{2t} \\ \frac{\partial f}{\partial y} &= \frac{f(x, y+t) - f(x, y-t)}{2t} \end{aligned} \quad (6)$$

şeklinde elde edilir. Harita projeksiyonları (1) eşitlikleri ile biliniyorken kısmi türevler sayısal olarak elde edilebilir. Bu şekilde kimi zaman oldukça karmaşık olan fonksiyonların türevleri almaksızın türevlerin sayısal değerleri elde edilebilir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial \varphi} &= \frac{x(\varphi+t, \lambda) - x(\varphi-t, \lambda)}{2t} \\ \frac{\partial x}{\partial \lambda} &= \frac{x(\varphi, \lambda+t) - x(\varphi, \lambda-t)}{2t} \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} &= \frac{y(\varphi+t, \lambda) - y(\varphi-t, \lambda)}{2t} \\ \frac{\partial y}{\partial \lambda} &= \frac{y(\varphi, \lambda+t) - y(\varphi, \lambda-t)}{2t} \end{aligned} \quad (7)$$

3.1 İrdeleme: Trigonometrik Fonksiyonlar

Türevi hesaplanacak fonksiyonlarda trigonometrik ifadeler geçiyorsa burada t

parametresinin birimi radyan olmalıdır. Örneğin $f(x) = \sin x$ ise ve trigonometrik fonksiyonlarda derece kullanılacak ise,

$$f'(x) = \frac{\sin(x + t \frac{180^\circ}{\pi}) - \sin(x - t \frac{180^\circ}{\pi})}{2t}$$

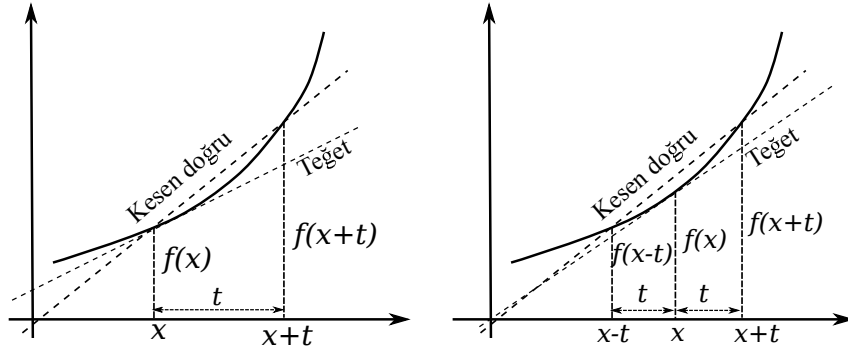
şeklinde hesap yapılmalıdır. Örneğin $t = 10^{-8}$, $x = 30^\circ$ alınırsa $f'(x) = 0.866025407$ bulunur. Türev alıp değerler yerine konulursa $f'(x) = \cos x = 0.866025404$ elde edilir. Bu örnekte nümerik türev olması gereken değerden 10^{-9} kadar büyük olup, olması gereken değere çok yakındır.

En uygun t değeri için belli bir aralıkta nümerik türev türev farklarına bakılabilir. Bu amaçla $-85^\circ, 85^\circ$ aralığında \sin, \cos, \tan fonksiyonlarında nümerik türevin türevden farkı değişik t değerleri için belirlenebilir. Tablo 1, 2, 3'de t değeri küçüldükçe ilgili açı aralığında 1° aralıklarla hesaplanan farkların mutlak değer olarak ortalaması ve en büyük fark görülmektedir.

Tablo 1, 2 ve 3 incelendiğinde en uygun değer $10^{-5}, 10^{-6}$ aralığında olduğu görülmektedir. Burada t değeri küçüldükçe daha uygun bir nümerik türev değerine ulaşılmadığı da görülmektedir.

Tablo 1: Sinüs fonksiyonu için nümerik türev analizi

t	Ortalama fark	Maks. fark
1.00e-02	1.12e-05	1.67e-05
1.00e-03	1.12e-07	1.67e-07
1.00e-04	1.12e-09	1.67e-09
1.00e-05	1.14e-11	2.19e-11
1.00e-06	2.37e-11	8.34e-11
1.00e-07	2.18e-10	9.22e-10
1.00e-08	2.29e-09	8.72e-09
1.00e-09	2.27e-08	8.31e-08
1.00e-10	1.50e-07	5.27e-07
1.00e-11	1.56e-06	5.40e-06
1.00e-12	2.28e-05	8.64e-05
1.00e-13	2.29e-04	7.86e-04
1.00e-14	1.62e-03	5.97e-03



Şekil 1: Nümerik türev

Tablo 2: Kosinüs fonksiyonu için nümerik türev analizi

t	Ortalama fark	Maks. fark
1.00e-02	1.02e-05	1.66e-05
1.00e-03	1.02e-07	1.66e-07
1.00e-04	1.02e-09	1.66e-09
1.00e-05	9.44e-12	2.16e-11
1.00e-06	4.12e-11	1.03e-10
1.00e-07	3.66e-10	9.43e-10
1.00e-08	3.66e-09	9.41e-09
1.00e-09	4.04e-08	1.00e-07
1.00e-10	1.52e-07	5.67e-07
1.00e-11	1.46e-06	5.23e-06
1.00e-12	3.94e-05	1.07e-04
1.00e-13	3.93e-04	1.12e-03
1.00e-14	1.73e-03	5.84e-03

Tablo 3: Tanjant fonksiyonu için nümerik türev analizi

t	Ortalama fark	Maks. fark
1.00e-02	3.07e-02	1.49e+00
1.00e-03	3.05e-04	1.47e-02
1.00e-04	3.05e-06	1.47e-04
1.00e-05	3.05e-08	1.47e-06
1.00e-06	2.98e-10	4.84e-09
1.00e-07	4.07e-09	7.50e-08
1.00e-08	4.30e-08	7.42e-07
1.00e-09	5.60e-07	1.01e-05
1.00e-10	6.47e-07	1.08e-05
1.00e-11	4.60e-06	4.37e-05
1.00e-12	5.89e-04	1.03e-02
1.00e-13	5.39e-03	9.63e-02
1.00e-14	6.36e-03	1.32e-01

3.2 İrdeleme: Hammer Projeksiyonu

Yeryüzünün tamamının gösterimi için kullanılan alan koruyan gerçek anlamda olmayan azimutal bir projeksiyon olan Hammer projeksiyonunda dört kısmi türev de sıfırdan farklıdır. Bu nedenle uygun t parametre değeri ve nümerik türev türeve ne kadar yakınsadığının araştırılması için uygun eşitliklere sahiptir.

$$\begin{aligned} x &= \frac{2R\sqrt{2} \cos \varphi \sin \frac{\lambda}{2}}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2}}} \\ y &= \frac{2R\sqrt{2} \sin \varphi}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2}}} \end{aligned} \quad (8)$$

Kısmi türevler ($R = 1$ alınarak):

$$\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial \varphi} &= -\sqrt{2} \left(\frac{\sin \varphi \sin \frac{\lambda}{2} (2 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2})}{(1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2})^{3/2}} \right) \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} &= \frac{\cos \varphi (2 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2}) + \cos \frac{\lambda}{2}}{\sqrt{2} (1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2})^{3/2}} \\ \frac{\partial x}{\partial \lambda} &= \frac{\cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2} (2 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2}) + \cos^2 \varphi}{\sqrt{2} (1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2})^{3/2}} \\ \frac{\partial y}{\partial \lambda} &= \frac{\sin \varphi \cos \varphi \sin \frac{\lambda}{2}}{2\sqrt{2} (1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2})^{3/2}} \end{aligned} \quad (9)$$

Uygun t değeri araştırmak ve nümerik türev türevden sapmalarını belirlemek için $0 \leq \varphi \leq 85^\circ$ $0 \leq \lambda \leq 180^\circ$ aralığında 5° aralıklarla bir veri seti oluşturulmuş, değişen t değerlerinde türev ile nümerik türev farklarının mutlak değer olarak ortalamaları hesaplanmıştır (Tablo 4). Tabloda her

kısmi türev için tüm verilerdeki farkların işaretli ortalamaları ve dört kısmi türev için bulunan ortalama farkların ortalamaları görülmektedir¹. Bu irdelemede en uygun t değerinin 10^{-6} civarında olduğu, nümerik türev değerlerinin ise sekiz basamak doğruluğa ulaştığı görülmektedir. Trigonometrik fonksiyonların sıklıkla kullanıldığı harita projeksiyon eşitlikleri için $t = 10^{-6}$ uygun bir değer olarak öne çıkmaktadır.

4 Projeksiyon Deformasyonları

Harita projeksiyonlarında bir nokta etrafında diferansiyel anlamda oluşan doğrusal ve alansal ölçek değişimlerine ya da alan, açı ve uzunluk değişimlerine deformasyon denir. Eğri yüzeyin (küre ya da elipsoit) düzleme dönüşümü sonucunda şekil bozulmaları kaçınılmazdır. Orijinal yüzeyde bir nokta merkez alınarak çizilecek yarıçapı bir birim kabul edilen sonsuz küçük bir dairenin izdüşümü projeksiyon düzleminde elips şeklindedir. Bu elips, deformasyon elipsi ya da *Tissot Endikatrişi* olarak adlandırılır. Elipsin büyük ve küçük yarı eksenleri ile büyük yarı eksenin yatay koordinat ekseninden yapmış olduğu açı (a, b, γ) endikatriş elemanlarıdır. Elipsin büyük yarı eksenini (a) maksimum uzunluk deformasyonuna, küçük yarı eksenini de minimum uzunluk deformasyonuna (b) karşılık gelir.

Bir harita projeksiyonunda coğrafi ağın izdüşümü ortogonal ise deformasyon elipsi yarı eksenleri meridyen ve paraleller doğrultusunda olur. Bu durumda maksimum ve minimum uzunluk deformasyon yönleri meridyen ve paraleller ile aynı doğrultudadır. Ağın izdüşümü ortogonal değil ise maksimum ve minimum deformasyon doğrultuları meridyen ve paralellerden farklı doğrultudadır.

Herhangi bir doğrultudaki uzunluk deformasyonu ise izdüşüm yüzeyi ve orijinal yüzeydeki diferansiyel uzunlukların oranından elde edilir. Diferansiyel uzunluk elemanları Gauss'un birinci temel biçimi ile ifade edilir. Küreden düzleme herhangi bir projeksiyon

için bu oran aşağıdaki gibidir.

$$m^2 = \frac{\bar{d}s^2}{ds^2} = \frac{dx^2 + dy^2}{R^2 d\varphi^2 + R^2 \cos^2 \varphi d\lambda^2} \quad (10)$$

$$= \frac{ed\varphi^2 + 2fd\varphi d\lambda + gd\lambda^2}{Ed\varphi^2 + 2Fd\varphi d\lambda + Gd\lambda^2}$$

m değeri nokta konumuna ve yöne bağlı olarak değişir. Tissot'a göre bir nokta etrafındaki uzunluk deformasyonunun en büyük ve en küçük olduğu birbirine dik iki doğrultu vardır. Bunlar ana deformasyon yönleri olarak adlandırılır (Bildirici, 2018; Hoschek, 1984).

Coğrafi koordinatlar parametre seçilirse küre yüzeyi için temel büyüklükler aşağıdaki gibidir.

$$E = R^2 \quad F = 0 \quad G = R^2 \cos^2 \varphi \quad (11)$$

Projeksiyon düzleminde orijinal yüzey parametrelerine göre düzenlenmiş Gauss temel büyüklükleri:

$$e = \left(\frac{\partial x}{\partial \varphi} \right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi} \right)^2$$

$$f = \left(\frac{\partial x}{\partial \varphi} \right) \left(\frac{\partial x}{\partial \lambda} \right) + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi} \right) \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda} \right) \quad (12)$$

$$g = \left(\frac{\partial x}{\partial \lambda} \right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda} \right)^2$$

Meridyen ve paraleller yönündeki uzunluk deformasyonları:

$$h = \sqrt{\frac{e}{E}} = \frac{1}{R} \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi} \right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi} \right)^2}$$

$$k = \sqrt{\frac{g}{G}} = \frac{1}{R \cos \varphi} \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda} \right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda} \right)^2} \quad (13)$$

Normal konumlu projeksiyonlarda meridyen ve paralellerin izdüşümü ortogonal ise $f = 0$ olur. Bu durumda ana deformasyon yönleri meridyenler ve paraleller ile çakışık olur. h ve k (10) eşitliğinin en büyük ve en küçük değerlerine eşittir. Bu, özel bir durum olup, genel eşitlikleri elde etmek için (10) eşitliği yöne bağlı düzenlenip türevi sıfıra eşitlenir. Buradan ana deformasyon büyüklükleri (a, b) elde edilir.

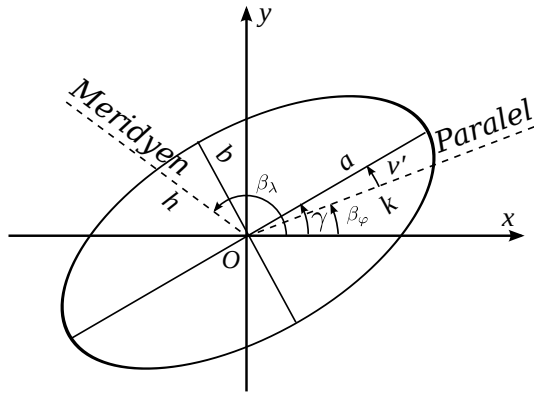
$$K^2 = \frac{1}{a^2} \frac{1}{b^2} = \frac{EG - F^2}{eg - f^2}$$

$$2H^2 = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} = \frac{Eg - 2Ff + Ge}{eg - f^2} \quad (14)$$

¹Hesaplamalar yazar tarafından geliştirilen yazılım ile yapılmıştır.

Tablo 4: Hammer projeksiyonunda nümerik türev farkları

t	$\partial x/\partial \varphi$	$\partial x/\partial \lambda$	$\partial y/\partial \varphi$	$\partial y/\partial \lambda$	Genel ort.
1.00E-03	6.58E-08	2.24E-08	1.09E-07	2.48E-09	4.99E-08
1.00E-04	1.50E-08	1.03E-08	1.67E-08	8.58E-10	1.07E-08
1.00E-05	1.54E-08	1.02E-08	1.57E-08	8.43E-10	1.05E-08
1.00E-06	1.54E-08	1.02E-08	1.57E-08	8.50E-10	1.05E-08
1.00E-07	1.54E-08	1.00E-08	1.58E-08	9.76E-10	1.05E-08
1.00E-08	2.05E-08	1.30E-08	1.54E-08	3.55E-09	1.31E-08
1.00E-09	9.70E-08	6.63E-08	5.18E-08	3.41E-08	6.23E-08
1.00E-10	8.22E-07	7.43E-07	4.99E-07	3.43E-07	6.02E-07
1.00E-11	1.04E-05	7.99E-06	5.82E-06	3.63E-06	6.97E-06
1.00E-12	8.59E-05	6.88E-05	5.28E-05	3.43E-05	6.04E-05
1.00E-13	8.63E-04	7.20E-04	4.43E-04	3.36E-04	5.91E-04
1.00E-14	9.38E-03	6.82E-03	5.47E-03	3.18E-03	6.22E-03



Şekil 2: Endikatrik elemanları

$$\frac{1}{a} = H^2 - \sqrt{H^4 - K^2} \quad (15)$$

$$\frac{1}{b} = H^2 + \sqrt{H^4 - K^2}$$

Burada K deformasyon ölçütü, H ise ortalama deformasyon olarak adlandırılır. Alan koruyan projeksiyonlarda $K = 1$, konform projeksiyonlarda $K = H^2$ olur (Hoschek, 1984).

Ana deformasyon doğrultuları meridyen ve paraleller yönünde değil ise endikatriksin büyük ekseninin x ekseninden yaptığı açı için önce paralel izdüşümünün açısı yardımıyla

endikatrik yönü belirlenir (Şekil 2).

$$\tan \beta_\varphi = \frac{\frac{\partial y}{\partial \lambda}}{\frac{\partial x}{\partial \lambda}}$$

$$\sin v' = \pm \sqrt{\frac{1 - a^2/k^2}{1 - a^2/b^2}} \quad (16)$$

$$\gamma = \beta_\varphi + \text{signum}(f)v'$$

v' açısının işareti projeksiyon düzlemindeki temel büyüklük f 'in işareti ile aynı alınmalıdır (Boùaert vd., 2016; Bildirici, 2016).

Endikatrik elemanları Laskowski yöntemi (Laskowski, 1989) ile de bulunabilir. Burada (1) denklemleri ile tanımlanan dönüşümün doğrusallaştırılmış halini ifade eden \mathbf{A} matrisinin Single Value Decomposition (SVD) yöntemi ile çarpanlara ayrılmasından yararlanır.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{G}} \frac{\partial x}{\partial \lambda} & \frac{1}{\sqrt{E}} \frac{\partial x}{\partial \varphi} \\ \frac{1}{\sqrt{G}} \frac{\partial y}{\partial \lambda} & \frac{1}{\sqrt{E}} \frac{\partial y}{\partial \varphi} \end{bmatrix} = \mathbf{U} \mathbf{D} \mathbf{V}^T \quad (17)$$

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} d_1 & 0 \\ 0 & d_2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} \\ u_{21} & u_{22} \end{bmatrix}$$

Endikatrik elemanları:

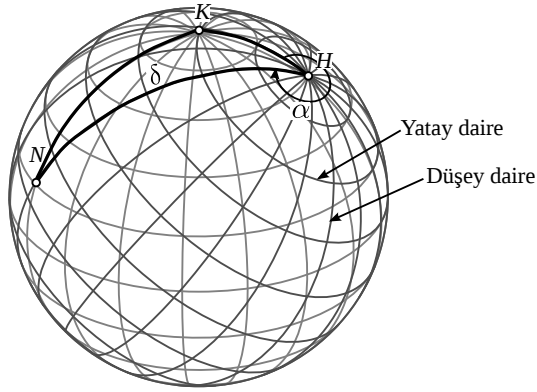
$$a = d_1$$

$$b = d_2 \quad (18)$$

$$\tan \gamma = \frac{u_{21}}{u_{11}}$$

Burada \mathbf{V} matrisinin bir rolü bulunmamaktadır. Alan deformasyonu ve maksimum yön deformasyonu:

$$p = ab \quad (19)$$



Şekil 3: Projeksiyon yüzeyinin eğik konumlu olması

Açı deformasyonu:

$$\sin \omega = \frac{a - b}{a + b} \quad w = 2\omega \quad (20)$$

Coğrafi ağın ortogonal olmaması halinde meridyen ve paralellerin arasında oluşan açı ise aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$\sin \Omega = \frac{ab}{hk} \quad (21)$$

Verilen bir nokta ya da noktalar için endikatrix elemanlarının belirlenmesi gerektiğinde de kısmi türevler (7) eşitliklerinden yararlanılarak nümerik olarak da belirlenebilir.

5 Projeksiyon Yüzeyinin Eğik Olması

Projeksiyon yüzeyinin normal konumlu olmaması halinde coğrafi koordinat sisteminin asal noktaya göre (H) döndürülmesi gerekir. Burada asal nokta, normal konumlu projeksiyonlarda kuzey kutup noktası yerine geçen, azimutal projeksiyonlarda düzlemin referans yüzeyine teğet olduğu nokta, silindirik ve konik projeksiyonlarda ise koni/silindir ekseninin projeksiyon yüzeyini deldiği noktadır. Burada coğrafi koordinatlardan, küresel kutupsal koordinatlara geçiş (α , δ) kürede ikinci temel ödev çözümü ile gerçekleştirilir (Şekil 3). İkinci temel ödev çözümü KHN küresel üçgeninin çözümünden başka bir şey değildir. $\Delta\lambda = \lambda_N - \lambda_H$ alınır.

$$\cos \delta = \sin \varphi_H \sin \varphi_N + \cos \varphi_H \cos \varphi_N \cos \Delta\lambda \quad (22)$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin(\lambda_N - \lambda_H)}{\cos \varphi_H \tan \varphi_N - \sin \varphi_H \cos \Delta\lambda} \quad (23)$$

Burada elde edilen α , boylam yerine, δ ise kutup uzaklığı ($90^\circ - \varphi$) yerine geçmektedir. Bu büyüklükler normal konumlu eşitliklerde enlem/kutup uzaklığı ve boylam yerine alınarak eğik konumlu projeksiyon uygulamaları gerçekleştirilir.

Asal noktaya göre oluşan koordinat sisteminde meridyenlere karşılık gelen eğriler düşey daire, paralellere karşılık gelen eğrilere de yatay daireler adı verilir.

Eğik konumlu projeksiyonlarda deformasyonların incelenmesi için kısmi türevlerin parametre dönüşümü ile belirlenmesi gerekir. Bu durumda harita projeksiyonunu tanımlayan fonksiyon çiftleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} x &= x(\alpha(\varphi, \lambda), \delta(\varphi, \lambda)) \\ y &= y(\alpha(\varphi, \lambda), \delta(\varphi, \lambda)) \end{aligned} \quad (24)$$

Kısmi türevler aşağıdaki gibi elde edilir ve deformasyon değerlerinin elde edilmesi için kullanılır.

$$\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial \varphi} &= \frac{\partial x}{\partial \alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} + \frac{\partial x}{\partial \delta} \frac{\partial \delta}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial x}{\partial \lambda} &= \frac{\partial x}{\partial \alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial \lambda} + \frac{\partial x}{\partial \delta} \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} &= \frac{\partial y}{\partial \alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} + \frac{\partial y}{\partial \delta} \frac{\partial \delta}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial y}{\partial \lambda} &= \frac{\partial y}{\partial \alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial \lambda} + \frac{\partial y}{\partial \delta} \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \end{aligned} \quad (25)$$

Örnek: Eğik konumlu uzunluk koruyan azimutal projeksiyon aşağıdaki gibi tanımlıdır.

$$\begin{aligned} x &= R\delta \sin \alpha \\ y &= R\delta \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\delta = \arccos(\sin \varphi_H \sin \varphi + \cos \varphi_H \cos \varphi \cos \Delta\lambda)$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{\sin \Delta\lambda}{\tan \varphi \cos \varphi_H - \sin \varphi_H \cos \Delta\lambda} \right)$$

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_H$$

Bu eşitliklerde asal nokta keyfi olarak, genellikle projeksiyonun uygulanacağı bölgenin ortasında seçilir. Burada x eksenini asal noktadan geçen meridyenin izdüşümüne çakışık olarak alınmıştır. Kısmi türevler:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \delta}{\partial \varphi} &= -\frac{\cos \varphi \sin \varphi_H - \sin \varphi \cos \varphi_H \cos \Delta \lambda}{A} \\ \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} &= \frac{\cos \varphi \cos \varphi_H \sin \Delta \lambda}{A} \\ \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} &= -\frac{\sin \Delta \lambda \cos \varphi_H}{\cos^2 \varphi (\sin^2 \Delta \lambda + B^2)} \\ \frac{\partial \alpha}{\partial \lambda} &= \frac{B \cos(\lambda - \lambda_H) - \sin^2 \Delta \lambda \sin \varphi_H}{\sin^2 \Delta \lambda + B^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \sqrt{1 - (\sin \varphi_H \sin \varphi + \cos \varphi_H \cos \varphi \cos \Delta \lambda)^2} \\ B &= \tan \varphi \cos \varphi_H - \sin \varphi_H \cos \Delta \lambda\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial x}{\partial \delta} &= R \sin \alpha, & \frac{\partial x}{\partial \alpha} &= R \delta \cos \alpha \\ \frac{\partial y}{\partial \delta} &= R \cos \alpha, & \frac{\partial y}{\partial \alpha} &= -R \delta \sin \alpha\end{aligned}$$

6 Ara Değişken Kullanılan Projeksiyonlar

Gerçek anlamda olmayan silindirik projeksiyonların bazılarında enleme bağlı olarak genellikle kapalı bir fonksiyonla tanımlanan bir ara değişken kullanılır. Kapalı fonksiyonlar söz konusu ise ara değişkenin enleme bağlı olarak bulunması iteratif çözüm gerektirir. Örnek olarak Mollweide projeksiyonunu² ele alalım (Şekil 4).

$$\begin{aligned}x &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} R(\lambda - \lambda_0) \cos \theta \\ y &= \sqrt{2} R \sin \theta \\ 2\theta + \sin 2\theta &= \pi \sin \varphi\end{aligned}\quad (26)$$

Burada λ_0 , x ekseninin çakışık alınacağı meridyen (orta meridyen) olup dünya haritalarında genel olarak 0 alınır. θ açısı ise Newton-Raphson iterasyonu ile bulunabilir (Bildirici, 2018; Snyder, 1987). Kapalı eşitlik $f(\theta) = 0$ şeklinde düzenlenirse:

$$\begin{aligned}f(\theta) &= 2\theta + \sin 2\theta - \pi \sin \varphi = 0 \\ f'(\theta) &= 2 + 2 \cos 2\theta\end{aligned}$$

²Alman K.B. Mollweide (1774–1825) tarafından geliştirilmiş yeryüzünün tamamının gösterimi için kullanılan alan koruyan gerçek anlamda olmayan silindirik projeksiyon

iterasyon,

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \frac{f(\theta_i)}{f'(\theta_i)}$$

eşitliğinde ikinci terim yeterince küçük oluncaya kadar devam ettirilir. Başlangıç değeri aşağıdaki gibi seçilebilir.

$$\theta_0 = \frac{\pi \sin \varphi - \sin 2\varphi}{2}$$

Çözüm Halley yöntemi ile de yapılabilir (Weissstein, 2019).

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \frac{2f(\theta_i)f'(\theta_i)}{2(f'(\theta_i))^2 - f(\theta_i)f''(\theta_i)}$$

Ya da

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \frac{f(\theta_i)}{f'(\theta_i) - \frac{f(\theta_i)f''(\theta_i)}{2f'(\theta_i)}}$$

Bu tür projeksiyonlarda enleme bağlı kısmi türevler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}\frac{\partial x}{\partial \varphi} &= \frac{\partial x}{\partial \theta} \frac{\partial \theta}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} &= \frac{\partial y}{\partial \theta} \frac{\partial \theta}{\partial \varphi}\end{aligned}\quad (27)$$

Kapalı fonksiyonun türevi $f(x, y) = 0$ olmak üzere,

$$\frac{dy}{dx} = f'(x, y) = -\frac{f'_x(x, y)}{f'_y(x, y)}$$

Burada:

$f'_x(x, y)$: y sabit kabul edilip x e göre alınan türev

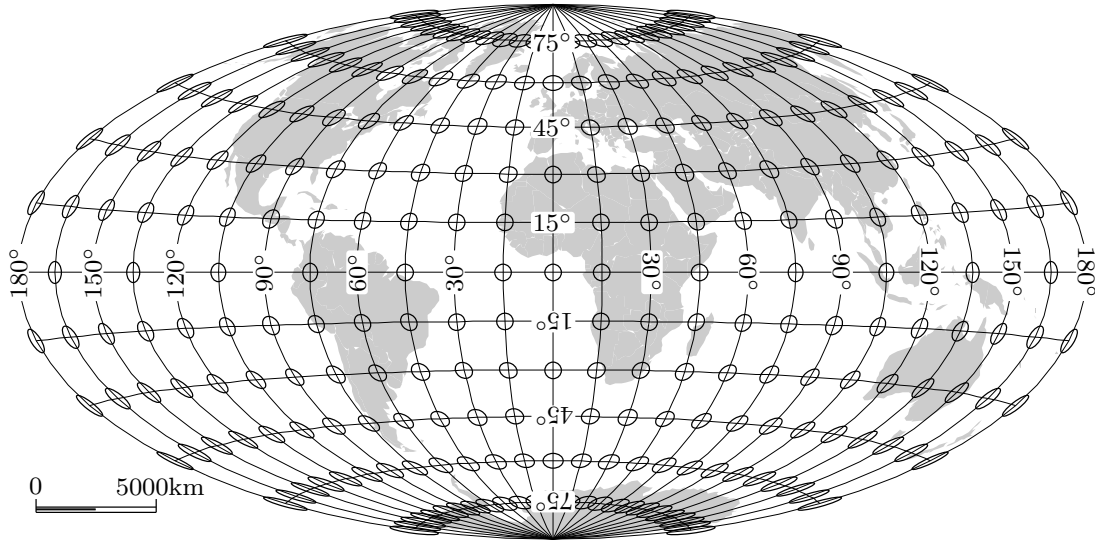
$f'_y(x, y)$: x sabit kabul edilip y e göre alınan türev

Mollweide projeksiyonu için uygulanırsa:

$$\begin{aligned}f(\varphi, \theta) &= 2\theta + \sin 2\theta - \pi \sin \varphi = 0 \\ \frac{d\theta}{d\varphi} &= -\frac{f'_\varphi(\varphi, \theta)}{f'_\theta(\varphi, \theta)} = \frac{\pi \cos \varphi}{2 + 2 \cos 2\theta}\end{aligned}$$

Kısmi türevler:

$$\begin{aligned}\frac{\partial x}{\partial \varphi} &= \frac{-2\sqrt{2}}{\pi} (\lambda - \lambda_0) \sin \theta \frac{\pi \cos \varphi}{2 + 2 \cos 2\theta} \\ \frac{\partial x}{\partial \lambda} &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cos \theta \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} &= \sqrt{2} \cos \theta \frac{\pi \cos \varphi}{2 + 2 \cos 2\theta} \\ \frac{\partial y}{\partial \lambda} &= 0\end{aligned}$$



Şekil 4: Mollweide projeksiyonunda endikatrix gösterimi ile birlikte dünya

Benzer şekilde çok sayıda gerçek anlamda olmayan silindirik projeksiyon vardır (Daha fazla bilgi için: Uçar vd. (2011), Snyder ve Voxland (1989), Snyder (1993), Bugayevskiy ve Snyder (1995)).

7 Nümerik Ters Projeksiyon

Harita projeksiyonlarında (1) eşitlikleri biliniyorken (2) eşitliklerinin elde edilmesi nümerik olarak gerçekleştirilebilir. Winkel Tripel³ gibi bazı projeksiyonlarda doğrusal olmayan denklemlerin çözümü gerektiğinden yalnızca nümerik yaklaşım mümkündür. Bu amaçla Newton-Raphson yöntemi kullanılabilir (Burden ve Faires, 2001; Yang vd., 1999). Seçilen bir başlangıç değeri çiftine bağlı olarak (φ_0, λ_0) ,

$$\begin{aligned} \mathbf{F} &= \begin{bmatrix} x(\varphi_i, \lambda_i) - x \\ y(\varphi_i, \lambda_i) - y \end{bmatrix} \\ \mathbf{J} &= \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \varphi} & \frac{\partial x}{\partial \lambda} \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} & \frac{\partial y}{\partial \lambda} \end{bmatrix} \\ \mathbf{X} &= \begin{bmatrix} \varphi \\ \lambda \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (28)$$

olmak üzere iterasyon

$$\mathbf{X}_{i+1} = \mathbf{X}_i - \mathbf{J}_i^{-1} \mathbf{F}_i \quad (29)$$

³Oswald Winkel (1873–1953) tarafından 1921’de sunulmuş yeryüzünün tamamının gösterimine yönelik gerçek anlamda olmayan bir projeksiyon

\mathbf{X} matrisinde değişim yeterince küçük oluncaya kadar devam ettirilir. Bilgisayar ortamında `double precision` reel sayı kullanılması halinde maksimum basamak doğruluğuna ulaşmak için iterasyon,

$$\mathbf{J}_i^{-1} \mathbf{F}_i \leq \begin{bmatrix} 10^{-14} \\ 10^{-14} \end{bmatrix}$$

oluncaya kadar devam ettirilmelidir.

Ters dönüşümde dönüşümü yapılan noktanın orta meridyen ya da Ekvator üzerinde olması gibi özel durumların dikkate alınması gerekir. Örneğin Mollweide projeksiyonu gibi (Şekil 4) gerçek anlamı olmayan silindirik projeksiyonlarda; projeksiyon düzleminde düzlem Kartezyen koordinat ve coğrafi koordinat sistemlerinin orijini çakışık ise, düzlem koordinatlardan birinin sıfır olması durumunda istenen coğrafi koordinatlardan biri de sıfır olacaktır. Bu durumun iterasyon öncesi kontrol edilmesi gerekir.

Bu tür projeksiyonlarda $x = 0, y \neq 0$ ise $\lambda = 0$ olur, enlem ise aşağıdaki belirlenir.

$$\varphi_{i+1} = \varphi_i - \frac{y(\varphi_i, 0) - y}{\left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)_i} \quad (30)$$

$x \neq 0, y = 0$ ise nokta ekvator üzerindedir ($\varphi = 0$), boylam aşağıdaki belirlenir.

$$\lambda_{i+1} = \lambda_i - \frac{x(0, \lambda_i) - x}{\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)_i} \quad (31)$$

İterasyon başlangıç değerlerinin seçimi de önemlidir. İncelenen projeksiyona özgü başlangıç değerleri araştırılabilir. Bir çok projeksiyon için geçerli olabilecek değerler aranır, kuzeydoğu çeyrek küre orta noktasından ($\varphi = 45^\circ, \lambda = 90^\circ$) yararlanılabilir.

Winkel-Tripel projeksiyonu ve diğer bazı gerçek anlamda olmayan silindirik projeksiyonlar için için nümerik ters projeksiyon uygulamalarını İpbüker ve Bildirici (2005) ve İpbüker (2009) ele almıştır.

Nümerik ters projeksiyon nümerik türev ile uygulanabilir. Bu durumda bilgisayar programlama tekniği açısından düz projeksiyon eşitliklerinin kodlanmış olması yeterlidir. Bu şekilde kısmi türevler kolayca hesaplanarak ters projeksiyon nümerik olarak yapılabilir. Bir çok projeksiyon için kodlama yapılan bir programlama çalışmasında ters projeksiyon eşitliklerinin ayrıca kodlanmasına gerek kalmaz. Bildirici (2017) değişik projeksiyonlarda bu yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermiştir.

8 Sonuç

Bu çalışmada harita projeksiyonları ile ilgili nümerik analiz konuları uygulamalar eşliğinde ele alınmıştır. Nümerik türevin hangi koşullarda uygulanabilir olduğu irdelenmiş harita projeksiyonları için kullanılacak parametre önerileri yapılmıştır. Projeksiyon yüzeyinin eğik olması ve bir yardımcı değişken ile tanımlanmış projeksiyonlarda deformasyon analizi konusu tartışılmıştır. Son olarak ters projeksiyonun (düzlem koordinatlardan coğrafi koordinatların bulunması) nümerik olarak uygulanması ele alınmıştır.

Kaynaklar

Bildirici, İ. Ö. (2016). Ortogonal olmayan coğrafi ağı harita projeksiyonlarında Tissot endikatrix elemanlarının belirlenmesi. *Harita Dergisi*, (156):13–22.

Bildirici, İ. Ö. (2017). An iterative approach for inverse transformation of map

projections. *Cartography and Geographic Information Science*, 44(5):463–471.

Bildirici, İ. Ö. (2018). *Kartografya: Harita Tasarımı ve Kullanımı için Gerekli Bilim, Sanat ve Teknik*. Atlas Akademi Yayınevi, Konya.

Boùuaert, M. C., Baets, B. D., Vervust, S., Neutens, T., Maeyer, P. D., ve de Weghe, N. V. (2016). Computation and visualisation of the accuracy of old maps using differential distortion analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(7):1255–1280.

Bugayevskiy, L. M. ve Snyder, J. (1995). *Map projections: A reference manual*. CRC Press.

Burden, R. L. ve Faires, J. D. (2001). *Numerical analysis*.

Hoschek, J. (1984). *Mathematische Grundlagen der Kartographie*. Bibliographisches Institut, Mannheim.

İpbüker, C. (2009). Inverse transformation for several pseudo-cylindrical map projections using jacobian matrix. *International Conference on Computational Science and Its Applications*. Springer, 553–564.

İpbüker, C. ve Bildirici, İ. Ö. (2005). Computer program for the inverse transformation of the winkel projection. *Journal of Surveying Engineering*, 131(4):125–129.

Laskowski, P. H. (1989). The traditional and modern look at Tissot's indicatrix. *The American Cartographer*, 16(2):123–133.

Snyder, J. P. (1987). *Map projections-A working manual*, volume 1395. US Government Printing Office.

Snyder, J. P. (1993). *Flattening the Earth*. University of Chicago Press, Chicago.

Snyder, J. P. ve Voxland, P. (1989). *An Album of Map Projections*. US Geological Survey, Washington DC.

Uçar, D., İpbüker, C., ve Bildirici, İ. Ö. (2011). *Matematiksel Kartografya*. Atlas Yayın Dağıtım, Ankara.

Weissstein, E. W. (2019). Halley's method. <http://mathworld.wolfram.com/HalleysMethod.html>. Giriş: 31.01.2019.

Yang, Q., Snyder, J., ve Tobler, W. (1999). *Map projection transformation: principles and applications*. CRC Press.