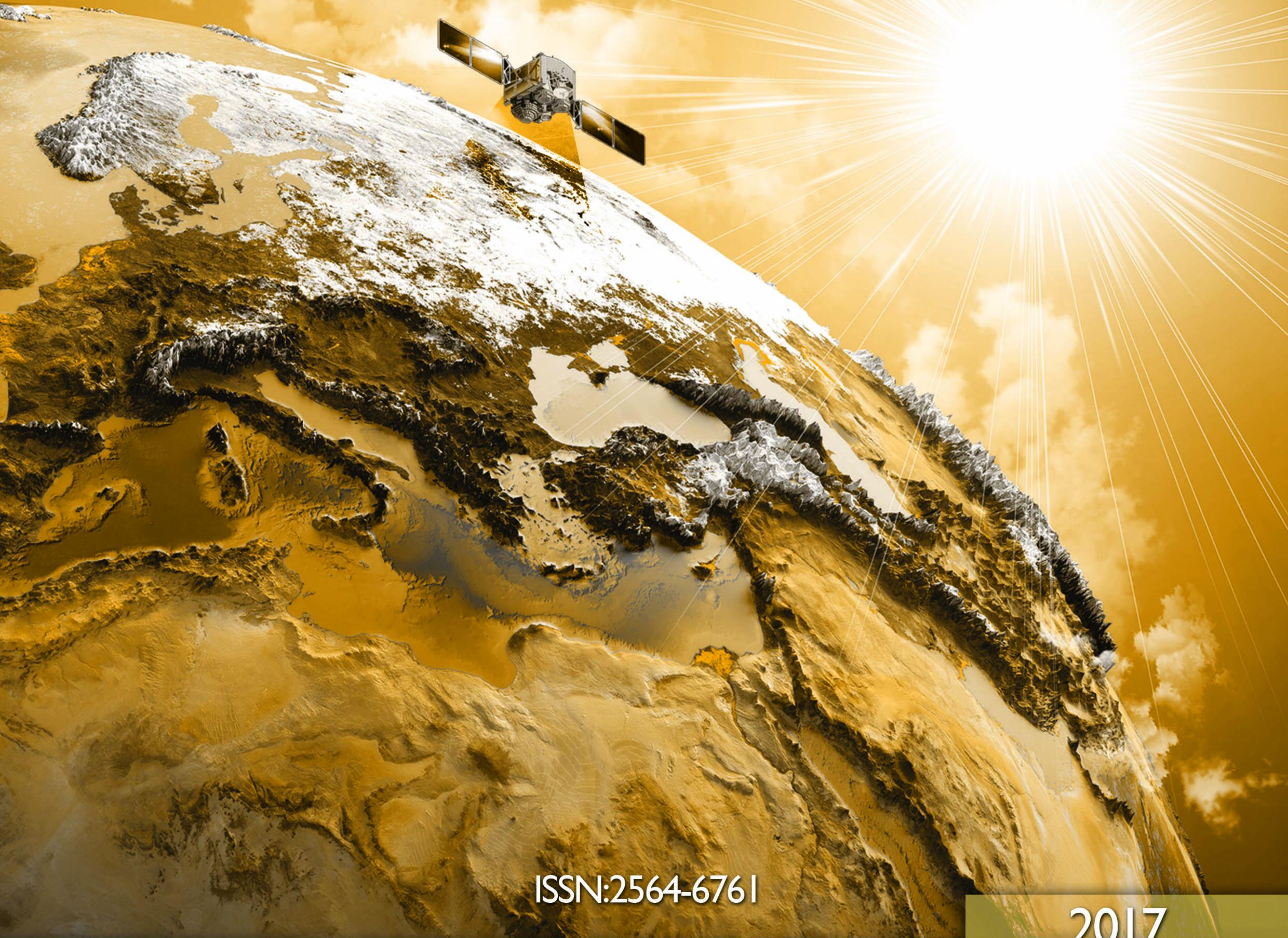


Cilt: 2 Sayı: 1

GEOmatik



ISSN:2564-6761

2017

Barajların Çevresel Etkilerinin Zamansal ve Mekansal Olarak Uzaktan Algılama İle Değerlendirilmesi: Atatürk Barajı Örneği

Gülcan SARP^{1*}, Arzu ERENER²

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli
(arzu.ener@kocaeli.edu.tr)

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Isparta
(gulcansarp@sdu.edu.tr)

Öz

Barajlar ülkenin enerji üretiminin en doğal ve en ucuz yoludur. Barajlar inşa etmek, ucuz enerji üretimi, rekasyon olanaklarını artırması, tarımsal arazilerin sulanması, şehir şebekeleri için gerekli olan suyu sağlaması ve taşkın kontrolü açısından büyük önem taşırlar. Bununla birlikte, alansal olarak çok büyük barajlar, havadaki nem oranını artırarak bulunduğu bölgenin iklimini ve ekolojik dengesini değiştirmektedirler. Bu çalışmada Atatürk Baraj gölünün 1992 ve 2016 yılları arasında bölge üzerindeki çevresel etkileri uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada 1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarına ait Landsat 4,5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS uydularına ait görüntüler kullanılmıştır. Çalışma alanına ait bitki alanları, toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi (SAVI) ve yüzey nemliliği normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI) kullanılarak, yıllara ait yüzey sıcaklık dağılımları (YSD) ise Landsat 4, 5 TM, ve Landsat 8 OLI-TIRS uydularının termal kızıl ötesi (TIR) bantları kullanılarak elde edilmiştir. 1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarında meydana gelen bitki alanları, yüzey nemliliği ve yüzey sıcaklık dağılımları arasındaki ilişki rastlantısal olarak seçilmiş 500 noktada eşit aralıklı ve oran ölçekte Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: YSD, SAVI, NDMI, Görüntü İşleme, Landsat

SPATIOTEMPORAL EVALUATION OF ENVIRONMENTAL EFFECTS OF DAMS WITH REMOTE SENSING TECHNIQUES: ATATÜRK DAM CASE

Abstract

Dams are the most natural and cheapest way of energy production in the country. Dam construction has great importance in terms of cheap energy production, increasing recreational opportunities, watering of agricultural land, water supply for city networks and flood control. However, very large dams increase the humidity of the air and change the climate and ecological balance of the region. In this study, the environmental impacts of the Atatürk Dam Lake were evaluated between 1992 and 2016 years by using satellite imagery and remote sensing techniques. In the study Landsat 4,5 TM and Landsat 8 OLI satellite images were used. Vegetated areas and surface moisture in 2016 were extracted from satellite images by using Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) and Normalized Difference Moisture Index (NDMI) respectively. On the other hand, surface temperature distributions for the mentioned years were determined using the thermal infrared (TIR) bands of Landsat 4, 5 TM, and Landsat 8 OLI-TIRS satellites. The relationship among vegetated areas, surface moisture and surface temperature for the 1992, 1998, 2006 and 2016 years were investigated for randomly selected 500 points by using Pearson correlation coefficient that were equally spaced and proportionally scaled.

Keywords: YSD, SAVI, NDMI, Image Processing, Landsat

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Akarsular yeryüzünü şekillendirici en önemli etkenlerden biridir. Dünyanın her tarafında akarsulardan en yoğun şekilde faydalanma şekli olarak baraj yapımı, gerek akarsuların çevrede meydana getirebileceği olumsuz etkileri azaltmak ve gerekse enerji üretimi ile beraber sulamayı kontrol altına alarak tarımsal üretimi arttırmak bakımından önem kazanmıştır (Sönmez, M.E., 2012). Bu yoğun kullanım ciddi çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bir akarsu üzerindeki baraj sayısı ve büyüklüğündeki artış doğal tahribatın büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Baraj yapımından kaynaklanan bu olumsuzluklar genel olarak arazi potansiyelinin doğru değerlendirilmemesine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Bayrakdar, 2004). Baraj göllerinin buldukları bölgenin iklim özelliklerini etkileyerek değiştirdiği ve bölgeye farklı bir iklim yapısı kazandırdığı da bilinmektedir (Güldal ve Ağralıoğlu, 1994; Kadioğlu ve diğerleri, 1994).

Geçmiş yıllardan güzümüze kadar barajlarla ilgili olarak bölge iklimi ve çevresel etkileri üzerine farklı çalışmalar yapılmıştır. Bacanlı ve Tuğrul (2016), yaptıkları çalışmada, Vali Recep Yazıcıoğlu Gökpınar Baraj Gölü'nün Denizli ili iklimine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada Denizli ili meteoroloji istasyonundan alınmış maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı, yağış ve buharlaşma verileri kullanılmıştır. Baraj yapılmadan önceki ve sonraki verilerdeki mutlak değişimler incelenmiş ve çalışma sonucunda baraj yapımından sonra bölgede maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklarda tüm aylarda bir artış gözlemlendiği sonucuna varmışlardır. Bulut ve diğerleri (2006), Atatürk Barajı'nın bölge iklimi üzerindeki etkisini araştırmışlar bu çalışmada baraj gölüne yakın iki il merkezindeki meteorolojik parametrelerin trend analizlerini yapmışlardır. Çalışma sonucunda bölgede sıcaklık ve bağıl nemde artış trendi olduğu, toplam yağışta önemli bir değişimin olmadığı

ve rüzgâr hızında azalma olduğu sonucuna varılmıştır. Yeşilata ve diğerleri (2004), Atatürk Baraj Gölü'nün bölge iklimi üzerine etkisini, Şanlıurfa ve Adıyaman illerinin 30 yıllık (1972-2001) meteorolojik verileri yardımıyla araştırmışlardır. Çalışmada baraj yapımı sonrasında her iki il için; yılın büyük bir bölümünde, hem sıcaklık ve hem de nem değerlerinde artış olduğunu gözlemlenmiştir. Nagarajan (2000), Hindistan'daki Dudhganga Barajı'nın arazi kullanımı üzerindeki çevresel etkilerini baraj yapımı öncesi, sırası ve sonrasına ait SPOT ve IRS görüntülerini kullanarak görüntü işleme yöntemleri ile analiz etmiş baraj yapımının arazi kullanımı üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu belirtmiştir. Yeşilnaçar ve Gülşen (1999) Atatürk Baraj Gölü'nün yöre ikliminde meydana getirebileceği değişimleri tespit etmek amacıyla yöre ikliminin karakteristik özellikleri ile barajdan önce ve sonraki meteorolojik parametrelerdeki değişimleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda Şanlıurfa ilinin karakteristik iklim özellikleri bölge iklimi ile karşılaştırılmış, bölge iklimi parametreleri ortalamasına göre; sıcaklığın daha yüksek, yağışın az, güneşlenme süresinin en fazla ve iklimin çok kurak karakterde olduğu görülmüştür. Güldal ve Ağralıoğlu (1994), baraj haznelerinin çevresel etkileri kapsamında Keban Barajı'nı incelemiş, kışın sıcaklıkta artış, yazın nemde yükselmeler olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada ise yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak Atatürk Baraj gölünün 1992 ve 2016 yılları arasında bölge üzerindeki çevresel etkileri uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada Landsat 4,5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS uydularına ait görüntüler kullanılmıştır. 1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarında çalışma alanına ait bitki alanları, toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi (SAVI), yüzey nemliliği normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI) kullanılarak ve yıllara ait yüzey sıcaklık dağılımları da Landsat 4,5 TM, ve Landsat 8 OLI-TIRS uydularının termal kızıl ötesi (TIR)

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi 13.02.2017

Kabul Tarihi:14.04.2017

Geomatik Dergisi

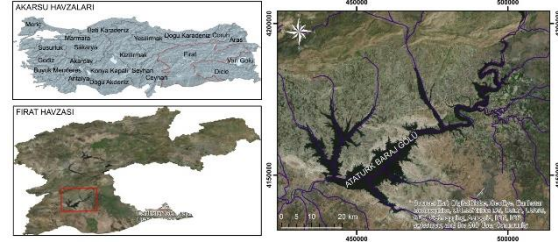
Journal of Geomatics

bandları kullanılarak belirlenmiştir. 1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarında meydana gelen bitki alanları, yüzey nemliliği ve yüzey sıcaklık dağılımları arasındaki ilişki rastlantısal olarak seçilmiş 500 noktada eşit aralıklı ve oran ölçekte Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak test edilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE DATA

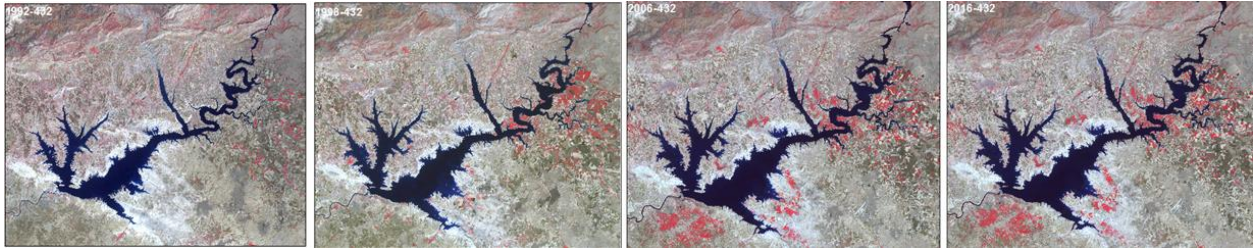
Atatürk Barajı, Adıyaman ve Şanlıurfa illeri arasında, Fırat Nehri üzerinde kurulu olup, enerji ve sulama amaçlı yapılmış olan bir barajdır (Şekil 1). Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali Güneydoğu Anadolu Projesinin (GAP) önemli aşamalarından biri olup; sulama, enerji üretimi vb. amaçlarla yapımına 3 Kasım 1983 tarihinde başlanılmıştır. Atatürk Barajı rezervuarı 1990 yılından itibaren dolmaya başlamış, bugün normal işletme seviyesine gelmiştir (Yeşilnaçar ve Gülşen, 1999). Atatürk Baraj

Gölü, 180 km uzunluğu, 48.7 km³ hacmi ve 817 km² yüzölçümüyle Türkiye'nin 3. büyük gölü konumundadır (DSİ, 2016).



Şekil 1: Çalışma alanı ve Atatürk Barajı konum haritası

Bu çalışmada USGIS tarafından sağlanan bulutluluk oranı düşük 1992 yılına ait Landsat 4 TM 1998, 2000 yıllarına ait Landsat 5 TM ve 2016 yılına ait Landsat 8 OLI-TIRS uydu görüntüleri kullanılmış olup kullanılan uydu görüntülerine ait zamansal bilgiler ve yalancı renk kombinasyonları Tablo 1 ve Şekil 2`de verilmiştir.



Şekil 2: 1992, 1998, 2006 ve 2016 Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS görüntülerine ait yalancı renk kombinasyonları (USGS, 2013).

Tablo 1: Kullanılan uydu görüntüleri ve görüntülere ait bilgiler

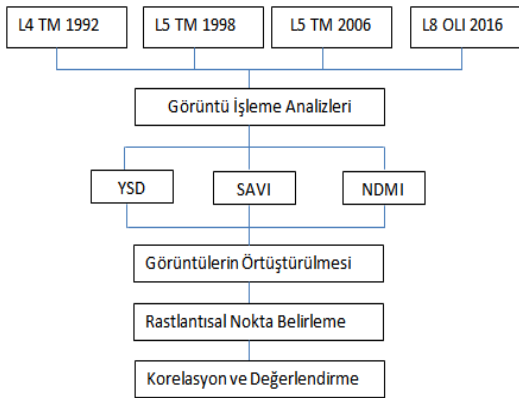
Uydu ve Çekim Tarihi	Çekim	Sensör Tipi	Spectral Aralık	Bant Numaraları	Çekim Alanı Boyutu	Hücre Çözünürlüğü
L4 TM (28-08-1992)		Multispektral	0.450-2.35	1,2,3,4,5,7	170x183 km	30 m
L5 TM (21-08-1998)			µm			
L5 TM (11-08-2006)		Termal Kızıl ötesi	10.40-12.50 µm	6		120 m*(30)
L8 OLI (06-08-2016)		Multispektral	0.433-1.39	1,2,3,4,5,6,7,9	180x185	30 m
		Termal Kızıl ötesi	10.6-12.5	10,11		100 m**(30)
		Pankromatik	0.50-0.68	8		15 m

* L4-5 TM 6. Bantı 120 m mekânsal çözünürlükte elde edilir, fakat ürünler 30 m mekânsal çözünürlüğe örneklenir.

**L8 OLI TIRS bandı 100 m. mekânsal çözünürlükte elde edilir, fakat ürünler 30 m mekânsal çözünürlüğe örneklenir.

3. YÖNTEM

Çalışmada iki farklı aşamadan meydana gelmiştir. İlk aşama 1992-1998-2006 ve 2016 yıllarında çalışma alanına ait yüzey sıcaklık değerlerinin uydu görüntülerinin termal kızıl ötesi (TIR) bandları kullanılarak belirlenmesi, SAVI kullanılarak alana ait bitki örtüsünün belirlenmesi, kuraklık takibi ve bitki örtüsü alanlarında nemlilik değişiminin NDMI kullanılarak belirlenmesini içermektedir. Çalışmanın ikinci aşaması ise 1992-1998-2006 ve 2016 yıllarında meydana gelen bitki alanları, yüzey nemliliği ve yüzey sıcaklık dağılımları arasındaki ilişkiyi rastlantısal olarak seçilmiş 500 noktada eşit aralıklı ve oran ölçekte ilişkinin ölçülmesi Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak test edilmesidir. Çalışmaya ait iş akış şeması Şekil 3'de sunulmaktadır.



Şekil 3: Çalışmaya ait iş akış şeması

3.1. Yüzey sıcaklık değerlerinin (YSD) termal kızıl ötesi (TIR) band kullanılarak belirlenmesi

Bu çalışmada yüzey sıcaklık değerleri Landsat 4, 5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS uydularının TIR bandları kullanılarak belirlenmiştir. Yüzey sıcaklık değerlerinin Landsat uydu görüntüsünden belirlenebilmesi için görüntüler GeoTIFF formatında meta verileri ile birlikte USGS web sayfasından indirilmiştir. İlk olarak görüntüde bulunan sayısal değerler (DN) formül (1) kullanılarak spektral radyans değerlerine dönüştürülmüştür.

$$L_{\lambda} = \frac{(LMax_{\lambda} - LMin_{\lambda})}{(QCalMax_{\lambda} - QCalMin)} \times (DN - QCalMin) + LMin_{\lambda} \quad (1)$$

Bu formülde ; L_{λ} spectral radyans değerini, DN hücre değerlerini, Lmin ve Lmax ise termal bandtaki minimum ve maksimum spectral yansıma değerlerini, QCalMin ve QCalMax, kalibre edilmiş minimum ve maximum hücre değerlerini göstermektedir (NASA, 2011; Chander ve Markham, 2003).

Bir sonraki aşamada TIR bandtan elde edilen radyans parlaklık değerleri formül (2) kullanılarak sıcaklık değerlerine dönüştürülür.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}}\right) + 1} \quad (2)$$

Bu formülde T Kelvin cinsinden sıcaklık değeri, K1 ve K2 değerleri ise TIR bandının kalibrasyon sabitleri olup Landsat 4- 5 TM, Landsat 7 ETM ve Landsat 8 OLI-TIRS için bu değerler Tablo 2` de verilmiştir.

Tablo 2: Landat uydularının kalibrasyon sabitleri (USGS, 2013)

	Landsat 4,5-TM	Landsat 7-ETM	Landsat 8-OLI TIRS	
			Band 10	Band 11
K1	607,76	666.09	774.89	1321.08
K2	1260,56	1282.71	480.89	1201.14

Son aşamada ise Kelvin formatında elde edilmiş yüzey sıcaklık değerleri formül (3) kullanılarak derece formatına dönüştürülür.

$$T(^{\circ}C) = T - 273(K) \quad (3)$$

3.2. Toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi (SAVI)

Uydu görüntülerinden, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak bitki örtüsünün belirlenmesi için farklı indeksler geliştirilmiştir. Bu indekslerin en yaygın olanı, kırmızı ve kızılötesi bitki yansımalarını

veya oranlardaki parlaklıkları kullanmaktadır (Tucker, 1979). Bitki örtüsünün üzerinde bulunduğu toprak, bitki indeksi hesaplamalarında önemli bir etkiye sahiptir. Koyu renkli topraklar üzerinde bulunan bitkisel alanlarda uygulanan bitki indeks oranları (RVI = Yakın Kızıl Ötesi/Kırmızı) veya normalize edilmiş bitki fark indeksleri (NDVI = (Yakın Kızıl Ötesi-Kırmızı) / (Yakın Kızıl Ötesi+Kırmızı)) yüksek indeks değerleri vermektedir (Colwell, 1974; Elvidge ve Lyon, 1985; Huete, 1987). Bitki örtüsünün %40` dan daha az olduğu ve toprak yüzeyinin açığa çıktığı alanlarda, kırmızı ve yakın kızılötesi spektrumdaki ışığın yansımaları bitki indeksi değerlerini etkilemektedir. Bu durum kırmızı ve yakın kızılötesi dalga boylarındaki farklı ışık miktarlarını yansıtan farklı parlaklık değerlerine sahip toprak türleri arasında karşılaştırmalar yapıldığında bir problem olarak görülmektedir. Bu nedenden dolayı (SAVI), bitki örtüsünün az olduğu alanlarda toprak parlaklığının etkisini düzeltmek için normalize edilmiş bitki fark indeksinin (NDVI) bir modifikasyonu olarak geliştirilmiştir. SAVI, NDVI` ye benzer bir şekilde formüle edilmiş olup NDVI` den farklı olarak toprak parlaklık düzeltme faktörünün eklenmiş olmasıdır.

Landsat 4, 5 TM, sensörleri için SAVI formül (4) Landsat 8 OLI-TIRS sensörü için ise formül (5) kullanılarak belirlenir.

$$SAVI_{L4-5} = \frac{(Band\ 4 - Band\ 3)}{(Band\ 4 + Band\ 3 + L)} * (1 + L) \quad (4)$$

$$SAVI_{L8} = \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4 + L)} * (1 + L) \quad (5)$$

Bu formülde L değeri toprak parlaklık düzeltme faktörünü ifade etmektedir. L değeri yeşil bitki örtüsünün miktarına ve yayılımına göre değişmekte olup: bitki örtüsünün çok yoğun olduğu alanlarda "0", yeşil bitki örtüsünün olmadığı alanlarda "1" değerini alır. Genel olarak L=0.5 değeri çoğu durumda iyi çalışır ve kullanılan varsayılan değerdir. L=0 durumunda SAVI sonucu NDVI sonucuna eşdeğerdir.

3.3. Normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI)

Normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI), diğer bitki örtüsü indeksleri (NDVI ve / veya AVI) ile birlikte kullanılan ve vejetasyon nemi ile ilişkili olan sayısal bir göstergedir (Hardisky ve diğerleri, 1983). NDMI, bitki örtüsü alanlarındaki nem değişimlerini belirlemek için için yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi spektral bantları kullanır. Kuraklık takibi ve bitki örtüsü alanlarında nemlilik değişiminin belirlenmesi için NDMI kullanılmaktadır

NDMI, Landsat 4, 5 TM sensörleri için formül (6) Landsat 8 OLI-TIRS sensörü için ise formül (7) kullanılarak belirlenir.

$$NDMI_{L4-5} = \frac{(Band\ 4 - Band\ 5)}{(Band\ 4 + Band\ 5)} \quad (6)$$

$$NDMI_{L8} = \frac{(Band\ 5 - Band\ 6)}{(Band\ 5 + Band\ 6)} \quad (7)$$

3.4. Pearson`ın Korelasyon Katsayısı

Pearson`ın Korelasyon Katsayısı (Pearson`'s correlation coefficient) İngiliz matematikçi Karl Pearson (1857-1936) tarafından ortaya konmuştur. Korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü belirten katsayıdır. Bu katsayı, (-1) ile (+1) arasında bir değer alır. Pozitif değerler iki değişkene ait yüksek değerlerin yüksek değerler ile düşük değerlerinde düşük değerlerle birlikte olduğunu gösterirken; negatif değerler ise iki değişkene ait yüksek ve düşük değerlerin birlikte olduğu ters yönlü bir doğrusal ilişkiyi belirtir.

Pearson`ın korelasyon katsayısı, r formül (8) kullanılarak belirlenir;

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y} \quad (8)$$

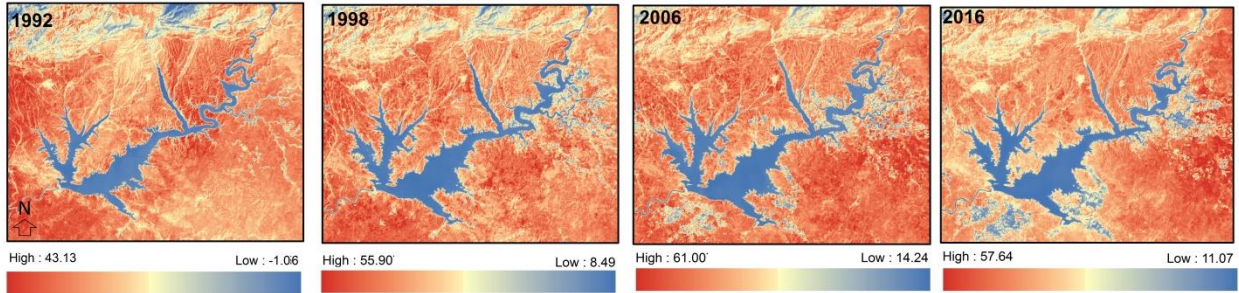
Bu formülde x_i , i gözleminin x değişkenine ait değerini; \bar{x} , x değişkenine ait örneklem ortalamasını; S_x , x değişkenine ait örneklem standart sapmasını; y_i , i gözleminin y değişkenine ait değerini; \bar{y} , y değişkenine ait

örneklem ortalamasını; S_y , y değişkenine ait örneklem standart sapmasını ve n gözlem sayısını göstermektedir (Çubukçu K.M., 2015).

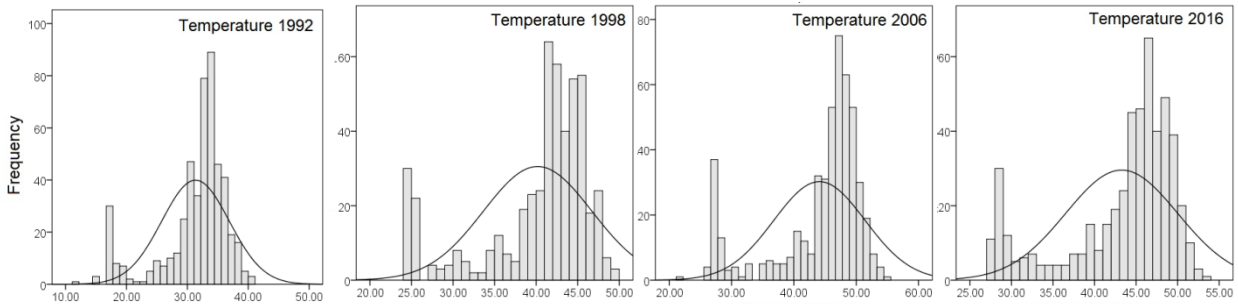
Pearson'ın korelasyon katsayısının 1'e yaklaşması bağımsız değişkenler arasındaki güçlü doğrusal pozitif ilişkiyi, korelasyon katsayısının -1'e yaklaşması bağımsız değişkenler arasındaki güçlü doğrusal negatif ilişkiyi, değer 0 olması bağımsız değişkenler arasında bir ilişkinin olmadığını gösterir (Mendelhall ve diğerleri, 1986)

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Landsat TM 4,5 ve OLI-TIRS uydularının TIR bandları kullanılarak elde edilen 1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarına ait yüzey sıcaklık dağılımları ve bu dağılımlara ait histogramlar Şekil 4 ve 5` de verilmiştir. Çalışma alanına ait yüzey sıcaklık dağılımlarının yıllara göre değişimine bakıldığı zaman 1992 ve 1998 yıllarında baraj göl alanının güney batısındaki sıcaklık değerlerinin 2006 ve 2016 yıllarına göre oldukça yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bunun başlıca nedeni baraj göl yüzey alanında meydana gelen artma ve göl alanının güney batısındaki bitki yoğunluğundaki artma olarak yorumlanabilir.



Şekil 4: 1992, 1998, 2006 ve 2016 Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS görüntüleri termal kızılötesi bandından elde edilen yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 5: 1992, 1998, 2006 ve 2016 Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS görüntüleri termal kızılötesi bandından elde edilen yüzey sıcaklık dağılımlarına ait histogramlar

2016 yılında gözlemlenen en düşük ve en yüksek sıcaklık 27.52 Co ve 53.55 Co ortalama sıcaklık ise 43.26 Co olarak belirlenmiştir. 2006 yılına yüzey sıcaklık değerlerinin 2016 yılıyla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. 2006 yılında en düşük ve en yüksek sıcaklık 21.94 Co ve 55.21 Co ortalama sıcaklık ise 44.10 Co olarak

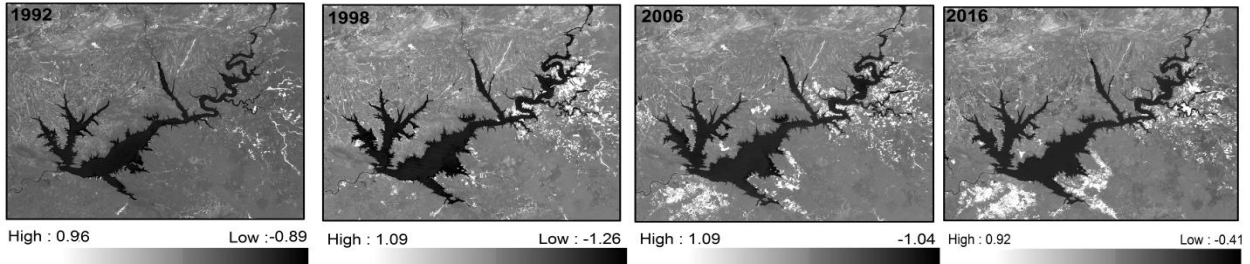
belirlenmiştir. 1998 yılında ise en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri 24.12 Co ve 49.93 Co ortalama sıcaklık ise 40.18 Co dir. 2016, 2006, 1998 ve 1992 yılları yüzey sıcaklık dağılımları karşılaştırıldığında 1992 yılındaki en düşük (12.10 Co), en yüksek (40.87 Co) ve ortalama (31.33 Co) sıcaklık değerlerinin diğer yıllara göre oldukça düşük olduğu

gözlemlenmiştir. Bunun başlıca nedeni barajın yapımından itibaren baraj gölünde etkisi ile bölge havasının ılımanlaşmasıdır (Tablo 3).

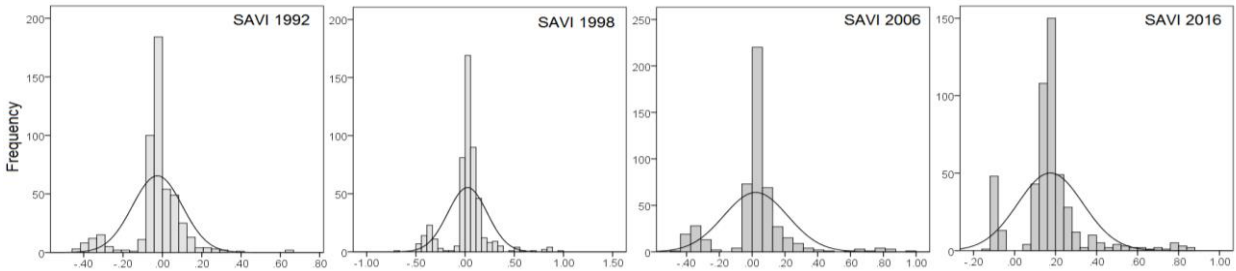
Tablo 3: Yüzey sıcaklık değerlerine ait istatistikler

Yıllar	Yüzey sıcaklıkları (C°)			
	Mini mum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
2016	27.52	53.55	43.26	6.74
2006	21.94	55.21	44.10	7.32
1998	24.12	49.93	40.18	6.53
1992	12.10	40.87	31.33	5.54

1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarına ait SAVI değerleri ve histogramları Şekil 6 ve 7'de verilmiştir. Şekil 6'de açık renk tonları ile gösterilen yüksek SAVI değerleri bitki örtüsü yoğunluğunun fazla olduğu alanları, koyu renk tonlarına gösterilen düşük SAVI değerleri ise bitki örtüsü yoğunluğunun az olduğu alanları göstermektedir. Çalışma alanına ait bitki örtüsü dağılımlarının yıllara göre değişimine bakıldığı zaman 1992 ve 1998 yıllarında baraj göl alanının güney batısındaki yoğunluğun 2006 ve 2016 yıllarına göre daha az olduğu gözlemlenmektedir. Bunun nedeni baraj gölü çevresindeki tarım alanlarının yoğunluğunun artması olarak yorumlanabilir.



Şekil 6: 1992, 1998, 2006 ve 2016 Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS görüntülerinden elde edilen toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi (SAVI) dağılımları



Şekil 7: 1992, 1998, 2006 ve 2016 Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS görüntülerinden elde edilen toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi (SAVI) dağılımlarına ait histogramlar

SAVI değerlerine ait istatistiklere bakıldığında 2016 yılında gözlemlenen en düşük ve en yüksek SAVI değerleri -0.13 ve 0.87 ortalama nemlilik değeri ise 0.17 olarak belirlenmiştir. 2006 yılına gelindiğinde en düşük ve en yüksek SAVI değerlerinin -0.44 ve 0.96 olduğu ortalama SAVI değeri ise 0.02'dir. 1998 yılında en düşük ve en yüksek SAVI değerleri -0.67 ve 0.99 ortalama SAVI

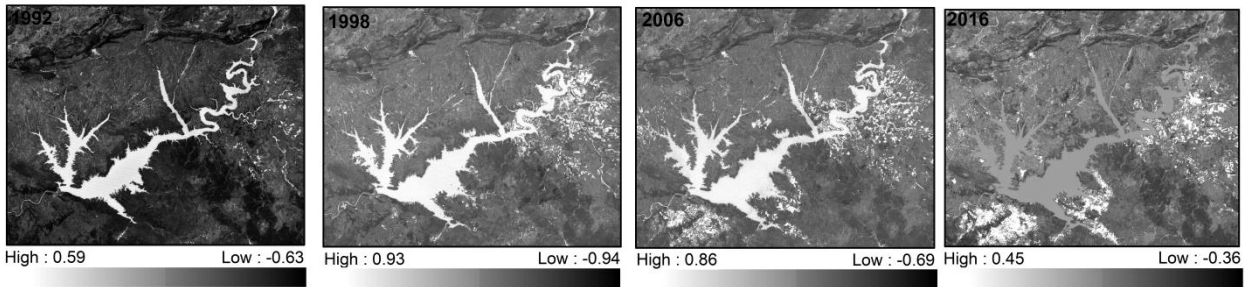
değeri ise 0.02 dir. 1992 yılında ise ortalama SAVI değerinin -0.003 ile 2016, 2006, 1998 yılları ortalama SAVI değerlerinden oldukça düşük olduğu en yüksek ortalama SAVI değerinin ise 2016 yılına ait olduğu belirlenmiştir. Bitki örtüsünde 1992 ve 2016 yılları arasındaki bu artışın nedeni olarak baraj gölünde etkisi ile bitki örtüsünün tarım alanlarının artmasına bağlı olarak artması olarak gösterilebilir (Tablo 4).

Tablo 4: Toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi (SAVI) değerlerine ait istatistikler

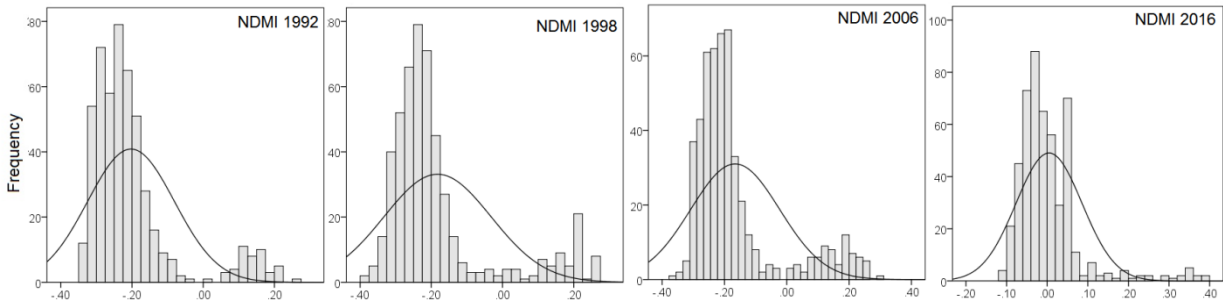
Yıllar	Toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi (SAVI)			
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
2016	-0.13	0.87	0.17	0.16
2006	-0.44	0.96	0.02	0.19
1998	-0.67	0.99	0.02	0.20
1992	-0.42	0.66	-0.03	0.13

Uydu görüntülerinin yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi spektral bantları kullanılarak elde edilen 1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarına ait NDMI dağılımları ve bu dağılımlara ait histogramlar Şekil 8 ve 9'da sırasıyla verilmiştir. Bu şekle göre açık renk tonları yüksek nemlilik oranlarını koyu renk tonları ise düşük nemlilik oranlarını göstermektedir. Nemliliğin yüksek olduğu alanlar özellikle göl yüzey alanı ve çevresinde yoğunlaşmaktadır. Nemliliğin düşük olduğu alanlar ise özellikle baraj gölünün güney doğusunda yoğunlaşmıştır.

Çalışma alanındaki 1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarına ait NDMI değerlerinin histogramlarına bakıldığında 1992 yılındaki nemlilik dağılımının 1998, 2006 ve 2016 yıllarından farklı olduğu ve nemliliğin 2016 yılına doğru artış gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: 1992, 1998, 2006 ve 2016 Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS görüntülerinden elde edilen Normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI) dağılımları



Şekil 9: 1992, 1998, 2006 ve 2016 Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS görüntülerinden elde edilen Normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI) dağılımlarına ait histogramlar

2016 yılında gözlemlenen en düşük ve en yüksek NDMI değerleri -0.11 ve 0.40 ortalama nemlilik değeri ise 0.00 olarak belirlenmiştir. 2006 yılına gelindiğinde ise en

düşük ve en yüksek nemlilik değerlerinin -0.36 ve 0.30 olduğu ortalama nemlilik değerinin ise -0.17 olarak belirlenmiştir. 1998 yılında ise en düşük ve en yüksek nemlilik

değerleri -0.38 ve 0.26 ortalama nemlilik ise -0.18 dir. 2016, 2006, 1998 ve 1992 yılları yüzey nemlilik dağılımları karşılaştırıldığında 1992 yılındaki en yüksek (0.25) ve ortalama (-0.20) sıcaklık değerlerinin diğer yıllara göre oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun başlıca nedeni baraj yapımından itibaren baraj gölünde etkisi ile bölgenin nemliliğinin artmasıdır (Tablo 5).

Tablo 5: Normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI) değerlerine ait istatistikler

Yıllar	Normalleştirilmiş nem fark indeksi (NDMI)			
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
2016	-0.11	0.40	0.00	0.08
2006	-0.36	0.30	-0.17	0.14
1998	-0.38	0.26	-0.18	0.15
1992	-0.34	0.25	-0.20	0.12

1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarında meydana gelen bitki alanları, yüzey nemliliği ve yüzey sıcaklık dağılımları arasındaki ilişki rastlantısal olarak seçilmiş 500 noktada eşit aralıklı ve oran ölçekte ilişkinin ölçülmesi Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak test edilmiştir (Şekil 10).

1992, 1998, 2006 ve 2016 yılları yüzey sıcaklıkları arasındaki korelasyonlara bakıldığında 2016 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.672, 2016 ve 1998 yıllarındaki korelasyonun 0.831, 2016 ve 2006 yıllarındaki korelasyonun 0.898 olduğu gözlemlenmiş olup bu korelasyon değerleri 1992 yılından 2016 yılına kadar yüzey sıcaklığındaki değişimi göstermektedir. Ayrıca, 2006 ve 1998 yıllarındaki korelasyonun 0.893, 2006 ve 1992

yıllarındaki korelasyonun 0.744, 1998 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.804 olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yüzey sıcaklığındaki en az değişimin 2016 ve 2006 yılları arasında en fazla değişimin ise 2016 ve 1992 yılları arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

1992, 1998, 2006 ve 2016 yıllarına ait SAVI değerleri arasındaki korelasyonlara bakıldığında 2016 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.482, 2016 ve 1998 yıllarındaki korelasyonun 0.622, 2016 ve 2006 yıllarındaki korelasyonun 0.687 olduğu gözlemlenmiş olup bu korelasyon değerleri 1992 yılından 2016 yılına kadar bölgedeki bitki örtüsü miktarındaki değişimi göstermektedir. Ayrıca, 2006 ve 1998 yıllarındaki korelasyonun 0.655, 2006 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.482, 1998 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.651 olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bitki örtüsü miktarında en fazla değişim 1992 ve 2016 yılları arasında en az değişim ise 2006 ve 2016 yılları arasındadır.

1992 ve 2016 yılları arasındaki NDMI değerleri arasındaki korelasyonlara bakıldığında 2016 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.306, 2016 ve 1998 yıllarındaki korelasyonun 0.417, 2016 ve 2006 yıllarındaki korelasyonun 0.464 olduğu gözlemlenmiş olup bu korelasyon değerleri 1992 yılından 2016 yılına kadar bölgedeki nemlilik miktarındaki değişimi göstermektedir. Ayrıca, 2006 ve 1998 yıllarındaki korelasyonun 0.799, 2006 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.764, 1998 ve 1992 yıllarındaki korelasyonun 0.812 olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre nemlilik miktarında en fazla değişimin 1992 ve 2016 yılları arasında en az değişimin ise 1992 ve 1998 yılları arasındadır.

KORELASYON												
	SICAKLIK2016	SAVI2016	NEMLILIK2016	SICAKLIK2006	SAVI2006	NEMLILIK2006	SICAKLIK1998	SAVI1998	NEMLILIK1998	SICAKLIK1992	SAVI1992	NEMLILIK1992
SICAKLIK2016	1	.159 ^{**}	-.546 ^{**}	.898 ^{**}	-.421 ^{**}	-.733 ^{**}	.831 ^{**}	.493 ^{**}	-.701 ^{**}	.672 ^{**}	.535 ^{**}	-.588 ^{**}
SAVI2016	.159 ^{**}	1	.550 ^{**}	-.393 ^{**}	.687 ^{**}	-.328 ^{**}	-.417 ^{**}	.622 ^{**}	-.370 ^{**}	-.438 ^{**}	-.482 ^{**}	-.425 ^{**}
NEMLILIK2016	-.546 ^{**}	.550 ^{**}	1	-.322 ^{**}	.129 ^{**}	.464 ^{**}	-.272 ^{**}	.025 ^{**}	.417 ^{**}	-.068 ^{**}	-.114 ^{**}	.306 ^{**}
SICAKLIK2006	.898 ^{**}	-.393 ^{**}	-.322 ^{**}	1	.407 ^{**}	-.815 ^{**}	.893 ^{**}	.535 ^{**}	-.728 ^{**}	.744 ^{**}	.529 ^{**}	-.646 ^{**}
SAVI2006	.421 ^{**}	.687 ^{**}	.129 ^{**}	.407 ^{**}	1	-.238 ^{**}	.534 ^{**}	.655 ^{**}	-.464 ^{**}	.480 ^{**}	.615 ^{**}	-.429 ^{**}
NEMLILIK2006	-.733 ^{**}	-.328 ^{**}	.464 ^{**}	-.815 ^{**}	-.238 ^{**}	1	-.683 ^{**}	-.510 ^{**}	.799 ^{**}	-.527 ^{**}	-.521 ^{**}	.764 ^{**}
SICAKLIK1998	.831 ^{**}	-.417 ^{**}	-.272 ^{**}	.893 ^{**}	.534 ^{**}	-.683 ^{**}	1	.401 ^{**}	-.812 ^{**}	.804 ^{**}	.506 ^{**}	-.664 ^{**}
SAVI1998	.493 ^{**}	.622 ^{**}	.025 ^{**}	.535 ^{**}	.655 ^{**}	-.510 ^{**}	.401 ^{**}	1	-.291 ^{**}	.482 ^{**}	.651 ^{**}	-.445 ^{**}
NEMLILIK1998	-.701 ^{**}	-.370 ^{**}	.417 ^{**}	-.728 ^{**}	-.464 ^{**}	.799 ^{**}	-.812 ^{**}	-.291 ^{**}	1	-.577 ^{**}	-.521 ^{**}	.812 ^{**}
SICAKLIK1992	.672 ^{**}	.438 ^{**}	-.068 ^{**}	.744 ^{**}	.480 ^{**}	-.527 ^{**}	.804 ^{**}	.482 ^{**}	-.577 ^{**}	1	.492 ^{**}	-.689 ^{**}
SAVI1992	.535 ^{**}	.482 ^{**}	-.114 ^{**}	.529 ^{**}	.615 ^{**}	-.521 ^{**}	.506 ^{**}	.651 ^{**}	-.521 ^{**}	.492 ^{**}	1	-.495 ^{**}
NEMLILIK1992	-.588 ^{**}	-.425 ^{**}	.306 ^{**}	-.646 ^{**}	-.429 ^{**}	.764 ^{**}	-.664 ^{**}	-.445 ^{**}	.812 ^{**}	-.689 ^{**}	-.495 ^{**}	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Şekil 10: Rastlantısal olarak seçilmiş 500 noktada eşit aralıklı ve oran ölçeğinde yüzey sıcaklık dağılımı SAVI ve NDMI aralarındaki ilişkinin ölçülmesi Pearson korelasyon katsayısı

5. SONUÇ

Atatürk Barajının yapılması ile birlikte 1992 ve 2016 yılları arasında bölgenin yüzey sıcaklık, bitki örtüsü ve nemlilik dağılımında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. 1992 ve 2016 yılları arasındaki yüzey sıcaklık değerlerinin artmasının en önemli nedenlerinden birisi baraj gölünde etkisi ile bölge havasının ılımanlaşmasıdır. 1992 - 2016 yılları arasında, nemlilik miktarında en fazla değişimin başlıca nedeni barajın yapımından itibaren baraj gölünde etkisi ile bölgenin nemliliğinin artmasıdır. Bitki örtüsünde 1992 ve 2016 yılları arasındaki artışın başlıca nedeninin baraj gölü çevresindeki tarım alanlarının yoğunluğunun artması olarak yorumlanabilir.

Elde edilen sonuçlara göre yüzey sıcaklığındaki en az değişimin 2016 - 2006 yılları arasında en fazla değişimin ise 2016 - 1992 yılları arasında, bitki örtüsü miktarında en fazla değişimin 1992 - 2016 yılları en az değişimin ise 2006 - 2016 yılları arasında, nemlilik miktarında en fazla değişimin 1992 - 2016 yılları arasında en az değişimin ise 1992 ve 1998 yılları arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

Bacanlı, G. ve Tuğrul, A. T. (2016) Baraj göllerinin iklimsel etkisi ve Vali Recep Yazıcıoğlu Gökpinar baraj gölü örneği, Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 22(3), 154-159, 2016.

Bayrakdar, C. (2004) Doğal Çevre Sorunları Yaratan Hatalı Arazi Kullanımından Biri: Barajlar. Mersin Üniversitesi Çevre Topluluğu 6. Ulusal Çevre Sorunları Öğrenci Yaklaşımları Sempozyumu Bildiriler Kitabı.

Bulut H., Yeşilata B., Yeşilnacar M.İ. (2006) Atatürk baraj gölünün bölge iklimi üzerine etkisinin trend analizi ile tespiti. GAP V. Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa, Türkiye, 26-28 Nisan 2006.

Chander, G., Markham, B. (2003) Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, 41, (11), 2003.

Colwell, J. E. (1974) Vegetation canopy reflectance, Remote Sens. Environ. 3:175-183.

Cubukcu, K.M. (2015). Planlamada ve Coğrafyada Temel İstatistik ve Mekansal İstatistik. Nobel Yayınevi, Ankara.

Elvidge, C. D., and Lyon, R. J. P. (1985) Influence of rock-soil spectral variation on assessment of green biomass, Remote Sens. Environ. 17:265-279.

DSI (2016) <http://web.archive.org/web/20151123030113/http://www.dsi.gov.tr/projeler/ataturk-baraji>. Erişim tarihi: 18 Aralık 2016.

Güldal V., Ağırlioğlu N. (1994) Baraj haznelerinin iklime etkisi: Keban barajı. Su ve Toprak Kaynaklarını Geliştirme Konferansı, Ankara, Türkiye, 12-14 Nisan 1994.

Hardisky, M.A., Klemas, V., Smart, R.M (1983) The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49 (1983), pp. 77–83

Huete, A.R., (1988) A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, vol. 25, issue 3, pp. 259-309. DOI: 10.1016/0034-4257(88)90106-X

Mendenhall, W., Reinmuth, J.E., Beaver, R. ve D. Duhan (1986) Statistics for Management and Economics, 5th edition. Duxbury Press.

NASA (2011) Landsat 7 Science Data Users Handbook. Landsat Project Science Office at NASA Goddard Space Flight Centre, Greenbelt, 186 (<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>)

Sönmez M. E. (2012) Barajların Mekân Üzerindeki Olumsuz Etkileri ve Türkiye’den Örnekler Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (<http://sbe.gantep.edu.tr>) 2012 11(1):213 -231 ISSN: 1303-0094

Kadioğlu M, Satılmış S, Özgüler H, (1994) Büyük su yapılarının çevre iklimine etkisi. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, Ankara, Türkiye, 12-14 Nisan 1994

Nagarajan, R. (2000) Environmental impact analysis of Dudhganga Dam in India - a multi-temporal remote sensing approach, International Journal of Remote Sensing, 21:3, 483-497, DOI: 10.1080/014311600210704

Tucker, C. J. (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Remote Sens. Environ. 8:127-150.

USGS., (2013) Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 1.0. Available online: <http://landsat.usgs.gov/l8handbook.php>

Yeşilata, B., Bulut, H., Yeşilnaçar, M.I. (2004) GAP bölgesinde Sıcaklık ve Nem Parametrelerindeki Baraj Gölü Kaynaklı

Değişim Trendinin Araştırılması. Tesisat Mühendisliği Dergisi. 83, 21-31

Yeşilnaçar, M. I ve Gülşen, H. (1999) Şanlıurfa ve Çevresinin İklim Özellikleri ve Atatürk Barajının Yöre İklimi zerine Etkileri 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 10-12 Mayıs 1999, Ankara

Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı Fotogrametrik Rölöve Alımı Ve Üç Boyutlu Modelleme Çalışması

Murat YAKAR^{1*}, Yusuf Doğan¹

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya
(yakar@selcuk.edu.tr)

Öz

Geçmişimiz ve geleceğimiz arasında köprü olan tarihi kültür varlıklarımızın yok olmaya yüz tuttuğu günümüzde kayıt altına alınarak korunması büyük bir önem taşımaktadır. Bu eserlerin mevcut durumlarının tespit edilmesi, belgelenmesi, korunması ve gelecekte yapılabilecek yenileme çalışmalarında altlık olarak kullanılması açısından önemlidir.

Bu çalışma ile Mezgit Kale Anıt Mezarının fotogrametrik yöntemle ölçülmesi, üç boyutlu modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ölçümler, 5 adet poligon noktası yardımıyla yapıyı kapsayacak şekilde Kapalı Poligon Geçkisi tesis etmek suretiyle Topcon GPT – 3007 Reflektörsüz Total Station cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiş olup poligon noktalarının koordinatları iki yarım silsile yöntemiyle lokal olarak hesaplanmıştır. Photomodeler programı ile arazide elde edilen veriler kullanılarak yapının gerçek ölçülerde üç boyutlu modeli oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, Mezgit Kale, Kültürel Miras, PhotoModeler, 3B Model

Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı Fotogrametrik Rölöve Alımı Ve Üç Boyutlu Modelleme Çalışması

Abstract

It is a great importance to record and protect the historical cultural assets that are bridging between our past and our future today. It is important that these works are used as a base for the identification, documentation, preservation and future work which can be done in the future.

With this study, it is aimed to measure Mesgit Castle Anıt Mezarın by photogrammetric method and to model it in three dimensions. Measurements in the study were carried out with Topcon GPT - 3007 Reflectorless Total Station device by establishing Closed Polygon Pass to cover with 5 polygon points and the coordinates of polygon points were calculated locally by two half - way method. Using Photomodeler program and real data obtained from the field, three dimensional model was created in real scale

Keywords: Photogrammetry, Mezgit Castle, Cultural Heritage, Photomodeler, 3D Model

1. GİRİŞ

Tarihi kültür varlıkları üzerinde bulunduğu toprakların geçmişine ışık tutarken asırlar boyu ona sahip olan medeniyetin de zenginliğini ifade eder. Ne var ki bu zenginliklerin yok olmaması ve sonraki nesillere aktarılabilmesi için belgelemeye ve

korumaya gereksinim duyulmaktadır. Tarihi anıtların ve alanların incelenmesine yönelik yöntemlerin geliştirilmesi, kültürel mirasın kayıt altına alınması ve algılanışı için gözlem yapılması; mimari, arkeolojik ve diğer sanat tarihi araştırması gibi alanlara yönelik herhangi bir değerli mimari veya diğer kültürel anıtın, nesnenin veya alanın korunması ve restorasyonu için önemli

* Sorumlu Yazar

katkılar sağlar (Hanke ve Grussenmeyer, 2002). Sayısal yersel fotogrametri bir kamera ile yakın mesafeden çekilen sayısal görüntülerden ya da fotoğraflardan nesnelerin doğrudan ve kesin olarak ölçülmesi için kullanılan tekniktir. Bu yöntem arkeoloji, mimari, otomotiv ve uzay mühendisliği ve kaza yeri inceleme çalışmalarında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Atkinson, 1996; Cooper and Robson, 1996; Slama, 1980). Sayısal yersel fotogrametri de kültürel mirasların belgelenmesinde etkili ve oldukça verimli bir yöntemdir.

Fotogrametri, yüksek kalitede fotorealistik model oluşturmak için iyi bir çözüm sağlar ve bu faydalar tarihi alanları korumak için sağlıklı belgeleme ihtiyacını karşılayabilir (Yakar vd, 2011). Tarihi ve kültürel mirasa konu objelerin istenilen ölçeklerde çizimleri, çerçeve ve üç boyutlu modelleri hızlı ve hassas bir şekilde yapılabilmektedir. Belgelenen üç boyutlu objelerin üzerlerine doku verileri de ilave edilerek üç boyutlu foto modelleri elde edilebilmektedir. (Yakar vd, 2009). Bu çalışmada sayısal yersel fotogrametri ile eserin foto modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Foto modelden, cisim üst yüzeyi fotografik doku ile kaplanmış üç boyutlu bir geometrik model (genellikle bir CAD-Vektör modeli) anlaşılacaktır (Kraus, 2007).

2. YÖNTEM

2.1. KORKUSUZ KRAL ANIT MEZARI (MEZGİT KALE)

Susanoğlu'nun içinden kuzeye doğru giden yolun 10. Kilometresinde Paslı'ya ulaşılır. Paslı'da Roma dönemine ait çok sayıda ev, sarnıç ve mezar kalıntıları ile bir nekropol görülebilir. Paslı'nın 3 km doğusunda, bir küçük tepe üzerinde, Korkusuz Kral Anıtmezarı vardır. Yöre halkı tarafından Mezgitkale olarak bilinen, İ.S. II. yy veya III. yy Roma dönemine ait bu anıtmezar oldukça iyi korunmuş durumdadır. Akdeniz'e bakan anıtmezar 7.80 m ebadında olup, ön

kısımındaki Korint tarzında başlıklı sütunların ortasında konsollar vardır. Bu konsollardan ortadaki ikisi üzerinde bulunan ayak oyuklarında zamanında mezarın heykeller taşıdığı anlıyoruz. Aynı konsol tipleri asıl mezar odasında da dört tane olarak görülür. Anıtmezarın arka pedimentinde ortada bir kalkan; iki yanında kılıç ve akrep rölyefleri vardır. Mezarın en önemli özelliği öndeki podyumun yan duvar taşı üzerine yontulmuş fallus kabartmasıdır. Fallus, döl ve dirim tanrısı Priapos mitini çağrıştırmaktadır. Anıtmezar civarındaki 5x20x8 m ölçülerindeki kayadan kesme bir sarnıç ve zeytinyağı çıkarmada kullanılan dev taş silindirler görülebilecek diğer kalıntılardır (URL-1).



Şekil 1. Mezgitkale Anıt Mezarı (Ön Cephe)



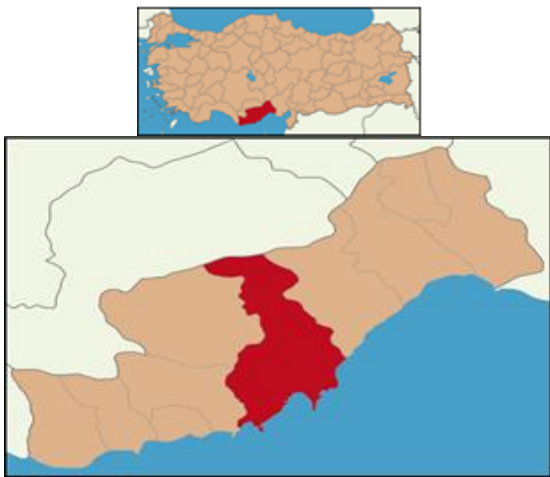
Şekil 2. Mezgitkale Anıt Mezarı (Arka Cephe)

Mezgitkale Anıt Mezarı Mersin ili Silifke ilçesi Öztürkmenli Mahallesinde

bulunmaktadır. İlçe merkezine yaklaşık 30 km uzakta bulunmaktadır. Anıt Mezara sahil yolu tarafında Atakent Mahallesinden girilmekte olup buradan yaklaşık 13 km uzaktadır, ayrıca anıt mezara İmamlı ve Ovacık Mahalleleri üzerinden de geçilebilmektedir. Mezgitkaleye, Paslı mevkiinde doğuya sapılan yoldan yaklaşık 2 km gidildikten sonra ulaşılır. Eserin coğrafi koordinatları $36^{\circ}28'01.3''K$ enlemi $34^{\circ}01'37.3''D$ boylamında yer almaktadır. Yapı, inşa edildiği asır göz önüne alınırsa günümüzde genel itibariyle sağlam bir vaziyette durduğu görülmektedir. Yapının çatısında çökme olduğu ve toprakla dolu olduğu görülmüştür, ayrıca çatıda yetişmekte olan bir ağaca rastlanmıştır.

2.2. Arazi Çalışması

Arazide ölçüm işlemleri için reflektörsüz ölçüm yapabilen TOPCON GPT 3007 Total Station ve fotoğrafların çekilmesi için Canon PowerShot SX220 HS fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Kroki olarak kullanılmak üzere eserin her cephesinin fotoğrafları çekildikten sonra çıktısı alınmıştır.



Şekil 3. Mersin ili ve Silifke ilçe Haritası (URL-2, URL-3)



Şekil 4. Öztürkmenli Köyü (URL-4)

Anıt mezar etrafında en az her üç nokta birbirini görecek şekilde poligon noktası tesis edilmiştir (Şekil 7). Kapalı poligon güzergahı oluşturularak noktalar iki yarım silsile yöntemiyle lokal sistemde koordinatlandırılmıştır. Eserin daha önceden çekilen cephe fotoğraflarının çıktısı üzerinde de görülebilen detay noktalarından alım yapılarak çıktı üzerinde işaretlenmiştir. Eser üzerinden alınan bu koordinatlar üç boyutlu rölöve için kullanılan fotoğrafların dengelenmesinde kullanılmıştır. Fotoğraflar çekilirken eserin her yerini görecek şekilde farklı açılarda olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 8). Arazi çalışması yarım gün gibi kısa bir zamanda gerçekleştirilmiştir.

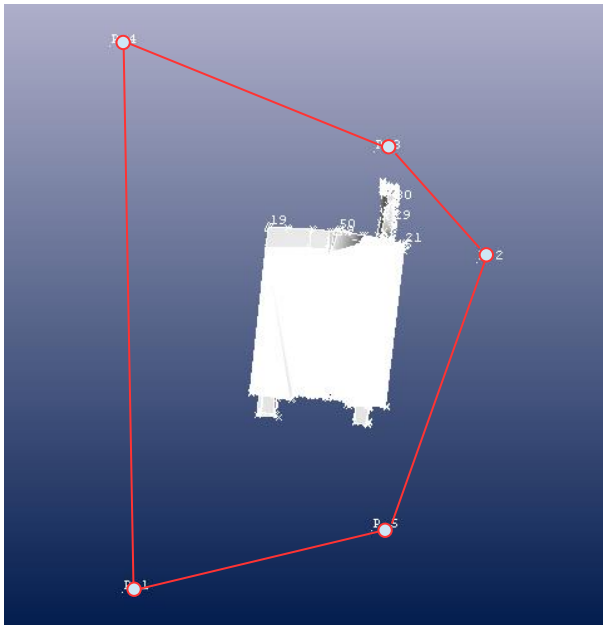


Şekil 5. Canon PowerShot SX220 HS (URL-5)

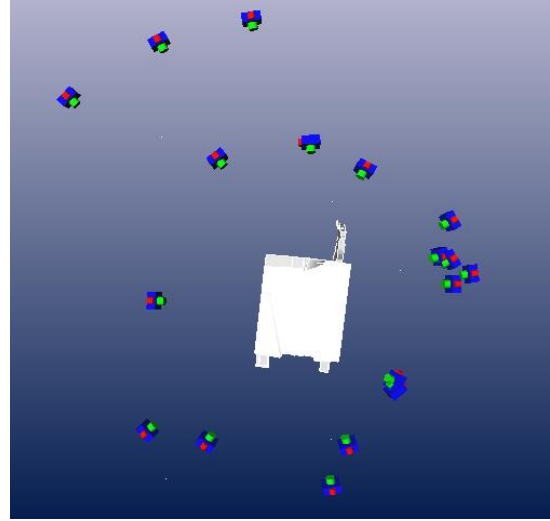


Şekil 6. TOPCON GPT 3007 Total Station (URL-6)

Eserin doğu kısmında bulunan ağaçlar fotoğraf çekiminde ve ölçümde sıkıntılara yol açmıştır. Şekil 7.'te görüleceği üzere P.2 noktasının diğer noktalara nispeten esere daha yakın olması bitki örtüsünden kaynaklanmaktadır. Ayrıca ofis çalışmasında işlem için yeterli olmayan bu cephenin görüntüleri tekrardan çekildi. Bina çatısının görüntüleri yükseklik sebebiyle toplanamadı; ancak İHA, merdiven gibi araçlar çatının fotoğraflarının çekilmesinde faydalı ve başarılı olabilir.

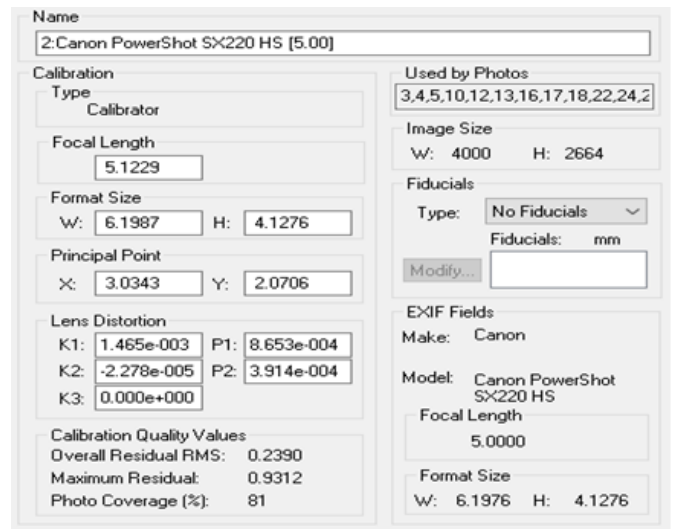


Şekil 7. Poligon Tesisi

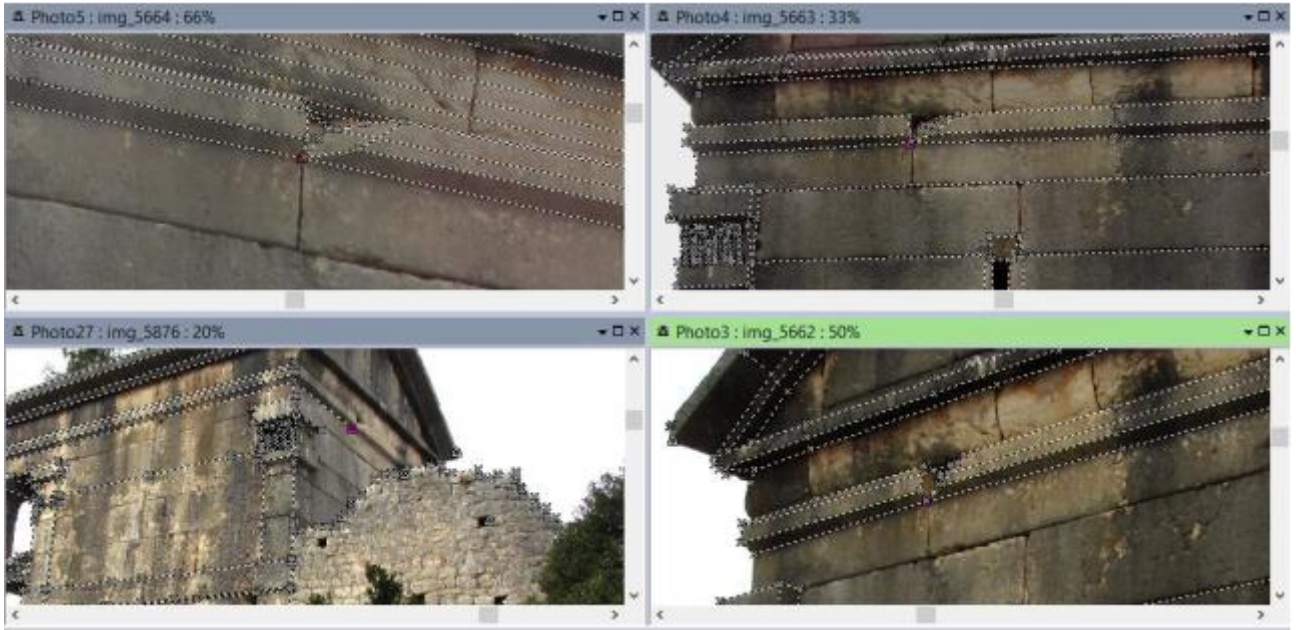


Şekil 8. Fotoğrafların Çekildiği Konumlar

Araziden elde edilen veriler PhotoModeler programına işlenmek üzere aktarılmıştır. Arazide kullanılan fotoğraf makinesinin PhotoModeler programı ile belirlenen kalibrasyon parametreleri projede kullanılmak üzere programa tanıtılmıştır. Eser üzerinden alınan detay noktalarının koordinatları fotoğrafların dengelenmesinde kullanılmıştır. Dengelenen fotoğraflar üzerinden eserin üç boyutlu çizim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları bir hafta sürmüştür.



Şekil 9. Kalibrasyon Parametreleri

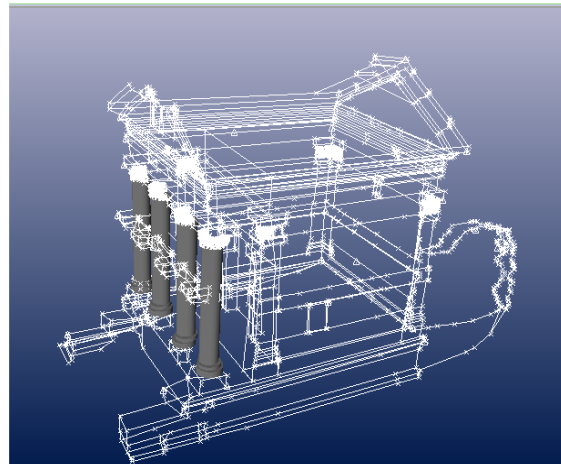


Şekil 10. Fotoğraflardan Detayların Çizimi

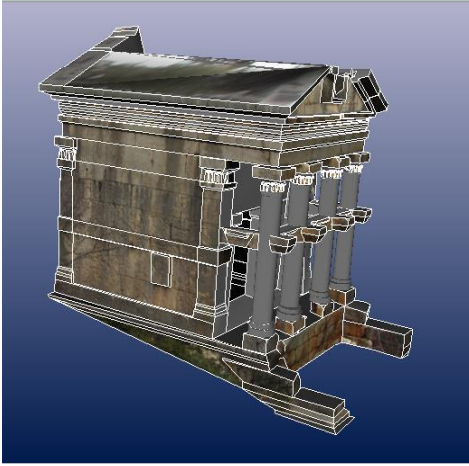
3. SONUÇ

Tarihi ve kültürel mirasların restore edilebilmesi ve korunabilmesi için sağlıklı bir şekilde belgelenmesi gerekmektedir. Belgeleme çalışmaları için kullanılan yöntemlerden biri ise fotogrametridir. Bu çalışmada sayısal yersel fotogrametri tekniği kullanılarak tarihi ve kültürel mirasların belgelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan kısa süren arazi ve ofis çalışmasında fotogrametrik yöntemin zaman ve maliyet yönünden kazançlı ve avantajlı olduğu görülmüştür. Yöntemin bu denli avantajlı olması sayısal tarihi ve kültürel miras arşivinin olusturulmasında, yöntemi tercih edilebilir kılmaktadır. Bakımsızlık ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalan tarihi ve kültürel mirasların korunmasında fotogrametri yöntemi, belgeleme çalışmaları ve restorasyon işlemleri için yüksek doğruluklu çözümler sunmaktadır. Fotogrametri, fotoğraf ve matematiksel eşitlikleri kullandığından oluşturulan 3B model üzerinden doğru ve hassas ölçümler

yaşanabilmektedir. Mezgitkale Anıtmezarı gibi detaylı çizim isteyen yapılar ya da alanların çizimi fotogrametrik yöntemde bir kaç gün veya daha az bir sürede bitmekte ve üstelik veri kaybı olmadığından yüksek doğrulukla gerçekleştirilmektedir.



Şekil 7. Eserin 3B Modeli



Şekil 11. PhotoModeler'da eserin çizilmiş hali

KAYNAKÇA

Yakar, M., Yılmaz, H.M., Yıldız, F., Zeybek, M., Şentürk, H., Çelik, H., (2009). Silifke-Mersin Bölgesinde Roma Dönemi Eserlerinin 3-Boyutlu Modelleme Çalışması ve Animasyonu, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

KRAUS, K., (2007). Fotogrametri, Fotoğraflardan ve Lazer Tarama Verilerinden Geometrik Bilgiler, Çeviri, *İTÜ, Nobel Yayın Dağıtım*, 405. (Çevirenler M.O.Altan vd.)

HANKE, K., GRUSSENMEYER, P., STREILEIN, A., (2002). Digital Photogrammetry, *Taylor & Francis*, 300-301. (Editörler M. KASSER and Y. EGELS)

YAKAR, M., YILDIZ, F., ZEYBEK, M., KOCAMAN, E., YOLCU, M., FİLİZ, T., (2011). Photogrammetric Modeling of Monuments Eflatunpınar, *FIG Working Week 2011 Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco*.

ATKINSON, K.B., (1996). Close Range Photogrammetry and Machine Vision, *Whittles Publishing, oseleigh House, Scotland, UK*.

COOPER, M.A.R. and ROBSON, S., (1996). Theory of Close Range Photogrammetry, Close Range Photogrammetry and Machine Vision, *Whittles Publishing, Roseleigh House, Latheronwheel, Caithness, Scotland, UK., ISBN: 978-1870325-73(8), 9-50*.

SLAMA, C.C., (1980). The Manual of Photogrammetry, *4th Edn., American Society of Photogrammetrists, Falls Church, VA., ISBN: 1-57083-071-1*.

URL-1, 2017, <http://www.mersinkulturturizm.gov.tr/TR-73147/silifke.html>

URL-2, 2017, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7122745>

URL-3, 2017, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8088837>

URL-4, 2017, <http://keos.silifke.bel.tr/keos/>

URL-5, 2017, <http://www.canon.com.tr>

URL-6, 2017, <http://www.wsource.me/total-station-topcon.html>

Türkiye İçin Bir Taşınmaz Değerleme Sistemi Yaklaşımı

Nuri ERDEM^{1*}

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye
(nurierdem@oku.edu.tr)

Öz

İyi işleyen bir taşınmaz değerlendirme sisteminin tesis edilmesi ve sürdürülmesi ülke yönetimlerinin en önemli görevlerinden biridir. Bu, gerek adaletli vergilendirmenin sağlanması gerekse farklı uygulamalarda ihtiyaç duyulan değerlerin sağlıklı bir şekilde oluşturulabilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada, ülkemizdeki taşınmaz değerlendirme sisteminin mevcut durumu araştırılmış ve sistemin sağlıklı işleyen bir yapıya kavuşturulabilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışmaya ilk olarak ülkemizin taşınmaz değerlendirme sisteminin mevzuat, kurumsal ve teknik yapısının incelenmesiyle başlanmıştır. Taşınmaz değerlendirme sisteminin mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla, ülkemizde değerlendirmeyle ilgili faaliyet yürüten kurumların il, bölge ve genel müdürlüklerindeki idareci ve çalışanlarla ve özel sektör değerlendirme uzmanlarıyla mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Özellikle değerlendirme alanında iyi uygulamaya sahip ülkelerden Almanya, Hollanda, Danimarka, İsviçre, İngiltere ve ABD başta olmak üzere diğer bazı ülkelerin sistemleri araştırılmıştır. Bu mülakat ve araştırmalardan elde edilen bulgulardan da yararlanılarak, ülkemiz için mevzuat, kurumsal ve teknik bileşenleri içeren bir Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi (TADES) yaklaşımı geliştirilmiştir.

Bu yaklaşımda; değerlemenin yasal altyapısının çerçeve bir “Taşınmaz Değerleme Kanunu” altında yeniden düzenlenmesi, bu Kanunun değerlendirme uzmanlarına yol gösterici diğer düzenleme ve rehber dokümanlarla detaylandırılması, değerlendirme faaliyetlerini düzenleyen, yöneten ve denetleyen bir “Taşınmaz Değerleme Genel Müdürlüğü”nün (TDGM) tesis edilmesi, toplu değerlendirme çalışmalarının lisanslı değerlendirme şirketlerinden de destek alınarak belediyeler tarafından gerçekleştirilmesi, gerek kamu gerekse özel sektörde gerçekleştirilen tekil ve toplu değerlemelerde kullanılmak üzere taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanlarının oluşturulması ve sürdürülmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Taşınmaz Değerleme, Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi, Yeniden Yapılanma.

An Approach for Turkish Real Estate Valuation System

Abstract

One of the most important tasks of the governments throughout the world is establishment of the well-functioning real estate valuation systems. This provides both equitable taxation and availability of the healthy values required in different applications. In this context, this paper evaluates current situation of the Turkish real estate valuation system and proposes an approach to establish well-functioning system in the country. It begins with an evaluation of the current system based on legal, institutional and technical aspects. The evaluation is carried out in terms of the interviews and surveys performed with managers and employees of the organizations doing real estate valuations in both public and private sectors in the country. It clearly shows that there is need for re-engineering in the real estate valuation system in Turkey. The study also investigates real estate valuation systems of Germany, the Netherlands, Denmark, Switzerland, United Kingdom, United States and some others as well-functioning systems. As a result, it proposes an approach for The Turkish Real Estate Valuation System considering the findings of the interviews and case study researches. According to this approach, "The Law on Real Estate Valuation" supported by required regulations and guiding documents

* Sorumlu Yazar

Bu makale; Yük. Müh. Nuri ERDEM'in 2016 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında tamamlanan ve "Türkiye İçin Bir Taşınmaz Değerleme Sistemi Yaklaşımı" isimli doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

should be enacted as a legal basis of the valuation works, "The General Directorate of Real Estate Valuation" should be established as a leading institution in the domain to organize, manage and supervise the valuation works throughout the country, mass appraisal works should be carried out by the municipalities with support of licensed companies of real estate valuation, real estate characteristics and sales prices databases should be established and sustained to use in both single and mass valuation works by the public and private sector experts.

Keywords: Real Estate Valuation, Real Estate Valuation System of Turkey, Re-engineering.

1. GİRİŞ

Vergilendirme, kamulaştırma, özelleştirme, tescile esas işlemler, irtifak hakkı tesisi gibi kamusal uygulamalar ile sermaye piyasası, bankacılık, kredilendirme, sigortacılık gibi özel sektör uygulamalarında taşınmaz değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, gerek taşınmaz pazarlarının şeffaflığının sağlanabilmesi gerekse kamu ve özel sektör değerlendirme uygulamalarının adil bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için ülkelerin iyi işleyen değerlendirme sistemlerini oluşturmaları ve sistemlerini zaman içinde ortaya çıkabilecek ihtiyaçlar çerçevesinde revize etmeleri önem arz etmektedir (Çete, 2008).

Ülkemizdeki taşınmaz değerlendirme sisteminin mevzuat, kurumsal ve teknik anlamda yeniden yapılanmasıyla ilgili bilimsel anlamda daha önceden yapılmış çalışma ve önerilerden bazıları yıl bazlı olarak aşağıda özetlenmektedir.

Açlar vd. (2003)'e göre; Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası (HKMO) öncülüğünde ve koordinasyonunda "Taşınmaz Değerleme ve Yönetimi Yüksek Kurulu" (TDYÜK) gibi isimlendirilebileceğimiz bir kurul oluşturulması, terminolojide, ilkelere, yöntemlerde, verilerde ve belgelerde standart sağlanmasına çalışılması yerinde olacaktır. Yüksek Kurul bağımsız yetkisini, TMMOB Yasası'nda yapılacak bir düzenlemeden ya konuya ilişkin var olan yasalarımız incelenerek düzenlenecek yasa gücünde kararname ya da ayrı bir yasa olarak; ülke taşınmaz piyasasını düzenleyen ve yönlendiren TKGM, SPK, Arsa Ofisi Genel Müdürlüğü, belediyeler ile kamu kurumları ve yerel yönetimlerdeki değerlendirme komisyonlarıyla etkileşimli çalışmalıdır.

Çağdaş (2007)'e göre; Ülkemiz emlak vergi sistemindeki problemlere çözüm önerisi olarak, vergi sisteminin gereksinim duyduğu teknik altyapı üzerinde durulmuştur. Yeni kamu sicillerinin oluşturulması önerilmiş; ülkemiz kadastral sisteminin önerilen sicillerle desteklenerek toprak-arazi yönetimi için gerek duyulan bilgi altyapısının oluşturulması görüşü savunulmuştur. Buna göre, taşınmazlara ilişkin mülkiyet bilgileri kadastral sistemden, kullanım ve değerlendirme-vergilendirme bilgileri ise önerilen sicillerden sağlanacaktır. Tasarım modelinde toplu değerlendirme sistemine geçiş önerilmiş; bu amaçla süreçte görev alması olası aktörler tanımlanmış; değerlemede kullanılacak veri türleri ve verilerin edinim yolları belirlenmiş; değerlendirme süreci modellenmiş; diğer değerlendirme uygulamalarında da yararlanılacak Ulusal Değerleme Veri Tabanının kurulması önerilmiştir. Vergi tarhiyatı süreci de tanımlama ve değerlendirme alt sistemlerindeki önerilere göre yeniden düzenlenmiştir.

Çete (2008)'e göre; Ülkemizde arazi idaresinin lider kurumunun "Arazi İdaresi Müsteşarlığı" (AİM) gibi bir ad altında güçlü bir kurumsal yapılanmaya sahip olması ve tapu, kadastro, harita yapımı ve taşınmaz değerlendirme gibi arazi idaresi faaliyetlerini bünyesinde bir araya getirmesi önerilmektedir. AİM; ilgili alanlardaki genel müdürlüklerden ve ihtiyaç duyulan taşra teşkilatı yapılanmalarından oluşmalıdır. Bu yaklaşımla, AİM'in Genel Müdürlüklerinden birisinin de Taşınmaz Değerlemesi Genel Müdürlüğü şeklinde yapılandırılması ve taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinin bütüncül bir yapıda ve uzman bir kurumca gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Yomralıoğlu (2009)'a göre; Taşınmaz değerlendirme ile ilgili yasal mevzuat ve kurumsal değer belirleme kargaşası, hem değerlendirme işleminin yetkili tek bir kuruma verilmesini hem de yeni bir yasal değerlendirme tüzüğüne

ihtiyacı gerektirmektedir. Bu bağlamda ilgili kamu kurumları ile çift yönlü veri alışverişinde bulunacak ve veriyi kendi bünyesinde tutacak, gerekirse pazarlayacak bir Gayrimenkul Değerleme Kurumuna (GDK) ihtiyaç vardır.

Uzer (2009)'a göre; Ülkemizde taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinde yaşanan mevcut yasal dağınıklığın giderilebilmesi ve uygulamalarda uluslararası değerlendirme standartlarının sağlanabilmesi için değerlendirme faaliyetlerini düzenleyen bir "Taşınmaz Değerleme Yasası"na ve lider bir kuruma ihtiyaç vardır. Lider kurum, ana görevi taşınmazları hukuki ve teknik yönleriyle kayıt altında tutmak olan, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü olmalıdır. TKGM'nin 3045 sayılı Teşkilat Kanunu'nda yapılacak düzenlemeyle TKGM bünyesinde "Taşınmaz Değerleme Dairesi Başkanlığı" birimi ve TKGM bünyesindeki 22 adet bölge müdürlüğünde "Taşınmaz Değerleme Şube Müdürlüğü" oluşturulabilir. Alım-satım işlemlerinde harca esas değerlerin doğru beyan edilebilmesi için, bu işlem için gerekli belgeler arasında, satışı yapılacak taşınmaza ait, içinde bulunulan yılda, Lisanslı Değerleme Uzmanı tarafından hazırlanmış "Ekspertiz Raporu" da bulunmalıdır. Ülkedeki tüm kamulaştırma, özelleştirme ve mahkemeler gibi kamusal alanda gerçekleştirilen değerlendirme faaliyetlerine ilişkin değer verileri ve Tapu Müdürlükleri'nde gerçekleştirilen alım-satım değerleri, TKGM Bölge Müdürlükleri bünyesindeki Taşınmaz Değerleme Şube Müdürlükleri tarafından bir veritabanında toplanarak, "Değer Verisi Havuzu" oluşturulmalıdır.

Çağatay (2008)'e göre; Türkiye'de taşınmaz değerlendirme alanında önemli bir boşluğu dolduracak olan Taşınmaz Değerleme Bilgi Sistemi (TADEBİS) için kurumsal ve teknik bir yapılanmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Kurumsal açıdan taşınmaz değerlemesinden sorumlu olacak kurum, kamu kontrolünde ve özel sektör paylaşımlı olmalıdır. Örgüt yapısı olarak ise merkez ve il düzeyinde örgütlenen taşra birimlerinden oluşmalıdır. Merkez teşkilatının yönlendirici olmasının yanında değer oluşum süreçlerini taşra birimlerine bırakması daha uygundur. Bunun sebebi, taşınmaz piyasalarının yerel olması, değerlemeyi oluşturan verilere taşrada daha kolay ulaşılabilmesi gibi faktörlerdir. Oluşturulması gereken Taşınmaz

Değerleme Kurumu, TADEBİS uygulamasını temsil edecek kurum olmalıdır.

Değirmenciler (2008)'e göre; Etkin bir taşınmaz değerlendirme sistemi için Değer İzleme Sistemi kurulmalıdır. Değer hareketlerinin anlık izlenebilmesi için gayrimenkulün bulunduğu bölgede bulunmak gerekmektedir. Bu yüzden değer izleme sistemi, merkezden yönetilen yerel ağların bir toplamı olmalıdır. Kurumlar arasındaki işbirliğinde; Maliye Bakanlığı, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Belediyeler öne çıkmaktadır. Her ay bir ilçede oluşan değerler yerel maliye teşkilatı tarafından toplanacak ve ay sonunda merkez birime bildirilecektir. İlgili ay içinde o ilçede mahkemelerce yapılan kamulaştırma ve kira takdirleri, Hazineye ait taşınmazlara ilişkin takdirler, banka kredisine esas değer takdirleri, belediyelerin yaptığı tüm takdirler bu kapsama dahildir. Yerel maliye teşkilatı eline ulaşan bu değerleri arsa, arazi, bina ve konut anlamında ayrıştıracak ve o şekilde merkeze gönderecektir. Bu bilgiler CBS uyumlu bir değer haritasının oluşumuna altlık oluşturacaktır. Yerel maliye teşkilatı, o ilçede Tapu Sicil Müdürlüğünde yapılan işlemleri de aylık olarak alacaktır. Değerlerin veri olarak depolanması birçok kamu kurumunun uygulamalarında yol gösterici olacaktır.

Hacıköylü (2009)'a göre; Emlak vergisinde yaşanan değer tespitine ilişkin sorunlar mevzuattan, idareden ve mükelleften kaynaklanan sorunlardır. Mevzuattan kaynaklanan sorunların çözümü için; mülkiyet kadastro anlayışının terk edilerek mali kadastro anlayışının benimsenmesi gerekir. Böylece vergisel amaçlı taşınmaz değerlendirme önem kazanacak, taşınmaz satış veri tabanının oluşturulması ve CBS'nin bu açıdan kullanılması sağlanabilecektir. İdareden kaynaklanan sorunların çözümü için, belediyelerde vergi inceleme yetkisine sahip personel istihdamı sağlanmalıdır. Böylece emlak vergisinin yönetimi daha etkin olabilecek ve vergi kayıp ve kaçakları da önlenebilecektir. Emlak vergisinde mükelleften kaynaklanan sorunlar daha çok verginin tahsil aşamasında yaşanmaktadır. Çözüm için mükelleflerin vergiye gönüllü katılımını artıracak bir takım düzenlemelerin yapılması gerekir. Bu amaca yönelik ise çalışmada emlak vergisine

ve tapu kadastro harçlarına ilişkin bir takım önerilere yer verilmiştir. Emlak vergisine ilişkin olarak vergi oranlarının düşürülmesi, tespit edilen değerlere karşı mükellefe itiraz hakkının tanınması, emlak vergisinde mükellefin gönüllü katılımını artırabilecektir. Ayrıca tapu ve kadastro harçlarının kaldırılması veya oranlarının düşürülmesi mükelleflerin alım satımına konu taşınmazlarının gerçek değerini beyan etmesi açısından önem taşımaktadır.

Candaş (2012)'ye göre; Taşınmaz değerlerini kayıt altında tutacak olan kurumun, ülkemizde taşınmazları kayıt altına alan ve mülkiyet haklarının güvence altına alan kurum olan Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) olması doğru olacaktır. Taşınmaz Değerlemesi faaliyetlerini yürütmek amacıyla TKGM altında Taşınmaz Değerlemesi Daire Başkanlığı kurulmalıdır. Taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinin standardize edilmesi, işlemlerin tek elden yürütülmesi ve denetlenmesi, taşınmaz değerlerinin kayıt altına alınması ve taşınmaz piyasasındaki dalgalanmaların kontrol altına alınması, kurumlardaki işlem tekrarlarının ve farklılıklarının ortadan kaldırılması ve benzeri sebeplerden ötürü ülkemizde bir Taşınmaz Değerlemesi Kanunu'na olan ihtiyaç da ortadadır.

Yıldız (2014)'e göre; Toplu değerlendirme faaliyetlerinin, tekil değerlendirme işlemlerini de yapan, yaptıran, denetleyen, düzenleyen bir üst kurul eli ile yürütülmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Toplu değerlendirme sisteminin ihtiyaç duyduğu ilk temel bileşen değer/fiyat bilgileridir. Toplu değerlendirme sisteminin kurulabilmesi için gereken birinci koşul satış işlemlerinde gerçekleşen fiyat bilgisinin doğru olarak, ayrıntılı bilgileri ile birlikte tutulduğu TAKBİS ile entegre ortak bir veritabanının oluşturulmasıdır. Böylece bu bilgiler toplu değerlendirme sistemi içinde model oluşturma amaçlı olarak kullanılabilir. İşlemlerde gerçekleşen fiyat bilgilerinin doğru olarak beyan edilmesi için, ilk yıllarda harç oranının düşürülmesi gibi teşvik edici önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Toplu değerlendirme sisteminin ihtiyaç duyduğu ikinci temel bileşen, taşınmazların değerine etki eden öz nitelik bilgileridir. Bu verilerin, kurumlar arası veri paylaşımı ile elde edilebileceği düşünül-

mektedir. Toplu değerlendirme sisteminin ihtiyaç duyduğu üçüncü temel bileşen, yetişmiş insan kaynağıdır. Toplu değerlendirme sistemi kurulduğunda, personel maliyetini düşürmek amacıyla, İngiltere'de değerlendirme ofisinde yapıldığı gibi kamu kurumları ve üniversitelerde çalışan yetişmiş iş gücünden faydalanılabileceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada, Türkiye taşınmaz değerlendirme sisteminin mevcut durumu incelenmiş ve ülkemizde değerlendirme alanında sağlıklı bir mevzuatın ve kurumsal yapılanmanın bulunmadığı, değerlemede ihtiyaç duyulan veri tabanlarının ve değerlendirme modellerinin de oluşturulmadığı görülmüştür. Bu nedenle, gerek vergilendirme amaçlı gerekse diğer amaçlarla gerçekleştirilen değerlendirme çalışmalarının sağlıklı bir yapıda yürütülebilmesi için ülkemize özgü iyi işleyen bir değerlendirme sistemi yaklaşımının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, değerlendirme uzmanlarıyla mülakatlar gerçekleştirilmiş ve uzmanların mevcut yapı hakkındaki düşünceleri ve yeni sistemden beklentileri araştırılmıştır. Ayrıca, taşınmaz değerlemesinde iyi uygulamaya sahip ülkelerden, Türkiye'ye model olabilecek bazı yasal, kurumsal veya teknik özellikleri bünyesinde barındıran ülkeler belirlenerek, bu ülkelerin değerlendirme sistemleri incelenmiştir. Gerek değerlendirme uzmanlarıyla yapılan mülakatlardan gerekse iyi uygulamalar araştırmasından elde edilen bilgi ve bulgulardan yararlanılarak, Türkiye için bir taşınmaz değerlendirme sistemi yaklaşımı geliştirilmiştir. Elde edilen bulgular ve geliştirilen yaklaşım aşağıda alt başlıklar halinde özetlenmektedir.

2. TÜRKİYE TAŞINMAZ DEĞERLEME SİSTEMİ

Bu bölümde, ülkemiz taşınmaz değerlendirme sisteminin mevcut yasal, kurumsal ve teknik yapısı, etkinlik değerlendirmesi ve sistemin yeniden yapılandırılması ihtiyacı özetlenmektedir.

2.1. Yasal Yapı

Ülkemizde taşınmaz değerlendirme alanında uyulması gereken kurallar, farklı mevzuat düzenlemelerinde tanımlanmıştır (Çete, 2008; Köktürk ve Köktürk, 2015; Candaş, 2012; Yomralıoğlu vd., 2011). Ülkemizdeki değerlendirme mevzuatı incelendiğinde; değerlendirmeyle doğrudan ilgili toplam 23 yasa, KHK ve tüzük bulunduğu, dolaylı hükümler içeren mevzuatın da eklenmesi durumunda bu rakamın daha da arttığı görülmektedir. Bu kanunlarda geçen ifadeler arasında da sağlıklı bir ilişki bulunmamaktadır. Bunun sonucunda da, aynı taşınmaz için gerçekleştirilen farklı değerlemelerde büyük değer farklılıkları ortaya çıkmaktadır (Yomralıoğlu vd. 2011; Yomralıoğlu, 2000).

Ülkemizde birçok uygulamada taşınmaz değerlemesi yapılmaktadır (Candaş, 2012). Bu uygulamalar genel olarak; emlak vergisi toplama, kamulaştırma, taşınmaz yönetimi, satış veya kiralama bedellerinin belirlenmesi gibi taşınmazlarla ilgili faaliyetlerdir (Yomralıoğlu vd., 2011). Farklı yasalarda değerlemenin yasal dayanağının 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu olduğu konusunda hükümler yer almaktadır (Köktürk ve Köktürk, 2015; Candaş, 2012; Yomralıoğlu vd., 2011). Kamulaştırma Kanunu'nda taşınmaz mal veya kaynağın değerinin hangi unsurlara göre ve kimler tarafından belirleneceği düzenlenmektedir. Kamulaştırma ile mülkiyet hakkına el koyulduğu için burada taşınmazın değerinin doğru ve objektif şekilde belirlenmesi, mal sahibinin haklarının korunması ve güveninin sağlanması büyük önem arz etmektedir (Yomralıoğlu, 1997; Candaş, 2012).

2.2. Kurumsal Yapı

Ülkemizde kamu alanındaki taşınmaz değerlendirme çalışmaları, 26 farklı kurumun bünyesinde oluşturulan değer takdir komisyonlarınca gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, değerlendirmeyle ilgili hususlarda yargıya intikal etmiş anlaşmazlıkların çözümü için, ilgili mahkemelerce oluşturulan bilirkişi komisyonları da değerlendirme yapmaktadır (Çete, 2008, Nişancı, 2005). Komisyonların

oluşturulma şekilleri ve değerlemenin ne şekilde yürütüleceği, uygulamanın amacına göre, farklı yasa ve yönetmeliklerde tanımlanmıştır. Bu bağlamda, değeri belirlenecek taşınmazın cins ve niteliğine göre, komisyonlarda yer alan üyelerin meslek disiplinlerinin de değiştiği görülmektedir. Kamu kurumları dışında, değerlendirme yapan “özel sektör taşınmaz değerlendirme şirketleri” de bulunmaktadır (Çete, 2008, Köktürk ve Köktürk, 2015; Açlar ve Çağdaş, 2008; Yomralıoğlu, 1995).

Ülkemizde taşınmaz değerlendirme faaliyeti yürüten farklı kurumlar bulunmakla birlikte, bu alanda ilk akla gelen kurum Sermaye Piyasası Kurulu'dur. Sermaye Piyasası Kurulu (SPK), 1981 yılında 2499 sayılı Sermaye Piyasası Kanunu ile kurulmuştur. Kurul, gayrimenkul değerlendirme şirketlerini listeye alma görevinin yanında, şirketlerin değerlendirme faaliyetlerini, istihdam edecekleri yeterli bilgi ve tecrübeye sahip “Değerleme Uzmanları” tarafından yürütülebilmelerini sağlamak için, “Değerleme Uzmanlığı Lisansı” verme faaliyetlerini de yürütmektedir (Nişancı, 2005; SPK, 2001; URL_1).

Ülkemizde taşınmaz değerlendirme uzmanlarının yetiştirilmesi bağlamında yaşanan bir diğer önemli gelişme ise, 21.02.2007 tarihinde tüzel kişiliğe haiz kamu kurumu niteliğinde bir meslek kuruluşu olan “Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği”nin (TDUB) kurulması olmuştur. Birlik, 26.05.2010 tarihinde gerçekleşen kuruluş genel kurulundan sonra faaliyetlerine başlamıştır (Açlar ve Çağdaş, 2008). TDUB; gayrimenkul piyasasının ve gayrimenkul değerlendirme faaliyetlerinin gelişmesini, Birlik üyelerinin dayanışma ve değerlendirme faaliyetlerinin gerektirdiği özen ve disiplin içinde çalışmalarını, üyelerin mesleki menfaatlerinin korunmasını, haksız rekabetin önlenmesini, mesleki konularda üyelerin aydınlatılmasını ve eğitilmesini sağlamak üzere verilen görevleri yerine getirmektedir (URL_2).

Yine ülkemizde, değerlendirme uzmanları tarafından, değerlendirme uzmanlığı mesleğini geliştirmek amacıyla 04 Nisan 2001 tarihinde Değerleme Uzmanları Derneği (DUD) kurulmuştur. DUD, 23 Temmuz 2001

tarihinde Bakanlar Kurulu kararıyla “Uluslararası Faaliyet Gösterme” yetkisi çerçevesinde, TEGoVA’ya (The European Group of Valuers) oybirliği ile asil üye seçilerek Türkiye’yi temsil etme yetkisini kazanmıştır. Dernek, Ağustos 2001’de, SPK’nın değerlendirme uzmanlığı lisanslaması ve değerlendirme hizmeti verecek şirketlere ilişkin tebliğleriyle (Seri VIII No: 34-35) ülkemizde düzenleyicilik görevini üstlenmiş ve “Değerleme Uzmanlığı” mesleğinin yasal olarak tanınmasını sağlamıştır. Kasım 2002’de Birleşmiş Milletler’in Değerleme organı olan Uluslararası Değerleme Standartlar Komitesi’ne (International Valuation Standards Committee, IVSC) oy birliği ile asil üye statüsünde kabul edilen DUD, ABD’de faaliyet gösteren Değerleme Enstitüsü (Appraisal Institute, AI) gibi diğer uluslararası kurumlarla da ilişkiler yürütmektedir (URL_3).

Tapu ve kadastro işlemleri sırasında da taşınmazın asgari emlak değerinden az olmamak koşuluyla harç kesilmektedir. Vergi değeri belli olmayan taşınmazlara, kadastro ve dava harcı ile yargılama giderlerine esas olmak üzere kadastro komisyonunca kıymet takdir edilmektedir (Yomralıoğlu vd., 2011; Nişancı, 2005).

Ülkemizde taşınmaz değerlerine ihtiyaç duyulan en önemli uygulamalardan birisi de konut finansmanı için kullanılan tutulu satış (mortgage) sistemidir. Bankalar, katılım bankaları ve finansman şirketleri, tüketiciye konut kredisi kullanırmak amacıyla özel sektör değerlendirme şirketlerine taşınmaz değerlemesi yaptırmaktadırlar.

2.3. Teknik Yapı

Ülkemizde emlak vergilendirmesi amaçlı değerlendirme çalışmaları Belediyeler tarafından cadde-sokak bazında gerçekleştirilmektedir. Bu değerlendirme yaklaşımı, aynı cadde-sokakta bulunan bütün taşınmazların aynı değere sahip olduğu öngörüsüne dayanmaktadır (Aydınöğlu, 2009).

Ülkemizde taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanları bulunmamaktadır. Bu nedenle değerlendirme faaliyetlerinde ihtiyaç

duyulan veriler farklı kurumlardan toplanmaktadır. Ayrıca, değerlemenin teknik boyutunu detaylı bir şekilde düzenleyen mevzuat da mevcut olmadığından, değerlendirme faaliyetleri bilimsel ve standart tanımlamalardan çok değerlendirme uzmanlarının deneyimleriyle gerçekleştirilmektedir.

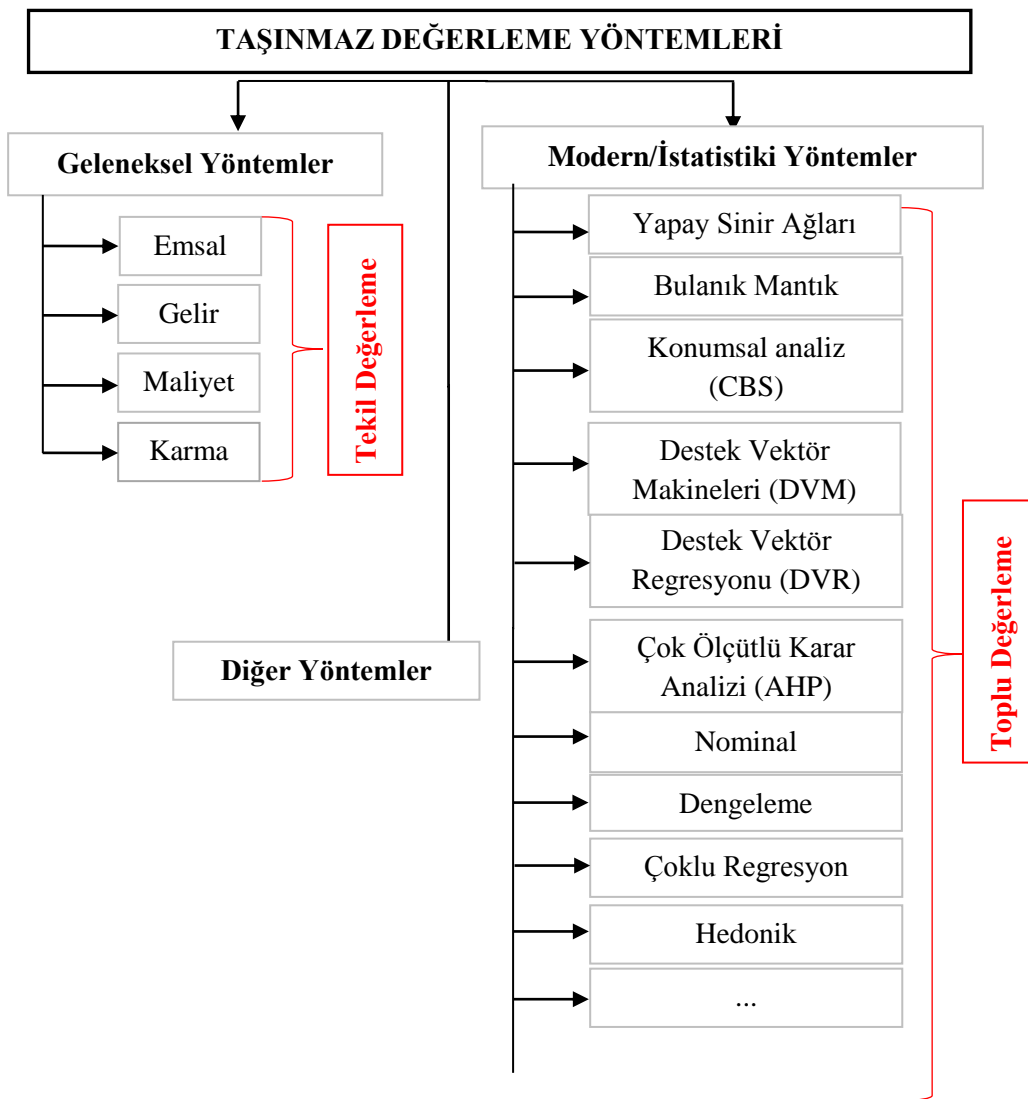
Değerleme çalışmalarının en önemli sonuç ürünlerinden biri değer haritalarıdır. Değerleme alanında iyi uygulamaya sahip ülkelerde bu haritalar üretilmekte ve kullanıcılara sunulmaktadır. Ülkemizde ise, bazı akademik/bilimsel çalışmalar haricinde bu alanda kapsamlı bir çalışma mevcut değildir.

Taşınmaz değerinin belirlenmesinde standart modellerden söz etmek zordur. Her ülkenin taşınmaz değer tespitinde kendine has kültür ve konumsal ya da bölgesel özellikleri nedeniyle kullandıkları yöntemlerde farklılıklar görülebilir. Yöntemlerin çoğu emsal karşılaştırma temeline dayanmaktadır (Yalpır, 2007; Pagourtzi and Assimakopoulos, 2003). Temelde üç tip değerlendirme yöntemi vardır. Bunlar; Emsal Karşılaştırma Yönetimi, Gelir Kapitalizasyon Yöntemi ve Maliyet Yöntemi’dir. Taşınmaz değerlendirme yöntemleri Şekil 1’de görüldüğü gibi gruplandırılabilir.

Gelişen teknolojiyle birlikte dünyada olduğu gibi ülkemizde de modern değerlendirme yöntemlerinin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Taşınmaz değerlemede son yıllarda tercih edilen modern değerlendirme yöntemleri arasında yapay sinir ağları, bulanık mantık, konumsal analiz ve destek vektör makineleri regresyonu gibi yöntemler önemli bir yer tutmaktadır. İstatistikî (stokastik) değerlemenin esasını, taşınmaz değeri ve taşınmaz kriterleri arasındaki sayısal ya da oransal bağıntılar ile matematiksel model oluşturmaktır. İstatistikî yöntemlere göre taşınmaz değerlemede en çok kullanılan yöntemler çoklu regresyon, hedonik yaklaşım ve nominal yöntem olarak sıralanabilir. İstatistikî değerlendirme yöntemleri, hem geleneksel hem de ileri değerlendirme yöntemlerinin içinde ifade edilebilen yöntemlerdir (Yalpır, 2007).

Toplu değerlendirme, belirli bir grup taşınmazın aynı zamanda top yekün değerlerinin belirlenmesi işlemidir. İstatistiksel (stokastik) yaklaşımlar ya da bilgisayar teknolojileri kullanılarak taşınmazların değer tahminlerini yapabilen yöntemler toplu değerlendirme yöntemleri olarak adlandırılmaktadır. Toplu değerlendirme; vergilendirme ve kamulaştırma

gibi aynı anda birden çok taşınmaza değer biçilmesi gerektiği durumlarda, oluşturulan değerlendirme modeli ile örneklem kümesi üzerinde yapılan istatistik testlerle edinilen bilgileri kullanılarak belirli bir zaman için değerlendirme kümesine değer biçen, işlemlerin istatistiksel testlerle denetlendiği değerlendirme sürecidir (Yılmaz, 2010; Yalpır ve Özkan, 2008).



Şekil 1. Taşınmaz Değerleme Yöntemleri (Yalpır, 2007'den Geliştirilmiştir).

Ağaçları ve Lineer Modelleme yöntemleri kullanılmıştır. Aynı veri üzerinde farklı yöntemler uygulanarak gerçekleştirilen

modelleme çalışmaları sayesinde; farklı yöntemlerle elde edilen sonuçların birbiri ile karşılaştırılması, toplu değerlendirme

çalışmalarında son yıllarda yeni kullanılmaya başlanan yöntemlerin aynı proje kapsamında uygulanması ve pilot uygulama neticesinde elde edilen sonuçların daha zengin ve anlamlı olması sağlanmıştır. Çalışma kapsamındaki taşınmazlar için hesaplanan değerler ile mevcut harç ve vergi değerleri arasında 2-3 kat farklılık olduğu görülmüştür (TKGM, 2014).

Taşınmaz Değerleme Sistemimizin Etkinliği

Taşınmaz değerlendirme sistemimizin etkinliği araştırması, değerlendirme faaliyeti yürüten kurumların idareci ve çalışanları yanında, özel sektörde faaliyet yürüten değerlendirme uzmanları ile yapılan mülakatlarla gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede 12'si genel müdürlük ve muadili kurumlarda olmak üzere toplam 71 mülakat gerçekleştirilmiştir. Görüşme yapılan kişilerden, değerlendirmeyle ilgili faaliyetleri sırasında yaşadıkları "mevzuat", "kurumsal" ve "teknik" sorunları ifade etmeleri istenmiştir. Mülakatlar sırasında ifade edilen mevzuat sorunları şu şekilde özetlenebilir:

- Değerleme yasamız bulunmamaktadır. İlgili yasal mevzuatta boşluklar mevcuttur.
- Ülkemizde farklı kanun, yönetmelik ve tebliğlerde taşınmaz değerlendirmeyle ilgili düzenlemeler bulunmaktadır. Ancak, bunların çoğunda değerlendirme işlemlerinin kural ve standartlarını belirleyen bir düzenleme yoktur. Sadece taşınmazın değerini kimlerin belirleyeceği ve hangi yöntemlerin kullanılabilmesine dair bazı hükümler vardır.
- Genel merkezleri İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirlerde bulunan bazı değerlendirme şirketleri, özellikle diğer şehirlerdeki değerlendirme faaliyetlerini, lisanslı değerlendirme uzmanı sayısındaki yetersizlik nedeniyle "çözüm ortakları" eliyle gerçekleştirmektedirler. Ancak, bu çözüm ortaklarının niteliklerini (SPK lisanslı olması gibi), belirleyen herhangi bir hukuki düzenleme bulunmamaktadır.

Taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında karşılaşılan kurumsal sorunlardan başlıcaları ise şunlardır:

- Ülkemizde doğrudan veya dolaylı yollarla taşınmaz değerlendirme yapan birçok kurum

bulunmasına karşın, bu alandaki çalışmaların organizeli bir şekilde yürütüldüğü etkin bir kurumsal yapılanma bulunmamaktadır.

- Değerlemede ihtiyaç duyulan verilerin çoğu Belediyeler, Tapu ve Kadastro Müdürlükleri gibi kamu kurumlarında bulunmaktadır. Ancak, ilgili kurumların bu verileri paylaşmak istememeleri veya verilerin doğru ve güncel olmaması gibi sorunlar yaşanmaktadır.

- Kamu kurumlarındaki taşınmaz değerlendirme faaliyetleri, kurum bünyesinde oluşturulan komisyonlar eliyle gerçekleştirilmektedir. Ancak, bu komisyonların yapısının homojen olmaması, üyelerin herhangi bir uzmanlık belgesine veya değerlendirme hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları gibi nedenlerden dolayı, yapılan çalışmaların geneline itiraz edilmekte ve yargıya taşınmaktadır.

- Ülkemizdeki değerlendirme uzmanları, piyasadaki mevcut mühendislik-mimarlık büroları veya şirketleri gibi çalışmamaktadırlar. Ferdi olarak şirket veya büro adı altında çalışmak ve bağımsız olarak kamu ve özel sektöre hizmet vermek istemektedirler.

Mülakatlar sırasında ifade edilen teknik sorunlar ise şu şekilde özetlenebilir:

- Ülkemizde değerlendirme alanında sağlıklı bir sistem, veritabanı, değerlendirme standartları ve sonuç ürün olan değer haritaları bulunmamaktadır.
- Kurum ve kuruluşlardan veri temini bağlamında kapsamlı bir mevzuat düzenlemesi bulunmamaktadır. Değerleme uzmanlarının tapu sicil müdürlüklerinden veri temini için bazı düzenlemeler getirilmiş olsa da, TAKBİS'ten olması gerektiği ölçüde faydalanılamamaktadır.
- Harç yatırma ve tapu kaydı inceleme gibi işlemler çevrimiçi (online) sistemlere bağlanmaya çalışılsa da mevcut sorunların çözümü anlamında etkin sonuçlara ulaşılamamaktadır.
- Tapu Sicil Müdürlüklerinde yapılan taşınmaz alım-satım işlemlerinde, satış bedeli olarak piyasa değerinin çok altında kalan emlak beyan değerleri esas alınmaktadır.
- Emlak beyan değerlerinin 4 yılda bir güncellenmesinden dolayı şehirlerin hızlı gelişen veya yeni gelişim bölgelerinde daha kısa sürelerde güncelleme yapılamamaktadır.

• Aynı taşınmaz için kurumların bünyesinde oluşturulan kıymet takdir komisyonlarınca belirlenen değerlerle mahkemelerin oluşturduğu bilirkişi komisyonlarının belirlediği değerler arasında büyük farklar ortaya çıkabilmektedir.

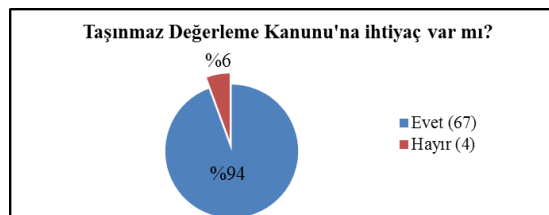
Taşınmaz Değerleme Sistemimizde Yeniden Yapılanma İhtiyacı

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen mülakatlar sırasında, taşınmaz değerlendirme sistemimizde yeniden yapılanmaya ihtiyaç duyulup duyulmadığı hususunun belirlenebilmesi için, değerlendirme uzmanlarına bir takım sorular da yöneltilmiştir. Örneğin, değerlendirmeyle ilgili mevcut yasalarda bir belirsizlik veya dağınıklığın olup olmadığı sorusu bunlardan biridir. Bu soruya, 71 mülakatın 65'inde, "belirsizlik ve dağınıklık var", 5'inde "kısmen var", 1'inde de "yok" cevabı verilmiştir (Şekil 2).



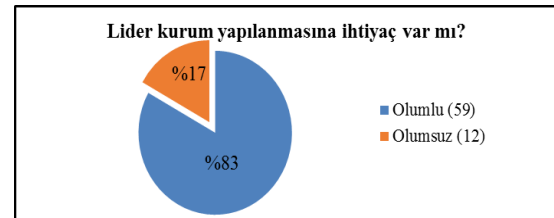
Şekil 2. Taşınmaz Değerleme İle İlgili Yasalardaki Dağınıklık Durumu.

Mülakatlar sırasında muhataplara, değerlendirmeyle ilgili yasaların tek bir "Taşınmaz Değerleme Kanunu" altında toplanmasının uygun olup olmayacağı sorulmuştur. 71 görüşmenin 67'sinde bu tür bir yasal düzenlemenin yapılmasının gerekli olduğu vurgulanmıştır. Diğer 4 görüşmede ise mevcut mevzuatın yeterli olduğu ve yeni bir yasanın bürokrasiyi daha da arttıracığı görüşü dile getirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Değerleme Kanunu İhtiyacı.

Muhatalara değerlendirme sistemimizde lider kurum yapılanmasına ihtiyaç duyulup duyulmadığı sorulduğunda, 71 uzmandan 59'u ülkemizde lider bir değerlendirme kurumuna mutlaka ihtiyaç duyulduğu, 12'si ise böyle bir ihtiyaç bulunmadığı şeklinde görüş beyan etmiştir (Şekil 4). Lider kurum yaklaşımına olumlu bakmayan uzmanlar; önerilen yapının bir kamu kurumu niteliğinde olması durumunda, sağlıklı bir yapı oluşturulamama riskine vurgu yapmışlar ve bunun yerine sektöre yön verecek böylesi bir yapının, nitelikli ve özerk bir yapı şeklinde oluşturulması gerektiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 4. Taşınmaz Değerleme Sisteminde Lider Kurum İhtiyacı.

Mülakat yapılan kişilere sorulan "Sizce lider kurum hangi kurum olmalı?" sorusuna ise; lider kurumun TKGK olması veya sadece değerlendirme alanında faaliyet gösterecek yeni bir kurumun yapılandırılması gerektiği şeklinde cevap verildiği görülmüştür. Mülakatlar sırasında değerlemecilerin SPK ve TDUB ile ilgili görüşleri de alınmıştır. Bu bağlamda, ilk olarak, "SPK'nın değerlendirme alanında yürüttüğü faaliyetler" ile ilgili uzman görüşleri sorulmuş, daha sonra da "TDUB'un mevcut yapısı, işleyişi ve bu alanda etkinlik nasıl artırılabilir" sorusunun cevabı araştırılmıştır. Buna göre;

• Gayrimenkul değerlendirme konusunda hiç eğitim almamış olan kişilere, deneyim şartı olsa dahi, SPK tarafından sadece sınav ile "değerleme uzmanı" ünvanının verilmesi uygun değildir. Değerleme alanında lider bir kurum bulunmadığından, bu gibi sorunlar da çözüme kavuşturulamamaktadır.

• Değerleme faaliyetlerinin lider bir kurum tarafından düzenlenmesi ve yönetilmesi gerekir. SPK tarafından değerlendirme alanında yapılan çalışma ve düzenlemeler olumlu özelliklere sahip olsa da yeterli değildir.

- TDUB, kuruluşundan bu yana geçen süre içerisinde kurumsallaşma çabalarına devam etmektedir. Birliğin, SPK'nın desteğiyle kurulmuş olması, değerlendirme faaliyetlerinde kapsayıcı rol üstlenmesini engellemektedir.
- TDUB'un, Kanunla kendisine verilen görevleri yerine getirmesi gerekmektedir. Örneğin TDUB'un bugün özellikle sahada çalışan uzmanların işlerini kolaylaştırıcı herhangi bir katkısı bulunmamaktadır.

Sonuç olarak, taşınmaz değerlemenin toplumsal hayattaki giderek artan önemi ve yukarıda bir bölümü özetlenen mevcut değerlendirme sistemimizdeki sorunlar nedeniyle, ülkemiz değerlendirme sisteminin yeniden yapılandırılmasına ihtiyaç vardır.

3. TAŞINMAZ DEĞERLEMESİNDE İYİ UYGULAMALAR

Çalışma kapsamında, taşınmaz değerlemesi alanında iyi uygulamaya sahip bazı ülkelerin değerlendirme sistemleri mevzuat, kurumsal ve teknik açılarından araştırılmıştır. Ülkemiz değerlendirme sisteminin yeniden yapılandırılması sırasında bu ülkelerin mevcut

sistemlerinin özellikleri yanında, bu sistemlerin gelişim sürecinde elde ettikleri deneyimlerden yararlanılması da planlanmıştır. Bu bağlamda, uluslararası alanda taşınmaz değerlemesinde iyi uygulamaya sahip ülkelerden; Almanya, Hollanda, Danimarka, İsviçre, İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'nin sistemleri üzerine odaklanılmıştır. Ayrıca, Finlandiya, Estonya, Malezya, İspanya ve Tayvan gibi ülkelerin değerlendirme sistemleri de genel hatlarıyla araştırılmıştır. İyi uygulamalar araştırmasının bulguları aşağıda özetlenmektedir.

3.1. Mevzuat

Araştırma kapsamındaki ülkelerin büyük bir bölümünde, taşınmaz değerlendirme faaliyetlerini düzenleyen bir "Değerleme Yasası" veya "Değerleme Tüzüğü" bulunmaktadır. Bazı ülkelerde uygulayıcılara çalışmalarda yol göstermek amacıyla yönergeler, kılavuz dokümanlar veya rehber dokümanlar da sunulmuştur (Çizelge 1). Böylece, değerlendirme çalışmalarının ulusal bazda tek tipli gerçekleştirilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır.

Çizelge 1. Araştırma Kapsamındaki Ülkelerin Taşınmaz Değerleme Düzenlemeleri (Çete, 2008, Candaş, 2012; Susar, 2007; Susar, 2006).

ÜLKE	MEVZUAT
Almanya	İmar Kanunu, Taşınmaz Değerleme Tüzüğü, Taşınmaz Değerleme İlkeleri
Hollanda	Taşınmaz Değerleme Yasası, Taşınmaz Değerleme Rehberi
Danimarka	Taşınmaz Değerleme Yasası, Vergi Yönetimi Yasası, Taşınmaz Değerleme Rehberi
İsviçre	Vergi Yasası, Taşınmaz Değerleme Rehberi
İngiltere	Belediye Vergi Yasası, Taşınmaz Değerleme Rehberi
ABD	Profesyonel Değerleme Uygulamasının Tek Tip Standartları, Profesyonel Değerleme Uygulamasının Profesyonel Etik ve Standartları Kılavuzu
Finlandiya	Değerleme Yönergeleri, Kamulaştırma Kanunu
Estonya	Arazi Değerleme Kanunu, Arazi Vergilendirme Kanunu
Malezya	Yerel Hükümet Yasası
İspanya	Kadastro Yasası, Mortgage Piyasası Düzenleme Yasası
Tayvan	Taşınmaz Değerleme Tüzüğü

3.2. Kurumsal Yapı

Araştırma kapsamındaki ülkelerin değerlendirme sistemlerinin kurumsal yapıları arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır (Çizelge 2). Bu farklar şu şekilde özetlenebilir:

• Almanya’da vergilendirme amaçlı toplu taşınmaz değerlendirme çalışmaları federal seviyede Maliye Bakanlığı bünyesinde yürütülürken, diğer bütün değerlendirme çalışmaları iki

temel yapı tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunlar; “Değerleme Uzmanları Komiteleri” ve “Lisanslı Özel Değerlemeciler”dir. Almanya’nın bazı eyaletlerinde, değerlendirme uzmanları komitelerinin yaptığı çalışmaları denetleyen ve bu çalışmalara yapılan itirazlarda hakemlik görevi gören “Değerleme Uzmanları Yüksek Komitesi” de vardır. Lisanslı özel değerlendirme uzmanları, mimar ve taşınmaz birlikleri ile ticaret odası vb. birlik ve odalar tarafından yetkilendirilmiş uzmanlar olup, komiteler tarafından da gerçekleştirilebilen pazar değeri sertifikalarının hazırlanması çalışmalarını yürütmektedirler (Çete, 2008, Rissi, 2010; Kertscher, 2007; Seidel, 2005; Rokahr, 1998).

• Hollanda’da temelde vergilendirme amaçlı gerçekleştirilen gayrimenkul değerlemelerinden belediyeler sorumludur. Yeterli uzman kadrosu olan belediyeler bu çalışmaları kendileri yürütebilecekleri gibi, bu alanda faaliyet gösteren özel değerlendirme şirketlerinden hizmet satın alma yoluna da gidebilmektedirler. Ülkede ayrıca, değerlendirme çalışmalarını kontrol eden ve elde edilen deneyimlerin paylaşılmasını sağlayan ulusal bir Taşınmaz Değerleme Konseyi bulunmaktadır (Çete, 2008).

• Danimarka’da ise, temelde vergilendirme amaçlı olarak gerçekleştirilen değerlendirme çalışmaları, Vergi İdareleri’nin sorumluluğundadır. Danimarka’da bu işlemler, Gümrükler ve Vergi İdaresi’nin 8 alt bölgesinde gerçekleştirilmektedir (Çete, 2008).

• İsviçre’de vergilendirme amaçlı değerlendirme çalışmaları Kanton Vergi İdareleri’nde gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, kanton değerlendirme uzmanlarının temsilcilerinden oluşan bir de Taşınmaz Değerleme Uzmanları Komitesi bulunmaktadır (Çete, 2008).

• İngiltere’de ise taşınmaz değerlendirme faaliyetleri, kamu ve özel sektör değerlendirme örgütlerince gerçekleştirilmektedir. Ülkede, öncelikle, vergiye esas değerlendirme çalışması

yapmak üzere Kamu Değerleme Kurumu (Valuation Office Agency) oluşturulmuş, bu örgütün bütün yerleşim yerlerinde taşra birimi kurulmuştur. Bunun yanında kurumsal bazda uluslararası düzeyde “Uluslararası Değerleme Standartları Komitesi” (IVSC) ve “Lisanslı Değerleme Uzmanları Kraliyet Kurumu” (RICS) da faaliyette bulunmaktadır.

• ABD’deki vergilendirme amaçlı toplu değerlendirme faaliyetleri, Gelir İdaresi Bakanlığı’na bağlı Değerleme Komiteleri tarafından federal ve eyalet düzeylerinde yapılmaktadır. Ülkedeki değerlendirme alanındaki tüm işler ve raporlar sürekli olarak Değerleme Enstitüsü (Appraisal Institute) tarafından izlenmektedir.

• Finlandiya’da taşınmaz değer bilgileri kadastro bilgileri arasında yer almakta, bu veriler kadastro kurumu tarafından üretilmekte ya da üretilmekte ve güncellenmektedir. Vergilendirmeye esas toplu değerlendirme çalışmaları gerçekleştirilmekte ve değerler belli aralıklarla güncellenmektedir. Kamulaştırma çalışmalarındaki değer tespiti de kadastro tarafından yapılmaktadır. Vergilendirme amaçlı toplu değerlendirme, her beş yılda bir Ulusal Vergi Kurulu ve Finans Bakanlığı tarafından, Finlandiya Teknik Araştırmalar Merkezi (VTT)’ne yaptırılmaktadır. Vergilendirme amaçlı değerlendirme işlemleri süreci, Vergi Daireleri ve Finans Bakanlığı tarafından yürütülmekte ve Finlandiya Ulusal Arazi Ölçme Kurumu (National Land Survey of Finland, NLS) tarafından tutulan taşınmaz devir fiyat verileri, belediye kayıtları ile pazar verilerinden yararlanılmaktadır (TKGM, 2012).

• Estonya’da 1996 yılından beri taşınmaz hareketleri, veritabanlarında tutulmaktadır. Veritabanlarında yaklaşık 500.000 taşınmaz işlem kaydı mevcuttur. 2011 yılında gerçekleşen işlem sayısı yaklaşık 42.000 adettir. Alım-satım işlemleri noterler kanalı ile gerçekleştirilmektedir. Ülkede, tekil değerlemelerin tamamı özel sektör tarafından, toplu değerlendirme çalışmaları ise kamu ve özel sektör işbirliği ile yürütülmektedir. Değerlemenin kamu bileşeninde sorumlu kurum Estonya Arazi Kurulu’dur (Yıldız, 2014). Kurul tarafından lisans verilmiş değerlendirme uzmanlarının listesi, Kurul’un internet sitesinde yayınlanmaktadır.

- Malezya’da Maliye Bakanlığı’na bağlı Gayrimenkul Değerleme Genel Müdürlüğü’nün misyonu; gayrimenkul değerlendirme ve danışmanlık hizmetlerini sunmaktır. Bunun yanında merkez örgütlenmesinde bilgi teknolojileri birimi adı altında yardımcı bir birim daha bulunmaktadır. Taşrada ise, Genel Müdürlüğe bağlı Eyalet Değerleme Müdürlükleri ve bunlara bağlı Bölge Değerleme Müdürlükleri bulunmaktadır. Kamu ve özel sektörde çalışan tüm değerlendirme uzmanlarının üye olması gereken Değerleme Şirketleri ve Uzmanları Kurulu adında bir kurul bulunmaktadır. Bu kurula üye olmayan kimselerin değerlendirme yapması yasaktır (Açlar vd., 2003).
- İspanya’da vergilendirme belediyeler tarafından yürütülmektedir. Belediyeler yedi homojen ekonomik bölgeye ayrılmıştır (EU, 2004). Değerleme uzmanları kredi veren kuruluş veya değerlendirme şirketleri tarafından istihdam edilmek zorundadır. Değerleme uzmanlarının mimar veya mühendislik eğitimi almış olma ve özel bir gayrimenkul türünün değerlemesinde (konut gibi) uzmanlaşmış olma şartı vardır. Değerleme şirketleri ve bankaların değerlendirme birimleri, İspanya

Merkez Bankası tarafından listeye alınmış ve denetlenmektedir. Mesleki sorumluluk sigortası zorunludur. Taşınmaz değerlendirme çalışmalarında toplu değerlendirme yöntemi esas alınmaktadır (Utkucu, 2007). İspanya’da toplu değerlendirme sistemi, kapsamlı bir kadastro bilgi sisteminin parçasıdır (Yıldız, 2014; Anonymous, 2002).

- Tayvan’da her ne kadar özel sektör değerlendirme yapsa da, bu alanda standartları koyan, verileri toplayan, bölgelere göre birim fiyatları belirleyen ve bunları güncelleyen kamu otoritesi Arazi Yönetim Başkanlığı’dır (Susar, 2006; Susar, 2008). Bu kurum, birçok özelliği ve alt birim yapılanmasıyla, Çete 2008’de önerilen “Arazi İdaresi Müsteşarlığı” yapılanmasına benzer özellikler taşımaktadır (Çete, 2008). Tayvan’da Arazi Yönetim Başkanlığı merkez, bölge, il ve ilçeler bazında örgütlenmiş bir kuruluş olup, her il ve ilçedeki Arazi Müdürlükleri (Land Office) eliyle kendisine verilen görevleri yerine getirmektedir (Susar, 2006; Susar, 2008).

Çizelge 2. Araştırma Kapsamındaki Ülkelerin Değerleme Sistemlerinin Kurumsal Yapıları.

Ülke	Ülkelerin Kurumsal Yapılanma Şekli		
	Sorumlu/Yapan	Denetim ve/veya Danışmanlık	Yardımcı
Almanya	Değerleme Uzmanları Komitesi	Değerleme Uzmanları Yüksek Komitesi	Değerleme Uzmanları Komitesi Lisanslı Özel Değerlemeciler
Hollanda	Belediyeler Polderboard	Taşınmaz Değerleme Konseyi	Özel Değerleme Şirketleri
Danimarka	Gümrükler ve Vergi İdaresi	Taşınmaz Değerleme Konseyi	Özel Değerleme Şirketleri
İsviçre	Vergi İdareleri	Taşınmaz Değerleme Uzmanları Komitesi	Özel Değerleme Şirketleri
İngiltere	Kamu Değerleme Kurumu	Değerleme Ofisi Ajansı	Değerleme Standartları Konseyi (IVSC) Lisanslı Değerleme Uzmanları Kraliyet Kurumu (RICS)
ABD	Değerleme Kurumu Belediyeler	Değerleme Enstitüsü	Değerleme Komitesi Özel Değerleme Şirketleri
Finlandiya	Vergi Daireleri ve Finans Bakanlığı	Teknik Araştırma Merkezi	Ulusal Arazi Ölçme Kurumu
Estonya	Ulusal Arazi Kurulu	Özel Değerleme Şirketleri	Lisanslı Özel Değerlemeciler
Malezya	Gayrimenkul	Değerleme Şirketleri	Lisanslı Özel Değerlemeciler

	Değerleme Genel Müdürlüğü	ve Uzmanları Kurulu	Özel Değerleme Şirketleri
İspanya	Belediyeler	Merkez Bankası	Lisanslı Özel Değerlemeciler Özel Değerleme Şirketleri
Tayvan	Arazi Müdürlüğü Gayrimenkul Değerleme Birimi	Arazi Yönetimi Başkanlığı	Lisanslı Özel Değerlemeciler Özel Değerleme Şirketleri

3.3. Teknik Yapı

Araştırma kapsamındaki ülkelerin taşınmaz değerlendirme sistemleri teknik açıdan önemli benzerliklere sahiptir. Bu ülkelerde alım-satım fiyatları envanteri ve taşınmaz karakteristikleri veritabanlarının mevcudiyeti yanında toplu değerlendirme uygulamalarının değerlendirme çalışmalarının temelini oluşturması bu benzerlikler arasında yer almaktadır. Araştırma kapsamındaki ülkelerde değerlendirme faaliyetlerinde kullanılan taşınmaz alım-satım fiyatlarının kaynağını, genelde noterler tarafından hazırlanan sözleşmeler oluşturmaktadır. Bunun dışında bazı ülkelerde

kadastro kuruluşları tarafından üretilen belgeler de kullanılmaktadır (Çizelge 3). Değerlemenin temel bileşenlerinden birini oluşturan alım-satım fiyatlarının doğruluğu ve güncelliği, değerlendirme sonuçlarını doğrudan etkilediğinden, bu verilerin sağlıklı olmasına önem verilmektedir.

Taşınmaz değerlendirme çalışmalarının temelini oluşturan girdi verilerinden bir diğeri de taşınmaz karakteristikleridir. Bu veriler de, araştırma kapsamındaki ülkelerin tamamında, bilgisayar ortamındaki veritabanlarında tutulmakta ve her ülkede değişebilen belli periyotlarda güncellenmektedir.

Çizelge 3. İyi Uygulamaya Sahip Ülkelerde Taşınmaz Alım-Satım Fiyatları Verilerinin Kaynağı.

Ülke	Taşınmaz Alım-Satım Fiyatları Kaynağı
Almanya	Noterler tarafından hazırlanmakta olan sözleşmeler.
Hollanda	Noterler tarafından hazırlanmakta olan sözleşmeler.
Danimarka	Belediyelerin değerlendirme idaresine gönderdiği beyannameler.
İsviçre	Noterler tarafından hazırlanmakta olan sözleşmeler.
İngiltere	Lisanslı Değerleme Uzmanları Kraliyet Enstitüsü (RICS) ve Uluslararası Değerleme Standartları Komitesi (IVSC)'nin ürettiği norm veriler.
ABD	Alıcı ve satıcıların beyanları (alım-satım vergileri düşüktür ve yanlış değer beyanında bulunanlara ağır para cezası öngörülmektedir).
Finlandiya	Kadastro kuruluşu tarafından üretilen belgeler.
Estonya	Noterler tarafından hazırlanmakta olan sözleşmeler
Malezya	Malezya Konut Fiyatları İndeksi
İspanya	Kadastro kuruluşu tarafından oluşturulan ya da ürettirilen ve kayıt altına alınan belgeler
Tayvan	Arazi Müdürlüğü tarafından üretilen belgeler

4. TÜRKİYE TAŞINMAZ DEĞERLEME SİSTEMİ YAKLAŞIMI

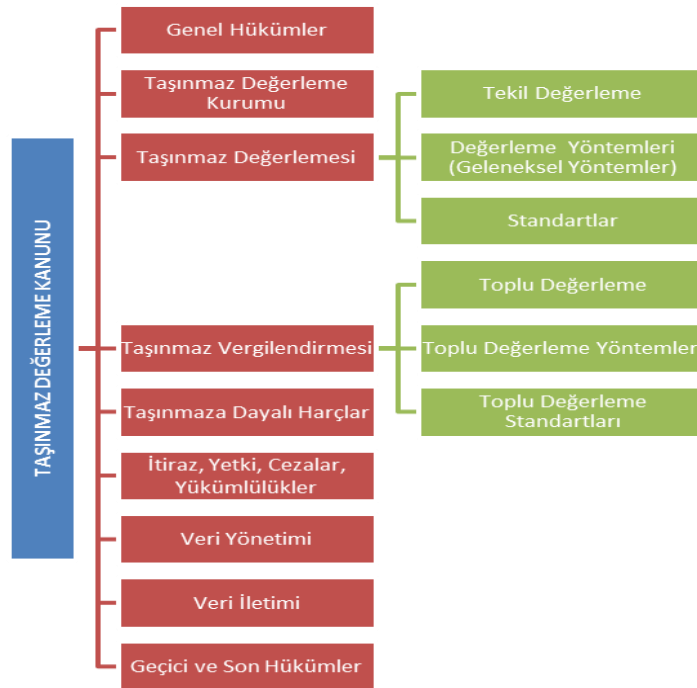
Çalışma kapsamında, gerek değerlendirme uzmanlarıyla yapılan görüşmeler gerekse iyi uygulamalar araştırmasından elde edilen

bulgulardan yararlanılarak, ülkemiz için bir taşınmaz değerlendirme sistemi yaklaşımı geliştirilmiştir. Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi (TADES) olarak adlandırılan bu yaklaşımda önerilen mevzuat, kurumsal ve teknik yapı aşağıda özetlenmektedir.

4.1. Mevzuat

Ülkemizde; taşınmaz değerlendirme alanında yaşanan mevcut mevzuat dağınıklığının giderilebilmesi, düzenlemelerdeki boşluk ve tekrarların ortadan kaldırılabilmesi, etkin bir değerlendirme sistemi altyapısının oluşturulabilmesi ve taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinin standart bir yapıda gerçekleştirilebilmesi için, “Taşınmaz Değerleme Kanunu” gibi güçlü bir yasal düzenleme oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Bu

yasal düzenlemenin, ilerleyen süreçte, Çete 2008’de önerilen “Arazi Kanunu”nun ana bileşenlerinden birini oluşturabileceği de gözönünde bulundurulmalıdır (Çete, 2008). Oluşturulacak yeni politikalar ışığında taşınmaz değerlendirmeyle ilgili mevcut yasalar ve yeni düzenlemeyle ihtiyaç duyulan değişiklikler bir arada değerlendirildiğinde, Taşınmaz Değerleme Kanunu’nun içeriği Şekil 5’de görüldüğü gibi yapılandırılabilir.



Şekil 5. Önerilen Taşınmaz Değerleme Kanunu'nun içerik özeti

Uluslararası örnekler incelendiğinde, taşınmaz değerlemesinde iyi uygulamaya sahip ülkelerin taşınmaz değerlendirme alanında sağlıklı mevzuat altyapılarının bulunduğu, hem mevzuatlarının hem de yapılan değerlendirme faaliyetlerinin Uluslararası Değerleme Standartları'na (UDES) uygun biçimde ve ülkelerinin koşullarına uygun olarak düzenlendiği görülmektedir (TKGM, 2014). Ülkemizde de SPK tarafından tebliğ olarak yayınlanan ve değerlendirme uzmanlarınca bazı çalışmalarda uyulmaya çalışılan UDES'in bir çatı standart olarak kabul edilmesine ve ülkemiz koşullarına uyarlanmasına ihtiyaç vardır. Yeni değerlendirme mevzuatının da bu kapsamda yapılandırılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda TDUB'un

Eylül 2011 tarihinde yayınlamış olduğu Türkiye Gayrimenkul Değerleme Standartları (TUGDES) Taslak Raporu çalışmasından faydalanılması doğru olacaktır (Candaş, 2012; TDUB, 2011).

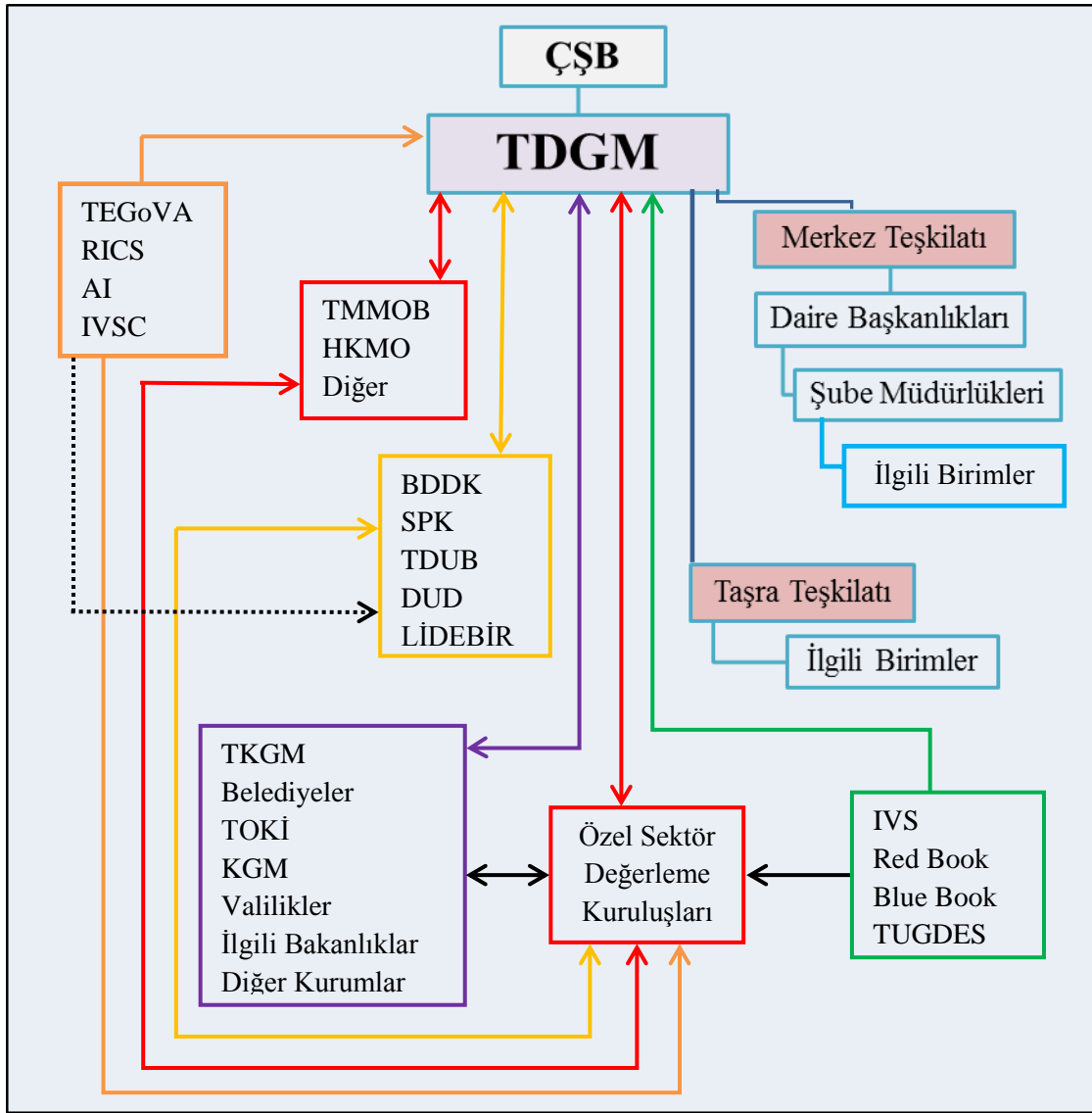
4.2. Kurumsal Yapı

Ülkemizde taşınmaz yönetiminde en önemli ve köklü kurumlardan biri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'dür. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM); bünyesinde gerçekleştirdiği “Modernizasyon Projesi”nin bir bileşeni olarak yürüttüğü toplu değerlendirme pilot uygulamalarıyla, bazı çalışanlarını değerlendirme alanında yüksek lisans ve doktora

yapma yönünde teşvik etmesiyle, değerlemeyle ilgili seminer, konferans ve çalıştaylar düzenlemesiyle, bu alanda potansiyel bir lider kurum gibi görülmektedir. Ancak, TKGM'nin, mevcut yapısıyla bu misyonu üstlenmesi mümkün görünmemektedir. TKGM'yi halihazırdaki faaliyet alanıyla ilgili; (1) tapu kayıtlarının güncellenmesi, (2) intikal işlemlerinin yapılmasının sağlanması, (3) kadastronun sayısal olarak tamamlanması, (4) 3B kadastroyla ilgili çalışmaların başlatılması, (5) kamusal hak ve kısıtlamaların kadastroda temsil edilmesi, (6) gerçek satış fiyatlarının tapuda kaydedilmesi gibi önemli projeler beklemektedir (Çete, 2008). Dolayısıyla, TKGM'ye ülkenin değerlendirme faaliyetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi gibi yeni bir görevin verilmesi çok mümkün görülmemektedir. Bu nedenle, ülkemizde değerlendirme faaliyetlerinin sağlıklı ve bütüncül bir yapıda gerçekleştirilebilmesi için

değerleme alanında "lider kurum" yapılanmasının oluşturulmasına ihtiyaç vardır.

Bu bağlamda, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na (veya yeni ihdas edilebilecek Arazi İdaresi Müsteşarlığı veya Arazi Yönetimi Bakanlığı'na) bağlı Taşınmaz Değerleme Genel Müdürlüğü (TDGM) gibi bir kurum oluşturulmalı ve lider kurum bu kurum olmalıdır. TDGM, tüm değerlendirme faaliyetlerini yönetmeli ve denetlemeli, değerlendirme çalışmaları ise özel sektördeki değerlendirme uzmanları eliyle gerçekleştirilmelidir. Değerleme faaliyetlerinin yerelde yönetim ve denetiminin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, ihtiyaç duyulması halinde TDGM'ye bağlı bölge ve il müdürlükleri de oluşturulmalıdır. Önerilen TDGM'nin merkez ve taşra teşkilatı yapılanması Şekil 6'da özetlenmektedir.



Şekil 6. Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi İçin Kurumsal Yapılanma Önerisi.

Diğer taraftan, ülkemizde vergilendirme amaçlı toplu değerlemelerin, teknik ve mali altyapısı yeterli belediyelerin bünyelerindeki teknik elemanlarca gerçekleştirilmesi, diğer belediyelerin ise özel sektörden hizmet satın alarak toplu değerlendirme faaliyetlerini yürütmeleri değerlendirilmelidir. Önerilen TDGM'nin bölge veya il müdürlükleri, özellikle değerlendirme faaliyetlerinin yeterli altyapıya sahip belediyelerce gerçekleştirilmesi aşamasında veya özel sektörde gerçekleştirilen değerlemelerin denetlenmesi sırasında destek sağlayabilir. Bu yaklaşımda, ülkemizdeki özel değerlendirme şirketlerinin nitelik ve niceliklerinin

arttırılması önem arz etmektedir. Ayrıca, kamunun ihtiyaç duyduğu kamulaştırma, özelleştirme, vb. amaçlı diğer değerlendirme faaliyetlerinin de, özellikle değerlendirme altyapısı yetersiz kurumlarda, hizmet satın alma yoluyla özel sektöre yaptırılması uygun bir yaklaşım olacaktır.

4.3. Teknik Yapı

Ülkemiz için önerilen TADES yaklaşımının temel teknik özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Değerleme uzmanlarının/emlakçıların yaptıkları değerlemeleri/satışları girebilecekleri veritabanları oluşturmalı ve bu veritabanlarının yönetiminin önerilen TDGM'ce gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Bu veritabanlarından, sorgulama yapılan taşınmazın satış geçmişine ve verilen tekliflere de ulaşılabilir.

- Değerlemede ihtiyaç duyulan bir diğer temel veri olan taşınmaz karakteristikleri için de veritabanları oluşturulmalı ve bu veritabanlarına da uzmanlar üyelikle veya belli bir ücret karşılığında elektronik ortamdan ulaşılabilir.

- TAKBİS verilerine erişim daha etkin hale getirilmelidir.

- Diğer birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizde de Tapu Sicil Müdürlüklerindeki alım-satım harcı oranları düşük olmalı ve böylece doğru beyanın önü açılmalı, yanlış beyanda bulunanlara ağır para cezaları uygulanmalıdır.

- Değerlemede kullanılan taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanları dinamik olarak güncellenmelidir.

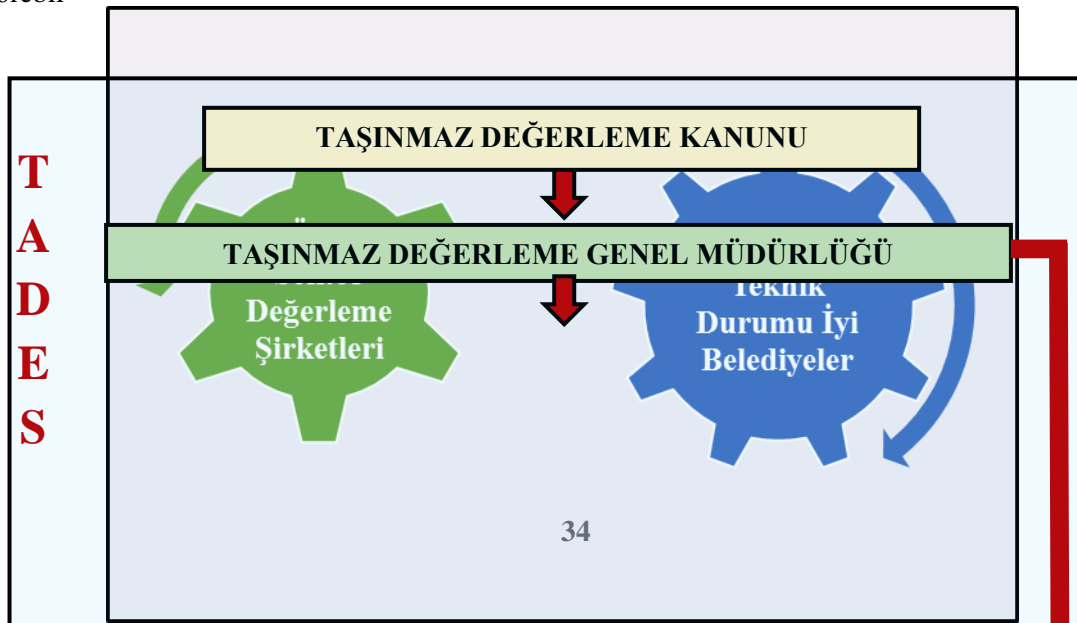
- Değerleme işlemlerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, öncelikle, veritabanlarına kaydedilen verilerin güncel, doğru, tam, kapsamlı, anlaşılabilir, kullanılabilir ve erişilebilir olmasına özel önem verilmelidir.

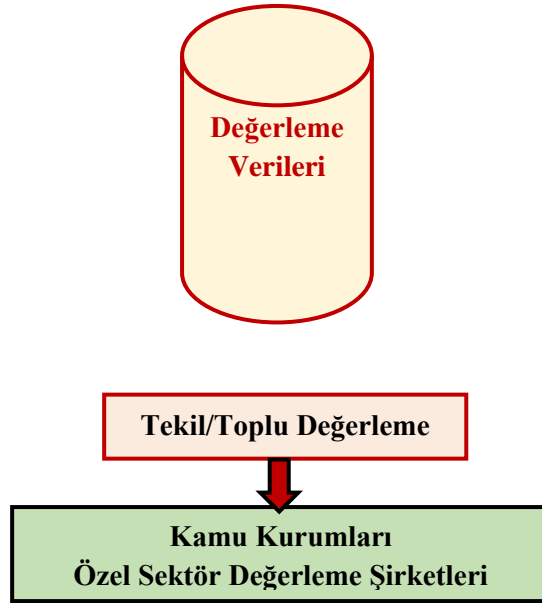
- Değerleme uzmanları veya taşınmaz alım-satımı yapacak kişiler, sorgulama yapılan bölgede satışa sunulmuş taşınmazları da görebil

meli, bölgedeki rayiç fiyatlar hakkında bilgi edinebilmelidir.

- Değerleme işlemleri taşınmazlarla ilgili lisans eğitimi almış; Harita Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği, Mimarlık, Şehir ve Bölge Planlama ve Ziraat Mühendisliği gibi meslek disiplinlerince gerçekleştirilmelidir. Değerlemenin en önemli verileri arasında yer alan mekansal bilgileri üreten ve yöneten bir meslek dalı olan Harita Mühendisliği, değerlendirme çalışmalarını organize eden ve yöneten lider disiplin rolünü üstlenmelidir.

- TADES yaklaşımının teknik anlamda önemli özelliği, taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanlarının etkin bir şekilde tesis edilmesi ve sürdürülmesinin altyapısını oluşturmasıdır. Bu bağlamda, yaklaşım kapsamında önerilen TDGM'nin, kurumsal açıdan en temel özelliği, değerlendirme faaliyetlerini düzenleyen, yol gösteren ve denetleyen olmasıdır (Şekil 9).





Şekil 9. Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi (TADES)'in temel mekanizması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İyi işleyen taşınmaz değerlendirme sistemlerinin tesis edilmesi ve sürdürülmesi, gerek adaletli vergilendirmenin sağlanması gerekse farklı uygulamalarda ihtiyaç duyulan değerlerin sağlıklı bir şekilde oluşturulabilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda, makale kapsamında bulguları sunulan çalışmaya, taşınmaz değerlendirme sistemimizin mevcut mevzuat, kurumsal ve teknik yapısı araştırılarak başlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, taşınmaz değerlendirme sistemimizde sağlıklı işleyen bir yapıya sahip olmadığımız anlaşılmış, bu nedenle ülkemize özgü bir taşınmaz değerlendirme sistemi yaklaşımının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Türkiye Taşınmaz

Değerleme Sistemi (TADES) olarak adlandırılan bu yaklaşım geliştirilirken iyi uygulamaya sahip ülkelerin sistemlerinden de yararlanılmıştır.

TADES'in mevzuat bileşenine göre; taşınmaz değerlendirme mevzuatımızdaki mevcut dağınıklığın giderilebilmesi ve iyi işleyen bir taşınmaz değerlendirme sisteminin altyapısının oluşturulabilmesi için, taşınmaz değerlendirme faaliyetlerini düzenleyen, yönetmelik ve rehber dokümanlarla desteklenen çerçeve bir

“Taşınmaz Değerleme Kanunu”na ihtiyaç vardır.

TADES'in kurumsal yapılanma bileşeninde ise; ülkemizdeki taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinin, Çete (2008)'de önerilen Arazi İdaresi Müsteşarlığı (AİM) veya Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı olarak tesis edilecek bir Taşınmaz Değerleme Genel Müdürlüğü (TDGM) tarafından düzenlenmesi, desteklenmesi ve denetlenmesi önerilmektedir. Bu bağlamda değerlendirme çalışmalarını gerçekleştiren ağırlıklı olarak özel sektör, yöneten ve kontrol eden de TDGM olmalıdır.

TADES'in teknik bileşenine göre ise; ülkemizde değerlendirme çalışmaları sırasında ihtiyaç duyulan güncel ve doğru verilere erişilebilmesi ve çalışmaların sağlıklı bir altyapı çerçevesinde gerçekleştirilebilmesi için, taşınmaz karakteristikleri ve taşınmaz alım-satım fiyatları veritabanlarının tesis edilmesi gerekmektedir. Taşınmazlara ait bilgiler sağlıklı verileri içeren ortak bir veritabanından elde edilebilirse, değerlendirme uzmanları hem ihtiyaç duydukları verilere daha kısa sürede ve kolayca ulaşabilecekler hem de daha sağlıklı sonuçlar elde edebileceklerdir.

Geliştirilen TADES yaklaşımında değerlemeden sorumlu kurum olması önerilen TDGM, farklı kurumların ve özel sektör değerlemecilerinin ihtiyaç duyduğu taşınmaz

karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanlarının oluşturulmasını sağlamalı ve izlemelidir. Bu veritabanları, Taşınmaz Değerleme Bilgi Sistemi (TDBS) kapsamında, diğer bilgi sistemleriyle bütünleşik bir veri modelinde ve Coğrafi/Kent Bilgi Sistemi destekli tasarlanmalıdır. Değerleme sonuçlarının kullanıcılara tebliğ edilmesi ve internet üzerinden erişim olanakları hazırlanmalıdır.

Önerilen yaklaşımın hayata geçirilmesiyle, ülkemizde, taşınmaz değerlerinin sağlıklı bir şekilde belirlenmesinin altyapısı tesis edilmiş olacak, adaletli vergilendirme sağlanabilecek, değer tabanlı işlemler sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilecek ve taşınmaz karakteristikleri ve fiyatları verilerinin ortak veritabanlarında yönetilmesiyle zaman ve maliyet kazancı elde edilebilecektir.

TEŞEKKÜR

Çalışma kapsamında kamu kurumlarında ve özel sektör değerleme şirketlerinde gerçekleştirilen anket ve mülakatlara değerli zamanlarını ayırarak katılan, bilgi ve deneyimlerini paylaşan tüm değerlendirme uzmanlarına teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Açlar, A., Demir, H., Çağdaş, V., (2003). Taşınmaz değerlendirme uzmanlığı ve jeodezi ve fotogrametri (harita) mühendisliği, HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 88, 15-20.
- Açlar, A., Çağdaş, V., (2008). Taşınmaz (Gayrimenkul) Değerlemesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, ISBN 975-395-551-0, Ankara, 500 s.
- Anonymous, UNECE, (2002). The Report of Workshop on Mass Valuation Systems of Land (Real Estate) for Taxation Purposes, Committee on Human Settlements, United Nation Economic Commission for Europe, Geneva.
- Aydınoğlu, A., Ç., (2009). Türkiye İçin Coğrafi Veri Değişim Modelinin Geliştirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 292 s.

- Candaş, E., (2012). Taşınmaz Değerlemesi İçin Mevzuat Altyapısının Modellenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 131 s.
- Çete, M., (2008). Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 243 s.
- EU, (2004). European Union Land Policy Guidelines, Guidelines for Support to Land Policy Design and Land Policy Reform Processes in Developing Countries, EU Task Force on Land Tenure.
- Kertscher, D., (2007). Base of transparency in markets of real estate in Germany: purchase price collection and the report of real estate, The XXX FIG General Assembly and Working Week, Hong Kong SAR.
- Köktürk, E., Köktürk, E., (2015). Taşınmaz Değerlemesi, Taşınmaz Hukuku – İmar Hukuku – Değerleme Yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara, ISBN 978-975-02-312, 1304 s.
- Nişancı, R., (2005). CBS ile Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Piksel Tabanlı Kentsel Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 230 s.
- Pagourtzi, E. and Assimakopoulos, V., (2003). Development of real estate evaluation system with the use of G.I.S. technology, In 10th European Real Estate Society Conference, ERES: Conference, Helsinki, Finland.
- Rissi, S., B., (2010). Entwicklung Türkischer Immobilienbewertungsverfahren, basierend auf den Erfahrungen der Deutschen Wertermittlungsmethoden, Technische Universität München, Institut für Geodäsie, GIS und Landmanagement Lehrstuhl für Bodenordnung und.
- Rokahr, F., (1998). Land registers, multi-purpose cadastre, land appraisal in the Federal Republic of Germany, National Meetings on Immovable, Land Registry and Taxation, Roma.
- Seidel, C., (2005). Transparency in the German real estate market, FIG Commission 9, CIREA and HKIS Symposium – Property Valier's fronting the Triple Bottom Lines of Economic, Environment and Social Conflicts, Xian, China P. R.
- SPK, (2001). Sermaye Piyasası Mevzuatı Çerçevesinde Gayrimenkul Değerleme Hizmeti Verecek Şirketler İle Bu Şirketlerin Kurulca Listeye Alınmalarına

- İlişkin Esaslar Hakkında Tebliğ, Seri: VIII, No: 35, Resmi Gazete Tarihi: 12 Ağustos, Sayı: 24491.
- Susar, Ö., (2006). Tayvan'da Gayrimenkul Değerleme: Yurt Dışı Geçici Görev Raporu, TKGM, Ankara.
- Susar, Ö., (2007). Malezya'da Gayrimenkul Değerleme: Yurt Dışı Geçici Görev Raporu, TKGM, Ankara.
- Susar, Ö., (2008). Ülkemizde Gayrimenkul Değerleme, <http://www.vergidunyasi.com.tr/dergiler.php?id=4957>, (E.T.: Eylül 2015).
- TKGM Rapor 1, (2012). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), Tapu ve Kadastro Modernizasyon Projesi (TKMP), "Gayrimenkul Değerlemesi Bileşeni" Birinci Çalışma Ziyareti Yurtdışı Görev Sonuç Raporu, Finlandiya ve Estonya.
- TDUB, (2011). Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği TUGDES taslak çalışması, Versiyon 1, http://www.tdub.org.tr/images/pdf/tugdes_taslak_metni.pdf, (E.T.: Kasım 2015).
- TKGM, (2014). Tapu ve Kadastro Modernizasyon Projesi Tarafından Pilot Uygulama Raporu, Eylül, Ankara.
- URL_1:<http://www.spk.gov.tr> (E.T.: Ekim 2015).
- URL_1:<http://www.tdub.org.tr> (E.T.: Eylül 2015).
- URL_1: <http://www.dud.org.tr> (E.T.: Eylül 2015).
- Yalpır, Ş., (2007). Bulanık Mantık Metodolojisi İle Taşınmaz Değerleme Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Konya Örneği, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 248 s.
- Yalpır, Ş., ve Özkan, G., (2008). The usage of artificial intelligence in determining the residential real-estate prices in urban areas and the comparison of valuation methods, FIG Working Week, Stockholm, 14-19 June, Sweden.
- Yıldız, Ü., (2014). Gayrimenkul Birimlerinde Kitlesel Değerleme Uygulamaları ve Türkiye İçin Model Önerisi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 227 s.
- Yılmaz, A., (2010). Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri İle Taşınmaz Değerleme ve Oran Çalışması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 194 s.
- Yomralıoğlu, T., (1995). Taşınmazların Değerlendirilmesi, Ders notları, KTÜ, Trabzon.
- Yomralıoğlu, T., (1997). Kentsel Alan Düzenlemelerinde İmar Planı Uygulama Teknikleri, Taşınmazların Değerlendirilmesi ve Kat Mülkiyeti Mevzuatı, Jeodezi ve Fotogrametri Derneği Yayını, No:1, s. 153-169, Trabzon.
- Yomralıoğlu, T., Nişancı, R., Çete, M., Candaş, E., (2011). Dünya'da ve Türkiye'de taşınmaz değerlendirilmesi, Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs, Okan Üniversitesi, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T., (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 1. Baskı, Seçil Ofset, İstanbul.
- Utkucu, T., (2007). Gayrimenkul değerlemesinin önemi ve gayrimenkul değerini oluşturan unsurlar, Vergi Dünyası Dergisi, Sayı: 305.

Yaşamsal Altyapı Sistemlerinin Sıklaştırma Gps Ağlarıyla İzlenmesi Ve Deformasyon Sonuçlarının Yorumlanması: Kocaeli İzdogap Gps Ağı Uygulaması

Haluk KONAK^{1*}, Pakize KÜREÇ NEHBİT¹, Cankut İNCE¹

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin
(hkona/pakize.kurec/cankutin@kocaeli.edu.tr)

Öz

Yerkabuğu hareketleri doğal gaz, ulaşım, iletişim enerji vb yaşamsal alt yapı sistemlerini olumsuz yönde etkilerler. Bu nedenle ekonomik değeri yüksek olan, kamu hizmetleri kapsamındaki yaşamsal altyapı sistemleri jeodezik kontrol noktaları/ağları yardımıyla düzenli aralıklarla izlenmeleri gerekli ve zorunludur.

Bu çalışmada, bilimsel amaçlı bir araştırma projesi kapsamında izlenmekte olan Kocaeli İZDOGAP Sıklaştırma GPS Ağı, gerçek bir yaşamsal altyapı izleme sistemi olarak seçilmiştir. Belli aralıklarla izlenmekte olan İZDOGAP GPS Ağı'ndan elde edilen konum ve hız bilgileri kullanılarak; bölgede olası yıllık yer kabuğu hareketlerini algılayabilme düzeyi ve bu ağı temsil eden bölgesel gerinim parametreleri irdelenmektedir. Elde edilen deneysel bulgular matematik/istatistik modellerle yorumlanmakta, sonuçlar karşılaştırmalı olarak sergilenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Algılayabilirlik, Hız Alanı, Gerinim, Jeodezik Ağlar.

Monitoring of Lifeline Systems with Densification GPS Networks and Interpretation of deformations: Application of Kocaeli IZDOGAP GPS Network

Abstract

Earth crustal movements affect negatively Lifeline systems such as natural gas, electrical power, communication and transportation facilities. Therefore Lifeline systems with high economic value must be monitored temporal with geodetic networks.

In this study, the Kocaeli İZDOGAP Densification GPS Network monitored within the scope of a scientific research project is selected as a real lifeline monitoring system. The sensitivity level of possible annual crustal movements in the region and regional strain parameters of the network are analysed by using position and velocity values of IZDOGAP GPS Network. The experimental findings obtained are interpreted with mathematical / statistical models and the results are presented comparatively.

Keywords: Detectability, Speed Field, Strain, Geodetic Networks.

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Kamu hizmetleri kapsamındaki temel sağlık, enerji, ulaştırma ve iletişim ağları yaşamsal sistemler olarak adlandırılmaktadır (KONAK ve EKİNCİ, 2005). Bu sistemler, olası doğal afetlerden ve zemine bağlı yerel etkilerden etkilenebilmektedir. Zamanla yıkıcı sonuçlar doğurabilecek bu etkilerin sonuçları hemen farkedilemeyebilir. Bu nedenle bu sistemlerin jeodezik kontrol noktaları/ağları yardımıyla düzenli aralıklarla izlenmeleri gerekli ve zorunludur.

Yaşamsal altyapı sistemleri için tesis edilen gerek ülke temel ağları, gerekse GPS sıklaştırma ağlarından, ölçme anında kendilerinden beklenen duyarlık ve güvenilirlik isteklerini karşılamaları, bunun yanı sıra ağ noktalarından beklenen yıllık yer kabuğu hareketlerini de yeterince algılayabilmeleri beklenmektedir. Bu biçimiyle ülke ağlarının da birer deformasyon ağı gibi izlenmesi gerekli ve zorunlu duruma gelmektedir. Deformasyon ağlarının yeterliliği için datumdan bağımsız birer kalite ölçütleri olan Algılayabilirlik ve Sağlamlık Ölçütleri giderek önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, bilimsel amaçlı bir araştırma projesi kapsamında izlenmekte olan Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı, gerçek bir yaşamsal alt yapı izleme sistemi olarak seçilmiştir. 106 Jeodezik kontrol noktasından oluşan İZDOGAP GPS Ağı, Kocaeli yerleşim alanında tesis edilen Doğal Gaz Alt Yapı tesislerinin izlenmesi amacıyla tesis edilmesine karşın, aynı zamanda da KAF kuşağının İzmit-Sapanca bölümünü de kapsamaktadır. Bu biçimiyle İZDOGAP GPS Ağı, TUTGA hız alanını yer kabuğu hareketlerine bağlı olarak bölgesel anlamda güncelleyebilecek bir işlev kazanmaktadır.

Bu çalışma iki ana bölümde ele alınmaktadır. Birinci bölümde, belli aralıklarla izlenmekte olan İZDOGAP GPS Ağı'ndan elde edilen hız ve konum bilgileri kullanılarak; bölgedeki olası yıllık yer kabuğu hareketleri ile bu hareketleri algılayabilme düzeyleri

belirlenmektedir. İkinci bölümde ise yer kabuğu hareketleri iki boyutlu bir gerinim modeli ile değerlendirilmekte ve elde edilen deneysel bulgular doğrusal hipotez testleri ile sınanmakta, ulaşılan sonuçlar karşılaştırmalı olarak sergilenmektedir.

Araştırmanın Amacı;İkinci düzey başlıklar numaralandırma yapmadan sola dayalı, 11 punto, ilk harfleri büyük, kalın ve italik olarak yazılmalıdır. Kendinden önceki paragraftan bir satır boşluk ile ayrılmalıdır. Biçimlendirmeyi bozmadan bu kısmı silip makale metnini yazabilirsiniz.

2. JEODEZİK AĞLARDA ALGILAYABİLİRLİK

Jeodezik Ağlarda, her bir epok (ölçme anı) için gerçekleştirilen gözlemler Gauss-Markoff modelinde, En Küçük Kareler İlkesine göre Dolaylı Ölçüler olarak değerlendirilir ve bilinmeyenlerin en uygun değerleri;

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P l \quad (1)$$

olarak elde edilir. t_1 ve t_2 epoklarında değerlendirilen bir jeodezik ağın dengeli koordinatları arasında;

$$d = \hat{x}_2 - \hat{x}_1 \quad (2)$$

biçiminde bir yer değiştirme vektörü oluşturulur. Ters ağırlıkların yayılması ilkesine göre Deformasyon modelinin ters ağırlıklar matrisi;

$$Q_{dd} = Q_{x_1 x_1} + Q_{x_2 x_2} \quad (3)$$

elde edilir. İki ölçme anı arasındaki hız vektörü

$$\dot{x} = \frac{\hat{x}_2 - \hat{x}_1}{\Delta t} \quad (4)$$

olarak yazılırsa, hız vektörünün ters ağırlık matrisi de

$$Q_{\dot{x}\dot{x}} = \frac{Q_{x_1 x_1} + Q_{x_2 x_2}}{\Delta t^2} \quad (5)$$

eşitliği ile elde edilebilir. Univaryat düzenli jeodezik ağlarda gözlemlerin ağırlıkları, ağız ölçme planı, noktaların dağılımları aynı

olduğundan, her iki epoktaki ters ağırlıkları da değişmez kalır. Bu durumda hız vektörünün ters ağırlık matrisi de

$$Q_{\dot{x}} = \frac{2Q}{\Delta t^2} \quad (6)$$

şeklini alır.

Deformasyon modelini temsil eden yer değiştirme vektörü ve onun ters ağırlıkları yardımıyla; deformasyon modeline ilişkin test

$$\text{büyüklüğü} \quad (T = \frac{d^T Q_{dd}^+ d}{s_0^2 h}) \quad \text{ve} \quad \text{test}$$

büyüklüğünün sınır değeri ($F_{h,f,1-\alpha}$) hesaplanır. Ön görülen sınır değer aşılması durumunda ele alınan ağ noktaları arasında anlamlı bir yer değiştirme olduğu kanısına varılır.

Bir jeodezik ağın, herhangi bir zaman aralığında (periyotta) değerlendirilmesi sonucunda elde edilen kesin değerlerin büyüklüğü (\hat{x}), ölçüler vektöründe (l) ortaya çıkan olası hatalara bağlıdır. Farklı zamanlarda değerlendirilen bu ağlarda ağın datumunun, yaklaşık koordinatlarının ve deneysel varyansın öncül değerinin değişmemesi önerilmektedir (AKSOY ve diğ., 1995). Ağ noktaları arasında herhangi bir yer değiştirme yoksa ölçüler vektörünün rasgele dağılımlı ölçülerden oluştuğu varsayılır.

Bu durumda deformasyon modeli, rasgele dağılımlı diferansiyel ölçülerin (d) bir fonksiyonu olarak;

$$d = N^+ A^T P \delta l \quad (7)$$

biçiminde yeniden düzenlenir ve yer değiştirme vektörünün ters ağırlıkları da hata yayılma ilkesine göre;

$$Q_{dd} = N^+ \quad (8)$$

olarak elde edilir. Yer değiştirme vektörü (d), ortalaması (\bar{d}), varyansı (Σ_d) ve serbestlik derecesi (u) ile normal dağılımda olmak üzere, $\xi_0^2 = \bar{d}^T \Sigma_{dd}^+ \bar{d}$ büyüklüğü Chi-Kare dağılımındadır. Chi-Kare Dağılımı,

$$\xi^2 = \bar{d}^T \Sigma_{dd}^+ \bar{d} = \frac{d^T P_{dd} d}{\sigma^2} \approx \chi_{u, \xi_0^2}^2 \quad (9)$$

σ^2 , birim ölçünün ortalama hatasının öncül varyansı olmak üzere, sıfır hipotezine uyar. Hipotezin geçerli olduğu durumlarda Dış Merkezlik Parametresi,

$$\frac{d^T P_{dd} d}{\sigma^2} \leq \delta_0^2 \quad (10)$$

eşitliğini sağlar. (HSU ve HSIAO, 2002). Bu eşitliğin çözümlenmesi sonucunda belirlenebilir en küçük yer değiştirme miktarı elde edilir. (2) eşitliğindeki karesel büyüklük $d^T P_{dd} d = d^T S A S^T d$, özdeğerler ayırımı ile açık olarak yazılır ve ortogonalite özelliğine göre katkısı olmayan çarpanlardan arındırılırsa,

$$d^T P_{dd} d = \|d\|^2 \sum_{i=1}^u \lambda_i \quad (11)$$

biçiminde yeniden düzenlenebilir. Deformasyon modelinin dış merkezlik parametresinden (ξ^2) yararlanarak aykırı rasgele hatalar vektörünün büyüklüğü;

$$\|d\|^2 = \frac{\delta_0^2 \sigma^2}{\sum_{i=1}^u \lambda_i} \quad (12)$$

elde edilir. Bu büyüklük, en büyük özdeğer (λ_{\max}) için yazılırsa, ağın en iyi duyarlık derecesi olarak, belirlenebilir en küçük yer değiştirme değeri yani algılayabilirlik düzeyi;

$$\|d\|_{\min} = \frac{\delta_0 \sigma}{\sqrt{\lambda_{\max}}} \quad (13)$$

elde edilir. Buna karşın, bu eşitlik en küçük özdeğer (λ_{\min}) için yazılırsa, ağın en kötü duyarlılık derecesi anlamına gelen ağın yetersizlik düzeyi;

$$\|d\|_{\max} = \frac{\delta_0 \sigma}{\sqrt{\lambda_{\min}}} \quad (14)$$

olarak hesaplanabilir. $\|d\|_{\min}$ ve $\|d\|_{\max}$ değerleri ağın genel ayırma gücü (global sensitivity) hakkında bilgi verirler. Uygulamalarda ise noktalara göre tanımlanan

duyarlık ölçütleri oldukça kullanışlıdır. (HSU ve HSIAO, 2002).

(7) numaralı eşitlikte verilmekte olan yer değiştirme vektörü (d), üç boyutlu GPS ağları için;

$$\begin{bmatrix} d_{x_1} \\ d_{x_2} \\ \cdot \\ d_{x_u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & \cdot & N_{1u} \\ N_{21} & N_{22} & \cdot & N_{2u} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ N_{u1} & N_{u2} & \cdot & N_{uu} \end{bmatrix}^+ \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_u \end{bmatrix} \quad (15)$$

biçiminde düzenlenirse, tek bir durak noktası için;

$$d_i = [N_{11} \quad N_{12} \quad \dots \quad N_{1u}]^+ \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ n_u \end{bmatrix} \quad (16)$$

olarak elde edilir. Ters ağırlıkların yayılması ilkesine göre

$$d_i = \begin{bmatrix} \delta x_i \\ \delta y_i \\ \delta z_i \end{bmatrix} = \ddot{N}_i A^T P \delta dl \quad (17)$$

olmak üzere herhangi bir durak noktasındaki yer değiştirme vektörünün ağırlığı,

$$Q_{d_i, d_i} = \ddot{N}_i A^T P Q_{ll} P A \ddot{N}_i^T \quad (18a)$$

$$Q_{d_i, d_i} = \ddot{N}_i N \ddot{N}_i^T \quad (18b)$$

olarak hesaplanır.

Her bir ağ noktası için elde edilen ağırlık matrisinin özdeğerleri irdelenerek algılayabilirlik düzeyleri ayrı ayrı elde edilebilir (KÜREÇ, 2010; KÜREÇ ve KONAK 2014).

Ülke Temel GPS Ağları ya da Sıklaştırma GPS Ağlarındaki bazı noktaların zamanla kaybolması ya da tahrip olması beklenen bir durumdur. Bu tür ağların belirli aralıklarla izlenmesi durumunda, Multivaryat düzenli ağlar olarak ele alınmaları gerekmektedir. Multivaryat düzenli ağlar için (4) eşitliğindeki

hız vektörü ilk ölçülerin bir fonksiyonu yeniden düzenlenir

$$\dot{x} = \frac{1}{\Delta t} (\ddot{N}_2 A_2^T P_2 l_2 - \ddot{N}_1 A_1^T P_1 l_1) \quad (19)$$

ve hata yayılma kuralına göre hız vektörünün ters ağırlık matrisi

$$Q_{\dot{x}\dot{x}} = \frac{1}{\Delta t^2} (\ddot{N}_2 A_2^T P_2 Q_{l_2 l_2} P_2 A_2 \ddot{N}_2^T + \ddot{N}_1 A_1^T P_1 Q_{l_1 l_1} P_1 A_1 \ddot{N}_1^T) \quad (20)$$

$$Q_{\dot{x}\dot{x}} = \frac{\ddot{N}_2 N_2 \ddot{N}_2^T + \ddot{N}_1 N_1 \ddot{N}_1^T}{\Delta t^2} \quad (21)$$

olarak elde edilir.

Tüm epoklarda üst dereceden ağ noktalarının belirlediği datumda ve kısmi iz minimum koşulu altında serbest ağ çözümleri gerçekleştirilirse, bilinmeyenlere ait ters ağırlık matrisleri de her bir epok için ayrı ayrı

$$Q_i = (N + BB^T)^{-1} - G(G^T BB^T G)^{-1} G^T \quad (22)$$

olarak elde edilir.

Bu durumda i. durak noktasındaki yer değiştirme vektörüne ilişkin ters ağırlık matrisi, multivaryat düzenli ağlar için

$$Q_{d_i, d_i} = \frac{(\ddot{N}_i N_1 \ddot{N}_i^T)_1 + (\ddot{N}_i N_2 \ddot{N}_i^T)_2}{\Delta t^2} \quad (23)$$

biçiminde düzenlenir ve ağırlık matrisi de

$$N_{ii} = \left\{ \frac{(\ddot{N}_i N_1 \ddot{N}_i^T)_1 + (\ddot{N}_i N_2 \ddot{N}_i^T)_2}{\Delta t^2} \right\}^{-1} \quad (24)$$

olarak elde edilir.

3. GERİNİM ANALİZİ

Bir ağın güvenilirlik düzeyi iç güven ve dış güven ölçütleriyle denetlenmektedir. Uyuşumsuz ölçülerle belirlenemeyen olası hataların küçük olduğu durumlarda sağlam bir ağdan söz edilmektedir. Yalın bir anlatımla; sağlamlık analizleri güvenilirlik ölçütlerinin gerinim (strain) teknikleriyle güçlendirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır (BERBER, 2006).

Sağlamlık analizi gerinim ve güvenilirliğin doğal bir bileşimidir ve iç güvenilirlik

analiziyle ortaya çıkarılamayan en küçük düzeltmenin neden olduğu deformasyon direncinin belirlenmesi olarak tanımlanabilmektedir. Geometrik gerinim analizleri ağı potansiyel deformasyonunu daha ayrıntılı olarak algılayabilmek için, ağı datumundan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmektedir (VANICEK ve diğ., 2001).

Gerinim kavramı yer değiştirme kavramı ile yakından ilgilidir ve eksenler yönündeki koordinat değişimlerinin ilk koordinatlara oranı şeklinde açıklanmaktadır. Aynı yapıda ve çok küçük gerilmelerin varsayıldığı bir gerinim analizi ile afin dönüşümü birbirine benzetilmektedir (Acar ve diğ., 2008). Gerinim analizi ardışık iki ölçü periyodu arasında nokta hareketlerinin deformasyon modeli ile birlikte değerlendirilmesidir.

Herhangi bir noktada ortaya çıkan yer değiştirme;

$$\Delta x_i = E_i x_i + c_0 \quad (25)$$

olarak yazılabilir. Gerinim (deformasyon) matrisi (E_i) ya da tensor gradiyenti (eğimi);

$$E_i = grad(\Delta x_i) = \begin{bmatrix} \frac{\partial v_{xi}}{\partial x} & \frac{\partial v_{xi}}{\partial y} \\ \frac{\partial v_{yi}}{\partial x} & \frac{\partial v_{yi}}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{xx} & e_{xy} \\ e_{yx} & e_{yy} \end{bmatrix} \quad (26)$$

olarak düzenlenir. Genel anlamda gerinim matrisi (E)

$$E = S + A \quad (27)$$

olmak üzere simetrik ve antisimetrik olarak iki bölüme ayrılır (VANICEK ve diğ., 2001; KONAK ve KÜREÇ, 2014).

- **Simetrik bölüm:**

$$S = \begin{bmatrix} \frac{\partial v_{xi}}{\partial x} & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_{xi}}{\partial y} + \frac{\partial v_{yi}}{\partial x} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_{xi}}{\partial y} + \frac{\partial v_{yi}}{\partial x} \right) & \frac{\partial v_{yi}}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{xy} & \varepsilon_{yy} \end{bmatrix} \quad (28)$$

- **Antisimetrik bölüm:**

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_{xi}}{\partial y} - \frac{\partial v_{yi}}{\partial x} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_{yi}}{\partial y} - \frac{\partial v_{xi}}{\partial x} \right) & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -w \\ w & 0 \end{bmatrix} \quad (29)$$

Hızların yerel bir koordinat sistemine dönüştürüldüğü durumlarda; gerinim elemanları, iki boyutlu genişletilmiş Helmert dönüşümü modelinin kullanılarak da hesaplanabilmektedir.

Bir jeodezik kontrol noktası için, farklı iki ölçü anında (epokta) elde edilen üç boyutlu konum farkları ya da hızları yardımıyla

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \varphi \cos \lambda & -\sin \varphi \sin \lambda & \cos \varphi \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ \cos \varphi \cos \lambda & \cos \varphi \sin \lambda & \sin \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} \quad (30a)$$

$$v_k = R v_x \quad (30b)$$

iki boyutlu bir yer değiştirme vektörü elde edilir (KÜREÇ, 2010). Epok sayısı (k) olmak üzere her bir ağ noktası için, (28) ve (29) eşitlikleri kullanılırsa;

$$v_{x_{k+1}} = x_{k+1} - x_k = t_x + \varepsilon_{xx} x_k + \varepsilon_{xy} y_k - w y_k \quad (31a)$$

$$v_{y_{k+1}} = y_{k+1} - y_k = t_y + \varepsilon_{yx} x_k + \varepsilon_{yy} y_k + w x_k \quad (31b)$$

eşitliği ile iki boyutlu genişletilmiş Helmert modeli kurulur.

$$\dot{v}_i = H_i g \quad (32)$$

$$H_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_k & y_k & 0 & -y_k \\ 0 & 1 & 0 & x_k & y_k & x_k \end{bmatrix}_i \quad (33)$$

$$d_i^T = [v_{x_{k+1}} \quad v_{y_{k+1}}]_i \quad (34)$$

Gerinim parametreleri;

$$g^T = [t_x \quad t_y \quad \varepsilon_{xx} \quad \varepsilon_{xy} \quad \varepsilon_{yy} \quad w] \quad (35)$$

için oluşturulan bu eşitlik, eşlenik noktalar için düzenlenerek dengelemeli bir dönüşüm işlemi gerçekleştirilir ve gerinim elemanları

$$g = (H^T H)^{-1} H^T d \quad (36)$$

elde edilir. Bunun yanı sıra aynı işlem adımları Afin Dönüşümüne göre oluşturulan

$$H_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_i & y_i & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x_i & y_i \end{bmatrix} \quad (37)$$

dönüşüm matrisi kullanılarak da yapılabilmektedir. Bu durumda elde edilen gerinim elemanları

$$g^T = [t_x \quad t_y \quad e_{xx} \quad e_{yx} \quad e_{xy} \quad e_{yy}] \quad (38)$$

şeklinde ve 2 boyutlu simetrik özellikli rasgele gerinim elemanları (tensörleri), (27) eşitliğinden yararlanılarak elde edilebilmektedir.

4. DEFORMASYON SONUÇLARININ YORUMLANMASI

Jeodezik ağların herhangi bir bölgesindeki deformasyon sonuçları, gerinim elemanlarından yararlanılarak grafik ve istatistik yöntemlerle yorumlanabilmektedir. (URL, 2012) Bu amaçla gerinim elemanların doğrusal bir fonksiyonundan elde edilen belli başlı parametreler kullanılmaktadır.

Gerinim parametreleri birimsiz oldukları ve bir oranı temsil ettikleri için “normal birim deformasyon” olarak adlandırılmaktadır (ACAR ve diğ., 2008). Gerinim elipslerinin elemanları da: Gerinim elipsinin büyük yarı eksenini,

$$e_1 = \frac{1}{2}(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + e) \quad (39)$$

gerinim elipsinin küçük yarı eksenini,

$$e_2 = \frac{1}{2}(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} - e) \quad (40)$$

ve en büyük gerinim oranının yönü,

$$\tan 2\theta = \frac{2\varepsilon_{xy}}{\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy}}; \theta \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right] \quad (41)$$

$$e = \sqrt{(\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})^2 + 4\varepsilon_{xy}^2} \quad (42)$$

formülleri ile hesaplanır (Cai ve Grafarend 2007, Acar ve diğ. 2008). Hesaplanan e_1 ve e_2 yarı eksenleri λ_1 ve λ_2 özdeğerlerine karşılık gelmektedir (CAI ve GRAFAREND, 2007).

λ_1 ve λ_2 özdeğerlerinin işaretlerine göre λ_1 ve λ_2 yönündeki gerinimin daralma ya da genişleme şeklinde olduğuna karar verilmektedir (Cai ve Grafarend, 2007). Yer kabuğu hareketlerinin yorumlanması için, özdeğerlerin birer fonksiyonu olarak hesaplanabilen:

• 45° doğrultudaki en büyük kesme gerilmesi

$$\gamma_{\max} = 2\sqrt{\frac{(\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})^2}{2} + \varepsilon_{xy}^2} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2\sqrt{\lambda_1\lambda_2}} \quad (43)$$

• Alansal Gerinim

$$\gamma_{IZ} = iz(E_i) = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (44)$$

• İkinci ve üçüncü değişmezler

$$\gamma_{DET} = \det(E_i) = \lambda_1\lambda_2 \quad (45)$$

temel parametreler olarak kullanılmaktadır.

4.1. Gerinim Elemanları için Hipotez Testleri

Ağ noktalarındaki yer değiştirmelerin/ hızların doğrusal bir fonksiyonu olarak elde edilebilen gerinim elemanlarının güvenilirliği ve anlamlılığı, ardışık iki ölçme anından elde edilen duyarlık bilgilerinden yararlanarak, doğrusal hipotez testleri ile irdelenir. Bu irdeleme işlemleri gerinim alanının yapısı ve anlamlılığı olarak ayrı ayrı gerçekleştirilir. Bu amaçla gerçekleştirilen test işlemleri de ağı

- Anlamlı bir yer değiştirme kuşkusuna bulunan noktaların dağılımına bakılarak Nokta Grupları biçiminde alansal,
- Ağın ölçme planına bağlı kalınarak; üçgen ya da çokgenler biçimine alansal
- Ağın ölçme planına ve ağ noktalarının konumlarına bağlı kalınarak noktasal olmak üzere irdelenebilir.

4.1.1. Duyarlık hesapları

Jeodezik ağın yapısına göre (5) ya da (21) bağıntılarına göre; iki ölçme anı arasındaki hız vektörünün ters ağırlık matrisi ($Q_{\dot{v}}$) elemanlarından yararlanarak Varyans Kovaryans Matrisi:

$$K_{\dot{x}\dot{x}} = s_0^2 (Q_{\dot{x}\dot{x}}) \quad (46)$$

oluşturulur. Yerel bir koordinat sistemi kullanılması durumunda; (46) eşitliğinden

$$Q_{yerel} = R(Q_{\dot{x}\dot{x}})R^T \quad (47a)$$

olmak üzere, hızların ağırlıkları

$$P = (Q_{yerel})^{-1} \quad (47b)$$

olarak elde edilir.

Hız alanının öncül ortalama hatası (s_0) iki farklı ölçme anında değerlendirilen

$s_{0i}^2 = \left(\frac{v^T P v}{f} \right)_i$ deneysel varyans bilgilerinden yararlanarak;

$$s_0 = \pm \sqrt{\frac{f_1 s_{01}^2 + f_2 s_{02}^2}{f_1 + f_2}} \quad (48)$$

bağıntısından hesaplanır.

Ağ noktalarının hızları, duyarlıkları ve korelasyonları farklı dolaylı ölçüler olarak ele alınırsa; gerinim elemanlarının kesin değerleri ve duyarlık bilgileri (36) eşitliği yerine

$$g = (H^T P H)^{-1} H^T P d \quad (49)$$

biçiminde kurulan iki boyutlu genişletilmiş dengelemeli benzerlik dönüşümü modeli yardımıyla hesaplanır. Gerinim bilinmeyenlerinin duyarlık bilgileri

$$K_{gg} = s_0^2 (H^T P H)^{-1} \quad (50)$$

biçiminde kurulan Varyans-Kovaryans Matrisi ile elde edilir.

4.1.2. Global Uyum Testleri

Farklı iki ölçme anında değerlendirilen jeodezik ağdan elde edilen deneysel varyanslar, hız ya da gerinim alanının hakkında öncül bilgileri barındırırlar. Her iki ölçme anında beklenen olası bir yer değiştirmenin anlamlı olup olmadığı ve gerinim alanının yapısı hakkında bir karara varabilmek için deformasyon analizinde olduğu gibi global bir uyum testi gerçekleştirilir. Bu amaçla yer değiştirme vektörü (d) için Sıfır Hipotezi ve Çift Yönlü Seçenek Hipotezi

$$H_0 : E\{d\} = 0 \quad (51)$$

$$H_{s2} : E\{d\} \neq 0$$

ayrı ayrı kurulur. Test Büyüklüğü

$$T = \frac{d^T Q_{dd}^+ d}{m_0^2 h} \quad (52)$$

hesaplanır ve Sıfır hipotezi, yanılma olasılığı 0.05 seçilerek 0.95'lik bir istatistik güvenle sınanır.

Global uyum testleri ağın tamamı yerine yer değiştirme kuşkusunu bulunan herhangi bir bölgesi için eşlenik noktalar kümesinde gerçekleştirilebilir. Herhangi bir nokta grubu/alan için hesaplanan deformasyon modelinin hesaplanan Test büyüklüğü

$$T = \frac{d^T Q_{dd}^{-1} d}{m_0^2 h} \quad (53)$$

Fisher dağılımına uyar. Test büyüklüğünün deneysel değeri, Fisher dağılımının sınır değeri ($q = F_{h,2p-4,1-\alpha/2}$) ile karşılaştırılır. Bu test işlemi sonucunda $T > q$ koşulu gerçekleşirse, ele alınan alanda 0.95 istatistik güvenle anlamlı bir yer değiştirme olabileceğine karar verilir.

Başlangıçta deformasyon ağı olarak tasarlanmayan özel amaçlı sıklaştırma ağları ya da yüzey ağlarında (53) eşitliği ile kurulan test modeli yerine, kuramsal olarak aynı sonuçları veren ve dengelemeli benzerlik dönüşümleri sonuçlarına uygulanan doğrusal hipotez testleri kullanılır.

Global uyum testleri; datum koşulunun genişletilmiş helmert modeli üzerinden belirlenmesi durumunda, ele alınan alanda farklı bir ağırlık merkezine bağlı bir hareket modelinin varlığı da test edilmiş olur (EVEN-TZUR, 2006).

4.1.3. Gerinim Elemanları için Doğrusal Hipotez Testleri

Herhangi bir nokta grubunda/alanda olası bir yer değiştirmeden kaynaklanan anlamlı bir gerinim birikiminin olup olmadığını irdelemek için, (49) eşitliğindeki modelden

elde edilen gerinim modelinin ters ağırlıklar matrisi:

$$Q_{gg} = (H^T PH)^{-1} \quad (54)$$

biçiminde oluşturulur. Bu durumda gerinim modelinin hesaplanan deneysel test değeri:

$$T = \frac{g^T Q_{gg}^{-1} g}{m_0^2 h} \quad (55)$$

Fisher dağılımının sınır değeri ($q = F_{h,2p-4,1-\alpha/2}$) ile karşılaştırılır. Seçenek hipotezinin geçersiz çıkması durumunda sözü edilen alanda, 0.95 istatistik güvenle anlamlı bir gerinim birikiminden söz edilebilir.

Global anlamda herhangi bir gerinimin anlamlı olup olmaması, gerinimin yapısı hakkında kesin bir bilgi vermez. Gerinimin yapısını irdeleyebilmek için gerinim parametreleri ya da birer fonksiyonları için uygun doğrusal hipotezler kurulur ve bu testlerin geçerliliği ayrı ayrı sınanır.

Nokta grupları/alansal olarak hesaplanan gerinim elemanları için Sıfır Hipotezi ve Çift Yönlü Seçenek Hipotezi:

$$H_0 : E\{g_i\} = 0 \quad (56)$$

$$H_{s2} : E\{g_i\} \neq 0$$

biçiminde ayrı ayrı doğrusal hipotezler kurulur. Her bir gerinim parametresine ilişkin test büyüklüğü:

$$T_{ij} = \frac{|g_i|}{\sqrt{(K_{gg})_{ii}}} \quad (57)$$

hesaplanır. Sıfır hipotezi, yanılma olasılığı 0.05 seçilerek 0.95'lik bir istatistik güvenle sınanır.

(57) eşitliğindeki test büyüklüğü t-Student dağılımına uyar. Test büyüklüğünün deneysel değeri, t-Student dağılımının sınır değeri ($q = t_{2p-4,1-\alpha/2}$) ile karşılaştırılır. Bu test işlemi sonucunda $T > q$ koşulu gerçekleşirse, ele alınan gerinim parametresinin 0.95 istatistik güvenle anlamlı olduğuna karar

verilir. Bu işlemler diğer gerinim parametreleri için ayrı ayrı test edilir. Elde edilen sonuçlara göre gerinim alanların homojen ya da homojen olmayan özellikleri belirlenir.

Burada gerinim parametreleri tek başlarına anlamlı olsun ya da olmasın, bu parametrelerin doğrusal bir fonksiyonundan elde edilen genişleme ya da daralma gibi parametreleri için de aynı irdelemelerin yapılması gerekir.

Bu amaçla gerinim parametrelerin doğrusal kombinasyonları ve hata yayılma ilkesine göre elde edilen ortalama hatalarından yararlanarak, her bir parametre için gerekli olan doğrusal hipotezler, (56) ve (57) eşitliklerine benzer biçimde ayrı ayrı kurulmalı ve sınanmalıdır (İNCE ve diğ., 2007; UZUN ve diğ., 2005).

Sözgelimi, daralma ya da genişleme yönündeki gerinimin anlamlılığı için aşağıdaki işlemleri gerçekleştirilir. λ_1 özdeğeri:

$$\lambda_1 = \frac{1}{2}(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + e) \quad (58)$$

$$\partial\lambda_1 = \frac{\partial\lambda_1}{\partial\varepsilon_{xx}} d\varepsilon_{xx} + \frac{\partial\lambda_1}{\partial\varepsilon_{yy}} \varepsilon_{yy} + \frac{\partial\lambda_1}{\partial\varepsilon_{xy}} \varepsilon_{xy} \quad (59a)$$

$$\partial\lambda_1 = a_i d\varepsilon_{xx} + b_i \varepsilon_{yy} + c_i \varepsilon_{xy} \quad (59b)$$

biçiminde gerinim parametrelerinin bir fonksiyonu olarak doğrusallaştırılır ve hataların yayılma ilkesine uygulanarak,

$$m_{\lambda_1}^2 = [a_i \quad b_i \quad c_i] K_{gg} \begin{bmatrix} a_i \\ b_i \\ c_i \end{bmatrix} \quad (60)$$

bağıntısı ile λ_1 özdeğerinin ortalama hatası ve

$$T_{i\lambda} = \frac{|\lambda_i|}{m_{\lambda_1}} \quad (61)$$

λ_1 özdeğerinin deneysel test değeri elde edilir.

Sonuç olarak herhangi bir alanda anlamlı bir deformasyon olmasına karşın; afinliğe işaret eden gerinim parametreleri anlamlı

çıkıyorsa, burada homojen bir yer değiştirmeden söz edilebilir. Buna karşın sözü edilen parametreler anlamlı çıkarsa, yer değiştirme sonucunda anlamlı bir şekil bozukluğunun izlenmekte olduğu kanısına varılır. Bu şekil bozukluğunun aynı zamanda anlamlı bir daralma ya da genişlemeye neden olup olmadığı da test sonuçlarına bakılarak karar verilir.

5. KOCAELİ İZDOGAP GPS AĞI İÇİN ALGILAYABİLİRLİK DEĞERLERİ

Bu çalışma için, bilimsel ve mühendislik amaçlı bir üniversite araştırma projesi kapsamında izlenmekte olan Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı sayısal uygulama modeli olarak seçilmiştir (Şekil 1). İZDOGAP GPS Ağı, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı bölümünü oluşturan İzmit-Sapanca Fayı çevresinde yer almaktadır. Bilindiği üzere Arabistan plakası tarafından sıkıştırılmakta olan Anadolu Plakası, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fayları boyunca batıya doğru kaçmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak Kuzey Anadolu Fay Kuşağının Doğu Marmara Bölgesini kateden kısmında, yıllık ortalama yer kabuğu hareket hızı 1-2 cm düzeyinde beklenmektedir (İNCE vd., 1991). Bu nedenle bu bölgede tesis edilen doğal gaz iletim hatlarının çevrelerinde oluşan yer değiştirmeleri izlemek amacıyla bir GPS Sıklaştırma ağı tesis edilmiştir. 106 noktadan oluşan Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı için, tasarım aşamasında EKK yöntemine dayanan bir ağırlık optimizasyonu işlemi gerçekleştirilerek toplam 271 GPS bazından oluşan uygun bir ölçme planı elde edilmiştir (İZDOGAP 2011).

Kocaeli İZDOGAP GPS Ağının 1. Epok gözlemleri 2009 yılında, 2. Epok gözlemleri ise 2010 yılında gerçekleştirilmiştir. 2. Epok gözlemleri 106 noktada 266 GPS baz ölçüsünden oluşmaktadır.

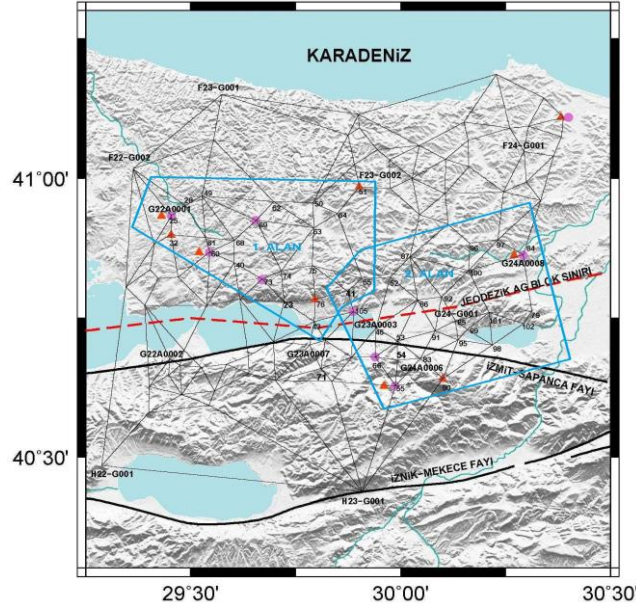
2009 yılında ölçülen 4 nokta, 2010 yılında tahrip edilmiş olarak bulunmuştur. Ağın geometrik şeklinde istenmeyen zayıflıkların oluşmaması için bu noktaların yakınlarında yeni noktalar tesis edilmiş ve eksik kalan

ölçme işlemleri bu noktalara göre tamamlanmıştır.

Bu nedenlerle Kocaeli İZDOGAP GPS ağı Multivaryat Düzenli GPS Ağı yapısında ele alınarak, deneysel algılayabilirlik analizleri bu koşullar altında elde edilmiştir (Tablo 1). Tablo 1, sayısal uygulamanın gerinim analizi bölümü için belirlenen noktalar kümesinden oluşmaktadır. Bu ağda ulaşılan algılayabilirlik değerleri arasında tutarlı bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla; 8 Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) ve 6 Ana GPS Ağı (AGA) noktası kullanılarak datum birliği sağlanmıştır.

KOCAELİ kenti için hizmet veren Doğal Gaz Yaşamsal Alt Yapı sistemini kontrol eden İZDOGAP GPS Sıklaştırma Ağı'ndan elde edilen sonuçlara göre; yer kabuğu hareketlerini algılayabilirlik düzeyleri;

- $\Delta t = \sqrt{2} = 1.41$ yıllık zaman aralığı için; 2009 epogundaki öncül kestirime göre, (dmin=0.33, dortanca=0.49, dmax=0.94; dort=0.50) cm
2010 epogundaki öncül kestirime göre, (dmin=0.54, dortanca=0.66, dmax=1.17; dort=0.67) cm, olarak elde edilmiştir (Şekil 2).
- Her iki epok arasında geçen $\Delta t = 1.13$ yıllık gerçek zaman aralığına göre ulaşılan deneysel algılayabilirlik değerleri de (dmin=0.57, dortanca=0.72, dmax=1.36; dort=0.75)cm olarak hesaplanmıştır (Şekil 3).

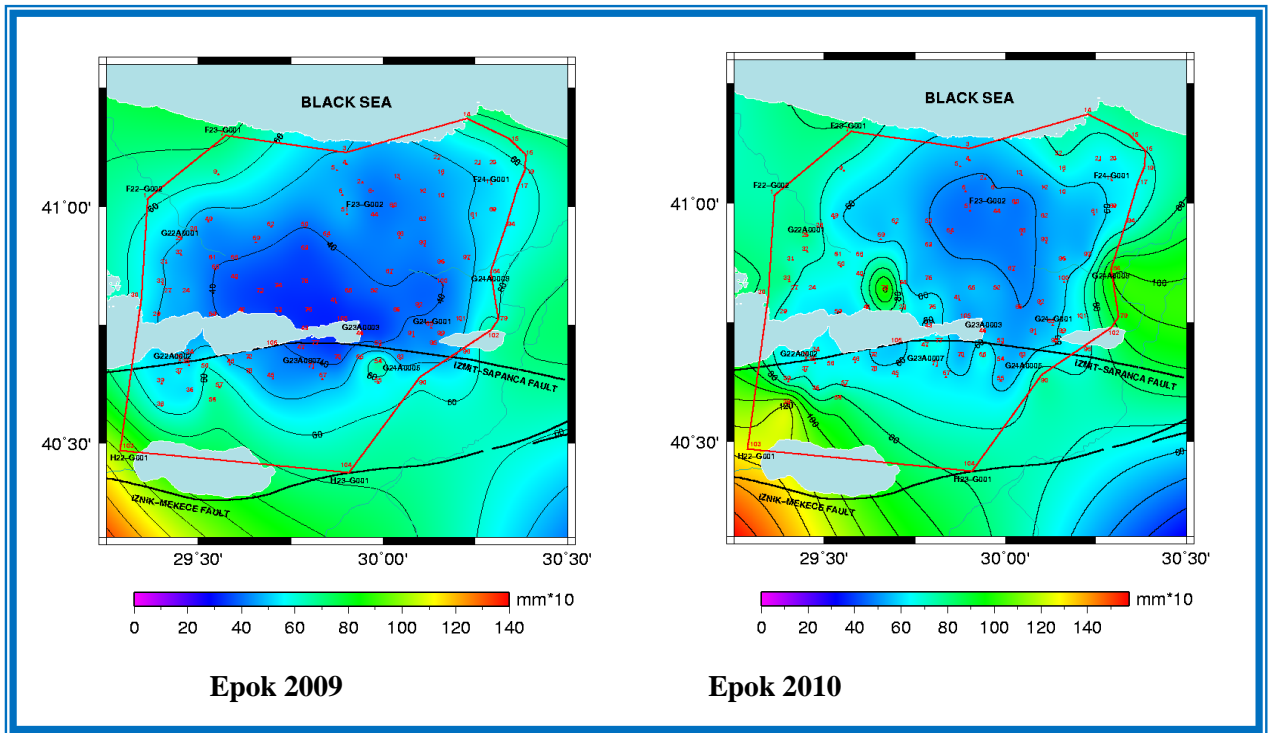


Şekil 1: Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı (●) 3 Boyutlu Helmert Dönüşümü Sonucu Uyuşumsuz Bulunan noktalar (▲) 3 Boyutlu Genişletilmiş Helmert Dönüşümü Sonucu Uyuşumsuz Bulunan noktalar)

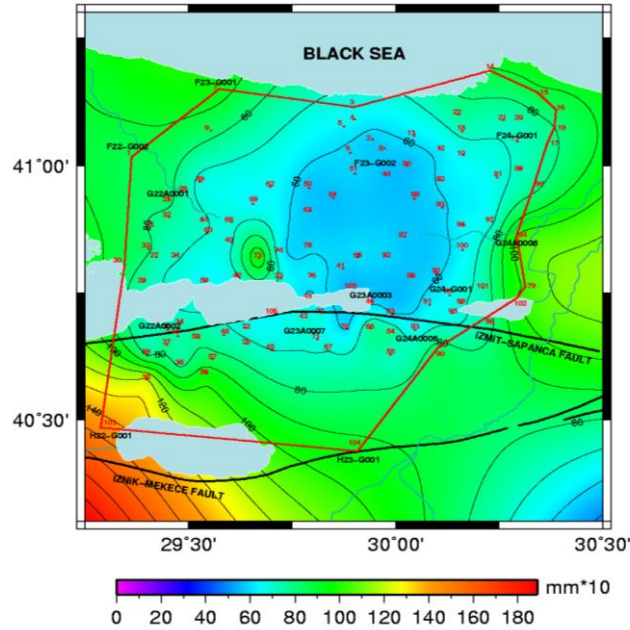
Tablo 1: Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı için Algılayabilirlik Değerleri

Nokta No	2009.370 d_{min} (cm)	2010.496 d_{min} (cm)	Deneysel d_{min} (cm)
86	0.39	0.50	0.57
43	0.32	0.58	0.59
83	0.47	0.56	0.65
92	0.39	0.52	0.59
52	0.39	0.54	0.59
65	0.37	0.56	0.60
96	0.44	0.57	0.64
*84	0.56	0.97	1.00
75	0.34	0.56	0.59
76	0.32	0.64	0.63
79	0.60	0.93	1.01
105	0.32	0.52	0.55
101	0.47	0.66	0.74
85	0.42	0.57	0.65
95	0.43	0.59	0.65
98	0.51	0.66	0.75
73	0.34	1.01	0.96
74	0.34	0.64	0.65
*60	0.40	0.67	0.70
40	0.37	0.68	0.69
68	0.40	0.65	0.68
69	0.42	0.58	0.64
63	0.36	0.53	0.57
*25	0.50	0.78	0.82

32	0.47	0.73	0.77
28	0.47	0.71	0.75
49	0.45	0.62	0.68
91	0.43	0.55	0.63
87	0.41	0.48	0.57
61	0.42	0.68	0.71
102	0.66	0.87	1.00
*16	0.63	0.70	0.84
62	0.44	0.59	0.65
50	0.40	0.50	0.57
64	0.41	0.47	0.56
66	0.52	0.66	0.76
*: Her iki modelde de uyuşumsuz olan nokta çifti.			



Şekil 2: Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı için Algılayabilirlik Haritaları
(Eş yükseklik eğrilerinin birimi mm*10'dur.)



Şekil 3: Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı için Deneysel Algılayabilirlik Haritası
(Eş yükseklik eğrilerinin birimi mm*10'dur.)

6. KOCAELİ İZDOGAP GPS AĞI İÇİN GERİNİM İRDELEMELERİ

İZDOGAP GPS ağının 2009 ve 2010 yıllarına ait gözlemleri, TUTGA ve AGA noktalarından seçilen eşlenik nokta kümesinde, kısmi iz minimum koşulu altında, serbest ağ yöntemine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Her iki epoktaki dengeleme sonuçları arasında, 3 Boyutlu Helmert ve 3 Boyutlu Genişletilmiş Helmert dönüşümleri kullanılarak eşdeğerlik testleri yapılmıştır.

Anlamli bulunan yer değiştirme büyüklükleri;

- 3 Boyutlu Helmert Dönüşümünde; **84, 25, 16, 55, 60, 66, 69, 105** ve 73 numaralı ağ noktaları
- 3 Boyutlu Genişletilmiş Helmert Dönüşümünde ise; **84, 25, 90, 16, 32, 51, 55, 60, 76** numaralı ağ noktaları uyuşumsuz eşlenik noktalar kümesi olarak belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre;

- 84, 25, 16 ve 60 numaralı noktalar her iki modelde de uyuşumsuz nokta çifti olarak yorumlanmaktadır. Diğer noktalar test

sınır değerlerine oldukça yakın, $\alpha=0,05$ yanılma olasılığı altında eşdeğer olarak kabul edilebilecek noktalardır.

- Genişletilmiş helmert modelinde yanılma olasılığının biraz daha küçültülmesi durumunda, uyuşumsuz bulunan 90, 32, 51, 55 ve 76 numaralı noktalarda zamanla anlamlı bir gerinim birikiminin oluşabileceğini göstermektedir.
- Öte yandan Helmert modelinde uyuşumsuz görünmesine karşın, genişletilmiş modelde uyuşumlu bulunan 66, 69, 105 ve 73 numaralı noktalardaki değişimler, henüz homojen bir gerinim alanı için normal dağılımlı rasgele hatalar barındırmaktadırlar.

Her iki modelde de yer değiştirme kuşkusu bulunan noktalar kümesindeki dağılımları dikkate alınarak, gerinim elemanlarının davranışlarının irdelenebileceği iki ayrı nokta grubu belirlenmiştir. Bu gruplar sırasıyla 20 ve 24 eşlenik ağ noktasından oluşmaktadır. (Şekil 1).

- 2009 ve 2010 epoklarından elde edilen dengeli koordinatlar kullanılarak her alan için, Afin Dönüşüm matrisinden

yararlanılarak gerinim parametreleri elde edilmiştir. Gerinim parametreleri için kurulan doğrusal hipotez testleri sonucunda, nokta gruplarına afinlik özellikleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. (Tablo 2,Tablo 3).

- Nokta grupları için elde edilen gerinim elipslerinin elemanlarına göre birinci grupta anlamlı bir genişleme/daralma birikimi belirlenmiştir. Her iki gruptaki 45° doğrultusundaki kesme gerinimleri ile alansal gerinimler anlamlıdır. (Tablo 4, Tablo 5).

Tablo 2: Gerinim Parametreleri

Alan No	İstasyon Noktaları	Gerinim Parametreleri					
		t_x (cm)	t_y (cm)	e_{xx}	e_{yx}	e_{xy}	e_{yy}
1	25,32,28,49,61, 60,68,40,73,74, 69,62,50,63,64, 75,76,43,65,51	-0.2899	0.3070	6.68484E-07	1.17112E-06	-4.91570E-07	1.39499E-06
2	65,105,16,66,55, 53,52,87,86,91, 83,90,92,100,96, 97,84,79,101,102, 85,99,95,98	0.0843	-1.1557	-6.43318E-08	8.78721E-07	-7.25480E-07	1.21926E-06

Tablo 3: Deneysel m0 ile Gerinim Parametreleri için istatistiksel testler

Parametreler	Alan 1 m0=2.33 cm			Alan 2 m0=2.43 cm		
	Test Değeri	Sınır Değer	Yorum	Test Değeri	Sınır Değer	Yorum
t_x	2.22	2.03	Anlamlı	0.82	2.02	Anlamsız
t_y	2.61	2.03	Anlamlı	12.32	2.02	Anlamlı
e_{xx}	5.99	2.03	Anlamlı	0.55	2.02	Anlamlı
e_{yx}	6.37	2.03	Anlamlı	6.19	2.02	Anlamlı
e_{xy}	4.97	2.03	Anlamlı	6.76	2.02	Anlamlı
e_{yy}	8.21	2.03	Anlamlı	9.48	2.02	Anlamlı

Tablo 4: Gerinim Elipslerinin Elemanları

Alan No	λ_1	λ_2	θ	γ_{max}	γ_{IZ}	γ_{DET}
1	1.16020E-06	9.03269E-07	46°.91246	1.231828E-06	2.06347E-06	1.04797E-12
2	1.21467E-06	-5.97417E-08	83°.19197	1.821724E-06	1.15492E-06	-7.25662E-14

Tablo 5: Deneysel m0 ile Gerinim Elipslerinin Elemanları için istatistiksel testler

Parametreler	Alan 1 m0=2.33 cm			Alan 2 m0=2.43 cm		
	Test Değeri	Sınır Değer	Yorum	Test Değeri	Sınır Değer	Yorum
λ_1	2.15	2.03	Anlamlı	7.25	2.02	Anlamlı
λ_2	1.46	2.03	Anlamsız	0.33	2.02	Anlamsız

γ_{max}	3.28	2.03	Anlamlı	5.24	2.02	Anlamlı
γ_{IZ}	2.51	2.03	Anlamlı	4.65	2.02	Anlamlı
γ_{DET}	1.21	2.03	Anlamsız	0.32	2.02	Anlamsız

7. SONUÇ

- Yaşamsal bir alt yapı olan KOCAELİ ili Doğal Gaz Alt Yapı Sistemi için tasarlanan Kocaeli İZDOGAP GPS sıklaştırma ağı Multivaryat düzenli bir yapıya sahiptir. Bu ağda ulaşılan algılayabilirlik değerleri arasında tutarlı bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla, 8 TUTGA ve 6 AGA noktası kullanılarak datum birliği sağlanmıştır.
- Her iki epok arasında geçen $\Delta t = 1.13$ yıllık gerçek zaman aralığına göre ulaşılan deneysel algılayabilirlik değerleri ($d_{min}=0.57$, $d_{ortanca}=0.72$, $d_{max}=1.36$; $d_{ort}=0.75$)cm olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 2009 ve 2010 yıllarında $\Delta t = \sqrt{2} = 1.41$ öncül olarak kestirilen değerlerle uyumludur.
- Ulaşılan öncül ve deneysel algılayabilirlik değerleri, Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı noktalarının, bölgede beklenen yer kabuğu hareketlerini yeterince algılayabilecek düzeyde olduğunu göstermektedir.
- İki epok için gerçekleştirilen eşdeğerlik testleri ile yer değiştirme kuşkusu bulunan noktalarda afinlik yönünde anlamlı gerinim birikimleri gözlenmiştir.
- Kuşku nokta kümesinin iki ayrı gruba ayrılması durumunda; kesme gerinimleri ile alansal gerinimler anlamlı olarak belirlenmiştir. Birinci nokta grubunda anlamlı bir genişleme/daralma birikiminden söz edilebilir.

KAYNAKÇA

Aksoy, A., Ayan, T., Deniz, R., Yalın, D., Karasu, H., Seeger, H., Franke, P., Altiner, Y., Hirsch, O., Bausch, P., (1995), *Türkiye'de Yer Kabuğu Hareketlerinin Yersel Jeodezik Yöntemlerle Belirlenmesi Çalışmaları*, Türk Haritacılığının 100. Yılı TUJJB ve

TUFUAB Kongreleri Bildiriler Kitabı Cilt 2, pp. 358-369, Ankara, Türkiye.

Even-Tzur G., (2006): *Datum Definition and its Influence on the Sensitivity of Geodetic Monitoring Networks*, 12th FIG Symposium, 4-9.

Hsu, R. ve Hsiao, K., (2002), *Pre-Computing The Sensitivity of a GPS Station for Crustal Deformation Monitoring*, Journal of the Chinese Institute of Engineers, 12-15.

İnce, C. D., Konak, H. ve Arslan, O., (2007), *Deprem Hasarlarının İzlenmesi Amacıyla Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Konumsal Veri Yiğnalarının İyileştirilmesi*, International Earthquake Symposium Kocaeli.

İnce, C. D., Baykal, O., Çakmak, R., Dikbaş, A., Erden, T., Ergintav, S., İpbüker, C., Özşamlı, C., Şahin, M., Tarı, E., Tarı, U. and Tüysüz, O. (2001), *GPS Measurements along the North Anatolian Fault Zone on the Mid-Anatolian Segment, Proceedings of International Symposium and Exhibition, Geodetic Photogrammetric and Satellite Technologies-Development and Integrated Application*, 351-359, Sofia.

İZDOGAP (2011), *Monitoring of IZGAZ-Natural Gas Infrastructure using National Geodetic Networks and Land Information Systems (IZDOGAP)*, Technical Reports (Turkish), Ed. Haluk Konak, A Project of Scientific Research, Kocaeli University.

Konak, H. ve Ekinci, Ö., (2005), *Yaşamsal Altyapı Sistemlerinin İzlenmesi*, Mimarizm Dergisi, Özel Sayı, Nisan, 118-121.

Küreç, P., (2010), *Yüzey ağlarının değerlendirilmesi*, KOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Küreç, P. ve Konak, H., (2011), *Sıklaştırma GPS Ağlarının yer kabuğu hareketlerine karşı duyarlılıkları ve olası algılayabilirlik düzeyleri*, hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Özel Sayı, sayfa: 84-90.

-
- Küreç, P. ve Konak, H., (2014), *A priori sensitivity analysis for densification GPS networks and their capacities of crustal deformation monitoring: a real GPS network application*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 14, 1299-1308.
- Uzun, S., Konak, H. ve Dilaver, A., (2005), *Sayıllaştırma Modelleri ve Sayıllaştırılmış Harita Konum Bilgilerinin Güvenirliđi*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart- 1 Nisan, Ankara.
- URL 1., (2012), *Algorithm for computing infinitesimal strain rate between three non-colinear GPS satations, given their N-S and E-W velocities, with a worked example*, Version of September 8, 2012, [Vince Cronin@baylor.edu.](mailto:Vince_Cronin@baylor.edu), presor@wesleyan.edu

Elipsoit Yüzeyinde Temel Ödev Çözümleri Üzerine Bir İnceleme

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ^{1*}

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya
(bildirici@selcuk.edu.tr)

Öz

Elipsoit yüzeyinde eğriliklerin değişken olması nedeniyle temel ödev problemlerinin düzlem ve kürede olduğu gibi her koşulda sonuç veren basit bağıntıları yoktur. Jeodezinin tarihsel gelişiminde problem, uygulamada yeterli olduğundan uzaklıkların 100km den küçük olduğu nokta konumlarına yönelik ele alınmış ve çeşitli çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bilimsel ve teknolojik gelişmeler sonucu uzak noktalar arasında da geçerli çözümler ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada kaynaklarda yer alan çok sayıda yöntemden yaygın kullanımı olan üç yöntem ele alınmış birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar her tür uzunlukta büyük uzunluklar için geliştirilmiş Vincenty yönteminin tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel jeodezi, elipsoit, temel ödev çözümleri

A Review on Fundamental Calculation Solutions on the Ellipsoid Surface

Abstract

Because the curvatures of the ellipsoid surface are variable, there is no simple relation that yields results under all conditions, such as the fact that the Fundamental calculation problems are plane and spherical. In the historical development of geodesy, the problem has been dealt with in terms of locations where the distances are 100 km small, and various solution methods have been developed. Valid solutions have also emerged among the far-reaching points of scientific and technological development. In this study, three methods which are widely used in many of the sources in the sources have been discussed and compared with each other. The results show that the Vincenty method developed for large lengths of any length should be preferred.

Keywords: Mathematical geodesy, ellipsoid, fundamental calculations solutions

1. GİRİŞ

Temel ödev çözümleri bir yüzey üzerinde iki koordinat sistemi arasında dönüşümden başka bir şey değildir. Birinci temel ödevde bir noktanın dik koordinatları, bir başka noktaya olan doğrultu açısı ve uzaklık biliniyorken ikinci noktanın dik koordinatları bulunur. Burada dik koordinat kutupsal koordinat dönüşümü söz konusudur. İkinci temel ödevde ise iki noktanın dik koordinatları biliniyorken aradaki kenar ve bu kenarın doğrultu açısı bulunur. Problemi küre yüzeyine taşırsak burada coğrafi koordinat küresel kutupsal koordinat (azimut, büyük daire yay uzunluğu)

dönüşümü söz konusudur. Düzlemde ve kürede analitik geometri ve küresel trigonometri yardımıyla problem noktaların birbirlerine göre uzaklıklarından bağımsız olarak çözümler.

Elipsoit yüzeyinde problemin çözümü basit değildir. Uydu jeodezisi öncesi triyagülasyon yöntemi ile ağların oluşturulduğu dönemde noktaların birini görme zorunluluğu nedeniyle uzaklıklar en çok 100km olabiliyordu. Bu dönemde 100km altı uzaklıklarda geçerli çözüm yöntemleri ortaya çıkmış ve kullanılmıştır. Uydu tekniklerinin jeodezide kullanımı ile noktaların birbirini görme zorunluluğu ortadan kalkmış ve aralarındaki

* Sorumlu Yazar

uzaklıkları binlerce kilometreye ulaşan noktalar arasında da temel ödev çözümlerine gerek duyulmuş ve bunu çözen yöntemler de ortaya çıkmıştır.

Elipsoit yüzeyinde temel ödev çözümleri 4 grupta toplanabilir (Demirel ve Üstün 2013, Grossman 1976).

1. Jeodezik eğrinin diferansiyel denklemleri ile elde edilen Legendre serilerine dayanan yöntemler: Bu kapsamdaki seriler çabuk yakınsamadığından hesaplama güçlükleri söz konusudur. Serilerde bazı kısaltılmalar yaparak daha hesaplamaya elverişli seriler elde edilmiştir. Bunların en çok bilinenleri Schreiber'in birinci temel ödev çözümü ve Gauss Ortalama Enlem Yöntemi'dir. Bu yöntemler büyük uzunluklar için sonuç vermez.
2. Jeodezik eğriyi oluşturan noktalar ve kutbun oluşturduğu elipsoidal üçgen ile küresel üçgen arasındaki ilişkiden yararlanılan yöntemler: Bu yaklaşım büyük uzunluklar için geliştirilmiş olup, en yaygın kullanılanı Vincenty Yöntemi'dir (Vincenty 1975).
3. Elipsoidin düzleme ya da küreye izdüşümü yapılarak, hesaplama bu yüzeylerde yapılır. Daha sonra elipsoide ters izdüşüm ile çözüm elde edilebilir. Bu grupta uygulamada en çok kullanılanı Gauss-Krüger Projeksiyonu'nda indirgeme bağıntıları ile yapılan çözümdür (Demirel ve Üstün 2013, s.180).
4. Bazı çözümlerde jeodezik eğri yerine kiriş, normal kesit yayı, loksodrom ya da uç noktalarındaki azimutları bu noktalardan geçen normal kesit eğrisinin azimutlarına eşit olan eğriler kullanılır.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışma ile temel ödev çözüm yöntemleri bir biri ile karşılaştırılacak, hangi durumlarda hangi yöntemin uygun olduğu irdelenecektir. Uzak noktalar arasında çözüm sağlayan Vincenty yöntemi yakın noktalar arasında da geçerlidir. Ancak bu yöntemin hesap yükü daha fazladır. Noktalar arası uzaklığa bağlı olarak Vincenty yöntemine alternatif daha az hesap yükü olan yöntemlerin kullanılabilirliği irdelenecektir.

Bu çalışmada kullanılan notasyon Ek A'da verilmiştir.

2. TEMEL ÖDEV ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

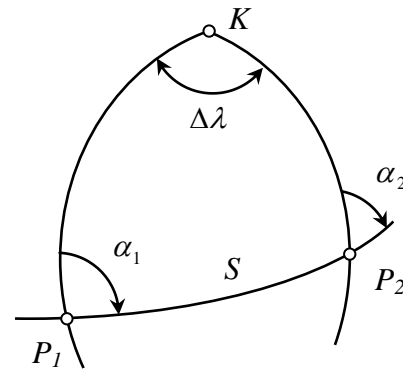
Temel ödev çözümlerinde temel olarak iki hesaplama/dönüşüm söz konusudur. Birinci temel ödev probleminde bir noktanın coğrafi koordinatları (elipsoidal enlem ve boylam), ikinci noktaya olan jeodezik eğri uzunluğu ve jeodezik eğrinin birinci noktadaki azimutu biliniyor iken ikinci noktanın coğrafi koordinatlarının ve ikinci noktadaki azimutun bulunması istenir. Küre ve elipsoitte jeodezik eğri meridyenleri sabit açı ile kesmediğinden jeodezik eğrinin azimutu üzerinde bulunan her noktada farklıdır. İkinci temel ödev çözümünde ise iki noktanın coğrafi koordinatları biliniyorken aralarındaki jeodezik eğri uzunluğu ile jeodezik eğrinin uç noktalarındaki azimutların bulunması istenir (Şekil 1). Kısaca özetlemek gerekirse temel ödev çözümleri aşağıdaki gibi ifade edilir.

Birinci Temel Ödev:

Verilenler: $\varphi_1, \lambda_1, \alpha_1, S$ İstenenler: $\varphi_2, \lambda_2, \alpha_2$

İkinci Temel Ödev:

Verilenler: $\varphi_1, \lambda_1, \varphi_2, \lambda_2$ İstenenler: S, α_1, α_2

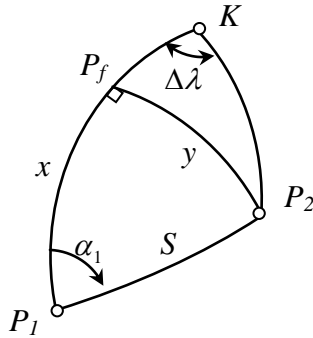


Şekil 1: Temel ödev çözümü

Bu başlık altında küçük ve büyük uzaklıklarda kullanılan üç yöntem ele alınacaktır. Tüm bağıntılarda açı birimi radyan olarak alınmıştır. İkinci noktadaki azimut ise P_1P_2 doğrultusunda alınmıştır (Şekil 1).

Schreiber'in Birinci Temel Ödev Çözümü

Schreiber, Legendre serilerinde kısaltma sağlamak için jeodezik eğri uç noktaları ile ikinci noktadan birinci noktadan geçen meridyene inilen dik ayağı noktasının (P_f) oluşturduğu dik üçgenden yararlanır. Bu üçgen bu bölgede elipsoide yakınsayan bir kürede küresel dik üçgen kabul edilir. Büyük uzunluklar için geçerli bir yöntem değildir (Grossman 1976).



Şekil 2: Schreiber'in birinci temel ödev çözümü

$$\begin{aligned} u &= S \cos \alpha_1 \\ v &= S \sin \alpha_1 \end{aligned} \quad (3)$$

$$x = u \left(1 + \frac{v^2}{3R_{G1}^2} \right) \quad (4)$$

$$y = v \left(1 - \frac{u^2}{6R_{G1}^2} \right)$$

$$\varphi_f = \varphi_1 + V_1^2 \left(\frac{x}{N_1} - \frac{3\eta_1^2 t_1 x^2}{2N_1^2} - \frac{\eta_1^2 x^3 (1 - t_1^2 + \eta_1^2 - 5\eta_1^2 t_1^2)}{2N_1^3} + \dots \right) \quad (5)$$

$$\varphi_2 = \varphi_f + V_f^2 \left(-\frac{t_f y^2}{2N_f^2} + \frac{t_f y^4}{24N_f^4} (1 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) \right) \quad (6)$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \frac{1}{\cos \varphi_f} \left(\frac{y}{N_f} - \frac{t_f^2 y^3}{3N_f^3} + \frac{t_f^2 y^5 (1 + 3t_f^2)}{15N_f^5} \right) \quad (7)$$

Gauss Ortalama Enlem Yöntemi

Gauss ortalama enlem yönteminde jeodezik eğrinin ortasında bulunan noktadan yararlanılarak Legendre serilerinde kısaltmalar yapılmıştır. Bu şekilde elde edilen Gauss ortalama enlem bağıntıları, ortalama enlem, boylam ve azimut,

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}, \alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (8)$$

olmak üzere,

$$\Delta\varphi = \frac{u}{M} \left(1 + \frac{2 + 3t^2 + 2\eta^2}{24N^2} v^2 + \frac{\eta^2 (t^2 - 1)}{8N^2} u^2 \right) \quad (9)$$

$$\Delta\lambda = \frac{v}{N \cos \varphi} \left(1 + \frac{t^2}{24N^2} v^2 - \frac{2 + 7\eta^2 - 9\eta^2 t^2}{24N^2} u^2 \right) \quad (10)$$

$$\Delta\alpha = \frac{vt}{N} \left(1 + \frac{2 + t^2 + 2\eta^2}{24N^2} v^2 + \frac{2 + 7\eta^2 + 9\eta^2 t^2}{24N^2} u^2 \right) \quad (11)$$

şeklinde dir. Birinci temel ödev probleminde ortama değerler (8) bilinmediğinden iteratif olarak çözüm gereklidir. Başlangıç değeri olarak $\varphi = \varphi_1$, $\alpha = \alpha_1$ alınıp, (9) ve (11) eşitliklerinden iteratif olarak φ , α , $\Delta\varphi$ ve $\Delta\alpha$ belirlenir. Elde edilen son değerler (10) eşitliğinde yerine konularak çözüm gerçekleştirilir.

İkinci temel ödevde ortalama değerler (8) belli olduğu için yöntem daha kullanışlıdır (Demirel ve Üstün 2013, Grossman 1976). Bu amaçla ortalama enlem bağıntılarında u ve v (3) parametreleri çekilerek düzenleme yapılır.

$$u = M\Delta\varphi \left(1 - \frac{2 + 3t^2 + 2\eta^2}{24} (\Delta\lambda \cos \varphi)^2 - \frac{\eta^2 (t^2 - 1)}{8V^4} \Delta\varphi^2 + \dots \right) \quad (12)$$

$$v = N\Delta\lambda \cos \varphi \left(1 - \frac{1}{24} (\Delta\lambda \sin \varphi)^2 + \frac{1 + \eta^2 - 9\eta^2 t^2}{24V^4} \Delta\varphi^2 + \dots \right) \quad (13)$$

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \varphi \left(\begin{array}{l} 1 - \frac{1+\eta^2}{12} (\Delta\lambda \cos \varphi)^2 \\ + \frac{3+8\eta^2}{24V^4} \Delta\varphi^2 + \dots \end{array} \right) \quad (14)$$

$$\tan \alpha = \frac{v}{u}$$

$$\alpha_1 = \alpha - \frac{\Delta\alpha}{2} \quad (15)$$

$$\alpha_2 = \alpha + \frac{\Delta\alpha}{2}$$

$$S = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (16)$$

Vincenty Yöntemi

Büyük uzunluklarda çözüm sağlayan bu yöntemde yarıçapı ekvator yarıçapı kadar olan bir yardımcı küreden yararlanılır. Jeodezik eğri ile yardımcı kürede oluşan büyük daire yayı arasında ilişki kurularak oluşturulan iç içe eşitliklere dayalı bir çözüm yapılmıştır (Vincenty 1975).

Birinci Temel Ödev

İlk olarak birinci noktanın enlemi (β_1), yardımcı küre üzerinde ekvatordan birinci noktaya kadar açısız büyük daire yayı uzunluğu (σ_1) ve jeodezik eğrinin ekvatordaki azimutu (α_{ek}) hesaplanır.

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\sqrt{1+e'^2}} \tan \varphi_1 \quad (17)$$

$$\tan \sigma_1 = \frac{\tan \beta_1}{\cos \alpha_1} \quad (18)$$

$$\sin \alpha_{ek} = \cos \beta_1 \sin \alpha_1 \quad (19)$$

A ve B büyüklükleri hesaplanır.

$$\bar{u}^2 = e'^2 \cos^2 \alpha_{ek}$$

$$A = 1 + \frac{\bar{u}^2}{16384} \{4096 + \bar{u}^2 [-768 + \bar{u}^2 (320 - 175\bar{u}^2)]\}$$

$$B = \frac{\bar{u}^2}{1024} \{256 + \bar{u}^2 [-128 + \bar{u}^2 (74 - 47\bar{u}^2)]\} \quad (20)$$

$\Delta\sigma$ parametresi, σ başlangıç değeri,

$$\sigma = \frac{S}{bA}$$

alınarak, $\Delta\sigma$ parametresindeki değişim 10^{-14} değerinden küçük oluncaya iteratif olarak aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır.

$$2\sigma_m = 2\sigma_1 + \sigma$$

$$\Delta\sigma = B \sin \sigma \left\{ \cos 2\sigma_m + \frac{1}{4} B [\cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\sigma_m) - \frac{1}{6} B \cos 2\sigma_m (-3 + 4 \sin^2 \sigma) (-3 + 4 \cos^2 2\sigma_m)] \right\}$$

$$\sigma = \frac{S}{bA} + \Delta\sigma \quad (21)$$

Bu şekilde σ_m ve σ parametreleri de iteratif olarak belirlenmiş olur. İkinci noktanın enlemi,

$$\tan \varphi_2 = \frac{\sin \beta_1 \cos \sigma + \cos \beta_1 \sin \sigma \cos \alpha_1}{(1-f) [\sin^2 \alpha + (\sin \beta_1 \sin \sigma - \cos \beta_1 \cos \sigma \cos \alpha_1)^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (22)$$

boylamı,

$$\tan \Delta\omega = \frac{\sin \sigma \sin \alpha_1}{\cos \beta_1 \cos \sigma - \sin \beta_1 \sin \sigma \cos \alpha_1}$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha_{ek} [4 + f(4 - 3 \cos^2 \alpha_{ek})]$$

$$\Delta\lambda = \Delta\omega - (1-C)f \sin \alpha \left\{ \begin{array}{l} \sigma + C \sin \sigma \\ \cos 2\sigma_m \\ + C \cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\sigma_m) \end{array} \right\}$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda \quad (23)$$

ikinci noktadaki azimut,

$$\tan \alpha_2 = \frac{\sin \alpha_{ek}}{-\sin \beta_1 \sin \sigma + \cos \beta_1 \cos \sigma \cos \alpha_1} \quad (24)$$

şeklinde hesaplanır.

İkinci Temel Ödev

İkinci temel ödev çözümünde ilk olarak ilk olarak iki noktanın indirgenmiş enlem değerleri hesaplanır.

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\sqrt{1+e'^2}} \tan \varphi_1$$

$$\tan \beta_2 = \frac{1}{\sqrt{1+e'^2}} \tan \varphi_2 \quad (25)$$

Yardımcı kürede boylam farkı değeri ($\Delta\omega$), başlangıç değeri,

$$\Delta\omega = \Delta\lambda$$

alınarak değişim 10^{-14} den küçük oluncaya kadar aşağıdaki bağıntılar tekrar edilerek iteratif olarak hesaplanır.

$$\sin^2 \sigma = (\cos \beta_2 \sin \Delta \omega)^2 + (\cos \beta_1 \sin \beta_2 - \sin \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta \omega)^2$$

$$\cos \sigma = \sin \beta_1 \sin \beta_2 + \cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta \omega$$

$$\sin \alpha_{ek} = \cos \beta_1 \cos \beta_2 \sin \Delta \omega / \sin \sigma$$

$$\cos 2\sigma_m = \cos \sigma - 2 \sin \beta_1 \sin \beta_2 / \cos^2 \alpha_{ek}$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha_{ek} [4 + f(4 - 3 \cos^2 \alpha_{ek})]$$

$$\Delta \omega = \Delta \lambda + (1 - C)f \sin \alpha_{ek}$$

$$\left\{ \sigma + C \sin \sigma [\cos 2\sigma_m + C \cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\sigma_m)] \right\} \quad (26)$$

Jeodezik eğri uzunluğu, A , B ve $\Delta \sigma$ parametreleri (20) ve (21) bağıntılarıyla hesaplandıktan sonra,

$$S = bA(\sigma - \Delta \sigma) \quad (27)$$

bağıntısı ile bulunur. Jeodezik eğrinin azimutları aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır.

$$\tan \alpha_1 = \frac{\cos \beta_2 \sin \Delta \omega}{\cos \beta_1 \sin \beta_2 - \sin \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta \omega}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{\cos \beta_1 \sin \Delta \omega}{-\sin \beta_1 \cos \beta_2 + \cos \beta_1 \sin \beta_2 \cos \Delta \omega} \quad (28)$$

İlgili bağıntılardan görüldüğü üzere Vincenty Yöntemi hesap yükü fazla ve iteratif hesaplamalara duyarlı bir yöntemdir. Büyük ya da küçük tüm jeodezik eğri uzunluklarında geçerlidir.

3. ARAŞTIRMA

Bu başlık altında Schreiber ve Gauss yöntemlerinin hangi koşullar altında yeterli doğrulukta çözüm sağladığı irdelenecektir. Bu amaçla belli uzaklıklarda bir nokta etrafında elipsoit yüzeyinde bir çember oluşturan 1° azimut farkıyla noktalar oluşturulmuştur. Elipsoit yüzeyinde eğriliklerin değişimi enlem ve yöne bağlı olduğundan boylam sabit tutulup yukarıdaki hesaplama 10° - 80° enlem aralığında 10° enlem farkları ile tekrar edilmiştir. Bu şekilde değişik enlemlerde ve yönlerde çok sayıda nokta elde edilmiştir. Bu noktaların Vincenty yöntemine göre koordinatları doğru kabul edilerek, Schreiber ve Gauss Ortalama Enlem yöntemlerinden elde

edilen değerlerle farklarından yararlanılarak standart sapmalar hesaplanmıştır.

Matematiksel jeodezide coğrafi koordinatlarda $0.0001''$, azimutta $0.001''$ doğrulukta hesaplama istenir (Demirel ve Üstün 2013, s.104). Schreiber yöntemi ile elde edilen ikinci noktanın coğrafi koordinatları ve azimutunun standart sapma değerleri tablo 1'de görülmektedir. Bu yöntem ikinci noktadaki azimut (α_2) değerleri açısından 50km üzeri kenarlarda yeteri kadar doğru değildir. Coğrafi koordinatlar açısından ise 90km uzaklıklara kadar yeterli doğruluk sağlamaktadır.

Gauss Ortalama Enlem Yöntemi için yapılan test sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. İkinci noktadaki azimut açısından 100km ye kadar kenarlarda yeterli doğruluk sağlanmaktadır. Coğrafi koordinatlar açısından bakıldığında 70km kadar kenarlarda elde edilen standart sapmalar uygundur. Tablo değerlerinden görüldüğü üzere iki yöntem doğruluk açısından farklı sonuçlar vermiştir.

Tablo 1: Schreiber Yöntemi Test Sonuçları

s''_ϕ	s''_λ	s''_α	Nokta Sayısı	Uzaklık (m)
0.000003	0.000002	0.001280	2880	50000
0.000009	0.000006	0.003184	2880	60000
0.000022	0.000018	0.006886	2880	70000
0.000050	0.000046	0.013443	2880	80000
0.000101	0.000104	0.024271	2880	90000
0.000191	0.000218	0.041197	2880	100000
0.000339	0.000426	0.066525	2880	110000
0.000574	0.000787	0.103093	2880	120000
0.000930	0.001384	0.154338	2880	130000
0.001455	0.002338	0.224368	2880	140000
0.002208	0.003811	0.318033	2880	150000

Kaynaklarda her iki yöntem için de 100km'e kadar uzaklıklarda kullanılabileceği bilgisi yapılan test ile tam olarak doğrulanmamaktadır. Bu iyimser değerlerin orta enlemler bölgesinde yapılan hesaplamalara dayandığı düşünülebilir. Burada yapılan analiz daha geniş bir enlem aralığında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2: Gauss Ortalama Enlem Yöntemi Test Sonuçları

s''_ϕ	s''_λ	s''_α	Nokta Sayısı	Uzaklık (m)
0.000009	0.000030	0.000031	2880	50000
0.000022	0.000075	0.000078	2880	60000
0.000048	0.000164	0.000170	2880	70000

0.000094	0.000320	0.000332	2880	80000
0.000169	0.000578	0.000600	2880	90000
0.000286	0.000982	0.001020	2880	100000
0.000461	0.001588	0.001648	2880	110000
0.000713	0.002464	0.002557	2880	120000
0.001066	0.003694	0.003833	2880	130000
0.001546	0.005377	0.005578	2880	140000
0.002185	0.007632	0.007917	2880	150000

4. SONUÇ

Bu çalışmada elipsoit yüzeyinde geliştirilmiş temel ödev çözüm yöntemlerinden Schreiber, Gauss Ortalama Enlem ve Vincenty yöntemleri ele alınmıştır. Büyük uzunluklar için geliştirilmiş yöntemler küçük uzunluklar için de geçerli sonuçlar verir. Bu çalışmada Schreiber ve Gauss Ortalama Enlem yöntemleri Vincenty yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemin de genel kanının aksine 100km ye kadar yeterli doğrulukta sonuç vermediği, 50-70km uzaklıklara kadar güvenilir oldukları belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre daha fazla hesap yükü getirmesine rağmen Vincenty yönteminin hem uzak hem de yakın uzaklıklarda kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Demirel, H. ve Üstün, A. (2013) Matematiksel Jeodezi, *Yayınlanmamış Ders Notu*, <http://atlas.selcuk.edu.tr/1205429/dokumanlar/jeodezi2013.pdf>
- Grossman, W. (1976). *Geodatische Rechnungen and Abbildungen in der Landesvermessungen*, 3. Auflage. Konrad Wittwer, Stuttgart, (s 14), 63.
- Vincenty, T. (1975). Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations. *Survey review*, 23(176), 88-93.
- Richardus, P., ve Adler, R. K. (1972). Map projections for geodesists, cartographers and geographers, *New Holland*, Amsterdam.

EK A: NOTASYON ve KISALTMALAR

a, b	Elipsoit yarıçapları
$c = \frac{a^2}{b}$	Kutup eğrilik yarıçapı
$f = \frac{a-b}{a}$	Basıklık
$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$	Birinci dış merkezlik
$e' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}}$	İkinci dış merkezlik
φ	Enlem (elipsoidal)
λ	Boylam
S	Jeodezik eğri uzunluğu
α	Azimut
β	İndirgenmiş enlem
$\Delta\omega$	Yardımcı bir küre üzerinde boylam farkı
σ	Kürede büyük daire yay uzunluğu (açısal)
$t = \tan \varphi$	Kısaltma
$\eta^2 = e'^2 \cos^2 \varphi$	Kısaltma
$V = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 \varphi}$	Kısaltma
$M = \frac{c}{V^3}$	Meridyen eğrilik yarıçapı
$N = \frac{c}{V}$	Çapraz eğrilik yarıçapı
$R_G = \frac{c}{V^2}$	Gauss küresi yarıçapı