

GEOmatik



ISSN:2564-6761

Rastgele Orman Yöntemi Kullanılarak Kıyı Çizgisi Çıkarımı İstanbul Örneği

Fırat Erdem^{1*}, Mustafa Andaç Derinpınar¹, Rouhollah Nasirzadehdizaji¹, Selen Oy², Dursun Zafer Şeker³, Bülent Bayram¹

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, 34220 Davutpaşa İstanbul ((firat.erdem, mustafa.andac.derinpınar, rouhollah.nasirzadehdizaji)@std.yildiz.edu.tr, bayram@yildiz.edu.tr)
ORCID ID 0000- 0002-6163-1979, ORCID ID 0000- 0003-1223-5125, ORCID ID 0002-1830-6492,
ORCID ID 0000- 0002-4248-116X

² Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, 07058 Antalya (selenoy171@gmail.com)
ORCID ID 0000- 0002-0741-1684

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul (seker@itu.edu.tr)
ORCID ID 0000- 0001-7498-1540

Öz

Çevrenin korunması ve sürdürülebilir kıyı geliştirme hedeflerine ulaşmak için kıyı alanlarının izlenmesi gerekmektedir. Doğal çevre yönetimi, afet yönetimi, kıyı erozyonu incelemeleri, katı madde taşınımı ve kıyı morfodinamiklerinin modellenmesi gibi farklı alanlarda kıyı çizgisi yaygın olarak kullanıldığından, kıyı çizgilerinin özellikle uydu görüntülerinden çıkarılması için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Rastgele Orman algoritması geliştirilen bu tekniklerden bir tanesidir. Rastgele Orman Algoritması, karar ağaçlarına dayanan bir makine öğrenme metodudur. Karar ağaçları, eğitim verilerinin sınıflarını analiz eder ve test verilerinin hangi sınıfa ait olduğunu eğitim verilerinden çıkarttığı kurallara göre belirler. Bu çalışmada, Terkos Gölü ve gölün hemen yakınında yer aldığı bölgedeki Karadeniz sahilindeki kıyı çizgileri, 22 Temmuz 2016 tarihinde alınan Landsat-8 uydu görüntüsüne Rastgele Orman sınıflandırma yöntemi kullanılarak çıkarılmıştır. Uygulamada öncelikle uydu görüntüsüne ön işleme uygulanmıştır. Rastgele Orman algoritması ile sınıflandırma işlemi için MATLAB platformu kullanılmıştır. Rastgele Orman algoritması çalışma bölgelerine ait görüntülerin farklı bant setlerine uygulanarak, sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonucunda kara ve su sınıfları olmak üzere ikili görüntüler elde edilmiştir. Uygulanan bant setleri NIR, R-G-B ve R-G-B-NIR'dir. Terkos Gölü'ne ait elde edilen kıyı çizgilerinin doğruluklarını analiz etmek için elle sayısallaştırılan kıyı çizgileri referans alınarak alansal ve kıyı çizgisi bazında karşılaştırılmıştır. Sonuçlara bakıldığında, kıyı çizgisi çıkarımında yakın kızıl ötesi bandını içeren görüntülerin en az hatalı sonucu verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Rastgele Orman Yöntemi, kıyı çizgisi çıkartma, Landsat-8, Uzaktan Algılama

Coastline Extraction By Using Random Forest Method; A Case Study Of Istanbul

Abstract

Coastal monitoring plays a vital role in environmental planning and hazard management related issues. Since shorelines are basic data for natural environment management, disaster management, coastal erosion studies, modelling of sediment transport and coastal morphodynamics, various techniques have been developed to extract coastlines. Random Forest is one of these techniques which is used in this study for shoreline extraction purpose. This algorithm is a machine learning method based on decision trees. Decision trees analyse classes

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi: 05.12.2017

Kabul Tarihi: 20.12.2017

Geomatik Dergisi

Journal of Geomatics

of training data creates rules for classification. In this study, proposed Random Forest algorithm has been implemented to extract the shoreline of the Terkos Lake and Black Sea where near the lake from Landsat-8 image taken on 22 July 2016. The Landsat-8 image firstly pre-processed. The MATLAB environment was used for classification. To obtain land and water-body classes, the Random Forest method has been applied to NIR, R-G-B and R-G-B-NIR band sets. Manually digitized shorelines have been used for accuracy assessment. Areal and shoreline based evaluations have been done for Lake Terkos and Black Sea shoreline. According to accuracy assessment results, satisfactory results have been achieved by the proposed method. It has been seen once that most accurate results were obtained with data sets containing NIR band.

Keywords: *Random Forest Classifier, Shoreline extraction, Landsat-8, Remote Sensing*

1. GİRİŞ

Atmosfer, hidrosfer ve yerkürenin birbirleri ile etkileşim içerisinde oldukları yegâne alanlar olan kıyı bölgelerindeki koşulların büyük bir bölümünün, yıllık, mevsimsel ve hatta günlük olarak insan etkisinde veya fırtına ve iklim değişikliği gibi doğal kaynaklı değişime uğraması, bu değişimlerin belirli bölgelerde ve zamanlarda, belirli periyodlarla izlenerek saptanmasını gerektirir. Doğal gelişim ve çevresel koruma açısından oldukça önemli olan bu işlemlerin klasik yöntemlerle yapılmasının oldukça zaman alıcı olması nedeniyle, uzaktan algılama teknolojileri yaygın olarak kullanılabilir (Bayram, vd., 2017). Kıyı değişimlerinin izlenmesi on yıllar boyu araştırmaların konusu olmuştur (Dornbusch, vd., 2006; Marques, 2006; Pierre ve Lahousse, 2006; Benumof ve Griggs, 1999). Kara ile denizin sürekli etkileşim içinde olduğu kıyı alanları en çok tehdit altında olan eko-sistemlerden biridir. Kıyı alanları artan nüfus, şehirleşme ile artan bir oranda insan tehdidi altındadır ve eko-sistemi tehdit etmektedir (Bendell ve Wan, 2011). Uluslararası Coğrafi Veri Komitesi' ne göre kıyı alanları yeryüzündeki en önemli 27 doğal zenginliklerden biridir (Li, vd., 2001). Bu nedenle kıyı alanlarının periyodik olarak izlenmesi ve değişimlerin analiz edilmesi gerekmektedir.

Kıyı çizgisi çıkartmaya ve kıyı alanlarının izlenmesine yönelik önerilen yöntemler temel olarak yersel ölçüler, fotogrametrik yöntemler, uzaktan algılama verileri ve teknikleri kullanılarak geliştirilmiştir (Gens, 2010). Optik uzaktan algılama verileri kullanılarak kıyıya ilişkin güncel, doğru, zamansal ve güvenilir bilgiler elde edilebilir (Kutser, vd., 2012). Uzaktan algılama tekniği

ile kıyı alanlarının izlenmesi, yersel ölçümler ile yapılması olanaksız anlık ve zamansal verilerin elde edilmesi olanaklıdır (Trochta, vd., 2015). 30m mekânsal çözünürlüğe sahip Landsat görüntüleri, kıyı alanlarının izlenmesi için oldukça uygundur (Robert, vd., 2004). Piksel ve nesne-tabanlı görüntü işleme yöntemleri uydu verilerinden kıyı çizgisi çıkartmak amacıyla kullanılmaktadır (Machado, vd., 2014; Song, vd., 2014). Kontrolsüz sınıflandırma teknikleri (ISODATA-Iterative Self Organized Data Analysis) (Guariglia, vd., 2006), su indeksleri (NDWI) (Zheng, vd., 2011), eşik değer ve morfolojik filtreleme teknikleri (Pardo Pascual, vd., 2012), Wavelet dönüşümü (Yu, vd., 2013), aktif kontur modeli (Schmitt, vd., 2015), genetik algoritma temelli yöntemler (Yousef ve Iftexharuddin, 2014), parçacık sürü optimizasyonu (PSO) (Bayram, vd., 2016a), Mean-shift bölütleme (Bayram, vd., 2016b), nesne-tabanlı bulanık sınıflandırma yöntemleri (Bayram, vd., 2013; Bayram, vd., 2008), normalleştirilmiş kesme yaklaşımı (Ding ve Li, 2014) kıyı çizgisi çıkartmaya yönelik önerilen yöntemlere örnek olarak verilebilir. Sunulan çalışmada Rastgele Orman (RO) sınıflandırma algoritması (Breiman, 2001) kullanılarak 2016 yılına ait Landsat-8 görüntüsünden çalışma alanı olarak seçilen Terkos Gölü kıyı çizgisi ve gölün Karadeniz'e komşu olduğu yerde kıyı çizgisi çıkartılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı İstanbul-Terkos Gölünün kuzeyinde kalan yaklaşık 30 km uzunluğundaki Karadeniz kıyı şerididir. Terkos Gölü, tüm Türkiye'deki şebeke suyuna ismini vermiş ilk içme suyu kaynağıdır. Göl İstanbul su sistemi içinde Avrupa yakasının

yaklaşık yüzde 95'ini, tüm İstanbul'un su ihtiyacının ise yaklaşık yüzde 40'ını karşılamakta olan en önemli su kaynaklarından birisidir. Terkos Gölü, Karadeniz kıyı şeridinde dalga ve akıntı etkilerinin yanı sıra bilimsel yöntemlere dayanmayan kum alımları ve hatalı kıyı tahkimatları nedeniyle Karadeniz'in tuzlu suyunun nüfuz etme riskiyle karşılaşmıştır. Terkos kıyı alanı doğal ve insan temelli nedenlerden dolayı erozyon ve göl ve denizin birleşme tehdidi altındadır. Terkos kıyı alanı 1883 yılında inşa edilen Terkos Gölü Barajı Havzası ile Karadeniz kıyısı arasında kalan Karaburun-Ormanlı bölgesinde bulunmaktadır. Çalışma alanı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada 22 Temmuz 2016 tarihine ait Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Landsat-8 görüntüsünün özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (Landsat-8, 2017). Görüntüye öncelikle atmosferik düzeltme yapılmıştır.

Tablo 1. Landsat-8 Görüntüsünün Özellikleri (Landsat-8, 2017)

Bantlar	Özellikleri	Spektral Aralık (nm)
Bant 1	30m Coastal/Aerosol	435-452
Bant 2	30m Blue	452-512
Bant 3	30m Green	533-590
Bant 4	30m Red	636-673
Bant 5	30m NIR	851-879
Bant 6	100m TIR-1	1060-1119
	100m TIR-2	1150-1251
Bant 7	30m SWIR-2	2107-2294
Bant 8	15m Pan	503-676
Bant 9	30m Cirrus	1363-1384

Rastgele Orman sınıflandırma algoritması, temelinde karar ağaçları olan bir makine öğrenmesi yöntemidir. (Breiman, 2001).

Karar ağaçları, eğitim verilerinin sınıflarını analiz eder ve test verilerinin hangi sınıfa ait olduğunu eğitim verilerinden çıkarttığı kurallara göre belirler. Bu kurallar çok sayıda eğer-ise şartından oluşmaktadır.

Rastgele Orman algoritmasında kullanıcıdan iki parametre istenir. Bunlar, ağaç sayısı (N) ve ağaç yapısının oluşturulması için her düğümde kullanılacak değişken sayısı m'dir (Breiman, 2001). Parametreler seçildikten sonra test için ayrı bir veri seti yoksa eğitim veri setinin 2/3'ü öğrenme verisi (inBag), 1/3'ü test verisi (Out of-Bag (OOB)) olarak belirlenir. Her ağaç için bootstrap tekniği kullanılarak önyüklemeli örneklem oluşturulur. Örneklemelerin inBag ve OOB verileri ayrılır. Sonra her bir örneklem için ağaç gelişimi başlar. Her düğümde tüm değişkenler arasından m sayıda rastgele seçilen değişkenler kullanılarak en iyi dallanma belirlenir. Bu işlem için CART (Classification and Regression Tree) algoritması kullanılır (He, vd., 2015; Gislason, vd., 2006). CART algoritması en iyi dalı belirlemek için formül (1) de verilen GINI indeksini kullanır (Gislason, vd., 2006).

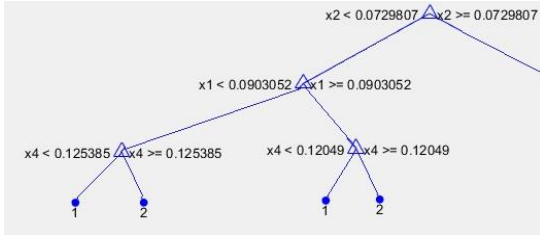
$$\sum_{j \neq i} (f(C_i, T) / |T|) (f(C_j, T) / |T|) \quad (1)$$

Denklemden T eğitim veri setini, C_i pikselin ait olduğu sınıfı, f(C_i, T) / |T| seçilen pikselin C_i sınıfına ait olma olasılığını gösterir (Gislason, vd., 2006). GINI indeksi her düğümdeki örneklerin homojenliğini ölçer. Algoritma, her düğümde rastgele seçtiği değişkenler için GINI indeksini hesaplar. GINI İndeksinin küçük olduğu değişkeni seçerek diğer düğüme geçer. GINI indeksinin sıfır olması durumunda ilgili düğüm tamamen homojendir ve dallanma orada biter (Gislason, vd., 2006). Böylelikle ağaçlar oluşturulmuş olur. Ağaçların ağırlıklarının belirlenmesi için Out of-Bag (OOB) test verileri kullanılır. OOB test verileri her bir ağaca yerleştirilir. Karar ağaçları her bir pikseli sınıflandırır. Sınıflandırma sonucuna göre her bir ağaç için OOB hatası hesaplanır. OOB hatası düşük

olan ağaç yüksek ağırlık değeri alırken OOB hatası yüksek olan ağaç düşük ağırlık değeri alır (Akman, 2010).

Görüntüdeki tüm pikseller için her bir karar ağacı ağırlığına göre sınıflandırma oyu kullanır. Bir piksel için en çok oyu alan sınıf o piksele atanır. Sunulan çalışmada MATLAB yazılımının 2014b sürümü kullanılmıştır. Su alanları ve kara alanları olmak üzere iki sınıf belirlenmiş ve bu sınıflara ait eğitim pikselleri kaydedilmiştir. Rastgele Orman algoritmasında ağaçların oluşturulması için TreeBagger fonksiyonu kullanılmıştır. Algoritmanın parametreleri olan ağaç sayısı ve değişken sayısı 25 ve 2 olarak seçilmiştir ve tüm bant-setleri için aynı parametreler kullanılmıştır. Uygulanan bant setleri sırası ile R,G,B, NIR; NIR ve R,G,B dir.

Görüntüdeki her piksel oluşturulan karar ağaçlarına yerleştirilerek pikselin ait olduğu sınıf belirlenmiştir. Bu işlem için Matlab yazılımının Predict fonksiyonu kullanılmıştır. Örnek karar ağacı Şekil 2’ de verilmiştir.



Şekil 2. Üretilen Karar Ağacı Örneği

Terkos Gölü için elde edilen sonuç ikili (binary) görüntüler Şekil 3,4 ve 5’de gösterilmektedir.



Şekil 3. R, G, B, NIR Bantları Kullanılarak Üretilen İkili Görüntü



Şekil 4. NIR Bant Kullanılarak Üretilen İkili Görüntü



Şekil 5. R,G,B Bantları Kullanılarak Üretilen İkili Görüntü

4. DOĞRULUK ANALİZİ

Doğruluk analizi için elde edilen kıyı çizgisi ile elle sayısallaştırılan kıyı çizgisi karşılaştırılmıştır. Bu amaç için Sayısal Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi (DSAS-Digital Shoreline Analysis System) kullanılmıştır. (Thieler vd., 2009). DSAS referans bir veri ile istenilen kıyı çizgisini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş bir araçtır (Jayson-Quashigah, vd, 2013). Çalışmada DSAS’ ın Net Kıyı Çizgisi Hareketi (Net Shoreline Movement (NSM)) modülü kullanılmıştır. Referans ve değerlendirilecek kıyı çizgisi arasında tanımlanan aralıklardaki kesitler boyunca dik uzaklıkların ölçülmesi ile kıyı çizgileri arasındaki farklar belirlenmiştir (Oyedotun, 2014).

Terkos Gölü’ne ait elde edilen kıyı çizgisi görüntülerinin doğruluklarını analiz etmek için alan karşılaştırması yapılmıştır. Bunun

için öncelikle Terkos Gölü'nün sınırları elle sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma sonucu vektör veri olarak kapalı bir poligon elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Elle Sayısallaştırma Sonucu

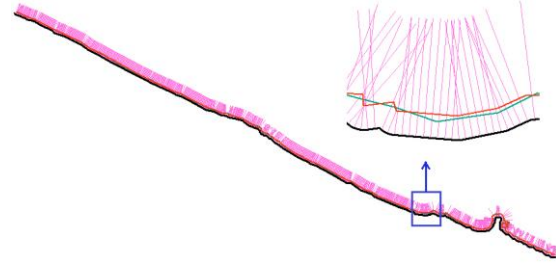
Elde edilen poligonun alanı hesaplanarak referans alan bulunmuştur. Referans alan 31,068 km² dir. Sonuç kıyı çizgisi görüntüleri de vektör formata çevrilerek alan hesaplanmıştır. Hesaplanan bu alanlar, elle sayısallaştırma sonucu üretilen alandan çıkartılarak alan farkları hesaplanmıştır. (Tablo 2.)

Tablo 2. Rastgele Orman Algoritması Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Alanları Ve Referans Alandan Farkları

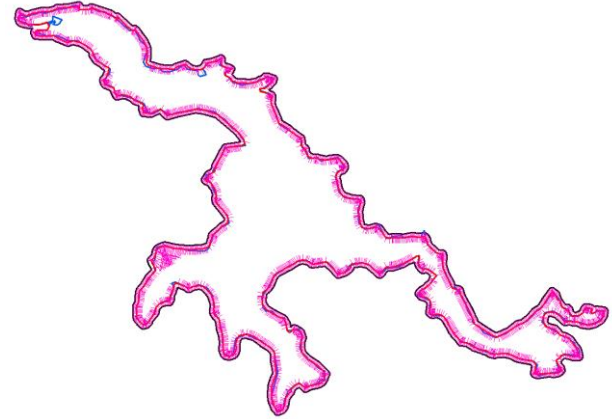
Veri Seti	Alan (km ²)	Alan Farkı (km ²)
RGBNIR	30.506	0.562
RGB	29.665	1.403
NIR	30.519	0.549

DSAS'da doğruluk analizi uygulayabilmek için ana hat'a (baseline) ihtiyaç duyulmaktadır. Ana hat üretmek için elle sayısallaştırılan kıyı çizgilerine 100 metrelik tampon uygulanmıştır. Ana hat oluşturulduktan sonra 30 m'de bir olacak şekilde kesitler kıyı çizgisine dik doğrultuda üretilmiştir. Kesit çizgilerinin boyları göl kıyı

çizgisi için 250 m, Karadeniz kıyı çizgisi için 500 m olarak seçilmiştir (Şekil 7 ve Şekil 8).



Şekil 7. Kırmızı: Elle Sayısallaştırma Sonucu, Yeşil: Kırmızı, Yeşil, Mavi Ve Kızıl Ötesi Bantlar İle Üretilen Kıyı Çizgisi, Pembe: Kesitler, Siyah: Ana Hat.



Şekil 8. Kırmızı: Elle Sayısallaştırma Sonucu, Mavi: Kırmızı, Yeşil, Mavi Ve Kızıl Ötesi Bantlar İle Üretilen Kıyı Çizgisi, Pembe: Kesitler, Siyah: Ana Hat.

Sonuçlar ve referans kıyı çizgisi arasındaki dik mesafe farklarının ortalama hata ve karesel ortalama hata değerleri (2) ve (3) formülleri (Zhang, vd., 2013) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$O.H. = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i| \quad (1)$$

$$K.O.H. = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

Göl kıyı çizgisi için hesaplanan ortalama ve karesel ortalama hatalar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Göl Kıyı Çizgisi İçin Rastgele Orman Algoritması Sonucu Üretilen Kıyı Çizgilerinin Ortalama Ve Karesel Ortalama Hataları

Veri Seti	Ortalama Hata (m)	Karesel Ortalama Hata (m)
RGBNIR	9.92	23.38
RGB	20.86	63.34
NIR	9.68	23.41

Karadeniz kıyı çizgisi için hesaplanan ortalama ve karesel ortalama hatalar Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Karadeniz Kıyı Çizgisi İçin Rastgele Orman Algoritması Sonucu Üretilen Kıyı Çizgilerinin Ortalama Ve Karesel Ortalama Hataları

Veri Seti	Ortalama Hata (m)	Karesel Ortalama Hata (m)
RGBNIR	3.45	14.93
RGB	195.44	103.54
NIR	3.78	14.85

5. SONUÇLAR

Önerilen Rastgele Orman algoritması kullanılması sonucunda ve elle sayısallaştırma ile elde edilen sonuçlar üç farklı veri seti için karşılaştırıldığında: R,G,B,NIR bant seti ve yalnızca NIR bandının kullanılmasıyla elde edilen farklar sırasıyla 0.56 ve 0.55 km² çıkmıştır. Terkos Gölü R,G,B,NIR ve NIR veri seti için hesaplanan karesel ortalama hatalar sırasıyla 23.38 ve 23.42 m olarak bir piksel boyutundan daha küçük olarak elde edilmiştir. Burada 68.62 km uzunluğunda olan göl çevresi için toplam 2236 kesit bazında elle sayısallaştırma verisi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde 27.78 km uzunluğundaki Terkos kıyı şeridi için yapılan doğruluk analizi incelendiğinde toplam 884

kesitte R,G,B,NIR ve NIR veri seti karesel ortalama hatalar (14.93 m ve 14.85 m) ve ½ piksel büyüklüğünde hesaplanmıştır. Buradan göl ve deniz kıyı çizgisinde oluşan farklılığın suyun içeriğinden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kıyı çizgisi çıkartma ile ilgili tüm çalışmalarda NIR bandının avantajları bilinmektedir. Sunulan çalışmada bu bir kez daha ortaya konmuştur. Yine Rastgele Orman sınıflandırıcısı ile Landsat-8 görüntüsünden kıyı çizgisi elde edilebilmiştir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında 20 yıllık zaman farkına, beş yıl periyoda sahip Landsat görüntüleri kullanılarak elde edilen kıyı çizgileri bölgedeki dalga ve rüzgar verileri ile bütünleştirilecek, katı madde taşımam ve kıyı çizgisi modeli üretilecektir.

TEŞEKKÜR

Sunulan çalışma TÜBİTAK tarafından “Sürdürülebilir Kıyı Alanı İzleme Modeli İçin İnsansız Hava Araçları-Lidar Teknolojilerinin Entegrasyonu- Üç Boyutlu Otomatik Kıyı Çizgisi Çıkartılması Ve Analizi: İstanbul Terkos Örneği” başlıklı TÜBİTAK Projesi (Proje No: 115Y718) kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Akman, M. (2010). Veri Madenciliğine Genel Bakış ve Random Forests Yönteminin İncelenmesi: Sağlık Alanında Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Bayram B., Acar U., Seker D. Z., & Ari A. (2008). A Novel Algorithm for Coast Line Fitting Through A Case Study Over Bosphorus. *Journal of Coastal Research*, 24(4), 983–991.
- Bayram B., Seker D. Z., Acar U., Yuksel Y., Guner, H. A. A., & Cetin, I. (2013). An Integrated Approach to Temporal Monitoring of the Shoreline and Basin of Terkos Lake. *Journal of Coastal Research*, 29(6), 1427-1435.
- Bayram B., Demir N., Ogurlu M., Catal R. H., & Seker D. Z. (2016a). 3D Shoreline Extraction Using Orthophoto-Maps and LIDAR. In: *37 th Asian Conference on*

- Remote Sensing* (pp. 1-5). Sri Lanka, Colombo.
- Bayram B., Avşar E. Ö., Şeker D. Z., Kayı A., Erdoğan M., Eker O., Janpaule I., & Çatal R. H. (2017). The Role Of National And International Geospatial Data Sources In Coastal Zone Management. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(1), 383-391.
- Bayram, B., Demir, N., Şeker, D. Z., Ogurlu, M., Oy, S., Bozkurt, S., & İnce, A. (2016b). Mean-Shift Yöntemi ile LIDAR Intensity Verilerinden Kıyı Çizgisi Çıkartılması. *Dünya CBS Günü* (s.43). İstanbul, Türkiye.
- Bendell, L. I., & Wan, P. C. (2011). Application of aerial photography in combination with gis for coastal management at small spatial scales: a case study of shellfish aquaculture. *Journal of Coastal Conservation*, 15(4), 417-431.
- Benumof, B. T., & Griggs, G. B. (1999). The dependence of seacliff erosion rates on cliff material properties and physical processes: San Diego County, California. *Shore Beach*, 67(4), 29-41.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Ding, X., & Li, X. (2014). Coastline Detection in SAR Images Using Multiscale Normalized Cut Segmentation. In: *2014 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, (pp. 4447-4449). Quebec City, Canada.
- Dornbusch, U., Robinson, D. A., Moses, C. A., & Williams, R. B. G. (2006). Chalk coast erosion and its contribution to the shingle budget in East Sussex. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 144, 215-230.
- Gens, R. (2010). Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 31(7), 1819-1836.
- Gislason, P. O., Benediktsson, J. A., & Sveinsson, J. R. (2006). Random forests for land cover classification. *Pattern Recognition Letters*, 27(4), 294-300.
- Guariglia, A., Buonamassa, A., Losurdo, A., Saladino, R., Trivigno, M. L., Zaccagnino, A., & Colangelo, A. (2006). A multisource approach for coastline mapping & identification of the shoreline changes. *Annals of Geophysics*, 49(1), 295-304.
- He, J., Harris, J. R., Sawada, M., & Behnia, P. (2015). A comparison of classification algorithms using Landsat-7 and Landsat-8 data for mapping lithology in Canada's Arctic. *International Journal of Remote Sensing*, 36(8), 2252-2276.
- Jayson-Quashigah, P. N., Addo, K. A., & Kodzo, K. S. (2013). Medium resolution satellite imagery as a tool for monitoring shoreline change. Case study of the Eastern coast of Ghana. *Journal of Coastal Research*, 65(sp1), 511-516.
- Kutser, T., Paavel, B. C., Verpoorter, C., Kauer, T., & Vahtmäe, E. (2012). Remote sensing of water quality in optically complex lakes. In: *Proceedings of the XXII Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (pp.165-169). Melbourne, Australia.
- Landsat-8. Retrieved April 3, 2017, from <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-overview/>
- Li, R., K. Di., & R. Ma. (2001). A Comparative Study of Shoreline Mapping Techniques. In: *4th International Symposium on Computer Mapping and GIS for Coastal Zone Management* (pp. 53-60). Halifax, Nova Scotia, Canada.
- Machado C. A. S., Beltrame A. M. K., Shinohara E. J., Giannotti M. A., Durieux L., Nobrega T. M. Q., & Quintanilha J. A. (2014). Identifying concentrated areas of trip generators from high spatial resolution satellite images using object-based classification techniques. *Applied Geography*, 53, 271-283.
- Marques, F. M. S. F. (2006). Rates, patterns, timing and magnitude-frequency of cliff retreat phenomena. A case study on the west coast of Portugal. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementbände*, 144, 231-257.
- Oyedotun, T. D. T. (2014). Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis. *Geomorphological Techniques, Chap. 3, Sec. 2.2 (2014)*, 12.
- Pardo-Pascual J. E., Almonacid-Caballer J., Ruiz L. A., & Palomar-Vázquez, J. (2012). Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. *Remote Sensing of Environment*, 123, 1- 11.
- Pierre, G., & Lahousse, P. (2006). The role of groundwater in cliff instability: an example at Cape Blanc-Nez (Pas-de-Calais, France). *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(1), 31-45.
- Robert, K. V., Xiaoming, Q., Michael, R., McKayb, L., Minerb, J., Czajkowski, K., Savinod, J., & Bridgeman, T. (2004). Phycocyanin detection from LANDSAT TM data for mapping cyanobacterial blooms in Lake Erie. *Remote Sensing of Environment*, 89(3), 381-392.

- Schmitt, M., Lingyun, W., & Xiao X. Z. (2015). Automatic Coastline Detection in Non-locally Filtered TANDEM-X Data. In: *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2015, IEEE Xplore* (pp. 1036-1039). Mailand, Italien.
- Song C., Huang B., Ke L., & Richards K. S. (2014). Remote sensing of alpine lake water environment changes on the Tibetan Plateau and surroundings: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 26–37.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. (2009). The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change (No. 2008-1278). US Geological Survey.
- Trochta J. T., Mouw C. B., & Moore T. S. (2015). Remote sensing of physical cycles in Lake Superior using a spatio-temporal analysis of optical water typologies. *Remote Sensing of Environment*, 171, 149–161.
- Yousef A., & Iftekharruddin K. (2014). Shoreline extraction from the fusion of LiDAR DEM data and aerial images using mutual information and genetic algorithms. In: *2014 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* (pp. 1007–1014). Beijing, China.
- Yu S., Mou Y., Xu d., You X., Zhou L., & Zeng W. (2013). A New Algorithm for Shoreline Extraction from Satellite Imagery with Non-Separable Wavelet and Level Set Method. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 3(1), 158-163.
- Zhang, T., Yang, X., Hu, S., & Su, F. (2013). Extraction of coastline in aquaculture coast from multispectral remote sensing images: Object-based region growing integrating edge detection. *Remote sensing*, 5(9), 4470-4487.
- Zheng G., Peng L., Tao G., & Wang C. (2011). Remote sensing analysis of Bohai Bay West Coast shoreline changes. In: *2011 IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services (ICSDM)* (pp. 549-552). Fuzhou, China.

İnşaat Mühendisliği Malzeme Testi Uygulamaları İçin Fotogrametrik Bir Sistem Tasarımı

Ferruh YILMAZTÜRK^{1*}, Niyazi U.TERZİ²

¹Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray
(fyilmazturk@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-8347-664X

²Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray
(niyaziterzi@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-1787-5674

Öz

Bu çalışmada, statik ya da yarı statik yükleme deneylerinde yapı elemanlarının deformasyon davranışlarını gerçek zamana yakın (<1 sn) belirleyebilmek için geliştirilen fotogrametrik bir sistem anlatılmıştır. Sistem yazılım ve donanım olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Donanım bileşeni 3 video kameralı görüntü elde etme sistemini, yazılım bileşeni de elde edilen görüntülerin fotogrametrik olarak değerlendirilip konum bilgisinin üretilmesini içerir. Sistemin ölçme işlemi, iki temel işlem adımından oluşur. İlk işlem adımı, üç kameraya ait iç ve dış yöneltme parametrelerinin belirlendiği sistem kalibrasyonunu içerir. İkinci işlem adımı ise hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak tanımlanan zaman aralıklarında ya da her bir yükleme uygulamasından sonra yapı elemanı üzerindeki işaretli noktaların 3B koordinatlarının hesaplanması ilkesine dayanır. Test amacıyla, sistem gömülü esnek boruların ve çelik bir kirişin yük testi deneylerinde kullanılmıştır. Deneylerde inşaat mühendisliği klasik ölçme aletleri de kullanılmış ve her iki ölçme sisteminden elde edilen sonuçların kıyaslaması, fotogrametrik sistemin doğru ve güvenilir bir ölçme sistemi olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yakın resim fotogrametrisi, kamera kalibrasyonu, yer değiştirme ölçmeleri.

A Photogrammetric System Design for Civil Engineering Materials Testing Applications

Abstract

In this study, a photogrammetric system developed to determine near real time (<1 sec) the displacement or deformations of structural elements in static load tests is described. The system consists of two components that are software and hardware. Basically, the hardware component includes online image acquisition system with three CCD cameras, whereas the software component contains photogrammetric processing of obtained image data. The measurement process of the system consists of two basic process steps. The first process step involves the system calibration, in which the parameters of the interior and exterior orientation of the three cameras are determined. The second process step is based on the calculation of the 3D coordinates of the marked points on the structural member at time intervals defined or after each loading application using the calculated calibration parameters. For testing purposes, the system was used in load test of the buried flexible pipes and a steel beam. In these experiments, the classical measurement tools of civil engineering were also used and the comparison of results obtained from both measurement systems indicated that photogrammetric system is a reliable and accurate measurement system.

Keywords: Close Range Photogrammetry, Camera Calibration, Displacement Measurements

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Farklı yüklemeye koşulları altında yapı elemanlarının test edilmesi standart bir mühendislik uygulamasıdır. Geometrik ölçmeler, teorilerin ya da mekanik modellerin doğrulanması için veya test cisminin davranışının belirlenmesi için uygulanır. Bu genellikle statik, yarı statik ya da dinamik kısa ve uzun süreli yük deneyleri ile laboratuvar koşullarında gerçekleştirilir. Yük testleri boyunca, deformasyon, gerilme ve yer değiştirme gibi etki ve parametrelerin belirlenmesi amaçlanır.

Malzeme testi uygulamalarında, yer değiştirme ölçmeleri genel olarak gerilimölçerler (strain gauges) ya da doğrusal değişimli fark transformatörleri (LVDT- Lineer Variable Differential Transducer) gibi klasik ölçme araçları ile yapılır. Klasik ölçme sistemleri yüksek geometrik doğruluk ve güvenilirlikle eş zamanlı sonuçlar verirler. En önemli dezavantajları ise noktasal ve tek boyutlu ölçme yeteneklerinin olmasıdır. Söz konusu teknikler, cisim yüzeyi üzerindeki çok sayıda ölçme noktasının gerekli olduğu ya da komple yüzey ölçmeleri için uygun değildir.

Bu durumda, dijital fotogrametrik teknikler, güçlü ve esnek bir ölçme sisteminin tasarımı için uygun bir seçenek olarak karşımıza çıkar. Farklı zamanlarda ya da farklı yüklemeye koşulları altında, yapı üzerinde, istenen noktaların 3 boyutlu koordinatları fotogrametrik teknikler kullanılarak hesaplanır ve noktaların hareketinin büyüklüğünü ve yönünü veren yer değiştirmeler, koordinat değişimlerinden belirlenebilir. Malzeme testi uygulamalarında dijital fotogrametrinin kullanılması, kameranın görüş alanında çok sayıdaki noktadaki deformasyon ya da yer değiştirmelerin eş zamanlı olarak ölçülmesine izin verir. Veri işleme yüksek derecede otomatik ve hızlı olabilmektedir (Maas ve Hampel 2006).

Literatürde, yüksek mukavemete sahip beton kolonların yük testleri (Woodhouse ve diğ. 1999), çelik bir kirişin termal deformasyonlarının izlenmesi (Fraser ve Riedel 2000), güçlendirilmiş beton numune üzerindeki çatlakların dinamik yük testi boyunca davranışlarının belirlenmesi (Hampel

ve Maas 2003), farklı yol kaplamalarının dinamik yük altında davranışlarının belirlenmesi (Maas ve Hampel 2006; Mills ve diğ. 2001), kontrollü yük altında beton kirişin düşey hareketlerinin belirlenmesi (Whiteman ve Lichti 2002), beton kirişlerin yük altında iki boyutlu deformasyonlarının belirlenmesi (Psaltis ve Ionnadis 2006) ve kompleks binaların yapısal sapmalarının ölçmesi (Fraser ve diğ. 2003), bağlantılı çelik kirişlerin ve bağlantı yerlerinin yük altındaki davranışlarının izlenmesi (Valença ve diğ. 2012) gibi fotogrametrik tekniklerin kullanıldığı birçok farklı inşaat mühendisliği malzeme testi uygulaması vardır.

Bir test cismi üzerindeki işaretlenmiş noktaların hareketi ve mutlak koordinatlarının ölçmesi ticari fotogrametrik yazılımlar tarafından çözülürken, standart olmayan izleme uygulamaları ya da gerçek zamanlı veya gerçek zamana yakın sonuçlar isteyen uygulamalar için bu amaca yönelik özel yazılım araçlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, yük testleri süresince yapı bileşeni üzerindeki işaretli noktaların 3B koordinatlarını gerçek zamana yakın (<1 sn) ölçmek için geliştirilen fotogrametrik bir sistem anlatılmıştır. Borland C++ Builder programlama dili kullanılarak geliştirilen yazılım bileşeninde, video kameralardan görüntü alma, tanımlanmış özel hedefi görüntülerde arama ve bulunan hedefleri piksel altı doğrulukta ölçme, görüntü eşleme, demet dengelemesi, self-kalibrasyon gibi birçok fonksiyon sunulmuştur. Sistemin donanım bileşeni ise, bir bilgisayar, üç adet Basler A302fc video kamera, PCI IEEE 1394 arabirim kartı, bağlantı kabloları ve kalibrasyon cismine içermektedir.

Tasarlanan sistem, çelik bir kirişin yük testi deneylerinde ve gömülü esnek boruların yük altındaki davranışlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Deneylerde ölçmeler, yük uygulamasından sonra gerçekleştirilmiştir. Fotogrametrik sistemle, bu deneylerin her bir ölçme oturumu için mm düzeyi altında cisim nokta prezisyonları elde edilmiştir. Gömülü esnek boruların yük testi deneylerinde klasik ölçme aracı LVDT'ler de kullanılmıştır. Geliştirilen fotogrametrik sistemle LVDT'lerden elde edilen ölçme sonuçları

Geliştirilen yazılımda, hedef tanıma kriteri olarak çapraz korelasyonla görüntü eşleştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu tip eşleştirmede temel düşünce, aynı olayı tanımlayan iki görüntü penceresindeki gri düzey değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayılarının en büyüğü ile benzerliği bulmaktır. Bu pencerelerden ilki şablon pencere diye adlandırılan referans görüntü, diğeri ise bu şablon pencerenin çakıştırılacağı arama penceresidir (Krauss 1997).

Korelasyon katsayısı (r) her iki görüntüdeki gri düzey değerler (g_1 ve g_2) arasındaki kovaryans (σ_{12}) ve görüntülerin gri düzeylerinin standart sapmalarından (σ_1 ve σ_2) hesaplanır.

$$r = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} = \frac{\sum (g_1 - \bar{g}_1)(g_2 - \bar{g}_2)}{\sqrt{(\sum (g_1 - \bar{g}_1)^2)(\sum (g_2 - \bar{g}_2)^2)}} \quad (1)$$

Yazılımın hedef belirleme algoritması aşağıdaki gibi çalışır. Test cisminin her hangi bir görüntüsünden elde edilebilen şablon pencere, geçerli görüntü üzerinde piksel piksel kaydırılır ve her konumdaki korelasyon katsayısı hesaplanır. Şekil 2, geliştirilen yazılımda hedef görüntü ve hedef parametreleri girişini göstermektedir. Hesaplanan değer hedef parametrelerinde tanımlanan minimum korelasyon katsayısından büyükse söz konusu konumda hedef görüntüsü olabileceği düşünülür.

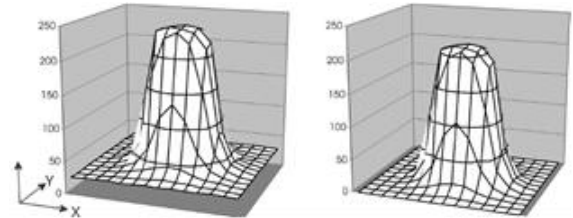
Sonraki aşama, geçerli görüntü üzerinde hedef görüntünün piksel altı doğrulukta konumunun belirlenmesi için ikinci bir hesap işleminin uygulanmasıdır. Bu hesaplama, ön işlem aşaması ve gerçek merkez hesabı olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir.



Şekil 2. Yazılımda hedef görüntü parametreleri

3.1.1. Ön işleme

Hedef konum belirleme işleminde ilk adım, pikselleri hedef bilgisi ya da artalan gürültüsü olarak sınıflandıran bir eşikleme işlemidir. Eşikleme işleminde Şekil 3'de görüleceği gibi hedefin yoğunluk görüntüsünden belirli bir artalan yoğunluğu çıkarılır.



Şekil 3. Artalan eşiklemeden sonra hedef görüntü

Eşik çıkarma, her dijital görüntüde artalan gürültüsünün olacağı fikrine dayanır. İstenmeyen artalan aydınlatması, düşük düzeyli elektronik etkiler ve görüntü kayıt ortamından ileri gelen yeniden örnekleme etkileri, artalan gürültüsüne neden olur. Dolayısıyla hedef görüntü sinyalini ayırmak için artalan gürültüsünün kaldırılması gerekir (Shortis ve diğ. 1994).

Eşik değerini hesaplamak için yazılımda kullanılan yaklaşım, kenar piksellerin gri düzeylerinin dağılımının istatistiksel analizini

gerektirir. Bu amaçla ilk olarak yazılımda hedef görüntüsü parametrelerinden girilen hesap penceresi boyutlarında ve korelasyon hesabı kullanılarak elde edilen hedef görüntü merkezinin piksel koordinatlarını ortalayan hesap penceresi görüntüsü geçerli görüntüden çıkarılır. Hedef parametrelerinde tanımlanan hedef görüntünün minimum gri değer aralığına bağlı olarak beklenen maksimum yoğunluk değeri için kritik bir değer belirlendikten sonra piksel gri değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak eşik değeri hesaplanır. İstatistiksel metot, global bir limit ayarlamasını, pencerenin hedef görüntü üzerinde merkezleştirilmesini ve iteratif bir eşik değeri hesabını gerektirir. Bu önlemler olmadan, örneğin pencere kenarına giren başka bir hedef görüntünün etkisi altında yanlış eşik değerleri hesaplanabilir. Şekil 4, bir hedef görüntüye ait eşikleme işlemi sonrasında elde edilen gri değerleri göstermektedir.

3.1.2. Hedef Görüntünün Ana Görüntü Bölgesinin Test Edilmesi

Yüksek kontrastlı hedefler için eşik değeri belirleme algoritmalarının hepsi, aykırı pikseller riskini göze almalıdır. Böyle pikseller, eşik değerinin üstünde yoğunluk değerlerine sahiptir fakat hedef görüntünün ana görüntü bölgesine ait bir parça değildir. Konu dışı artalan detaylar ya da diğer hedef görüntülerin geçerli pencereye girmesi aykırı piksellere neden olur. Aykırı piksellerin kaldırılması, pencere merkezinin en azından yaklaşık olarak bilinen hedef görüntü üzerinde merkezleştirilmesi düşüncesine dayanır. İlk konum çapraz korelasyonla hesaplanmıştır. Aykırılığın kaldırılması işlemi hedef ana görüntü bölgesinin kenarlarının belirlenmesiyle kontrol edilir. Kenar belirleme kriteri, eşik değerinin altındaki piksel yoğunluğunun ilk değeridir. Pencere boyutunun yeterince büyük olduğu varsayımı altında pikseller hedef görüntü merkezinden dışa doğru taranarak hedef görüntü kenarı belirlenir. Görüntü kenarı belirlenince, pencere kenarına doğru karşılaşılan bütün sonraki gelen pikseller hedefin ana görüntüsüne ait olmayan pikseller olarak düşünülür ve yoğunlukları sıfıra ayarlanır. Aykırılık için tarama, görüntü tarama satırları

boyunca ve karşısında olmak üzere iki dik doğrultuda yerine getirilir.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	2	10	12	8	0	0	0
0	0	0	9	29	40	28	9	0	0
0	0	0	19	91	130	86	19	0	0
0	0	2	47	165	196	149	31	0	0
0	0	0	42	148	171	132	21	0	0
0	0	0	9	67	90	45	0	0	0
0	0	0	0	3	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 4. Eşikleme işlemi sonrası hedef görüntünün gri değerleri

3.1.3. Geometrik Test

Hedef görüntünün piksel altı konumunun belirlenmesinden önce hedef olmayan bölgelerin elimine edilmesi gerekir. Fakat hedef ve hedef olmayan bölgeleri 100% ayırt etmeyi amaçlayan stratejileri oluşturmak hem çok zordur hem de oldukça büyük hesapsal güç ve zaman gerektirir. Bununla birlikte hedef doğrulama ve hedef görüntünün piksel altı konumunu belirlemede yapılan kaba hatalar önemli ölçüde göz ardı edilebilir. Çünkü böyle ölçü hataları demet dengelemenin kaba hata testiyle belirlenip elimine edilebilmektedir. Dolayısıyla, bütün uygun hedef bölgeleri kabul edilirken, hedef olmayan bölgelerin 90-95% oranında elimine eden hızlı doğrulama metotlarını tasarlamak yeterlidir.

Hedef tanıma kriteri olarak çapraz korelasyon yöntemini kullanan yazılımda minimum korelasyon katsayısı için yüksek bir değer (> 0.80) girilirse hedef olmayan bölgelerin hedef bölgesi gibi tanınması çok sınırlı sayıda olacaktır. Fakat korelasyon katsayısı için düşük değerler girilmesi durumunda ek kriterler gerekli olur.

Yazılımda iki test kriteri kullanılmıştır. Bunlardan ilki, minimum değerinin altında, maksimum değerinin üstündeki hedefleri ret eden boyut aralığı kriteridir. Bu yolla parlak alan bölgeleri ve yansıyan küçük ışık benekleri elimine edilebilmektedir. İkinci test kriteri olarak ise, doğrultulardan biri için tarama satır

eksenini kullanan iki dik doğrultudaki uzunlukların oranı kullanılmıştır.

3.1.4. Hedef Görüntünün Piksel Altı Doğrulukta Ölçümü

Hedef görüntünün geçerli görüntü üzerindeki konumunu piksel altı doğrulukta belirleyebilmek için farklı yöntemler kullanılabilir. Fakat yoğunluk ağırlıklı merkez belirleme metodu basit, hızlı ve doğru bir hesap yöntemi olması nedeniyle endüstriyel fotogrametri uygulamalarında en çok kullanılan yaklaşım olmuştur. Geliştirilen yazılımda da kullanılan bu yöntemde x_0 , y_0 piksel altı ağırlık merkezi koordinatları;

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij} \begin{bmatrix} x_{ij} \\ y_{ij} \end{bmatrix}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}} \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada, x_{ij} ve y_{ij} hedef görüntünün içerisindeki piksellerin satır ve sütun koordinatlarını, g_{ij} 'de karşılık gelen gri değeri gösterir (Otepka ve diğ. 2002). Yüksek kontrastlı görüntülerde bu teknik kullanılarak,

piksel boyutunun %2'sine varan bir ölçü doğruluğuna ulaşılabilmektedir (Fraser 1997).

Hedef görüntünün geçerli görüntü üzerindeki konumu piksel altı doğrulukta belirlendikten sonra bu değerler kullanılan algoritma gereği eşik değeri belirlenmesinde kullanılan hedef görüntü merkezinin piksel koordinatları ile karşılaştırılır. Koordinat farkları 0.5 pikselden küçükse hesaplanan piksel altı koordinatlar doğru kabul edilir.

Koordinat farklarından birinin ya da her ikisinin 0.5 pikselden büyük olması durumunda ise hedef görüntü merkezinin yeni piksel koordinatları piksel altı koordinatların tam değerlere yuvarlanmasıyla elde edilir. Bu değerleri merkez alan hesap penceresi görüntüsünün kenar pikselleri kullanılarak eşik değeri hesabı ve dolayısıyla eşikleme işlemi, doğrulama, geometrik testler ve hedef görüntünün geçerli görüntü üzerindeki piksel altı doğrulukta konum hesabı tekrarlanır.

Son işlem aşaması, her bir hedef görüntüsünün geçerli görüntü üzerindeki piksel altı konumunun resim koordinat sistemine dönüştürülerek resim koordinat dosyasına kayıt edilmesidir. Şekil 5, örnek bir uygulamada tanımlı hedef görüntüyü arama işlemi sonucu piksel altı konumları belirlenen noktaların yazılım görüntüsünü verir.



Şekil 5. Tarama işlemi sonrası yazılım görüntüsü

3.2. Görüntü Eşleme – Karşılıklı Görüntü Noktalarını Belirleme

Başlangıç ölçme işleminde ikinci veri işleme adımı, görüntüler üzerinde karşılıklı görüntü noktalarının belirlenmesidir. Bu amaçla Furnea (1997) ve Sabel (1999) tarafından önerilen epipolar plan açısı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem hızlıdır ve dijital kameralar kullanıldığı zaman eşlenik noktaların belirlenmesinde oldukça etkili olan mercek distorsiyonlarını da hesaba katar.

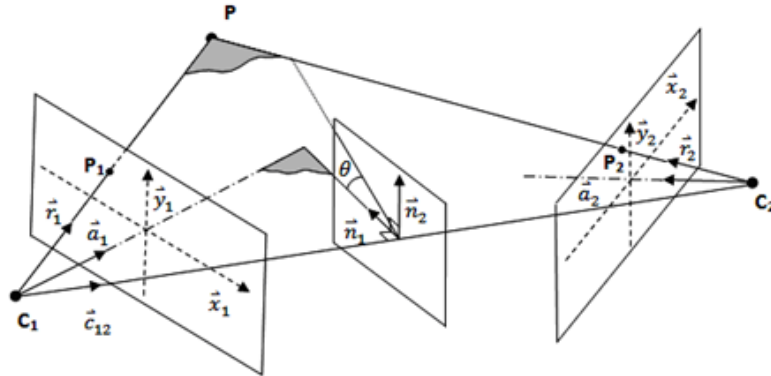
Epipolar plan açıları yönteminin esası, karşılıklı görüntü noktaları ışınlarının herhangi bir epipolar düzlemlerle aynı açıları oluşturması ilkesine dayanır (Sabel 1999; Otepka ve diğ. 2002; Otepka 2001). İki resim için çözüm şekil 6'da gösterilmiştir. Epipolar düzlemler daima her iki kamera istasyonunun izdüşüm merkezlerini içerir. Her iki görüntünün görüntü noktaları için gerekli açıları hesaplamak için ilk olarak keyfi bir epipolar düzlem tanımlanır.

Daha sonra uygulanan kısıtlamalar yardımıyla normalize vektörler n_1 ve n_2 hesaplanır. Söz konusu kısıtlamalar, her iki vektör ve baz doğrusunun bir birine dik olması ve n_1 'in tanımlanan epipolar düzlem tarafından içerilmesi koşullarıdır. Her iki görüntüdeki her bir görüntü noktası için epipolar düzlem açıları ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$\bar{r}_i = R \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ -c \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\theta = \arctan(\bar{n}_2 \cdot \bar{r}_i, \bar{n}_1 \cdot \bar{r}_i) \quad (4)$$

Burada, R, geçerli görüntü için dönüklük matrisini, x_i ve y_i , görüntü noktasının düzeltilmiş resim koordinatlarını, c de kullanılan kameranın asal uzaklığını gösterir.



Şekil 6: Epipolar plan açısı geometrisi

Epipolar düzlem açıları belirlendikten sonra, yazılımın eşleme parametrelerinde (Şekil 7) tanımlanan bir tolerans içinde aynı açısına sahip olacaklarından eşlenik görüntü noktaları kolayca belirlenebilir.



Şekil 7. Eşleme parametreleri

Sonraki aşama, 3B uzayda iki doğrunun kesişim noktası olarak eşlenik görüntü noktalarının cisim nokta koordinatlarının hesaplanmasıdır. Yazılımın eşleme parametrelerinde tanımlanan minimum nokta kesişim açısı şartını sağlayan cisim noktaları, kolinearite eşitlikleri kullanılarak üçüncü resim üzerine izdüşürülür. İzdüşürülen nokta yine tanımlanan bir tolerans içinde var olan bir görüntü noktası ile çakışırsa, üçüncü nokta da belirlenmiş olur. Geriye izdüşüm işleminde doğru görüntü nokta konumlarını elde etmek için mercek distorsiyonları dikkate alınır. Resim çiftinin karşılıklı noktaları eşlendikten sonra sırayla bütün resim çifti kombinasyonları kullanılır. Yeni resim çiftlerinde yalnız atanmamış resim noktaları için epipolar plan açıları hesaplanır.

Bir görüntü noktası, ikinci görüntüde aynı epipolar plan açısına sahip birden fazla sayıda eşlenik noktaya sahip olabilir. Böyle durumlarda, ikinci resimde olası eşlenik noktaların her biri için cisim noktaları hesaplanır ve bu noktalar üçüncü resim üzerine izdüşürülür. Bu izdüşürülen noktalardan biri var olan resim noktalarından biri ile çakışırsa, eşleme belirsizliği çözülmüş olur.

3.3. Uzaysal İleriden Kestirme Dengelemesi

Başlangıç ölçme işleminde son adım, eşlenmiş noktaların 3B cisim koordinatlarının kalibrasyon işlemi sonuçları kullanılarak uzaysal ileriden kestirme dengelemesiyle belirlenmesidir. Cisim ve resim uzayı arasındaki perspektif dönüşümü tanımlayan matematik model burada da geçerlidir.

Uzaysal ileriden kestirme problemi en küçük kareler kestirimi ile çözülebilir. Bu durumda, ölçüler, farklı görüntülerdeki karşılıklı noktaların resim koordinatları, bilinmeyenlerde bu noktaların cisim uzay koordinatları olur.

3.4. Online Fotogrametrik İşlem Aşaması

Kalibrasyon parametreleriyle yöneltme bilinmeyenlerinin belirlendiği sistem kalibrasyonu ve başlangıç ölçmesini içeren fotogrametrik işlem aşamasından sonra yük altındaki yapı elemanı üzerindeki işaretli hedef noktaların izlenmesi yani online fotogrametrik

işlem aşamasına geçilebilir. Online fotogrametrik işlem aşaması kısaca,

- Yük testi süresince istenen zaman aralıklarında otomatik olarak ya da her yüklemeye sonra kullanıcı müdahalesiyle test malzemesinin görüntülerinin alınması,
- Başlangıç ölçmesinde karşılıklı olarak belirlenen hedef noktaların resim koordinatlarının yoğunluk ağırlıklı merkez belirleme metoduyla piksel altı doğrulukta otomatik olarak ölçülmesi,
- Bu noktaların üç boyutlu cisim koordinatlarının sabit kamera pozisyonlarından kalibrasyon parametreleri kullanılarak uzaysal ileriden kestirme dengelemesiyle belirlenmesi işlem adımlarından oluşur.

Yazılım tarafından geçerli ölçme oturumuna ait hedef görüntülerin piksel altı konumlarının belirlenmesinde bir önceki ölçme oturumuna ait aynı hedef noktaların piksel koordinatlarını merkez alan arama penceresi kullanılır.

Bir ölçme uygulamasında ölçme oturumlarına ait uzaysal ileriden kestirme dengeleme kontrol parametreleri dengeleme öncesi online uygulama diyalog penceresinde tanımlanır ve dengeleme sonrası dengeleme sonuçları yine bu diyalog penceresi üzerinde özet olarak gösterilir (Şekil 8). Dengeleme sonuçlarının ayrıntılı gösterimi ise bir metin dosyası biçiminde yazılım tarafından otomatik olarak oluşturulan online klasörü içerisine yazdırılmaktadır.



Şekil 8. Yazılımın online uygulama diyalog penceresi

kullanılmış ve kutu kapağı ve iki yan duvarında bu yastıklarla yüklemelerin yapılabilmesi için delikler açılarak farklı yükleme biçimlerinin uygulanabilmesi sağlanmıştır. Deneyler, üç farklı çapta boru (110 mm, 242 mm ve 312 mm) ve kum ve çakıldan oluşan iki farklı zemin malzemesi üzerine olmuştur.



Şekil 9. Deney kutusu ve esnek boru

4. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE ÖRNEK UYGULAMALAR

Geliştirilen sistemin test edilmesi amacıyla gömülü esnek borularla, çelik kirişin statik yük testi deneyleri olmak üzere iki farklı uygulama yapılmıştır.

4.1. Gömülü Esnek Boruların Yük Testi Deneyleri

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı laboratuvarında gerçekleştirilen bir diğer çalışma gömülü esnek boruların yük altındaki davranışları üzerine olmuştur. Deneylerde klasik ölçme aracı doğrusal değişimli fark transformatörleri ile fotogrametrik sistem birlikte kullanılmış ve ölçme sonuçları karşılaştırılmıştır.

İçine esnek boruların yerleştirildiği deney kutusunun boyutları 500x700 mm'dir (Şekil 9). Fotogrametrik ölçmeler yapılabilmesi için kutunun ön yüzüne 20 mm kalınlığında pleksiglas cam yerleştirilmiştir. Yükleme için hava basıncı ile çalışan membran yastıklar

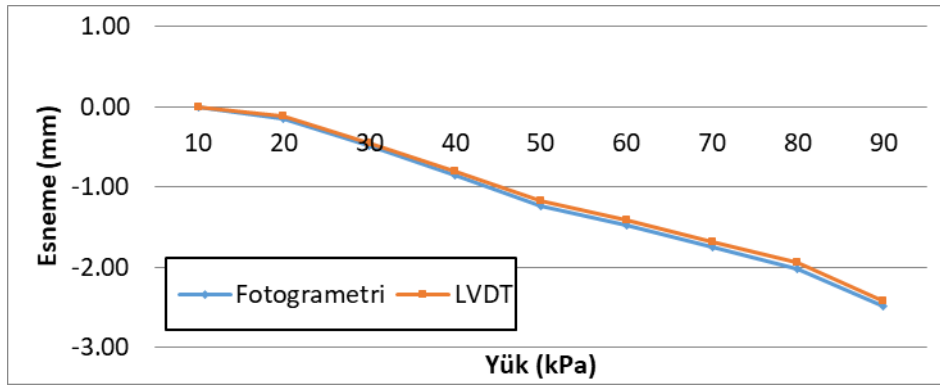
Deneylerde, genellikle borunun içerisine yaklaşık düşey konumda borunun çapını gösterecek biçimde yerleştirilen LVDT de kullanılmış ve aşamalı yüklemeler altında LVDT ölçme okumaları yapılarak eş zamanlı olarak bilgisayar üzerinde bir metin dosyaya kaydedilmiştir. Fotogrametrik sistemle elde edilen ölçme değerleri LVDT okumalarının da

yapıldığı yükleme sonrası kullanıcı müdahalesiyle elde edilmiştir. Fotogrametrik değerlendirmelerde kamera objektifine girmeden önce hava ve cam gibi farklı ortamlardan geçen ışık ışınlarının kırılmalarının neden olduğu görüntü distorsiyonları kolinearite eşitliklerinde modellenmiştir. Görüntülerin elde edildiği kamera düzenlemesiyle ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Görüntü elde etmede kullanılan kamera düzenlemesi

Deney grubu	Mesafe (Kenar Kameralar) (cm)	Resim ölçeği	Mesafe (orta kamera) (cm)	Resim ölçeği
312 mm	135	1:85	125	1:100
242 mm	125	1:75	110	1:85
110 mm	95	1:60	85	1:60

Toplam 27 adet deney ve deneylerde her biri 10 kPa'lık en az 9 yükleme yapılmıştır. Boruların yük altındaki davranışlarının belirlenmesi amacıyla düşey yönde yapılan LVDT ölçme okumalarıyla, fotogrametrik sistemin ölçme sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 10, 242 mm çaplı esnek boruya ait ölçme sonuçlarının kıyaslamasının gösterir. Benzer grafikler farklı zemin malzemelerinin kullanıldığı üç farklı çaptaki borunun bütün yük testi deneyleri için elde edilmiştir.



Şekil 10. 242 mm çaplı esnek boru için ölçme sonuçlarının karşılaştırılması

Düşey yük altında kalan gömülü esnek borular, neredeyse eşit değerlerde düşey eksende kısalma ve yanal eksende uzama biçiminde ovalleşerek şekil değiştirmektedir. Fotogrametrik değerlendirmelerde, üç farklı çaptaki borunun bütün yük testi deneylerinde, her bir ölçme oturumu için resim koordinat düzeltmelerinin karesel ortalama hata değerleri, 0.02 pikselle 0.06 piksel aralığında elde edilmiştir.

312 ve 242 mm çaplı esnek boruların deneylerinde, yine her bir ölçme oturumu için cisim nokta koordinatlarının ortalama prezisyon değerleri, X doğrultusunda 20-39 μm , Y doğrultusunda 96-222 μm ve Z doğrultusunda da 21-66 μm aralığında hesaplanmıştır. 110 mm çaplı esnek borunun yük testi deneylerindeyse, ölçme oturumları için cisim nokta koordinatlarının ortalama prezisyon değerleri, X ve Z doğrultularında 13-24 μm , Y doğrultusunda da 66-106 μm aralığında hesaplanmıştır.

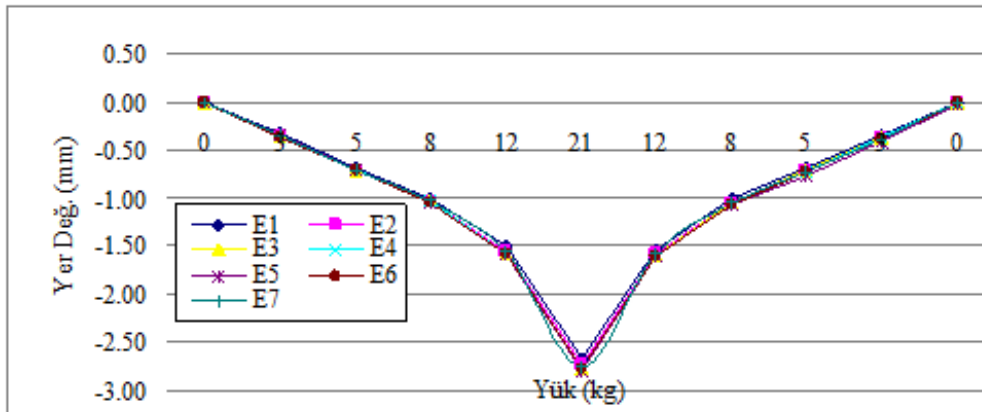
Esnek boruların yük testi deneylerinde, özellikle koordinat sisteminin Y koordinat bileşenindeki ortalama prezisyon değerleri, sistemden beklenen değerlere göre daha kaba çıkmıştır. Bu sonuca, deney kutusu içerisinde kullanılan zemin malzemesinin yükleme testleri boyunca pleksiglas camı çizmesi ve görüntü kalitesinin camdan etkilenmesi ve pleksiglas camın kırılma indisinin bütün cam yüzeyi boyunca homojen olmaması gibi olumsuz etkilerin sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2. Çelik Kirişin Yük Testleri

İstanbul Teknik üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı laboratuvarında gerçekleştirilen son çalışma ise yaklaşık 2.40 m boyutlarında çelik bir kirişin yaklaşık orta bölümünün yük altındaki davranışlarının belirlenmesi üzerine olmuştur. Kirişin bu bölümünde, yaklaşık 6 cm aralıklı 7

hedef noktası kullanılmış ve toplam 3 deney yapılmıştır.

Görüntü alma eksenini yönündeki koordinat bileşeni Y eksenine olacak şekilde yerleştirilen test alanı kullanılarak yapılan sistem kalibrasyonundan sonra 5 farklı ağırlık sırayla kiriş üzerine yerleştirilmiş ve her yük uygulamasından sonrada fotogrametrik sistemle ölçmeler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, kenarlardaki kameraların çelik kirişe olan mesafeleri yaklaşık 110 cm (görüntü ölçeği 1:70), ortadaki kameranınsa yaklaşık 105 cm (görüntü ölçeği 1:60) olacak biçimde bir kamera düzenlemesiyle görüntüler elde edilmiştir. Çelik kiriş üzerine yapılandırılan hedef noktaların ikinci yükleme deneyine ait düşey yöndeki yer değiştirmelerinin yüke bağlı değişimleri Şekil 11’de gösterilmiştir. Bu deneyde, en son yerleştirilen ağırlık ilk kaldırılan ağırlık olacak biçimde bir sıralamayla ağırlıklar kaldırılarak tersine bir yükleme daha uygulanmıştır.



Şekil 11: Fotogrametrik olarak ölçülen yük yer değiştirme davranışı

5. SONUÇLAR

Çalışmada, yük testleri süresince konumsal yer değiştirmeye konu olan hedef noktaların fotogrametrik teknikler yardımıyla otomatik olarak ölçülmesi ve izlenmesi için geliştirilen sistem ve kullanılan yöntemler sunulmuştur. Görüntülerin elde edilmesinden üç boyutlu cisim koordinatlarının hesabına kadar bütün işlem aşamaları geliştirilen sistem içerisinde çözümlenebilmektedir.

Sistemin işlevselliğini göstermek için iki farklı uygulama yapılmıştır. Bunlar, gömülü esnek borularla çelik kirişin statik yük testi deneyleridir. Fotogrametrik sistemle, bu

Resim koordinat düzeltmelerinin karesel ortalama hata değerleri, tüm ölçme oturumları için 0.03 pikselle 0.04 piksel aralığında elde edilmiştir. Her bir deneye ait ölçme oturumları için hesaplanan cisim nokta koordinatlarının ortalama prezisyon değerleriyse XZ koordinat bileşenleri için 0.019-0.021 um aralığında, Y koordinat bileşeni içinde 0.069-0.076 um aralığında hesaplanmıştır.

Fotogrametrik sistemin test edilmesi amacıyla birinci deneyde klasik deformasyon ölçme aleti ekstansometre de kullanılmış ve söz konusu aletle çelik kirişin yaklaşık orta noktasının düşey yönlü yer değiştirmesi 2.90 mm olarak ölçülürken fotogrametrik sistemle yine aynı konumdaki hedef noktasının yer değiştirmesi 2.87 mm olarak ölçülmüştür. Üç deneyde de hedef noktalarının tümünün düşey yönlü hareketleri neredeyse birbirlerine eşit değerlerde elde edilmiştir.

deneylerin her bir ölçme oturumu için mm düzeyi altında cisim nokta prezisyonları elde edilmiştir. Geliştirilen fotogrametrik sistemle LVDT’den elde edilen ölçme sonuçları kıyaslanmış ve fotogrametrik sistemin, inşaat mühendisliği malzeme testi uygulamaları için doğru ve güvenilir bir ölçme sistemi olduğu gösterilmiştir.

Deneylerde, sistem kalibrasyonu ve başlangıç ölçmesinden sonra yük altındaki yapı elemanının görüntülerin elde edilmesi, işaretli hedef noktaların resim koordinatlarının ölçmesi ve bu noktaların üç boyutlu cisim koordinatları hesabı işlemini içeren online

fotogrametrik işlem aşaması gerçek zamana yakın (0.4- 0.9 sn) çözümlenebilmiştir.

Sistem bundan sonra yapılacak çalışmalarda hem yazılım hem donanım açısından geliştirilmeye uygundur. Ölçülecek cismin boyutuna bağlı olarak istenen görüntü derinliğinin sağlanabilmesi için farklı odak uzaklığına sahip mercekler ya da farklı kameralar sistemde kullanılabilir veya sisteme eklenebilir.

KAYNAKÇA

- Maas, H.-G. and Hampel, U., (2006). Photogrammetric Techniques in Civil Engineering Material Testing and Structure Monitoring, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 72, No. 1, 39-45.
- Hampel, U. and Maas, H.-G., (2003). Application of digital photogrammetry for measuring deformation and cracks during load tests in civil engineering material testing, *6th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich*, 22-25.9., Vol. II, pp. 80-88.
- Whiteman, T., D. and Lichti, D.D., (2002). Measurement of deflections in concrete beams by close range photogrammetry, *ISPRS Commission IV Symposium, Geospatial Theory, Processing and Applications, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume XXXIV, Part 4.
- Woodhouse, N.G., Robson, S. and Eyre, J., (1999). Vision metrology and three dimensional visualization in structural testing and monitoring, *Photogrammetric Record*, XVI (94), 625-642. ISSN: 0031-868X.
- Valença, E. Júlio, H. Araújo, (2012). Application of photogrammetry to structural assessment, *Experimental Techniques*, Wiley 36.
- Fraser C.S., and Riedel B., (2000). Monitoring the thermal deformation of steel beams via vision metrology, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 55, pp.268-276.
- Mills, J. P., Newton, I. and Peirson, G. C., (2001). Pavement deformation monitoring in a rolling load facility, *Photogrammetric Record*, 17(97), 7-24.
- Fraser, C.S., (1997). Digital camera self-calibration, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 52, pp. 149-159.
- Kraus, K., (1997). *Photogrammetry, vols 1*, Bonn, Dümmler, ISBN 3-427-78686-6, 78653-6.
- Shortis, M.R., Clarke, T.A. & Short, T., (1994). Comparison of some techniques for the subpixel location of discrete target images, *SPIE Proceedings*, Vol. 2350, P. 25.
- Sabel, J.C., (1999). *Calibration and 3D Reconstruction for Multi Camera Marker Based Motion Measurement, PhD thesis*, Faculty of Applied Physics, Technical University of Delft, Netherlands.
- Otepka, J., (2001). *Algorithms and their implementation in an automated close-range photogrammetric system, Diploma thesis*, Vienna University of Technology.
- Otepka, J.O., Hanley, H.B., and Fraser, C.S., (2002). Algorithm developments for automated offline vision metrology, *Proceedings of the ISPRS Commission V Symposium, ISPRS, Corfu, Greece*, September, 1-2, pp. 60-67.

Kenar Algılama ve Morfoloji Operatörleri Kullanılarak Detay Çıkarımı Üzerine Bir Uygulama

Güzide Miray PERİHANOĞLU¹ *, Ufuk ÖZERMAN², Dursun Zafer ŞEKER³

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Güvenlik Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma Bölümü, Van
(gm.perihanoglu@yyu.edu.tr) ORCID ID 0000 – 0002 – 2730 – 590X

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul
(ozerman, seker@itu.edu.tr) ORCID ID 0000 – 0001 – 9812 – 2185, ORCID ID 0000 – 0001 – 7498 – 1540

Öz

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak dijital görüntü işleme yöntemleri yersel fotogrametri çalışmalarında farklı ve geniş uygulama alanları bulmuştur. Yersel fotogrametri uygulamaları; tarihi eserlere ait görüntülerin iyileştirilmesi ve zenginleştirilmesi, kültürel mirasın korunması, belgelenmesi ve gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılabilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak yersel fotogrametri yöntemiyle çekilen görüntü üzerinden detay çıkarımı yapılarak restorasyon çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Yazılım olarak MATLAB programının içerisinde bulunan görüntü işleme kütüphanesinden faydalanılmıştır. Bu çalışma dört aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar; (I) Ön işleme, (II) bölütleme, (III) morfoloji, (IV) detay çıkarımı aşamalarıdır.

Ön işleme aşamasında görüntünün zenginleştirilmesi, bölütleme aşamasında görüntü içerisindeki nesnenin görüntü arka planından ayrılması, morfoloji aşamasında morfolojik operatörlerin uygulanması son olarak, detay çıkarımı aşamasında ise türev tabanlı Sobel ve Prewitt kenar algılama operatörleri, Log kenar operatörü ve Canny kenar operatörü ele alınmıştır. Orijinal görüntü ve elde edilen sonuç görüntüsü değerlendirilmiş olup görüntümüze uygulanan kenar algılama operatörlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dijital görüntü işleme, Bölütleme, Görüntü zenginleştirme, Kenar algılama operatörleri

An Application On Feature Extraction By Using Edge Detection And Morphology Operators

Abstract

Through with the improvements in computer technology, digital image processing methods have found different and wide application areas in terrestrial photogrammetry studies. Applications of terrestrial photogrammetry, it is important for the improvement and enrichment of images of historical monuments, the preservation, the documentation of the cultural heritage and the transfer to the next generations in a healthy way. In this study, it is aimed to contribute to restoration studies by using digital image processing techniques to extract feature from image taken by terrestrial photogrammetry method. As the software, the image processing library included in the MATLAB program has been used.

The proposed method consists of four major steps: (i) Pre-processing and enhancing of image, (ii) separating foreground and background regions of an image, (iii) Morphology operators, (iv) applying derivative based Sobel, Prewitt, Laplacian of Gauss and Canny edge filters for feature extraction. The original image and the result image have been evaluated and the advantages and disadvantages of the edge detection operators which is applied to the image that are compared to each other are indicated.

Keywords: Digital image processing, segmentation, image enhancement, edge detection operators

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Yersel fotogrametri, günümüzde restorasyon çalışmaları için vazgeçilmez bir yöntem haline gelmiştir. Yersel fotogrametri uygulamalarının büyük bir kısmını mimarlık fotogrametrisi kapsar. Bu çalışmalar tarihi eserlerin restorasyon çalışmalarında kullanılan rölövelerin hazırlanması için yapılmaktadır. Klasik yöntemlere nazaran fotogrametrik çalışmalar hem zaman kazandırdığı hem de istenilen konumsal doğruluğu vermesi sebebiyle uygulanabilecek en iyi teknoloji olarak görülmektedir (Avşar 2006). Fotogrametrinin kullanım alanlarının artması ile birlikte teknolojideki gelişmelere paralel olarak, görüntü işleme teknikleri ile görüntüler üzerinden çeşitli işlemler yapılabilmektedir. Dijital görüntüler üzerinden bilgi çıkarımı çalışılacak bölgedeki detayın karakteristiğine göre değişkenlik göstermektedir. Görüntüleri kaydeden cihazların görüntüyü hatalı bir şekilde elde etmeleri veya gölge vb. çevresel koşullar gibi olumsuzluklardan kaynaklanan gürültüler, görüntü işleme yöntemleri uygulanarak minimum seviyeye düşürülebilmektedir. Görüntü zenginleştirmede amaç görüntü içerisindeki bazı ayrıntıları ortaya çıkarmak veya görüntü içerisindeki istenmeyen gürültüleri yok edilmesini sağlamak ve görüntünün yorumlanabilirliğini arttırmak için kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında 3x3 ve 5x5 boyutunda çekirdek matrisleri kullanılmış olup yüksek ve alçak geçirgenli filtreler görüntü üzerine uygulanmıştır. Detay çıkarımı için görüntü işleme teknikleri içerisinde kenar algılama yöntemleri en bilinen yöntemlerdendir (Nixon ve Aguado 2012). Kenar algılama yöntemleri arasında zamanla konu ile ilgili farklı yaklaşımlar sunulmuştur. İlk olarak gradyan tabanlı Sobel, ve Prewitt kenar algılama yöntemleriydi. Bu yöntemler, birinci türeve dayalı, bir noktanın komşu pikselleri ile arasındaki kısmi türevlerin sayısal yaklaşımını kullanır. İkinci türev temelli olan LOG filtresi ise daha ileri bir analiz içerir. İlk olarak Marr ve Hildreth

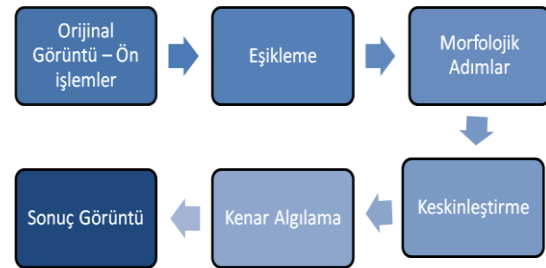
tarafından önerildi. Bu yöntem görüntüye gauss filtresi geçirilerek laplasını hesaplamaya dayanır(Gonzalez vd. 2002).

Dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak yersel fotogrametri yöntemiyle çekilen görüntü üzerinden detay çıkarımı yapılarak restorasyon çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmadaki görüntü üzerinden Matlab programı ile görüntü zenginleştirme yöntemlerinden görüntü keskinleştirme filtreleri geçirilmiştir. Yeni elde edilen görüntü üzerinden eşikleme yöntemi uygulanmıştır. Eşikleme öncesinde görüntü histogramından her bir gri ton seviyesinin görüntüde bulunma sıklığına bakılmıştır. Sonrasında eşikleme yöntemleri uygulanması ile görüntü arka planından ayrılmaya çalışılmış olup uygun eşik aralığı, morfoloji ve kenar algılama operatörleri uygulanarak tartışılmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Görüntüsü

Çalışmada kullanılan görüntü JPEG formatında olup, 210x648 piksel boyutunda ve gri seviyeli bir görüntüdür. İşlemler MATLAB programında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de çalışmanın akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın Akış Diyagramı

2.2. Ön İşlemler

Histogram, bir görüntüdeki farklı yoğunluk değerindeki piksel sayısını gösteren bir grafikdir (Gonzalez vd.2002). Çalışmada ilk olarak orijinal gri seviyeli görüntünün histogramı çıkarılarak görüntü hakkında bilgi çıkarılması sağlanmıştır (Şekil2). Histogram ile gri seviyeli bir görüntünün [0-255]

aralığındaki yoğunluk değerleri ve görüntünün gri değerdeki piksel sayılarının bulunma sıklığı hakkında bilgi edinilir. Yatay eksen gri değer aralığını, dikey eksen o gri değerdeki piksel sayısını ifade eder (Gonzalez vd. 2002). Görüntüde orijine doğru gidildikçe koyu alana ait piksellerin sayısının azaldığı görülmektedir.



Şekil 2. Gri Seviyeli Görüntü ve Histogramı

Çalışmadaki görüntünün kontrast dağılımını iyileştirmek için histogram eşitleme yöntemine başvurulmuştur (Şekil3). Histogram eşitlemesinin başvurulmasının nedeni normal dağılımdaki aydınlık ve karanlık kısımların piksel yoğunluğunu dağıtmaya çalışmaktır. Histogram eşitlemesi,

kontrastı artırmak için kullanılan bir yöntem olup görüntünün yoğunluk değerlerini tüm aralıklara yayar. Histogram eşitleme ile görüntüdeki bu yoğunluk değerleri normalize edilerek görüntüdeki karanlık ve parlaklık seviyeleri için düzgün bir dağılım sunmaktadır (Abubakar 2012 ve Shaikh vd.2014).

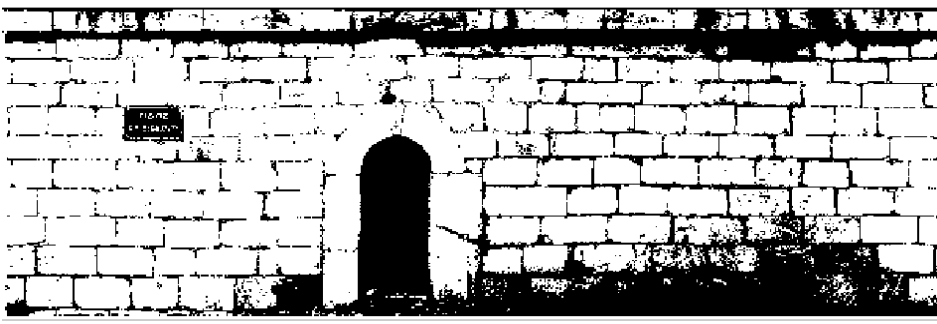


Şekil 3. Histogram Eşitlemesi Sonrası Oluşan Görüntü ve Histogramı

Şekil 1. Çalışmanın Akış Diagramı

Dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak görüntüden bilgi çıkarımı için en çok kullanılan teknikler arasında eşikleme yöntemleri girmektedir. Eşikleme, görüntü bölütlemesi için en basit yaklaşımlardandır.

Eşikleme yönteminin temel mantığı görüntüde bulunan nesne ile görüntü arka planını farklı yoğunluk değerlerine bağlı olarak ayırmaktır (Niea vd.2017).



Şekil 4. Eşik Değeri 0.4 Olan İkili Görüntü

Eşik değeri, eşikleme yöntemleri arasından otsu eşik yöntemine göre belirlenmiştir. Otsu eşik yöntemi histogram bazlı bir yöntemdir. Bu yöntem istatistiksel ayırma analizinde yaygın olarak kullanılan sınıflar arası varyansı maksimum yaparak çalışır. Gri seviyeli bir görüntü nesne ve arka plan olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Eşik değeri, nesne ve arka planın her bir piksel grubu içerisindeki varyansın en küçük, nesne ve arka planın her bir piksel grubu arasındaki varyansın en büyük olacak şekilde belirlenir (Otsu, 1975). Görüntümüzdeki eşik değeri varyansına bağlı olarak bu görüntüye en uygun 0.4 belirlenmiştir.

Şekil 4'teki görüntümüzün aynı olmayan gri seviyeli nesne ve arka planından oluştuğu görülmüştür. Bu durumda, belli bir eşik değeri altında çıkan görüntünün bazı yerlerinde doğru bir bölütlemenin olmadığına rastlanılmıştır. Sonraki aşamada eşikleme yönteminin ayırt edemediği detaylar için matematiksel morfoloji yöntemlerinden faydalanılmıştır.

2.3. Matematiksel Morfoloji

Matematiksel morfoloji görüntü analizlerinde sıkça kullanılan ve araştırılan yöntemlerden biri haline gelmiştir. Matematiksel morfoloji görüntüde nesne ile arka planı ayırt edebilmek için matematiksel prensipleri kullanır. Matematiksel morfoloji görüntüdeki nesnenin yapısal özelliklerine dayanır (Serra 1986).

2.3.1. Morfoloji operatörleri

Bir $A(x,y)$ gri seviyeli görüntüsü ile morfolojik yapı taşı elemanı $B(u,v)$ matrisinin aşınma ve genişleme operatörleri (1) ve (2) eşitliğindeki gibi ifade edilir (Serra 1986).

$$A \ominus B = \min_{u,v} \{ A(x+u, y+v) - B(u,v) \} \quad (1)$$

$$A \oplus B = \max_{u,v} \{ A(x-u, y-v) + B(u,v) \} \quad (2)$$

Aşınma operatörüyle nesnede aşınma meydana gelir yani görüntüdeki nesneyi inceltir ya da küçültür. Genişleme operatörü ise aşınma operatörünün tam tersi rol oynar. Görüntü üzerindeki nesneyi kalınlaştırır ya da büyütür. Açma operatöründe ise morfolojik yapı taşı elemanı ile aşındırılmış görüntünün genişletilmesi işlemidir. Kapama operatörü ise bu işlemin tam tersidir. Morfolojik yapı taşı elemanı ile genişletilmiş görüntünün aşındırılması işlemidir. Açma ve kapama operatörleri (3) ve (4) eşitliğindeki gibi ifade edilir (Bai vd.2017, Acar vd.2009, Abid Hasan vd.2016).

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (3)$$

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (4)$$

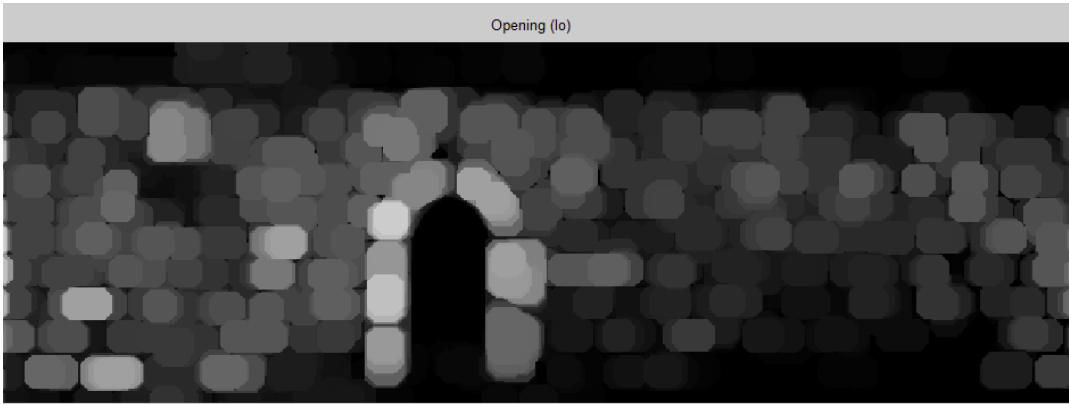
Yapı taşı elemanı uygulanmak istenen görüntüye göre farklı boyut ve şekillerde olabilir. En çok kullanılan yapı taşı elemanları kare, dikdörtgen ve dairedir (URL1). Görüntümüzde 3x3 lük kare yapı taşı elemanı kullanılmıştır. Yapı taşı elemanının daha büyük olması halinde görüntüdeki bazı hatların yok olmasına neden olacaktır. Uygulamada ikili görüntü haline dönüştürülen görüntüdeki farklı bölgeler arasındaki ayırt edilemeyen küçük noktaları kaldırmak için aşınma işleminden geçirildi. Şekil 5'te aşınma sonucunda oluşan görüntü gösterilmiştir.



Şekil 5. Aşınma İşlemi Sonucunda Oluşan Binari Görüntü

Görüntünün aşınmaya uğradıktan sonra kalan bölgeler, genişletme işlemine tabi tutularak açma işlemi (Şekil 6) gerçekleştirilmiştir.

Şekil 6'da açma işlemi ile nesnenin dış hatları yumuşatılmış olup küçük çıkıntılar giderilmiştir.



Şekil 6. Açma İşlemi Sonucunda Oluşan Görüntü

Görüntü üzerinden genişleme işleminin ardından aşınma işleminin yapılmasıyla kapama işlemi gerçekleşmiş olur. Şekil 7'de

görüntü gösterilmiştir. Kapama işlemi ile görüntümüz içersindeki yakın boşluklar kapanmış olup hatlar daha belirginleşmiştir.



Şekil 7. Açma Kapama İşlemi Sonucunda Oluşan Görüntü

Açma kapama yöntemi sonucunda oluşan görüntü üzerinden keskinleştirme filtresi olan unsharp filtresi geçirilmiştir. Bu sayede bulanık olan görüntüdeki hatlar belirginleştirilmeye çalışılmıştır (Şekil 8). Unsharp filtresinin temelinde yumuşatılmış olan görüntü, orijinal görüntüden çıkartılır.

Elde edilen fark maske olarak adlandırılır. Bu maske orijinal görüntüye eklenince yeni oluşan görüntü, unsharp filtresi uygulanmış olan görüntüdür. Alfa parametresi, maskeleme için kullanılan bir standart sapmadır. Alfa parametresinin farklı değerleri için farklı keskinleştirilmiş görüntüler elde edilir (Singh, 2011)



Şekil 8. Morfolojik İşlemler Sonucunda Oluşan Görüntü Üzerinden Unsharp Filtresi Geçirilmiş Hali

Kenar Algılama

Kenar algılama yöntemi, bir görüntüdeki keskin süreksizlikleri tanımlayarak görüntünün gri seviyelerindeki ani değişiklikleri belirlemeye çalışan yöntemdir. Gradyan metodu ile görüntünün birinci

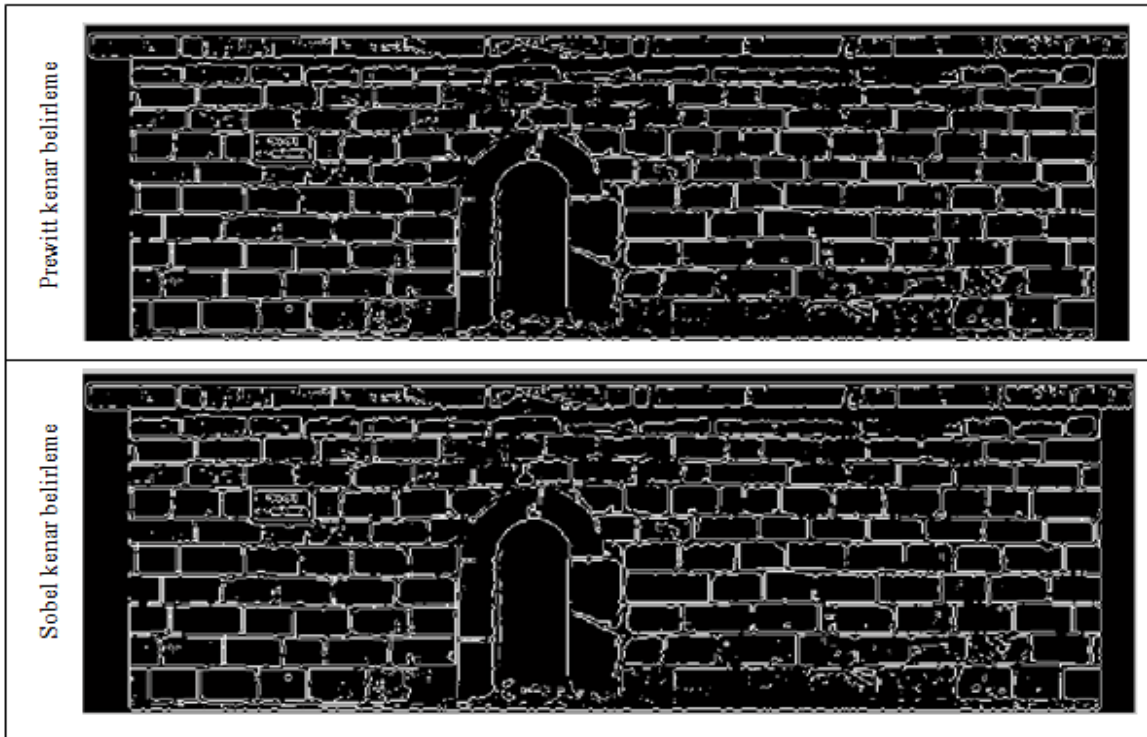
türevindeki en yüksek ve en düşük olduğu yerleri aranarak kenarlar saptanır (Shrivakshan vd.2012). Bu çalışmada Prewitt ve Sobel gradyanının G_x ve G_y yönünde oluşan görüntüleri Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Prewitt ve Sobel Gradyanının $G_x + G_y$ Yönünde Oluşan Görüntüleri

Sobel ve Prewitt kenar algılama yöntemleri yatay ve düşey yönde kesinlikleri yakalar. Canny kenar algılama algoritmasında görüntü Gauss süzgeci ile yumuşatılır. Gradyan genliği hesaplanır. Gradyan genlik, görüntüye maksimum olmayanı baskılama uygulayarak istenmeyen ayrıntılardan ayıklar. Gaussun laplası biçimi olarak adlandırılan Log kenar algılama yöntemi ise iki boyutlu Gauss fonksiyonu ile görüntü katlama işlemine dayanır. Görüntüdeki gürültü hassasiyeti α parametresine göre değişecektir.

Alfa (α) parametresinin küçük değerleri için gürültü hassasiyeti artacak, büyük değerleri için ise gürültü hassasiyeti azalırken görüntüdeki bulanıklaşmada artış olacaktır (Gonzalez vd. 2002). Bu çalışmanın asıl amacı olan görüntüdeki detaylar, kenar algılama yöntemleri ile saptanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada I. Türeve dayalı kenar belirleme metotlarından Prewitt, Sobel ve Canny kenar algılama, II. Türeve dayalı kenar algılama metotlarından Gauss'un laplası (LOG) kenar algılama yöntemleri uygulanmıştır. Bunun sonucunda oluşan görüntüler şekil 10 ve şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Prewitt ve Sobel Kenar Algılama Algoritmaları Uygulanmış Görüntüler



Şekil 11. LOG ve Canny Kenar Algılama Algoritmaları Uygulanmış Görüntüler

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kenar algılama yöntemi görüntüdeki nesnenin detaylarının çıkarılmasında ilk adımdır. Bu çalışmada gri seviyeli görüntü üzerinden görüntü işleme teknikleri kullanılarak detayların çıkarılması sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmada yazılım olarak Matlab programlama dili kullanılmıştır. Görüntü üzerinden ön işlemler ve morfolojik yöntemlerden sonra gradient tabanlı ve laplace tabanlı kenar algılama operatörleri uygulanmıştır.

Morfolojik işlemlerden sonra görüntü üzerinden görüntünün kalitesinin arttırmak için 3x3 boyutunda standart sapması (α) 0.5 seçilen unsharp filtresi geçirilmiştir. Görüntü üzerindeki nesne ve arka planı ayırmak için kullanılan eşik değeri, otsu eşik yöntemine göre bulunmuştur. Çalışmada kullandığımız görüntümüzde eşikleme yöntemi yeterli olmayıp morfolojik yöntemler ve kenar algılama operatörlerinden faydalanılmıştır. Bu çalışmada uygulanan kenar algılama

yöntemlerinden biri olan Sobel ile Prewitt'in 3x3'lük boyuttaki işlecindeki sonuçların birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Uygulanan kenar algılama operatörlerinin ürettikleri sonuçlar arasından en iyi sonuç veren Canny kenar algılama operatörüdür. Görüntü üzerindeki gölge ve yosunlaşmanın etkisinden kaynaklı olumsuzluklardan dolayı bazı yerlerde detaylar tam olarak çıkarılamamıştır. Buna paralel olarak her görüntünün üzerinde çeşitli olumsuz koşullar olmakla birlikte bu görüntülere uygulanacak işlemler çeşitlilik arz etmektedir. Bundan ötürü eşik değeri seçilirken farklı eşik değeri yöntemleri, farklı parametre değerlerine bağlı olarak uygulanan görüntü zenginleştirme yöntemleri, morfolojide kullanılan farklı yapıtaşları ve kenar detaylarının çıkarımı için uygulanan farklı kenar algılama operatörleri kullanılabilmektedir. Uygulanan bu yöntemlerin hepsinin birbirine göre artıları ve eksik yanlarının olmasıyla birlikte elde edilen sonuçlar optimum düzeydedir.

KAYNAKÇA

- Abid Hasan, M.S., ve Ko, K. (2016) Depth edge detection by image- based smoothing and morphological operations, Journal of Computational Design and Engineering sf. 191-197
- Abubakar, F. M. (2012) Image Enhancement using Histogram Equalization and Spatial Filtering, International Journal of Science and Research (IJSR)
- Acar, U., ve Bayram, B. (2009) Morfolojik Görüntü Süzgeçleri İle İkonos Görüntülerinden Otomatik Bina Çıkarımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
- Avşar, E. Ö. (2006). Tarihi köprülerin dijital fotogrametri tekniği yardımıyla modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Bai, X., Liu,H. (2017) Edge enhanced morphology for infrared image analysis, Infrared Physics & Technology 80 sf. 44-57
- Gonzalez, R.C. ve Woods, R.E. (2002). Digital Image Processing, 3rd Edition, Prentice Hall.
- Niea, F., Zhangb, P., Lia J., Din, D. (2017) A novel generalized entropy and its application in image thresholding, Signal Processing, pp.23-34
- Nixon, M. ve Aguado, A. (2012) Feature Extraction and Image Processing for Computer Vision, 3rd Edition
- Otsu, N. (1975). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 62-66.
- Serra, J. (1986) Introduction to Mathematical Morphology, Computer Vision, Graphics, and image Processing pp. 283-305
- Shaikh, M. A., ve Sayyad S.B. (2014) Color image enhancement filtering techniques for agricultural domain using Matlab, ISPRS TC VIII International Symposium
- Shrivakshan, G.T., Chandrasekar, C. (2012) A Comparison of various Edge Detection Techniques used in Image Processing, IJCSI International Journal of Computer Science Vol. 9, Issue 5, No 1, 1694-0814
- URL1 Image Processing Learning Recourses, <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/>

İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği

Hacı Murat Yılmaz^{1*}, Ömer Mutluoğlu², Ali Ulvi³, Aydan Yaman¹, Süleyman Sefa Bilgilioglu¹

¹ Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray
(hmuraty@gmail.com, aydan.ketenci@hotmail.com, sefa.bilgilioglu@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-9725-5792,
ORCID ID 0000-0001-8739-066X, ORCID ID 0000-0002-0881-0396

² Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 42120 Selçuklu, Konya
(omutluoglu@selcuk.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7846-3713

³ Selçuk Üniversitesi, Hadim Meslek Yüksekokulu, 42830 Hadim, Konya
(aliulvi@selcuk.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3005-8011

Öz

Günümüzde birçok alanda uzaktan algılama ve fotogrametri teknikleri ile üretilen veriler kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde uzaktan algılama ve fotogrametri ile üretilen verilerde, üretim platformu olarak insansız hava araçları kullanılmaya başlanmıştır. Düşük maliyet, hız, yüksek çözünürlük ve tekrarlı uçuş kabiliyeti sayesinde insansız hava araçları küçük alanlar için tercih edilmektedir. Ayrıca insansız hava araçları, insanların girmesinin tehlikeli olduğu ve hassas davranılması gereken birçok alanda, kolaylıkla ölçüm yapılmasını sağladığı için tercih edilmektedir. Ortofoto görüntü; eğiklik, dönüklük ve yükseklik farkından dolayı meydana gelen hataların düzeltildiği ve dik izdüşüm haline getirildiği sayısal görüntülerdir. Ortofoto görüntüler araziye birebir olarak temsil ettiği için birçok alanda altlık görüntü olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle kullanılan ortofoto görüntünün doğruluğu yapılan işin doğruluğuna birebir etki yapmaktadır. Bu çalışmada Aksaray Üniversitesi kampüsünün hava fotoğrafları İnsansız Hava Aracı (İHA) ile çekilmiş ve bu fotoğraflar kullanılarak kampüs alanının ortofotosu elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar insansız hava araçlarının küçük boyutlu alanlar için beklenen doğruluğu sağladığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *İnsansız Hava Aracı, Aksaray Üniversitesi, Üç Boyutlu Model, Ortofoto*

Created Tree Dimensional Model of Aksaray University Campus With Unmanned Aerial Vehicle

Abstract

Today, data generated by remote sensing and photogrammetry techniques are used in most fields. Unmanned aerial vehicles have begun to be used as production platform in data produced with remote sensing and photogrammetry with the developing technology. Thanks to its low cost, speed, high resolution and repeatedly flying ability, unmanned aerial vehicles are preferred for small spaces. In addition, unmanned aerial vehicles are preferred for easy measurement in most fields where people's entry is dangerous and must be treated with precision. Ortho photo image is numerical images in which the errors that occur due to the difference in tilt, swing and height difference are corrected and made into a perpendicular projection. Orthophoto images are used in most fields as layout image because represented the field correctly. So, orthophoto image's correctness affects the accuracy of the work done. In this project, the aerial photographs of the Aksaray University campus were taken with the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and the orthophotos of the campus are aware obtained using these photographs. The results show that unmanned aerial vehicles provide the expected accuracy for small-sized areas.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Orthophoto Image, Oblique Photogrammetry, Digital Photogrammetry*

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA) ve sistemleri günümüzde artan bir şekilde tüketici örgütleri, ticari işletmeler ve akademik çevreler tarafından doğal veya yapay mekânsal objelere ait coğrafi verileri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Coğrafi veriler, bir koordinat sistemindeki projeksiyon ve datum bilgisine sahip mekânsal bilgileri içeren verilerdir.

Nüfusun artması, arazilerin değerlendirilmesi, doğal kaynakların azalması ve insan faaliyetlerinin toprak, su ve hava üzerinde oluşturduğu baskı günümüzde çevrenin ölçülüp izlenmesini önemli bir hale getirmiştir. Doğal kaynakların kullanımı, yönetimi ve izlenmesi çalışmalarındaki artışa paralel olarak konumsal referanslı bilgi ihtiyacı da sürekli artmaktadır. Modern yersel, hava ve uydu bazlı teknolojileri kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birlikte ihtiyaç duyulan veriler daha önce hiç olmadığı kadar hızlı ve doğru bir şekilde toplanmakta, analiz edilmekte ve sonuçlar çeşitli şekillerde sunulabilmektedir.

Son yıllarda ihtiyaç duyulan konumsal verilerin elde edilmesi amacıyla benimsenen yöntemlerden biri de insansız hava araçlarının kullanımınıdır. İnsansız Hava Aracı (İHA), bir uçuş planına bağlı olarak otomatik ya da yarı otomatik olarak hareket edebilen veya yerdeki ya da başka bir araç içerisindeki bir pilot tarafından uzaktan kumanda edilerek uçurulan bir araçtır. İHA sistemleri pilotlu haritalama sistemlerinin yüksek uçuş yüksekliğinden kaynaklanan düşük çözünürlük ve yüksek maliyet kısıtlamalarına alternatif olarak kullanılabilir. İHA temelli veri toplama ve haritalama başta tarım, ormancılık, kent planlama, afet yönetimi olmak üzere birçok alandaki çalışmalarda ihtiyaç duyulan yeterli doğruluğu sağlayabilmektedir.

İHA platformu taşıma kapasitesine ve özelliklerine bağlı olarak video kamera, termal ya da kızılötesi kamera sistemleri, multispektral kameralar, LiDAR algılayıcıları veya bu teknolojilerin birkaçını bir arada sunacak şekilde donatılmış olabilir. Ayrıca İHA GNSS/INS (Global Navigation Satellite System/Inertial Navigation System) sistemi, barometrik altimetre ve pusula sistemlerini içerebilir. Böyle entegre bir sistem genellikle İnsansız Hava Aracı Sistemi (İHS) olarak adlandırılmaktadır.

Konuma dayalı veri üreten Global Konumlama Sistemleri (GPS), yersel jeodezik ölçmeler, LIDAR,

yersel lazer tarayıcı, geleneksel hava araçları, fotogrametri ve uzaktan algılama gibi çeşitli yöntemler vardır. İnsansız Hava Araçları (İHA) da konuma dayalı doğru ve hassas veri üretebilen bir teknolojidir. İHA'lar gelecekte birçok disipline veri üreten en önemli veri kaynağı olacaktır (Tahar, 2012).

İHA'ları aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip içerisinde uçuş ekibi (pilot) olmadan hareket eden araçlardır. İnsansız Hava Araçları (İHA), uzaktan kontrol edilebilir, yarı otomatik veya tam otomatik tekniklerde uçabilmekte ve kamera, sensör, iletişim ekipmanları veya diğer ekipmanları taşıyabilmektedir. İHA'lar klasik insanlı hava taşıtlarından çok daha küçük bir yapıya sahiptir bu nedenle taşınması çok kolay ve daha ekonomiktir. İHA'ların operasyonel savaş güçlerine önemli katkıları da bulunmaktadır (Lucintel, 2011).

Sanal gerçeklik, haberleşme, otomatik yönlendirme gibi uygulamalarda üç boyutlu (3B) model kullanılması gerekmektedir. Örneğin, endüstri kalite değerlendirilmesi sırasında, afet öncesi ve sonrası, turizm, mimarlık alanlarında ve 3B şehir planlamasında binaların 3B modelinin oluşturulması önemlidir. Bu tür çalışmalarda da İHA'lar oldukça etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaktadır (Bryson ve Sukkarieh, 2004).

İHA'lar kullanılarak çok alçak uçuşta yüksek hassasiyette elde edilen görüntüler geleneksel hava fotogrametrisinden elde edilen görüntülere göre daha düşük maliyette üretilebilmektedir (Esposito vd., 2014).

Bu çalışmada, Aksaray Üniversitesi kampüsünde İHA ile gerçekleştirilen uygulamayla, İHS'lerin veri elde etme ve haritalama için sunduğu olanakların ve kısıtlamaların değerlendirilmesi, elde edilen verilerin kullanılabilirliğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu şekilde araziden elde edilecek veriler daha sonra kullanılacak projeler için altlık teşkil edecektir.

2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)

İnsansız Hava Araçları, boş veya pilotsuz motorlu havasal araçlar olarak tanımlanmaktadır. İHA'ların kontrol mekanizması uzaktan, yarı otomatik, otomatik veya bunların birkaçının birleşiminden oluşmaktadır. İHA'lar diğer hava araçlarıyla karşılaştırıldığında, en önemli fark İHA'larda fiziksel olarak pilotun bulunmamasıdır (Eisenbeiss,

2004, Rawat ve Lawrence, 2014). İHA'lar, düşük maliyet ile yüksek performansa sahip olmasından dolayı sivil ve askeri amaç ve uygulamalar başta olmak üzere birçok havacılık uygulamalarında en önemli teknolojilerden biridir. İHA'lar kısa kanat açıklığına (sabit veya döner kanatlı) ve hafif bir yapıya sahip olmasının yanında uçuş sırasında da hassas bir yapıya sahiptir (Jung, 2004). Çalıştırılması ve üretilmesi oldukça kolaydır. Bunların birçoğu bir veya iki kişi tarafından kullanılabilen ve el ile taşınabilen, el ile karadan fırlatılabilen bir araçtır. İHA'lar arazide bulunan nesnelere gözlemlenmesi için düşük yükseklikten uçuşu için tasarlanmıştır. Fakat çok alçak yükseklikten uçuşu İHA'nın kaza yapma ihtimalini artırmaktadır. Bu nedenle düşük yüksekliklerdeki performansın artırılması için güçlü ve doğru otopilot sistemlerine ihtiyacı vardır (Chao ve Chen 2010).

İHA'lar, termal, kızıl ötesi, hiperspektral, radar, kimyasal ve biyolojik gibi sensörlere sahip çeşitli görüntüleme cihazları ile entegre edilerek gündüz ve gece görüntü alabilme olanağı sağlayabilmektedir. Gerçek zamanlı yer istasyonuna veri transferi özelliği ile birlikte, İHA'lar yangın, sel, hava durumu gibi önemli bilgileri yer istasyonuna aktarabilmektedir (Rawat ve Lawrence, 2014). İHA'lar üzerine entegre edilmiş gerçek zamanlı GPS sistemi ile uçtuğunda ve topladığı görüntüleri gözlemlenmek ve yönlendirilmek için yer kontrol istasyonu ile birlikte çalışabilmektedir dolayısı ile bu şekilde çalışan sistemlere tam otomatik navigasyon sistemleri de denilmektedir. Elde edilen görüntü laboratuvarında olabildiği gibi anında yer kontrol istasyonunda da işlenebilmektedir. İHA'lar yapmış oldukları tüm hareketleri kayıt altına alabilir ve görüntü işleme de kullanılmak üzere yer kontrol noktalarına iletebilirler (Samad vd., 2013). Fotogrametrik amaçlı İHA'lar bağımsız olarak daha önce planlanmış üç boyutlu konumsal pozisyonlarda fotoğraf çekme yeteneğine sahiptir, fakat uçuş planına uygun kalkış ve iniş için tecrübeli pilotlara ihtiyaç vardır (Graça vd., 2014). Fotogrametri çalışmalarında sıklıkla kullanılan çok döner kanatlı bir İHA Şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1. Döner Kanatlı İHA

İHA'ların birçok avantajı olmasına rağmen dezavantajı da vardır. Bunları; Sınırlı yük taşıyabildiklerinden büyük alanları içeren uygulamalarda yetersiz kalmaları, Havada kalma sürelerinin az olması, Rüzgarlı havalarda uygulama yapma imkanının kısıtlı olması, iniş, kalkış ve uçuş aşamasında yaşanan sıkıntılar olarak sıralamak mümkündür.

İHA terimi çoğunlukla haritacılar arasında kullanılmaktadır, fakat kendi itiş sistemleri, irtifa ve dayanıklılık gibi farklı özelliklerine göre farklı terimlere de sahiptir. Bu terimler orijinal isimleri ile birlikte şu şekildedir; Drone, Remotely Piloted Vehicle (RPV), Remotely Operated Aircraft (ROA), Micro Aerial Vehicles (MAV), Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV), Small UAV (SUAV), Low Altitude Deep Penetration (LADP) İHA, Low Altitude Long Endurance (LALE) İHA, Medium Altitude Long Endurance (MALE) İHA, Remote Controlled (RC) Helicopter and Model Helicopter. Tüm bu sistemler, hava aracı/platformu (İHA), ve Yer Kontrol İstasyonundan (YKİ) oluşmakta ve İnsansız Hava Sistemleri (İHS) olarak bilinmektedir (Nex ve Remondino, 2014).

Bir İnsansız Hava Aracı Sistemi şunları içermektedir;

1. Gerekli ekipmanlar (Sensör vb. ekipman entegreli uçaklar).
2. İletişim Ağı.
3. İHA kullanımı için deneyimli personel.
4. Bazı durumlarda İHA fırlatma elemanı (Winnefeld ve Kendall, 2013).

3. ÇALIŞMA ALANI

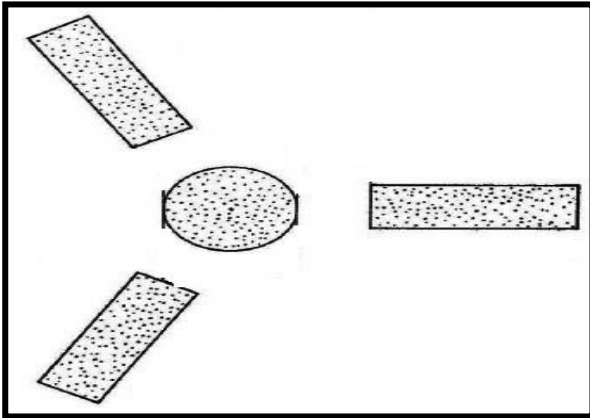
Bu çalışmada çalışma alanı olarak Aksaray Üniversitesi Kampüsü sınırları içinde özellikle yapılaşmanın olduğu bölge kullanılmıştır (Şekil 2). Çalışma bölgesi oldukça düz bir alan olup Kampüs alanı olduğundan oldukça yoğun yapılaşma mevcuttur.



Şekil 2. Aksaray Üniversitesi Kampüsü

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı içerisinde bir uçuş planlaması yapılarak gerekli görülen yerlere ve yeteri sıklıkta yer kontrol noktası tesis edilmiştir (Şekil 3). Yer kontrol noktalarının koordinatları WGS84 koordinat sisteminde TOPCON GR3 GPS alıcısı ile elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Kullanılan Yer Kontrol Noktası



Şekil 4. Çalışmada Kullanılan GPS Alıcısı

Proje çalışmasında resimlerin çekimi için Smartplanes İnsansız Hava Aracı kullanılmış (Şekil 5) ve bu araçta 12 MP çözünürlüklü Ricoh marka kamera kullanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Çalışmada Kullanılan İnsansız Hava Aracı



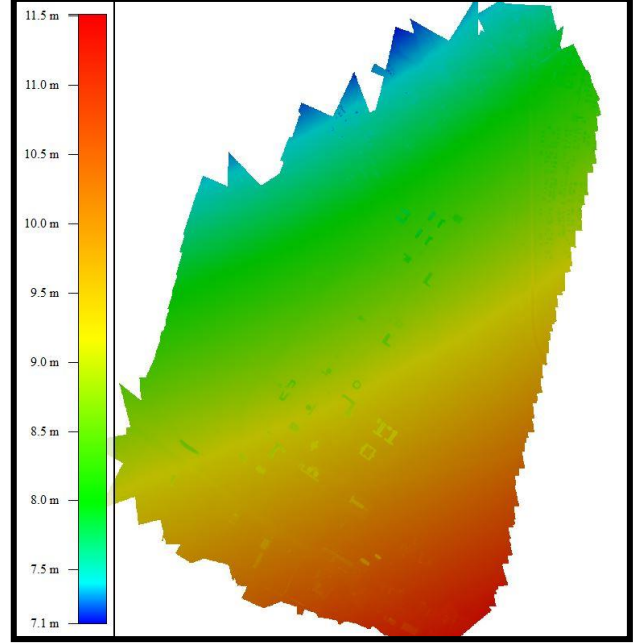
Şekil 6. İnsansız Hava Aracında Kullanılan Kamera

Uçuş planlaması yapıp arazideki çalışmalar tamamlandıktan sonra uçuş işlemleri yapılmıştır. Uçuş işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen resimlerin değerlendirme işlemleri çalışma kapsamında alınan Virtual Surveyor İHA yazılımında gerçekleştirilmiştir. Uçuş işleminden elde edilen bazı görüntüler Şekil 7’de görülmektedir.



Şekil 7. Aksaray Üniversitesi Kampüs Alanından Görüntüler

uygulama alanının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve ortofoto haritası elde edildi. Elde edilen çıktılardan Sayısal Yükseklik Modeli Şekil 8’de, Ortofoto Harita Şekil 9’de ve Eşyükseklik Eğrili harita Şekil 10’de görülmektedir.



Şekil 8. Sayısal Yükseklik Modeli

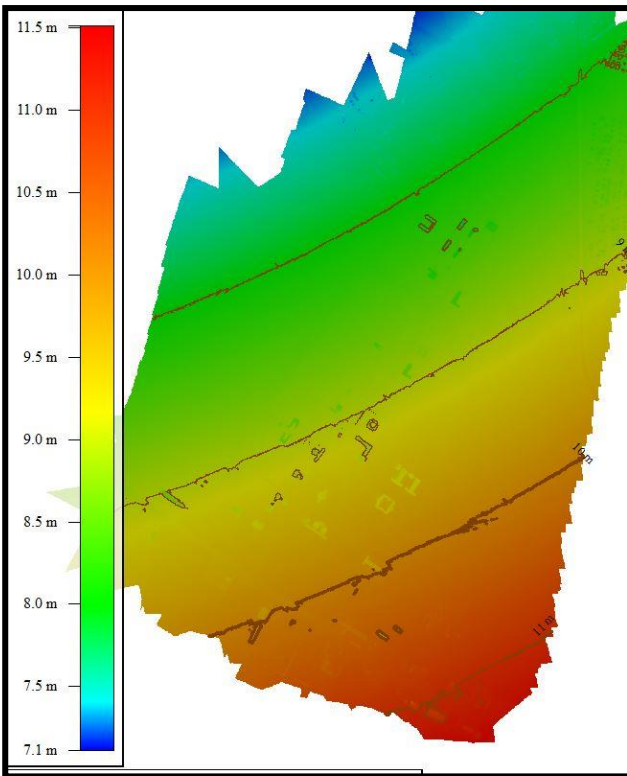
Elde edilen ürünlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla elde edilen üç boyutlu model ve ortofoto harita üzerinde beş noktada yatay uzunluk ve beş noktada özellikle binalarda düşey uzunluklar ölçüldü. Aynı yatay ve düşey uzunluklar arazide jeodezik ölçme aleti Total Station ile de ölçülerek yatay ve düşey uzunluklardaki hatalar elde edildi. Yapılan yatay ve düşey ölçmeler Tablo 1’de verilmiştir.

5. ANALİZ VE BULGULAR

Proje kapsamında elde edilen resimler Virtual Surveyor İHA yazılımında değerlendirildi ve



Şekil 9. Ortofoto Harita



Şekil 10. Eşyükseklik Eğrili Harita

Tablo 1. Ölçülen Yatay ve Düşey Uzunluklar

	Model üzerinden Ölçülen Uzunluk (m)	Yersel Ölçme Yöntemi ile Hesaplanan Uzunluk (m)	Farklar (m)
Yatay Uzunluklar			
AA	56.115	56.132	0.017
BB	8.435	8.411	0.024
CC	17.893	17.913	-0.020
DD	36.512	36.484	0.028
EE	26.406	26.421	-0.015
Düşey Uzunluklar			
FF	9.311	9.355	0.044
GG	6.744	6.779	0.035
HH	9.782	9.823	0.041
KK	9.285	9.345	0.060
LL	6.125	6.163	0.038

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düşük maliyet ve risk ile herhangi bir insanı, tehlikeli durumlara veya tehlikeli bölgelere sokmadan ulaşılması mümkün olmayan veya tehlikeli bölgelere ulaşması olanağı araştırmacıları klasik hava fotogrametrisine alternatif olarak İHA'lara yöneltmiştir. Bu çalışmada çalışmasından da İHA verileri üç boyutlu model oluşturma ve ortofoto harita elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen ürünlerdeki konum hatası ortalama ± 2.38 cm, yükseklik hatası ise ortalama ± 9.94 cm olarak hesaplanmıştır. Çalışılan bölgede kot farkı 1 m 'yi geçmemekle birlikte yapılaşmanın olduğu bir bölgedir. Üç boyutlu modellerin elde edilmesinde düşey resimlerin yanı sıra eğik resimlerinde çekilmesi önem arz etmektedir. Yükseklik doğruluğu bu nedenle konum doğruluğundan daha yüksek çıkmıştır. Klasik hava fotogrametrisine kıyasla küçük alanların halihazır haritalarının, sayısal arazi modellerinin, sayısal yükseklik modellerinin ve birçok disiplin tarafından kullanılan ortofoto haritaların İnsansız Hava Araçları kullanılarak uygun konum ve yükseklik hatalarına sahip, daha kısa sürede ve daha ekonomik olarak üretilebileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Aksaray Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından, BAP 2016-044 kodlu proje ile desteklenmiştir. İlgili birime teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

- Bemis S. P., Micklethwaite S., Turner D., James M. R., Akciz S., Thiele S. T., Bangash H. A., "Ground-based and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, high resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology". *Journal of Structural Geology* 69 (2014) 163e178164.
- Brutto M. L., Garraffa A., Meli P., "UAV Platforms For Cultural Heritage Survey: First Results". *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5, 2014 ISPRS Technical Commission V Symposium, 23 – 25 June 2014, Riva del Garda, Italy.*
- Bryson M., and Sukkarieh S., "Vehicle Model-Aided Inertial Navigation for a UAV Using Low-Cost Sensors", in *Proc. Australasian Conf. on Robotics and Automation, Canberra, Australia.*
- Chao, H., Cao, Y., ve Chen, Y., "Auto pilots for Small Unmanned Aerial Vehicles: A Survey," *Int. J. Control Autom. Syst.* 8(1), 36–44 (2010).
- Chou T. Y., Yeh M. L., Chen Y. C., Chen Y. H., "Disaster Monitoring And Management By The Unmanned Aerial Vehicle Technology", In: Wagner W., Székely, B. (eds.): *ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7B.*
- Chou, T. Y., Yeh, M. L., Chen, Y. C. ve Chen, Y. H., 2010. Disaster monitoring and management by the unmanned aerial vehicle technology.
- Eisenbeis, H., 2009. UAV photogrammetry. Zurich, Switzerland.: ETH.
- Eisenbeis H., "UAV Photogrammetry", Institut für Geodäsie und Photogrammetrie Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Wolfgang-Pauli-Strasse 15 8093 Zürich, Copyright © 2009, Henri Eisenbeis.
- Eisenbeiss, H. (2004) "A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition". *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XXXVI, part 5/W1, on CD-ROM.*
- Esposito S., Fallavollita P., Wahbeh W., Nardinocchi C., and Balsi M., "Performance Evaluation Of UAV Photogrammetric 3D Reconstruction". *IGARSS 2014.*
- European Union, August 2015. "Space Enabled Applications UAV systems for civilian applications", *Business Innovation Observatory Contract No 190/PP/ENT/CIP/12/C/N03C01.*
- Graça N., Mitishita E., Gonçalves J., "Photogrammetric Mapping Using Unmanned Aerial Vehicle", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1, 2014 ISPRS Technical Commission I Symposium, 17 – 20 November 2014, Denver, Colorado, USA.*
- Greenwood F., July 2015. "Drones And Aerial Observation: New Technologies For Property Rights, Human Rights, And Global Development", Chapter Number 4, Cover Illustration And Interior Illustrations Are Valerie Altounian.
- Grenzdörffer G. J., Engel A., Teichert B. (2008). "The photogrammetric potential of low-cost UAVs in forestry and agriculture". *Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing, China, 2008 37(B1): 1207-1213.*
- Haala N, Kada M. "An update on automatic 3d building reconstruction". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65 (2010) 570–580.
- Haarbrink R. B., Koers E., "Helicopter UAV For Photogrammetry and Rapid Response", *Inter-Commission WG I/V, Autonomous Navigation 2007.*
- Haser, A.B., 2010. Bu insansız hava aracından daha önce yapmamış mıydık?, *Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık sayısı.*
- Hoffmann, G. M., Rajnarayan, D. G., Waslander, S. L., Dostal, D., Jang, J. S. ve Tomlin, C. J., 2004. The Stanford Testbed Of Autonomous Rotorcraft For Multi Agent Control (Starmac), in *23rd Digital Avionics System Conference, 12.E.4- 121-10.*
- Jung S., "Design ve Development Of A Micro Air Vehicle (MAV): Test-Bed For Vision-Based Control". Abstract of Thesis Presented to the Graduate School of the University of Florida in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, December 2004.
- Laliberte, A. S., Winters, C. ve Rango, A. 2007. Acquisition, orthorectification, and classification of hyperspatial UAV imagery. In *Fourth Annual Symposium: Research Insights in Semiarid Scosystems, RISE, University of Arizona, Tucson.*
- Li M., Nan L., Smith N., Wonka P., "Reconstructing building mass models from UAV images", *Special Issue on CAD/Graphics 2015.*
- Lucintel, 2011. "Growth Opportunity in Global UAV Market". Accessed July 1, 2012, at www.lucintel.com/LucintelBrief/UAVMarketOpportunity.pdf.
- Manyoky M., Theiler P., Steudler D., Eisenbeiss H. (2011) "Unmanned aerial vehicle in cadastral applications". *Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Zurich, Switzerland, 38 (1/C22).*
- Nakano T., Kamiya I., Tobita M., Iwahashi J., Nakajima H., "Land form Monitoring In Active Volcano By UAV and Sfm-Mvs Technique", *The International Archives of the Photogrammetry,*

- Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8, 2014 ISPRS Technical Commission VIII Symposium, 09 – 12 December 2014, Hyderabad, India.
- Nex F., Remondino F. "UAV for 3D mapping applications: A review", Article in Applied Geomatics, 2014.
- Niethammer, U., Rothmund, S. ve Joswig, M., 2009. UAV-based remote sensing of the slow moving landslide Super-Sauze, In: Landslide processes, Ed.: CERG Editions, Strasbourg, 69-74.
- Rau, J. Y., Jhan, J. P., Lo, C. F. ve Lin, Y. S., 2011. Landslide mapping using imagery acquired by a fixed-wing UAV, In Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, (Vol. 38, p. 6).
- Rawat K. S., Lawrence E. E., "A mini-UAV VTOL Platform for Surveying Applications". International Journal of Robotics and Automation (IJRA) Vol. 3, No. 4, December 2014, pp. 259~267.
- Ro K., Oh J. S., ve Dong L., "Lesson sLearned: Application of Small UAV for Urban Highway Traffic Monitoring", 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit 8 - 11 January 2007, Reno, Nevada.
- Saleri R., Pierrot-Deseilligny M., Bardiere E., Cappellini V., Nony N., De Luca L., Campi M., 2013, "UAV Photogrammetry for archaeological survey: The Theaters area of Pompeii.
- Samad A. M., Kamarulzaman N., Hamdani M. A., Mastor T. A. ve Hashim K. A., "The Potential of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Civilian and Mapping Application", 2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology, 19 - 20 Aug. 2013, Shah Alam, Malaysia.
- Tahar K. N., "A New Approach On Slope Data Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicle". IJRRAS 13 (3) December 2012.
- Vito, 2009. Vito, UAV Flights corporate web site, Adres: <http://isprs.vgt.vito.be/uav/Testflights.html>, (accessed June 2 2009).
- Winnefeld J. A., Kendall F., "Unmanned Systems Integrated Road map FY2013-2038" Approved for Open Publication Reference Number: 14-S-0553.

Doğu Akdeniz’de Web-Tabanlı Turunçgil Bilgi Sistemi Oluşturulması

Süha BERBEROĞLU^{1*}, Merve ŞAHİNGÖZ¹, Mehmet Akif ERDOĞAN², Cenk DÖNMEZ¹, Ahmet ÇİLEK¹

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana
(suha@cu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-1547-6680
(mervesahingoz.88@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-4236-3347
(cdonmez@cu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7788-3839
(acilek@cu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-6781-2658

²Çukurova Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı, Adana
(maerdogan@cu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-8346-3590

Öz

Ülkemizde tarım ve tarıma dayalı sektörlerin daha etkin ve kârlı olabilmesi güncel tarımsal tekniklerin dışında enformatik, konumsal bilgi sistemleri gibi bilişim teknolojileri yardımıyla planlanmasını ve yönetimini gerektirmektedir. Özellikle turunçgil sektöründe, sektörün sürdürülebilirliğini sağlamak için teknolojik sistemleri kullanılarak kaynak yönetimini sağlayacak bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, UA verileri ve CBS yöntemleri kullanılarak, İçel ve Adana İl sınırları içerisinde turunçgil üretim alanları haritasının üretilmesi, ağaç sayısı, türü, yaşı ve verimliliği gibi üretim bilgilerinin yanı sıra toprak, hidroloji ve iklim gibi çevresel koşulları içeren dinamik bir turunçgil yönetim modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda yüksek yersel çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri kullanılarak, turunçgil alanlarının sınıflaması gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte turunçgil parselleri sayısallaştırılmış ve parsellere ait bilgiler arazi çalışmaları ile elde edilerek CBS ortamına aktarılmasıyla modele dahil edilmiştir. Oluşturulan veri tabanı modüler sunucu üzerine kurulan ArcGIS Server Manager ortamında harita ve detay servisleri olarak iki farklı temelde ele alınmıştır. Harita servisleri veri tabanının mevcut durumunun ortaya konması aşamasında detay servisler ise veri tabanına kullanıcılar tarafından yeni bilgi girişi/güncelleme aşamasında kullanılmıştır. ArcSDE servis yardımı ile kurumsal coğrafi veri tabanı, SQL Server ile de ArcGIS Server Manager kullanılarak veri tabanı yayınlanmaya başlanmıştır. Bu veri tabanı her iki servis ile ilişkilendirilerek ArcGIS API Silverlight teknolojisi ile sorgulama, istatistik, veri girişi ve web ara yüzü oluşturulmuştur. Ayrıca, alana ait toprak, hidroloji ve iklim verilerinin de veri tabanına aktarılmasıyla, turunçgil alanlarının konumsal olarak dağılımının, çeşitliliğinin ve verimliliğinin belirlenmesi, izlenmesi ve bunların birbirleriyle ve çevresel diğer faktörlerle ilişkilerinin analiz edilmesi ve çevresel risk (don olayları) planlarının oluşturulması mümkün olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Web-Tabanlı Bilgi Sistemi, CBS, Turunçgil

* Sorumlu Yazar

Developing Web-based Citrus Information Systems at the Eastern Mediterranean

Abstract

Agricultural and related sectors in Turkey need to be managed and planned using information technologies such as, informatics and spatial information systems in addition to up-to-date agricultural practices in order to be productive and efficient. A model enables resource management using information technologies is needed especially in citrus sector to sustain and maintain the business.

This research aims to create a dynamic model includes, cultivation information such as, maps of citrus plantations, number of trees, species, age and the productivity as well as, environmental components such as, soil, hydrology and climate. In this context, classification of citrus plantations was achieved using high spatial resolution imagery. Digitized citrus field boundaries and parcel information collected through field surveys were transferred into the model within a GIS environment. Database consisted of map and feature services as part of ArcGIS Server Manager which was installed on a modular server. Map services was used to show the data layers whereas, feature services was served during the updating the database by the users. Database was published using ArcSDE service with Geodatabase and SQL Server with ArcGIS Server Manager. This database was incorporated with these two services and a web interface was created through ArcGIS API Silverlight for data transfer, statistics and queries. Additionally, transferring soil, hydrology and climate data to the database enabled monitoring the spatial distribution, diversity and productivity of citrus plantations and analyzing the relationship between citrus plantations and environmental components together with creation of frost risk plans.

Keywords: *Web-based information systems, GIS, Citrus*

1. GİRİŞ

Tarım sektöründe geleneksel tarım teknikleri dışında enformatik, konumsal bilgi sistemleri gibi bilişim teknolojilerinin kullanımı önemlidir. Ancak bu teknikleri kullanarak dünya ile rekabet, endüstriyel planlama ve pazarlama ile ilgili stratejiler geliştirmek mümkündür. 28 Şubat 2013 tarihli 28573 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile 2012 yılında yapılacak tarımsal desteklemelere ilişkin kararda değişiklik yapılarak belirtilen birçok ürün için tarımsal veriler ve uydu görüntüleri kullanılarak belirlenecek verim değerlerine göre destekleme ödemesi yapılması karara bağlanmıştır. Ülkemizde, çevresel ve tarımsal izleme konularında gerek duyulan uydu görüntüsü ihtiyacını gidermek adına 2012 yılı içinde RASAT ve Göktürk-2 isimli yer gözlem uyduları yörüngeye yerleştirilerek kullanıma sunulmuştur. Uyduların kullanıma sunulmasında büyük yatırımlar yapılmış olsa da özellikle tarımsal uygulamalar konusunda bu yatırımı etkin bir şekilde kullanarak özel sektör ve üreticilere anlamlı bilgiler üretecek

istem, uygulama ve çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde özellikle turunçgil sektörü, doğru sektörel politikaları ve planları üretecek bir modele ihtiyaç duymaktadır. Turunçgil sektöründe girdi maliyetlerinin artması, pazarlama ve işleme konusundaki belirsizlikler, zararlılarla mücadele zorlukları ve iklim değişikliği gibi çevresel baskıların artması gibi sorunlar yıllık turunçgil üretiminde dalgalanmalara neden olarak, turunçgil sektöründe uzun ve kısa vadede sağlıklı kararlar alabilmeyi güçleştirmektedir. Sektörün sürdürülebilirliğini sağlamak için teknolojik sistemler kullanılarak kaynak yönetimini sağlayacak bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Dünya turunçgil üretiminde onuncu üretici konumunda bulunan Türkiye'nin, üretiminin %70'inden fazlası Doğu Akdeniz bölgesinden gerçekleştirilmektedir (ZMO Adana Şubesi, 2008). Ülkemiz turunçgil üretiminde sahip olduğu bu potansiyele karşılık sistemli bir üretim politikasını sağlayacak bir yönetim modeline sahip değildir. Güncel teknolojilerden Uzaktan Algılama (UA) ve

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bu konuda önemli bir potansiyeldir.

CBS, konumsal bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, T., 2000). Yaygın olarak kullanılan CBS sistemleri kullanım tarzı olarak bağımlı, teknik gereksinimlere ihtiyaç duyan ve esneklikten uzak sistemler olmasına rağmen yüksek veri işleme ve analiz kapasitesine ulaşmış olması büyük avantaj sağlamaktadır.

Web ise günlük aktivitelerimizden mesleklerimiz gibi profesyonel faaliyetlerimize kadar hayatımızın her yönünü değiştirmiştir. Bu değişiklikler arasında CBS bu teknolojiye etkilenmiş ve Web CBS adı verilen yeni bir teknoloji ortaya çıkmıştır. Bugün internet kullanıcıları çevrim içi haritaları kullanarak adres bulma veya kaybolduğumuzda GPS sistemini kullanarak yerimizi bulma gibi faaliyetlerde fark etmeden bu teknolojiyi kullanmaktadırlar. 1960'lı ve 1970'li yıllarda CBS donanım, yazılım, veri ve kullanıcılardan oluşan bileşenler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Daha sonra bir yerel alan ağı (LAN) benimsenmesiyle dağıtılmış CBS ortaya çıkmıştır. Dağıtılmış CBS'yi kullanarak bu bileşenlerin birlikte bulunmaları gerekliliği ortadan kalkmıştır. Web CBS'nin geliştirilmesiyle bu bileşenler artık eskisinden daha uzak mesafelere ayrılarak, dünyanın diğer ucundaki CBS kullanıcıları da bir sunucuya erişmesine izin vermektedir. Web CBS teknolojisi esas olarak, verilerin depolanması, kurtarılması, yönetimi ve analizi için veri taşıma araçlarından oluşan bir teknolojidir. Web tabanlı CBS ile bilgi ve harita servislerinin internet veya iletişim ağları vasıtasıyla aktarımı ve paylaşımı sağlanmaktadır.

Basit düzeyde Web CBS'nin mimarisinde, kullanıcının sunucu ile iletişim kurmasını sağlayan masaüstü uygulamasına sahip bir sunucu veya web tarayıcı uygulamasına sahip bir sunucu ve bir istemcinin olması gerekir.

CBS sistemlerinde ağ yapısı, iletişim kurabilecek şekilde çalışan birbirine bağlı bilgisayarlardan oluşmaktadır. Bu yapıda,

kişisel mesajlardan büyük boyutlardaki harita ve veri tabanı altlıklarına kadar paylaşım sağlanmaktadır (Aydınoglu, A.Ç., 2003). İnternet ise dünya genelinde bilgisayar ağlarını birbirine bağlayan ve "ağların ağı" olarak da anılan adeta "sınırsız" bir iletişim ve bilişim ortamıdır. İnternet belirli protokoller kullanarak dünya üzerindeki bilgisayarları birbirine bağlayıp bilgi dağıtımı, paylaşımı, erişimi ve transferi ile bilgisayarlar arası iletişimi sağlayan bilgisayar ağları arasındaki bir ağıdır. Coğrafi verilerin internet ortamında sunumu, bu iki teknolojinin birleştirilmesiyle gerçekleşmektedir (Şener, O., 2009).

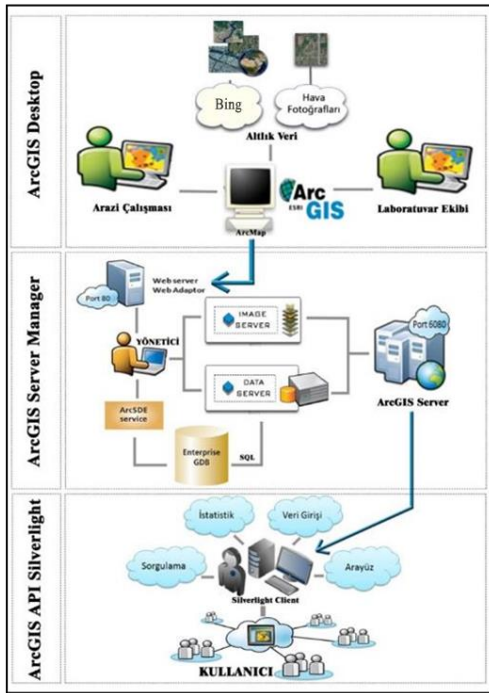
Adana, Hatay ve Mersin bölgelerinde 2006 yılından itibaren farklı desteklerle gerçekleştirilen projeler uygulanarak Turunçgil Bilgi Sistemi oluşturulmuştur (Berberoğlu ve ark. 2010, 2012, 2016). Bu çalışmada, bölgemizde yapılan çalışmalardan temin edilen veriler kullanılarak, Doğu Akdeniz Bölgesinde, turunçgil üretim alanlarında ağaç sayısı, türü, yaşı ve verimliliği gibi turunçgil üretim bilgileri ile toprak, hidroloji ve iklim gibi çevresel koşulları içeren dinamik bir Turunçgil Bilgi Sistemi oluşturulması amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

Mersin, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan, doğusunda Adana, batısında Antalya illeri ile çevrelenmiş ve Akdeniz iklimi hüküm süren bir ilimizdir (Şekil 1). Mersin bölgesinde tarıma elverişli araziler, 406000 hektar olup; ilin, yaklaşık %25'ini oluşturmaktadır. Akdeniz Bölgesi Türkiye turunçgil üretiminin %84,2'sini oluşturmaktadır ve Türkiye turunçgil üretiminde büyük öneme sahiptir. Adana, Mersin, Hatay ve Osmaniye illerinin yer aldığı Doğu Akdeniz Bölgesi toplam Türkiye turunçgil üretiminin %68'ini karşılamaktadır. Ayrıca Doğu Akdeniz Bölgesi portakal üretiminin %56'sını, mandalina üretiminin %75'ini, limon üretiminin %81'i ve altıntop üretiminin %96'sını karşılamaktadır (TÜİK, 2015, Budak vd. 2016).

sulama türü, açıklama bilgisi, dikim aralıkları, ağaç sayısı, var ise pervane sayısı, alan büyüklüğü bilgileri sayısallaştırılarak veri tabanı oluşturulmuştur. İkinci aşamada ise oluşturulan veri tabanı kullanılarak Sunucu üzerinden ArcGIS Server Manager yazılımı aracılığıyla harita ve detay servisleri üretilmiştir. Harita servisleri veri tabanının görüntülenmesinde, detay-servisleri ise veri tabanına daha sonradan tanımlanan kullanıcıların bilgi girişi veya güncellemesinde kullanılmaktadır. ArcSDE (Konumsal Veri tabanı motoru) aracılığıyla kurumsal Coğrafi Veri tabanı oluşturulmakta, SQL Sunucu ile de ArcGIS Server Manager kullanılarak veri tabanı yayına sunulmaktadır. Üçüncü aşamada ArcGIS API Silverlight teknolojisi veri tabanının her iki servisi birleştirilerek sorgulama, istatistik, veri girişi ve web arayüzü oluşturulmasında kullanılmıştır.



Şekil 3. Web-Tabanlı Bilgi Sisteminde Kullanılan Yöntem Şeması

3. BULGULAR


Berberoğlu vd., (2010, 2012 ve 2016) tarafından tamamlanan projelerdeki arazi çalışmalarından oluşturulan parsel sınırları ve

bu turunçgil parsellerine ait cins, tür, anaç, sulama yöntemi, dikim aralığı ve ağaç yaşları gibi bilgilerden ArcGIS Desktop yazılımı aracılığıyla coğrafi veri tabanı oluşturulmuştur. NOAA-AVHRR ve MODIS LST (Land Surface Temperature) uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklığı verileri turunçgil alanlarının don risk haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır. MODIS verileri, günlük periyotlar halinde yüzey sıcaklığını gece ve gündüz ölçebilmesi ile iklimin bölgesel etkilerinin bilinmesinde geniş bir kullanım olanağı sunmaktadır. MODIS uydusu gün içerisinde gündüz ve gece saatlerinde olmak üzere kızılötesi (250m), görünür (250m), orta kızılötesi (500m) ve termal (1 km) yersel çözünürlü görüntü kaydı yapabilmektedir.

Proje çalışmalarında, özellikle kış aylarında, MODIS tarafından günlük 02.30'da kaydedilen yüzey sıcaklığı bilgileri, hava sıcaklık değerleriyle CBS ortamında ilişkilendirilerek çalışma alanı için don risk haritaları oluşturulmuştur. Bu kapsamda meydana gelen bir don olayı sonucunda zarar gören alanları ve türlerin tespit edilebilmesi için en düşük sıcaklık değerleri üretilerek veri tabanına eklenmiştir (Şekil 4).

Oluşturulan veri tabanına yerleşim merkezleri, yollar, akarsular, siyasi sınırlar, sulama birliği sınırı bilgileri ve ESRI altlık haritaları kullanılarak ArcGIS Server Manager yazılımı ile Web Adaptör üzerinden harita servisi yayınlanmıştır. Böylece veri tabanının web ortamında sunulması ve sorgulama yaparak analiz işlemlerinin yapılması sağlanmıştır.

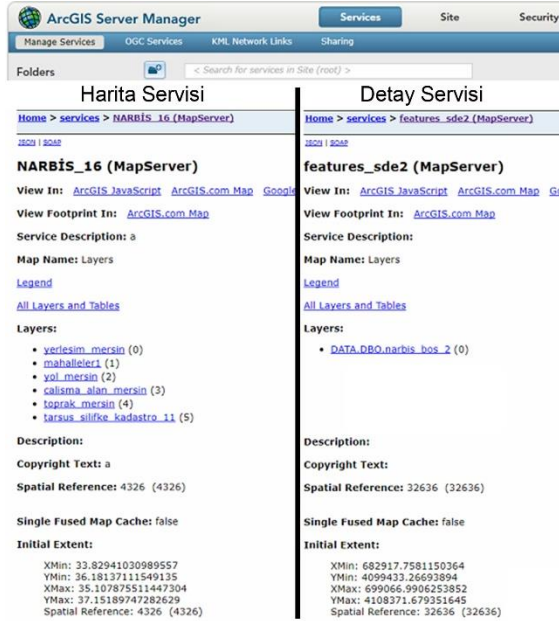
Parsellere ait istatistiksel sorgulamaların yapılabilmesi ve sürdürülebilir veri yapısının oluşturulması için ilişkisel veri tabanı yönetim sistemlerinden SQL Sunucu kullanılmıştır. Böylelikle SQL Sunucu üzerinden yayınlanan coğrafi veri tabanı yönetici kontrolü ve izninde olacağı için veri güncelliğinin yanı sıra veri güvenilirliği de sağlanmış olacaktır.



FID	Shape *	Tur1	Tur2	Tur3	Yas	Anac	Sulama	mahalleadi	Ada	Par	Aciklam	icerik	oC	
9	Polygon	Kütdiken	Interdonato	Washington	38	Turunc	Salma					Karisik	-1,4812	L
643	Polygon	Kütdiken	Satsuma	Washington	3	Turunc	Damlama	SARICALA	0	994		Karisik	0,60128	L
298	Polygon	Washington	Fremont	Star ruby	37	Turunc	Salma					Karisik	-1,412	P
429	Polygon	Washington	Interdonato	Star ruby	37	Turunc	Damlama					Karisik	-0,3567	P
1038	Polygon	Kütdiken	Satsuma	Star ruby	3	Turunc	Damlama	GAZI	25	1		Karisik	0,60025	L
321	Polygon	Washington	Kütdiken	Seftali	42	Turunc	Salma					Karisik	-1,6888	P
889	Polygon	Kütdiken	Washington	Satsuma	12	Turunc	Damlama	ESENBEL	0	55		Karisik	0,59607	L
305	Polygon	Washington	Kütdiken	Okitsu	37	Turunc	Damlama					Karisik	-1,412	P
285	Polygon	Fremont	Washington	Marsh seedle	37	Turunc	Salma					Karisik	-2,4846	M
1170	Polygon	Kütdiken	Kütdiken	Kütdiken	0	Turunc	Salma	KOYUNCU	73	14		Karisik	0,61415	L
1173	Polygon	Kütdiken	Kütdiken	Kütdiken	0	Turunc	Damlama	KOYUNCU	76	16		Karisik	0,61415	L
1173	Polygon	Kütdiken	Kütdiken	Kütdiken	0	Turunc	Damlama	KOYUNCU	76	71		Karisik	0,61415	L

Şekil 4. Turunçgil parsellerine ait öznetelik bilgileri.

Detay servisi ile turunçgil parsellerine ait öznetelik bilgilerinin güncellenmesini sağlayan dinamik bir yapı oluşturulmuştur (Şekil 5). Bu dinamik yapı ilerleyen zamanlarda yeni dikilen veya sökülen turunçgil parsellerin tespitinde çok hızlı ve pratik bir şekilde veri tabanı üzerinde değişiklik yapılmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

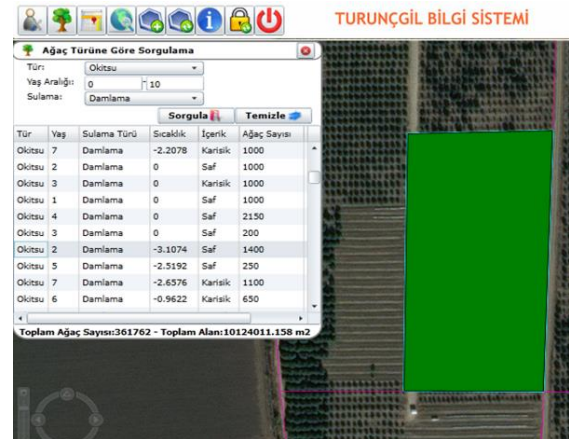


Şekil 5. Yayınlanan harita ve detay servisleri

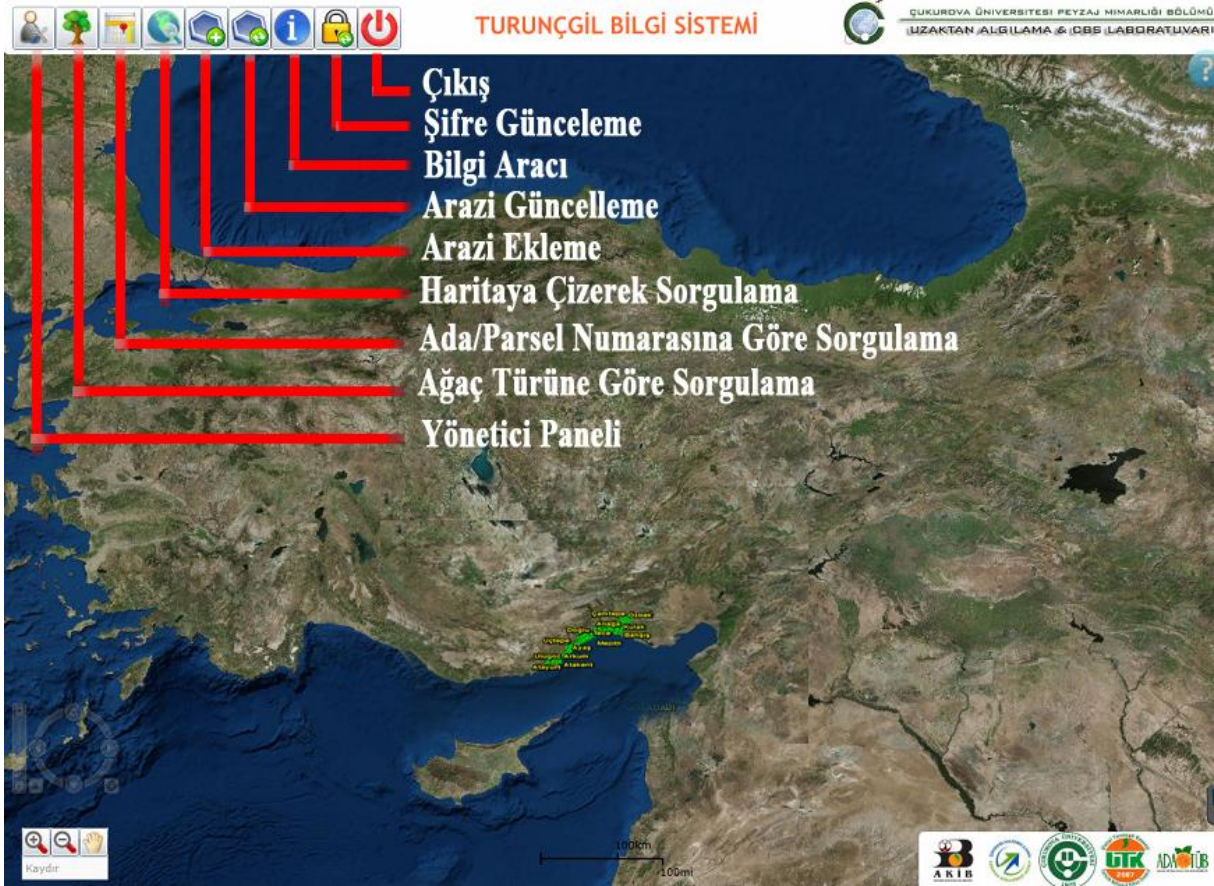
Oluşturulan veri tabanı ArcGIS API Silverlight teknolojisi ile harita ve detay servisi ile ilişkilendirilerek tanımlanan sistem ile kullanıcılarının sorgulama yapabilecekleri, sorgulama sonucuna göre istatistiksel sonuçlar üretebileceği ve veri girişi/güncellemesi yapabilecekleri web-tabanlı bilgi sistemi oluşturulmuştur. Kullanıcı tarafından

gerçekleştirilen veri girişi/güncellemesi bilgileri sulama birliği başkanları yardımıyla yönetici tarafından kontrol edilerek veri tabanına aktarılacaktır (Şekil 6).

Web sitesi ara yüzünde yönetici paneli, Sorgulama paneli (ağaç türüne göre, alansal çizime göre, ada/parsel bilgilerine göre), arazi ekleme, arazi güncelleme ve kullanıcı bilgileri güncelleme panelleri oluşturulmuştur. Ağaç türüne göre sorgulama panelinde turunçgil türü, yaş aralığı ve sulama türü seçilerek çalışma sınırına göre sonuçlar gösterilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Ağaç türüne göre sorgulama ara yüzü ekranı



Şekil 6. Turunçgil bilgi sistemi ana sayfa ara yüzü (<http://narenciye.cu.edu.tr/narenciyeeni/>)

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Web-tabanlı turunçgil bilgi sistemi kapsamında uzaktan algılama verileri kullanılarak turunçgil alanlarının tespiti ve bu alanlara ait bilgilerin CBS ortamına aktarılması ile kısa ve uzun vadeli üretim miktarının belirlenmesi, gerçekçi pazarlama, paketleme ve işleme için sektörel planların geliştirilmesine katkıda bulunulacaktır. Oluşturulan bilgi sistemi ile aynı zamanda üretim planlaması ve yönetim modeli de hazırlanmış olacağı için planlama ve envanter çalışmalarına etkili olacaktır. Bilgi sistemi üzerinden yapılacak sorgulama ve analizlerle sektörel ihtiyaçlara cevap oluşturacak veriler elde edilmiş olacaktır.

Turunçgil alanlarının konumsal olarak dağılımının, çeşitliliğinin ve verimliliğinin belirlenmesi, izlenmesi ile bunların birbirleriyle ve çevresel diğer faktörlerle ilişkileri analiz edilebilecektir. Böylece sulama ve drenaj planlarının oluşturulması, toprak yeterliliğinin belirlenmesiyle ilgili planlamalar

yapılabilecektir. Ayrıca çevresel risk (don olayları) planlarının oluşturulması ve ağaç yaş ve gelişiminin izlenmesiyle tekrar dikim planlarının geliştirilmesi de sağlanabilecektir. Don risk verileri bir don olayı sonucunda zarar gören alanların ve türlerin tespiti ve don riski altında olan alanların belirlenmesinde altlık veri olarak kullanılacaktır.

Ayrıca Turunçgil Bilgi Sistemi ürün girdi ve çıktılarının daha yakından ve doğru bir şekilde takip edilebilmesini, mevcut durum ya da ileride meydana gelecek olan değişimlerin önceden tespit edilebilmesini ve veri güvenilirliğini sağlayarak tanımlı kullanıcıların sistemden kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece karar vericilerin önlem alma politikaları ile yanlış/hatalı uygulamaları kontrol altına alma şansı bulabildikleri sürdürülebilir yaşayan bir sistem olarak ortaya konmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aydinoğlu, A.Ç. (2003). İnternet Tabanlı CBS Uygulaması: Trabzon İli Örneği. *TMMOB, HKMO, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 1 Mart – 4 Nisan 2003 Ankara.
- Berberoğlu, S., Erdoğan, M.A., Dönmez, C., Şatır, O., ve Tanrıöver, A.A. (2010). “Adana Aşağı Seyhan Ovasında Narenciye Bilgi Sistemi (NARBİS) Oluşturulması” *Çukurova Kalkınma Ajansı Proje No: TR62-08-04/022*
- Berberoğlu, S., Erdoğan, M.A., Dönmez, C., Şatır, O., Çilek, A., ve Çetinkaya, U.B. (2012). “Turunçgil Yönetim Modeli: Konumsal Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Entegrasyonu” *SANTEZ Proje No: 00382.STZ.2009-1*
- Berberoğlu, S., Dönmez, C., Erdoğan, M.A., Çilek, A., Kahraman, E., ve Yıldız, M.A. (2016). Turunçgil Yönetim Modeli: Konumsal Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Entegrasyonu. *SANTEZ Proje No: 0538.STZ.2013-2*
- Budak, D.B., Gültekin, U., Uysal, O., Subaşı, S., Kafa, S., ve Aras, Y. (2016). Türkiye Turunçgil Sektörü ve İhracat Yapısı. *Ulusal Turunçgil Konseyi*. 50s.
- Şener, O. (2009) İstanbul’un Tarihsel Dokusunun CBS Ortamında Web Arayüzleri ile İnternette Yayınlanması. *İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 79 s.
- TÜİK (2015). Türkiye Turunçgil Üretim Miktarları. *Türkiye İstatistik Kurumu*. Son Erişim Tarihi: 02.01.2018
- Yomraloğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. *Seçil Ofset*, İstanbul. 479s.
- ZMO, Adana Şubesi (2008). http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=23137

Uluslararası Standartlarda İkinci Derece Birinci Sınıf Bir Ulusal Düşey Kontrol Ağının Tesis ve Ölçü Esasları

Servet YAPRAK^{1*}

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat
(servet.yaprak@gop.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9593-5201

Öz

Jeodezinin en önemli görevlerinden biri fiziksel yeryüzü üzerindeki doğal ve yapay detayların üç boyutlu konumsal bilgilerini üretmektir. Yeryüzü üzerindeki konum bilgileri daha önce tesis edilmiş olan yatay ve düşey kontrol noktaları ve Global Navigation Satellite System (GNSS) Ağları ile elde edilir.

Son yıllarda konum bilgilerinin üretilmesinde GNSS alıcılarının kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte GNSS sistemlerinden elde edilen yükseklik değeri ölçülen noktanın elipsoid normal boyunca referans elipsoidine olan uzaklığını ifade eden elipsoidal yüksekliktir (h). Elipsoidal yükseklik geometrik bir değer olup fiziksel bir karşılığı yoktur, dolayısı ile gerçek anlamda bir yüksekliği ifade etmez. Bu nedenle mühendislik problemlerimizin çözümü için elipsoidal yüksekliklerin (h) ortometrik yüksekliğe (H) dönüştürülmesi gerekmektedir. Ortometrik yükseklik, yeryüzü üzerindeki bir noktanın çekül eğrisi boyunca geoit yüzeyine olan uzaklığıdır. GNSS' in etkin kullanımı için hassas bir düşey kontrol ağına ve cm hassasiyetinde belirlenmiş geoit yüzeyine ihtiyaç vardır. Hassas bir geoit yüzeyi oluşturmak için, öncelikle Uluslararası standartlarda hassas nivelman ağının oluşturulması, yeterli sıklıkta gravite ölçülerinin yapılması, mareograf istasyonlarından ortalama deniz seviyesi verisinin elde edilmesi ve ölçülerin dengelenmesi gerekmektedir.

Bilindiği gibi ülkemize ait mevcut düşey kontrol ağımız (TUDKA) devam eden yol genişletme çalışmaları ve altyapı çalışmaları nedeni ile büyük oranda tahrip olmuştur. Buna ilave olarak bu ağdan elde edilen geoit yüzeylerinin hassasiyeti ancak ± 10 cm civarındadır. Sonuç olarak bizim DKA' mızı yenileme ihtiyacımız ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu çalışmada Amerikan Federal Geodetic Control Komite (FGCC) Standartları çerçevesinde gerçekleştirilmiş İkinci Derece Birinci Sınıf bir ulusal düşey kontrol ağından hareketle Uluslararası ve ulusal DKA' larının tesisi ve nivelman ölçülerinin gerçekleştirilmesinde dikkat edilecek konular açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hassas nivelman, geoit, düşey kontrol ağı

Monumentation and Measurement Principles of the First Order Second Class Vertical Control Network in International Standards

Abstract

One of the most important tasks of geodesy is to produce three dimensional spatial information of the natural and artificial details on the physical earth. Location information on the ground is obtained by previously installed horizontal and vertical control points and Global Navigation Satellite System (GNSS) Networks.

In recent years, the use of GNSS receivers has become widespread in generating position information. However, the height value obtained from GNSS systems is the ellipsoidal height (h), which represents the distance of the reference ellipsoid along the ellipsoid normal of the measured point. The ellipsoidal elevation is a geometric

* Sorumlu Yazar

value and does not have a physical counterpart, so it does not mean a height in real sense. For this reason, we need to convert the ellipsoidal heights (h) to the orthometric height (H) for the solution of our engineering problems. The orthometric height is the distance from the geoid surface along a plumb line of a point on the earth. For effective use of GNSS, there is a need for a sensitive vertical control network and a geoid surface determined in cm precision. In order to create a sensitive geoid surface, firstly it is necessary to establish a sensitive leveling network in international standards, to make gravity measurements in sufficient frequency, to obtain average sea level data from mareograph stations and to adjustment the measurements.

As is known, our country's current vertical control network (TUDKA) has been destroyed in large scale due to ongoing road expansion work and infrastructure works. In addition, the sensitivity of geoid surfaces obtained from this network is only ± 10 cm. As a result, we need to be able to defeat our control network.

For this reason, in this study, issues to be considered in the implementation of the international and national vertical network installation and leveling measures have been explained in the context of a national vertical control network of a Second Degree First Class implemented within the framework of the American Federal Geodetic Control Committee (FGCC) Standards.

Keywords: *Precise leveling, geoid, vertical control network*

1 GİRİŞ

Bilindiği gibi Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA-99) 1970-1993 yılları arasında ölçülen 151 adet I. derece ve 41 adet II. derece geçki ile, 1970 yılından önce ölçülen 7 adet I. derece ve 44 adet II. derece geçki olmak üzere toplam 29316 km uzunluğunda, 25680 noktadan oluşmaktadır (Ayhan ve Demir,1999). 1999 Marmara depreminden sonra 2002 yılında bölgeye ait 1300 km uzunluğunda 14 Adet I ve II nci derece geçki ölçüsü yeniden ölçülmüştür (Demir, 1999). Ülkemizde yükseklik sistemi olarak ortometrik yükseklik kullanılmaktadır. Ülkemizde GNSS alıcısı kullanıcıları her geçen gün artmaktadır. HGK 1992 de TG92, 1999 da TG99 ve TG99A geoit modelleri üretmiştir. En son 2009 yılında 2009 yılında TGH-09 hibrit geoit modeli üretmiş olup modelin doğruluğu ± 8 cm dir (URL.1). Ancak gravite verilerinin seyrek olduğu dağlık bölgelerde ve sınır sulak alanlarda bu doğruluk daha da düşmektedir (Kılıçoğlu vd., 2011, Simav vd, 2015). Türkiye geneli düşünüldüğünde H.G.K.lığının bu güne kadar hesapladığı hibrit jeoit modellerinin dış doğrulukları ± 10 cm'den daha iyi değildir. 2011 yılında TUDKA'nın yaklaşık 10.000 km'lik kısmında yapılan çalışma sonucunda noktaların %63'lük kısmının tahrip olduğu saptanmıştır (URL.1). Ülkemizde kullanıcıların 2-3 cm doğruluğunda ortometrik yükseklik bilgisine ulaşmak bu ağla mümkün değildir. Bu nedenle Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu Projesi başlatılmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilmiş olan ve yöneticiliğini yapmış olduğum Suudi

Arabistan Hassas Nivelman Ağı Projesinin iki etabında edinmiş olduğum deneyimlerle birleştirerek Uluslararası kullanımda olan FGCC uluslar arası ve ulusal hassas nivelman ağlarının tesis ve ölçüleri ile ilgili önemli konular açıklanmıştır.

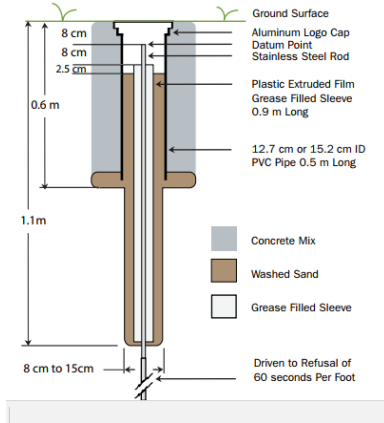
Düşey Kontrol Ağı projeleri, nokta yerlerinin standartlara uygun seçimi, noktaların tesisi, nivelman ölçülerinin gerçekleştirilmesi ve ölçülerin dengelenmesi olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.

Nokta yerlerinin seçimi;

Düşey Kontrol Ağı Noktaları yalnızca Ulusal Jeodezik Düşey Ağın bir parçası olarak görülmekle birlikte bu noktalar uluslararası standartlarda bir hassasiyete ve kalıcılığa sahip olmalıdır. Çünkü bu noktalar, yerkaşuğu üzerinde üç boyutlu konumları hassas olarak bilinen ve uzun süre kalıcı olması gereken noktalardır. Bu nedenle nokta yerleri seçilirken özellikle sağlam zeminler ve az hasar görececek kalıcı yerler seçilmeye çalışılmalıdır (URL.2). Ayrıca bu noktalar her türlü mühendislik yapısına altlık oluşturacağı için uluslar arası standartlarda hassasiyetle tesis edilmelidirler. FGCC bu nedenle yükseklik ağlarının genel olarak ulusal karayolu ve demiryolu hatlarını takip etmesini ve buralara tesis edilecek noktaların Şekil 1 de görüldüğü gibi belirlenen standartlarda yere korezyona uğramayacak çelik çubukların çakılması ile (Tip 1) tesisini önermektedir. Eğer güzergahlara yakın büyük kaya kütleleri varsa zemin işaretinin Tip 2 olarak

kaya gövdeye tesisini önermektedir (Simith, 2010).

Kalıcı bir DKA oluşturmak için ilk yapılması gereken nokta yerlerinin uluslar arası standartları sağlayacak özellikler gözetilerek seçimidir. BM noktalarının tesis edileceği yerler önce USA National Geodetic Survey (NGS) yönetmeliğinde belirtilen şartlara uygun olarak sayısal bir altlık harita üzerinde işaretlenir. Haritada işaretlenen bu noktaların yerleri arazide gezilerek zemin yapısı ve uygunluk yönünden kontrol edilir.



Şekil 1. NGS Tip 1 nivelman noktası (Simith, 2010)

Nokta yerleri zemin tesisinde sorun yaşanmaması için yeraltından enerji hattı, boru hattı benzeri tesisin varlığı dedektörle kontrol edilmeli ve yerel idarelerden gelecek yatırımlarla ilgili bilgi alınmalıdır. Bu şartları sağlayan yerlere rastlayan yerler nokta yeri olarak seçilebilir. NGS nokta yerlerinin seçimi için Tablo 1 de istenilen özelliklere sahip olacak şekilde noktalar arası mesafelerin



Şekil 2. Nivelman noktası çukurunun iş makinesi ile açılması

Açılan çukur temizlendikten sonra 24.2 mm çapında yivli paslanmaz çelik çubuk Şekil 3a

maksimum 3.0 km ve min 1.6 km aralığında olmasını öngörmektedir. Bu çerçevede nokta yerleri bu mesafeler gözetilerek karayolu ve demiryolu hatları boyunca seçilip geçici olarak işaretlenir.

Seçilen noktanın konumu el GNSS alıcısı ile kaydedilmeli ve kuzey, güney, doğu ve batı yönlerden etrafın fotoğrafları çekilerek önceden hazırlanmış bir formatta “nokta tanımlama kartı” hazırlanmalıdır. Bu kart daha sonra noktayı tesis edecek ekipler tarafından kullanılacağı için noktanın tekrar bulunması konusunda görüntü ve açıklamalarla net bilgiler içermelidir. Bu amaçla hazırlanmış olan Android ve IOS işletim sistemleri ile uyumlu cep telefonları üzerinden kullanılan yazılımlar da mevcuttur. Açık uçlu bu yazılımlarla istediğiniz değişiklikleri yapmak sureti ile arazide ekiplerin seçmiş oldukları noktanın yerini yönetici olarak anında görme, kontrol etme, onaylama veya reddetme olanağına da sahip olunabilmektedir. Ayrıca yazılım kontrol kurumuna da açılarak kontrol mühendisinin onay işlemleri de online olarak zaman kaybetmeden yürütülebilmektedir.

2. NOKTALARIN APLİKASYONU

Nokta yerlerinin onaylanması aşamasından sonra noktaların araziye aplikasyonu aşamasına geçilir. Nokta aplikasyonları kaya blokların olduğu yerler (Tip 2), bu yerler dışında NGS Tip 1 olarak applike edilir (Simith, 2010). Şekil 2 de görüldüğü gibi seçilmiş olan nokta yeri 30 cm çapında 60 cm derinliğinde spiral delici iş makinesi ile açılır.

ve 3b de görüldüğü gibi ucuna özel hazırlanmış ok takılarak açılan çukurun merkezine çakılmak üzere hazırlanır.



Şakil 3(a,b). Nivelman noktasına (Tip 1) çakılacak okun hazırlanması

1 ve 2 m boylarında hazırlanmış çubuklar elektrikli çekiçle 5 dakika süre ile dikey olarak çakılır (Şekil 4 a, 4b). Çakma işleminin başlama ve bitiş süreleri ile çakılan çubuk uzunluğu kaydedilir. Bundan sonra her bir dakika için çakma işlemi 1 dakikada 20 cm girinceye kadar sürdürülür. Bir dakikalık çakma süresinde 20 cm den az gidilebiliyorsa çakma işlemi sonlandırılır. Her bir dakikada ve toplamda çakılan çubuk boyu kaydedilerek ekip şefi ve kontrol elemanı tarafından form imzalanır.



Şekil 4(a,b). Nivelman nokta çubuğunun çakılması ve sonlandırılması

Çakılan çubuk yüzeyden yaklaşık 45 cm aşağıdan elektrikli testere ile kesilir (Şekil 5a). Kesilen uç düzeltildikten sonra uygun bir somun kullanılarak kesilen uca 40 cm lik datum noktası ilave edilir. Datum noktası ile çakılan çubuğun birleşim yeri kaynak makinesi ile ve güçlü yapıştırıcı ile sağlamlaştırılır. Çelik çubuğun düşeyliği kontrol edilir (Şekil 5b).



Şekil 5 (a,b). Nivelman noktasına datum noktasının eklenmesi

Hazırlanmış olan 0.9 m boyunda ve 5 cm çapında PVC boru üzerine datum noktası eklenmiş olan çubuğa geçirilir. PVC borunun yere iyice teması sağlanır ve PVC borunun içine paslanmayı önleyici gres yağı doldurulur (Şekil 6a). PVC boru ile datum noktası arası paslanmaz çelik kapakla şekilde görüldüğü gibi kapatılır (Şekil 6b). Nivelman noktasının düşeyliği kontrol edilerek çukurun tabanına 30 cm yüksekliğinde yüksek dozlu, çabuk

kuruyan çimento dökülerek nivelman noktasının hareketi önlenir.



Şekil 6(a,b). PVC borunun gres yağı ile doldurulması ve kapatılması

PVC boru içine gres doldurularak korumaya alınmış olan nivelman noktası bu kez 15 cm çapında 60 cm boyunda ikinci bir PVC boru ile korumaya alınır. Daha önce hazırlanmış olan nivelman noktası bu kez 15 cm lik PVC borunun ortasına gelecek şekilde yerleştirilir. İki PVC arası hazırlanmış olan ince kumla doldurularak koruyucu kapak geçirilir (Şekil 7a). Dıştaki PVC ile kazılan çukur arasındaki boşluk zemin düzeyine kadar betonla doldurulur. Dıştaki PVC ye takılmış olan kapağın yataylığı da kontrol edilerek çimentonun donması beklenir (Şekil 7b). Bu arada en üstte kalacak nivelman noktasının paslanmaz nokta numarası yazılarak dış kapağa monte edilir Şekil 7c, d). Etrafta çimento ve toprak artıkları düzeltilir.

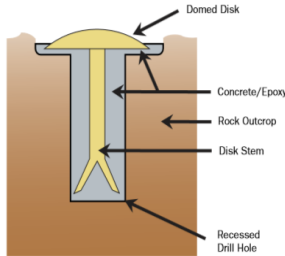


Şekil 7(a,b,c,d). Dış PVC borunun hazırlanması, Dış PVC borunun yerleştirilmesi, Tesis işleminin tamamlanması.

Her nokta için kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde arkada silüet görünecek şekilde ve tepeden kapak üzerindeki nokta numarası okunacak şekilde dijital resimler çekilir. Yapılan işlemin uygunluğu arazideki uygulama ekibi ve kontrol mühendisi tarafından imzalanarak aplikasyon işlemi tamamlanmış

olur. Noktanın keşifteki yeri herhangi bir nedenle değişmişse noktanın yeni koordinatları ve değişim nedeni tutanağa yazılır. Nokta konum bilgilerinin ± 3 m hassasiyetle kaydedilmesi daha sonra dengelemede kullanılacağı için önemlidir. Eğer Fulcrum (URL. 3) türü online yazılım kullanılıyorsa bu işlemlerin hepsi yüksek çözünürlüklü bir cep telefonu ile de gerçekleştirilebilir. Hazırlanmış olan bu verilerle (noktanın konumu, her yönden çekilmiş fotoğrafları, tesis noktasının özellikleri ve konumunu tanımlayan bilgiler) her nokta için nokta tanımlama kartı "Description Card" hazırlanır. NGS bu kartın kendi sitesinde mevcut olan WINDESC yazılımı ile hazırlanmasını önermektedir (URL. 4).

Eğer hat üzerinde tespit edilen mesafelerde ± 200 m yakınlarda büyük kütleli tek parça kaya veya köprü viyadük gibi yüksek dozlu betondan yapılmış bir tesis varsa nivelman noktası bu kütleli uygun yerine 20-25 cm uzunluk ve 3cm çapında karot makinası ile yer açılarak da tesis edilebilir. Açılan karot deliği kuvvetli bir epoksi ile doldurularak Şekil 8 de görülen Tip 2 nivelman noktası, tepesi yüzeyde kalacak şekilde yerine oturtulur.



Şekil 8. Tip 2 nivelman noktası (Simith, 2010)

Bu iki tip kalıcı nokta dışında yine yönetmeliğe göre yaklaşık 1.6 km aralıklarla geçici noktalar (TBM) tesis edilmelidir. Bu noktalar gidiş dönüş nivelman ölçülerinde kullanılmak üzere tesis edilir. Bu amaçla nivelman ekiplerine 10 mm çapında 20-30 cm uzunluğunda ucu sivriltilmiş çelik çubuklar verilir. Bu çubuklar nivelman öncesi bir eleman tarafından mesafeler tekerlekli metrelerle kontrol edilerek çakılabilir.

3. NIVELMAN ÖLÇÜLERİ

Uluslararası ve ulusal DKA'larının NOAA Manual NOS ve Geodetic Levelling and

Federal Geodetic Control Committee Standards and Specifications for Geodetic Control Networks (FGCC) (URL.5) standartlarına göre yürütülmesi öngörülmüştür. Bu standartlar çerçevesinde kullanılacak donam özellikleri ve ölçü yöntemleri kısaca aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Bu şartnameye göre DKA ölçülerinde kullanılacak aletler kompensatörlü veya eğim vidalı nivelolar olmalıdır. Kullanılacak nivelman miraları tek parçalı ve invar mira olmalıdır. Yalnız ikinci derece birinci ve ikinci sınıf noktalar veya ağların ölçüsünde tek ölçekli miralar kullanılabilir. Üçüncü derece ağlar için ahşap veya metal miralar kullanılabilir.

Mira altlığı olarak arazi yumuşak ise çelik dönüş çivisi, arazi sert ise 7 kg lık mira altlığı önerilmektedir. Miralarda bir göz hizasında, diğeri tabanda olmak üzere iki küresel düzeçli olmalıdır gibi standartlar bulunmakta olup DKA' ları için önerilen standartlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Nivelman ölçüleri her ekip beş kişiden oluşan beş ile on ekip tarafından gerçekleştirilmiştir. Projede nivelman ölçüleri ölçme hassasiyeti 0.3 mm/km olan Trimble DI03 sayısal nivo ve tek parçalı bar kodlu Nedo invar miralar ile gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık okumaları için $\pm 0.03^\circ\text{C}$ duyarlıklı üçlü Dostman P755 Dijital termometre seti kullanılmıştır (Şekil 9). Nivo sehpası olarak tek parça sabit bacak uzunluklu sehpa kullanılmıştır.



Şekil 9. P755 Dijital termometre ve termometre seti (Demir ve Yaprak, 2015)

Her sabah ölçüye kolimasyon ölçüleri Kukumaki yöntemi ile kontrol edilerek başlanmaktadır (URL.5). Her aletin günlük kolimasyon değeri dengeleme aşamasında kolimasyon düzeltmesinde kullanılmak üzere

kaydedilmiştir.. 0.05 mm/m sınırını aşan nivo periyodik kalibrasyon dışında kalibrasyona

gönderilmiştir. Şekil 10 da nivelman ölçü ekibi ekipmanları ile birlikte görülmektedir.

Tablo 1. Federal Jeodezik Kontrol Komitesi (FGCC) Jeodezik Kontrol Ağları için standartlar ve koşullar (URL.5)

Derece Sınıf	I		II		III	
	I	II	I	II		
Nivoların özellikleri						
Gözlem ekseninin hassasiyeti	0,25 ‘‘	0,25 ‘‘	0,50 ‘‘	0,50 ‘‘	1,00 ‘‘	
Minimum okuma hassasiyeti (mm)	0,1	0,1	0,5-1,0	1,0	1,0	
Maksimum kolimasyon hatası mm/m	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	
Kolimasyon hatası test minimum aralığı (gün)	1	1	1	1	1	
Maksimum gözlem mesafesi (m)	50	60	60	70	90	
Miraların Özellikleri						
Miranın özelliği	İnvar & Çift ölçekli	İnvar & Çift ölçekli	İnvar & Çift ölçekli/Tek ölçekli	İnvar & Tek ölçekli	Ahşap veya metal	
Mira kalibrasyon aralığı (yıl)	1	1	-	-	-	
Mira düzenci düşey hassasiyeti	10’	10’	10’	10’	10’	
Mira okuma düzeni	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	
Nivelman ölçülerde istenen hassasiyet						
Mira okuma mesafe farkları	Geri-İleri maksimum mesafe farkı (m)	2	5	5	10	10
	Geri-İleri maksimum mesafe farkı	4	10	10	10	10
Maksimum bölüm kapanma hatası (mm)		3√D	4√D	6√D	8√D	12√D
Maksimum loop kapanma hatası (mm)		4√E	5√E	6√E	8√E	12√E

Burada;

D: İki nokta arasındaki mesafeyi (km),

E: Loop mesafesini (km) ifade etmektedir.

Çift Okuma: Nivo kurulup düzeçlendikten sonra geri ve ileri mira okumaları gerçekleştirilir. Daha sonra nivo yerinden kaldırılarak düzeci bozulur. Yeniden düzeçlenerek tekrar geri ve ileri okumalar gerçekleştirilir.

Tek Gidiş: Tek gidiş okumasında nivo iki miranın ortasına kurulur ve düzeçlenir. Geri₁-İleri₁+ İleri₂- Geri₂ okumaları yapılır.



Şekil 10. Nivelman ölçü ekibi ve ekipmanları

Nivelman ölçülerinde FGCC NGS startlarına uyularak aşağıdaki temel kurallar uygulanmıştır.

- Her ileri nivo okumasında refraksiyon ve sıcaklık düzeltmeleri için eşzamanlı olarak yerden (0.5, 1.5 ve 2.5 m) yüksekliklerde üç sıcaklık okuması gerçekleştirilmiştir.
- İleri ve geri okumalar arasında yapılan sıcaklık okumaları dijital olarak kaydedilmiştir.
- Projede kullanılan nivolar altı ay, miralar iki yıl ve sıcaklık ölçerler yıllık kalibrasyon uygulamasına tabi tutulmuştur.
- Nivelman ölçülerinde 0.5-metre altında ve 2.5 m üstünde yapılan mira ölçüleri reddedilmiştir.
- Ölçüler nivoyu güneşin etkisinden korumak için ölçü süresince şemsiye altında yürütülmüştür.
- Nivelman ölçüleri refraksiyon etkisini minimuma indirebilmek için sabah güneşin doğuşundan bir saat sonra başlatılmış ve

güneşin batışına bir saat kala ölçüler sonlandırılmıştır.

- Ölçüler aynı gün gidiş dönüş olacak şekilde çift yönlü olarak gerçekleştirilmiştir.
- Ölçü süresince üçlü termometre setinde $t_{0.5} > t_{1.5} > t_{2.5}$ şartının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir.
- Her ileri veya geri okuma otomatik olarak üç okumanın ortalaması ile elde edilmiştir. Üç okumanın standart sapmasının 0.01 mm sınırında olması istenmiştir.
- Kolimasyon ve küresellik etkisini minimuma indirmek için 50 m den uzak mira okumasına izin verilmemiştir.
- Geri ve ileri okumalar arasındaki mesafe farkını maksimum 5 metre, hatta toplam geri ileri mesafe farklarının 10 m yi geçmemesi kontrol edilmiş, sınırı aşan ölçüler yenilenmiştir.
- Geri ve ileri okumalarda mesafelerin eşit olması için mesafeler tekerlekli metre ile kontrol edilmiştir.
- Mira altlığı olarak 7 kg lık NGS standartlarında küresel altlık kullanılmıştır.
- Miralarda biri göz hizasında diğeri aşağıda olmak üzere iki düzeç kullanılmıştır. Mira düzelerinin maksimum 10' düşey sınırlar içinde olması sağlanmıştır.
- Miraları dik tutabilmek için mekanik düzeçleme aparatı (holder) kullanılmıştır.
- Günlük ölçüler iki nüsha olarak gün sonunda kontrol mühendisine ve merkez ofise kontrol amacı ile gönderilmiştir.
- Günlük ölçülerde $6\sqrt{D}$ ve yukarıda sıralanan sınır değerleri aşan ölçüler varsa yenilenmiştir. Her hatta ait ölçü bittiğinde $6\sqrt{D}$ sınırı ve her loop bittiğinde $6\sqrt{E}$ sınırları kontrol edilmiştir.

Her hattın ölçüsü sonlandıktan sonra ölçüler TRANSLEV yazılımında proses edilmiştir. Bu program, dijital nivelman ölçü verilerini düzenleme, biçimlendirme ve kontrol etmek için NOAA sitesinden serbest erişimli yüklenip kullanılabilen bir programdır (URL 7). Yapılmış olan nivelman ölçülerinin sıcaklık farklılıkları, refraksiyon düzeltmeleri

ve mira düzeltmeleri ve gibi pek çok yerleşik işlev içermektedir. * .lvl dosyalarını ve VERTObs dosyalarını düzenleme rutinleri de yazılıma dahil edilmiştir. https://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtml#Translev sayfasından ulaşabilirsiniz.

Projedeki loopların ölçüleri kontrol edilip loop kapanmalarının hata sınırları içinde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Projeye ilişkin ölçüler ve ön kontrollerin tamamlanmasından sonra ikinci proses aşamasına geçilerek nivelman ölçülerine aşağıdaki düzeltmeler getirilmiştir (URL.2).

- Gravite etkisi veya ortometrik düzeltme
- Mira ölçek düzeltmesi
- Invar mira sıcaklık düzeltmesi
- Refraksiyon düzeltmesi: 6'' hassasiyetle enlem boylam değeri veya yerden 0,5 m ve 2,5 m yüksekliklerden alınan sıcaklık değeri farkları ile
- Manyetik alan ve yer dalgası düzeltmesi
- Kolimasyon hatası
- Yerkaşu hareketi düzeltmesi

Bundan sonraki aşama dengeleme aşamasıdır. Bu çalışmada Ulusal Düşey Kontrol Ağı noktalarının tesisi ve ölçülerin NGS standartlarında yapılmasına ait ana ilkeler uygulama projesinden örnekle açıklanmıştır.

4. DÜZELTMELER VE HESAPLAR

Bu çalışmada sözkonusu olan ağ herbiri 5000 km-7000 km uzunluklarında beş bölgeye bölünmüş olan bir ağı ifade etmektedir. Düşey kontrol ağı doğuda İran Körfezi'nde beş, Kızıldeniz'de yedi olmak üzere toplam oniki adet mereograf istasyonuna bağlanmaktadır. Projenin ilk dört etap geometrik nivelman ölçüleri tamamlanmış, beşinci etap ölçüler ve gravite ölçüleri devam etmektedir. Bu nedenle ağ bütünü ile dengelenmemiştir. Ancak her etapta yapılan ölçülere üçüncü bölümde sözedilmiş olan düzeltmeler getirilerek loop kapanmaları kontrol edilmiştir. Ayrıca her etap bir noktanın ortometrik yüksekliği sabit alınarak dengelenmiş ancak projenin bütünü nihai olarak dengelenmemiştir.

Bu çalışmanın konusu olan düşey kontrol ağı 1154 nokta (BM), 32 güzergah (line) ve 11

kapalı looptan oluşmakta olup yaklaşık 7434 km uzunluğundadır.

Tablo 2. Nivelman ölçülerine getirilen düzeltme değerleri (mm)

Ölçülere getirilen düz.	Min	Max	St. sapma	Ort.
Mira ölçek ve sıcaklık düz.	-0.65	0.96	0.07	0.00
Küresellik düz.	-0.10	0.10	0.02	0.00
Astronomic düz.	-0.25	0.04	0.04	0.04
Refraksiyon düz.	-7.9	9.7	1.08	0.00
Güzergah kapanma hataları *	-8.8	7.7	1.7	-0.46

*gravite düzeltmesi getirilmeden

Bütün looplar Tablo 1 de verilmiş olan sınır değerlerin altında kapanmıştır. Tüm ağ için sistematik hata analizi yapılmış, Lallemand formüllerine göre her güzergah için rastlantısal, sistematik ve toplam hatalar hesaplanmış ve sırası ile 0.65 mm, 0.18 mm ve 0.69 mm olarak hesaplanmıştır. Ortalama sistematik hata ± 0.20 mm/km olarak hesaplanmıştır. Ağın nihai dengelemesi yukarıda açıklanan nedenden dolayı yapılmamıştır.

5. SONUÇ

Bilindiği gibi ülkemizde Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA) tesis çalışmaları 1936 yılında Antalya mareograf ağının kurulması ile başlamış (Şerbetci, 1992), 1970 2002 yılları arasında yaklaşık 26000 noktalı 30000 km uzunluğunda tesis edilerek ölçülmüştür. TUDKA noktalarının büyük bir kısmının (% 63) yol genişletme çalışmaları ve altyapı çalışmaları sonucu tahrip olduğu tesbit edilmiştir. Yer noktaları dışında duvar noktalarının da bilinçli ve bilinçsiz olarak tahrip edildiği saptanmıştır. Ülkemizde 5000 üzerinde GNSS alıcısı kullanılmakta olup mühendislik projelerinin büyük bir kısmı GNSS ölçüleri ile yapılmaktadır. Bugüne kadar yeterli hassasiyette geoid modeli üretilememiş ve mevcut DKA noktaları ile cm duyarlılıkta geoid modeli üretmek mümkün değildir. Mevcut durumda kullanıcıların elde etmiş oldukları geoid ondülasyon değerleri büyük

oranda farklılıklar yaratmaktadır. Bu durumda üç seçenek ortaya çıkmaktadır. Bunlar; mevcut nivelman noktalarının yenilenmesi, geoidin iyileştirilerek bazı nivelman noktalarının yenilenmesi veya sadece geoidin iyileştirilerek düşey datum olarak kullanılmasıdır. Geçen süreç içerisinde yapılan toplantılarda nivelman ağının

yenilenmesine karar verilmiştir. Bu çalışma karar verilmiş olan DKA yenileme çalışmalarına ilave bir katkı sağlayabileceği düşüncesi ile hazırlanmıştır.

Region 3 Final Report. STIT and TAMATA Group. KSA.

TEŞEKKÜR

2013 2015 yılları arasında Proje Yöneticisi olarak görev aldığım Region 3 ve Region 4 projelerinde Proje Danışmanı olarak görev yapan Dr. Coşkun Demir Bey'e, yüklenici firma STIT ve TAMAYA Gruplarına teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Ayhan, M.E., Demir, C. (1992). Türkiye Ulusal Düşey Kontrol (Nivelman) Ağı-1992 (TUDKA-92). Harita Dergisi, Sayı 109
- Demir, C., Cingöz, A., Şerbetçi, M. (1992) Ülke Temel Jeodezik Ağın Tarihçesi, Nirengi, Nivelman ve Gravite Ağları, Harita ve Kadastro Mühendisliği, Sayı: 72 Ankara
- Demir, C. (1999). Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99). HGK İç Rapor No: Jeofniv-02-1999, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Kılıçoğlu, A., Direnç, A., Yıldız, H., Bölme, M., Aktuğ, B., Simav, M., Lenk O. (2011). Regional gravimetric quasigeoid model and transformation surface to national height system for Turkey (THG09), *Studia Geophysica et Geodaetica*, 55, 557578.
- Simav, M., ve dig. (2015). Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2528 Mart 2015, Ankara.
- Simith, C. L. (2010). Bech Mark reset procedures, National Geodetic Survey, Silver Spring MD 20910, September, 2010
- Demir, C. ve Yaprak, S. (2016). Suudi Arabistan Hassas nivelman Ağı projesi Region 3 sonuç raporu.
- Şerbetçi, M., (1992). Ülke Temel Jeodezik Ağın Tarihçesi, Nirengi, Nivelman ve Gravite Ağları, Harita ve Kadastro Mühendisliği, Sayı: 72 Ankara
- Yaprak, S., Demir, C., (2015). Monumentation and Geodetic Precise Leveling Observation for BMs KSA Geodetic Leveling Network

- <http://www.hgk.msb.gov.tr/images/jeodezifaaliyetler/d5a4eb6752402a7.pdf>
- https://www.ngs.noaa.gov/FGCS/tech_pub/1984-stds-specs-geodetic-control-networks.htm
- <http://www.fulcrumapp.com/apps/categories/engineering/>
- https://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtml#WinDesc
- https://www.ngs.noaa.gov/FGCS/tech_pub/1984stds-specs-geodetic-control-networks.htm
- https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/gps-och-matning/geodesi/rapporter_publicationer/rapporter/lantmaterirapport_2014_2.pdf
- https://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtml#Translev

Sentetik Açıklıklı Radar verilerinin Taşkın Çalışmalarında Kullanılması: Berdan Ovası Taşkını

Mehmet Ali AKGÜL^{1*}

¹ Devlet Su İşleri 6.Bölge Müdürlüğü, Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü, Adana
(mali.akgul@dsi.gov.tr) ORCID ID 0000 – 0002 – 5517 - 9576

Öz

Taşkın alanının tespit edilmesi çalışmalarında uzaktan algılama yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Yağışı meydana getiren bulutların taşkın anında ve sonrasında da devam etmesi optik görüntüleme yapan uyduların taşkın alanını tespit etmesinde yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Bu eksiklik ise radar uyduları ile giderilebilmektedir. Bu çalışmada, taşkın alanının tespit edilmesi ve taşkın sürecinin izlenmesi amacıyla SAR (Sythetic Aperture Radar, Sentetik Açıklıklı Radar) uydularından olan Sentinel-1 uydusunun kullanılma olanakları araştırılmıştır.

Çalışma, Aralık 2016-Ocak 2017 tarihleri arasında Mersin ilinde meydana gelen taşkında en çok etkilenen bölgelerden biri olan, Berdan ovasında mevcut eski Aynaz bataklığında yürütülmüştür. Sentinel-1 uydusuna ait, 24.12.2016-28.01.2017 tarihleri arasında bölgeyi kapsayan 12 adet verinin tamamı eşik değeri yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve taşkın kapladığı alanlar hesaplanmıştır. Ayrıca fotogrametrik haritalardan bu çalışma için üretilen sayısal arazi modeli (SAM) yardımıyla çalışma alanının kot-alan-hacim cetveli çıkarılmıştır. Bu grafik ve hesaplanan taşkın alanları yardımı ile uydu verisinin olduğu her gün için taşkın hacimleri ve taşkın kotları üretilmiş ve grafiklendirilmiştir. Çalışmada, taşkın yayılımının en büyük olduğu tarih 05.01.2017 olarak tespit edilmiş, bu tarihte taşkın alanı 715.02 ha ve taşkın hacmi ise 4.23 hm³ olarak bulunmuştur.

Çalışma neticesinde, taşkın anında ve sonrasında mevcut kötü hava şartlarından etkilenmeyen Sentinel-1 uydu verilerinin taşkın çalışmalarında kullanılabilceği sonucunu varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, SAR, Taşkın.

Use of Synthetic Aperture Radar Data in Flood Studies: Berdan Plain Flood

Abstract

Remote sensing methods are frequently used in the studies of determining the flood area. Clouds bringing rain to the flood continue at the moment of flood and afterwards, causes optical saturating satellites to fail to detect the flood area. This deficiency can be eliminated with radar satellites. In this study, the possibilities of using the Sentinel-1 satellite from SAR (Sythetic Aperture Radar) satellites were investigated in order to determine the flood area and monitor the flood process.

The study was carried out in the old Aynaz marsh in Berdan plain which is one of the most affected provinces in Mersin province between December 2016 and January 2017. The areas covered by the flood were calculated by analyzed using threshold method all 12 data from the Sentinel-1 satellite, between December 24, 2016 and January 1, 2017, covering the region. In addition, a level-area-volume chart of the study area was obtained from the photogrammetric maps with the aid of the digital elevation model (SAM) produced for this study. With the aid of this graph and calculated flood areas, flood volumes and flood levels are produced and charted

* Sorumlu Yazar

for each day of satellite data. In the study, the date of the flood spread was found to be the date of 05.01.2017, where the flood area was 715.02 ha and the flood volume was 4.23 hm³.

As a result of the study, Sentinel-1 satellite datas, which are not affected by the current bad weather conditions at the time of flood and afterwards, can be used for flood operations.

Keywords: Remote Sensing, SAR, Flood.

1. GİRİŞ

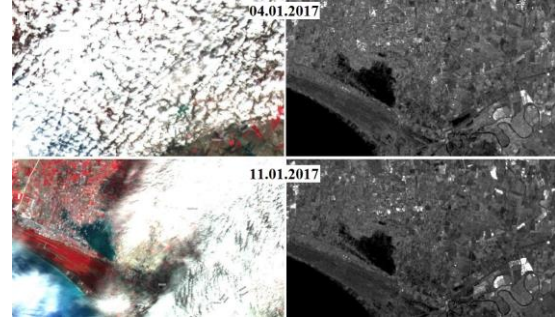
Taşkın, insan ırkının bildiği su kaynaklı en büyük doğal felakettir ve insani, maddi ve ekolojik maliyetleri sürdürülebilir kalkınma için yıkıcı olabilir. Taşkınlar yılda yaklaşık 520 milyon insanı etkilemekte ve 25000 ölümlerle sonuçlanmaktadır. Su kaynaklı diğer felaketlerin yanı sıra, dünya ekonomisine yılda 50-60 milyar dolarlık bir maliyete sahiptir (Teegavarapu, 2012).

Küresel iklim değişikliğinin en büyük etkilerinden olan taşkınların oluş sıklığı ve etkilediği alanların artması taşkın haritalarını önemli hale getirmektedir.

Taşkın alanlarının kapsadığı alanın büyüklüğü, taşkın anındaki hava şartları, taşkın süresinin az olması ve taşkın haritasına duyulan aciliyet sebebiyle yersel ölçümler bu tür çalışmalarda yetersiz kalmakta, bu eksiklik ise uzaktan algılama çalışmaları ile giderilebilmektedir.

Taşkını meydana getiren yağışların taşkın anında ve sonrasında da devam etmesi, bulutluluk konusunda hassas olan optik görüntüleme yapan uyduların kullanılmamasına sebep olmaktadır. Her türlü hava şartında, gece-gündüz görüntüleme yapma yeteneğine sahip radar uyduları, taşkın çalışmalarında optik uyduların eksikliğini kapatabilmektedir. Şekil 1’de Avrupa Uzay Ajansı’na (ESA) ait optik görüntüleme yapan Sentinel-2 uydusu ile Sentinel-1 uydusunun aynı güne ait Aynaz bataklığındaki taşkın durumu görülmektedir.

Çalışmanın yapıldığı 24.12.2016-28.01.2017 tarihleri arasında ücretsiz erişilebilen Landsat - 8 uydusuna ait 6 adet ve Sentinel-2 uydusuna ait 6 adet olmak üzere 12 adet optik uydu verisinin tamamında bulutluluk sorunu olduğu için ayrıca bir doğrulama yapılamamıştır.

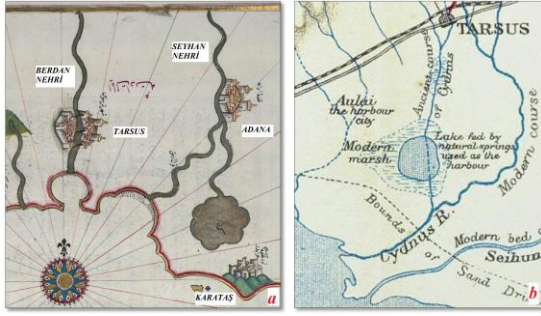


Şekil 1. Sentinel-2 (RGB:843;Sol) ve Sentinel-1 (Sağ)

Clement ve ark. (2017) Aralık 2015-Ocak 2016 tarihlerinde Yorkshire/İngiltere’ de meydana gelen taşkını Sentinel-1 uydu verisinin VH ve VV polarizasyon modlarını kullanarak analiz etmişlerdir. Sentinel-2 uydusuna ait optik görüntüleri kullanarak çalışmayı doğrulamışlardır. Her iki modda da %97 doğruluk bulmalarına rağmen VV modunun VH modundan daha az yanlış sınıflama yaptığını tespit etmişlerdir.

Çotar ve ark. (2016) Slovenya ve yakın çevresindeki su kütlelerini haritalamak için Sentinel-1 uydu verisini kullanarak bir sistem uygulamışlardır. Çalışmalarında su ve karanın ayrılmasında Otsu’ nun eşik değer yöntemini kullanmışlardır. Ayrıca Sentinel-1 uydusunun VV polarizasyon modunun daha güvenilir ve daha doğru sonuçlar verdiğini bulmuşlardır.

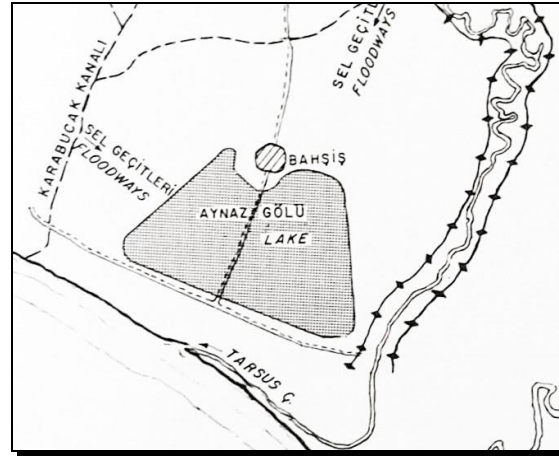
Çalışma alanı tarihsel süreç içerisinde birçok değişim göstermiştir. Eski bir liman kenti olan Tarsus için Piri Reis, Kitab-ı Bahriye’ de deniz kenarından 3 mil (yaklaşık 5.5 km) kadar içeride olduğunu belirtmekte şimdi ise denizden 18 km kadar içeride bulunmaktadır. Ayrıca nehrin ağzında bir boğaz olduğu, bu boğaza sandalların girdiği belirtilmiştir (Piri Reis, 1525;Şekil 2a).



Şekil 2. Piri Reis, 1525 (a), Ramsay, 1903 (b)

Berdan ve Seyhan Nehirlerinin getirdiği alüvyonlar sonucunda bu boğazın deniz ile bağlantısı kesilmiştir. Bu oluşum sırasında Berdan Nehri üzerinde Rhegma adı verilen bir iç göl meydana gelmiş, bu gölü besleyen Berdan Nehrinin yatağının değiştirilmesi sonucunda ise göl kuruyarak Aynaz bataklığına dönüşmüştür (Şekil 2b). Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 1958 yılında başlayan Aynaz bataklığını kurutma çalışmaları 1969 yılında neticelendirilmiş (Resmi Gazete, 1969), bataklık kurutulmuş ve Berdan Ovası sulamasının bir parçası haline getirilmiştir.

Çalışma alanında IECO (International Engineering Company Inc.) firması tarafından 1966 yılında bir rapor hazırlanmıştır. Bu raporda, “bölgede bulunan köylüler tarafından yıl içerisinde arazilerinin 2 m derinliğe kadar taşkın sularıyla istila edildiği bildirilmiştir” denilmektedir (IECO, 1966; Şekil 3). Bu çalışmada ise taşkının en büyük alana ulaştığı 05.01.2017 tarihinde, en derin yerinde 2.39 m olarak hesaplanarak bu bilginin de doğru olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Eski Aynaz Gölü (IECO, 1966)

Bu çalışmada, Sentinel-1 uydu verileri kullanılarak Aralık 2016-Ocak 2017 tarihleri arasında yaşanan Mersin taşkınında en çok etkilenen alanlardan biri olan eski Aynaz bataklığındaki taşkın alanı incelenmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma alanı, Berdan Nehrinin Akdeniz'e döküldüğü yerin batısında, Tarsus ilçesinin ve Berdan Ovasının en güney kısmında bulunan, Aynaz bataklığının kurutulmasıyla oluşan ve yoğun olarak tarım yapılan bir bölgedir (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, 3 Nisan 2014 tarihinde göreve başlayan Sentinel-1A ve 25 Nisan 2016 tarihinde göreve başlayan Sentinel-1B uyduları kullanılmıştır. Sentinel-1 uyduları, Avrupa Komisyonu (EC) ve Avrupa Uzay Ajansı

(ESA)'nın ortak girişimi olan Copernicus programı dahilinde Avrupa Radar Rasathanesi uydularındandır. Daha önce GMES (Global Monitoring for Environment and Security) olarak bilinen Copernicus programı, çevre ve güvenlik ile ilgili bilgi hizmetlerinin uygulanması için geliştirilen bir Avrupa girişimidir (Sentinel-1 Team,2013).

Ana görevleri arasında ormanların, su kaynaklarının, toprakların ve tarımsal alanların izlenmesi, doğal afet durumunda acil durum haritalarının üretilmesi, denizlerdeki çevresel faktörlerin izlenmesi ve iklim değişikliğinin izlenmesi gösterilebilir. SAR, bulut örtüsünün veya aydınlatma eksikliğinin engellediği dalga boylarında çalışma avantajına sahiptir ve tüm hava koşullarında, gece veya gündüz bir yerden veri toplayabilir. Sentinel-1, C-SAR aleti ile güvenilir, tekrarlanan geniş alan izleme imkânı sunar (Sentinel-1 Team,2013).

Sentinel-1 uyduları, farklı çözünürlük ve tarama genişliği olan dört özel modda çalışan C-band (5.405 GHz) görüntüleme özelliğini içerir (Tablo 1).

Tablo 1. Sentinel-1 Görüntüleme Modları (Sentinel-1 Team, 2013)

Mod	Tar. Ge n. (km)	Çözün. (SLC) (m)	Çözün. (GRD) (m)	Polar. (H:Yt V:Dk)
Strip Map (SM)	80	5*5	23*23	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Interferometric Wide Swath (IW)	250	5*20	20*22	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Extra-Wide Swath (EW)	400	20*40	50*50	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Wave-Mode (WM)	20*20	5*5	-	HH, VV

Her modda, Level-0 Raw, Level-1 SLC (Single Look Complex), Level-1 GRD (Ground Range Detected) ve Level-2 OCN (Ocean) olmak üzere 4 ayrı veri üretilmektedir.

Level-1 GRD verisinin tam, yüksek ve orta çözünürlükte üç ayrı modu bulunmaktadır. Bu çözünürlük ve piksel aralığı çok-bakışın

(multi-look) gerçekleştirilen sayısına bağlıdır (Sentinel-1 Team, 2013).

Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü Level-1 GRD verisinin IW modu kullanılmıştır (Tablo 2). Bu veri WGS84 koordinat sisteminde, çok-bakışlandırılmış (multi-looked) ve zemindeki mesafeyi yansıtan, odaklanmış SAR verilerinden oluşur (Sentinel-1 Team, 2013).

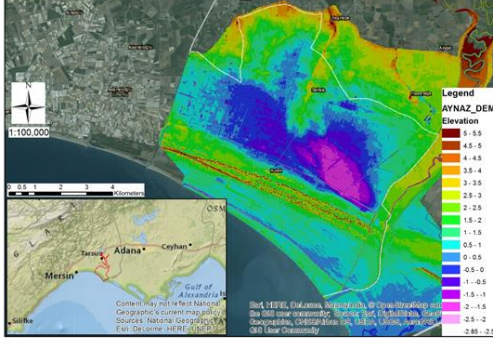
Tablo 2. Yüksek Çözünürlüklü Level-1 GRD Görüntüleme Modları (Sentinel-1 Team, 2013)

Mod	Çözünürlük (m)	Piksel Aralığı (m)	Bakış Sayısı
SM	23*23	10*10	6*6
IW	20*22	10*10	5*1
EW	50*50	25*25	3*1

Her farklı uygulama için Sentinel-1 uydularının farklı modları kullanılmaktadır. Taşkın alanlarının görüntülenmesi için en uygun modlar SM ve IW modlarıdır. SM modu acil durum yönetim eylemlerini desteklemek için yalnızca istisnai durumlarda kullanılmakta olup arazideki uygulamaların çoğunda IW modu kullanılmaktadır (Sentinel-1 Team, 2013).

Çalışmada polarizasyon olarak VV modu kullanılmıştır. VV modu, uydu üzerinde bulunan alıcı ve verici antenlerinin ikisinin de dikey (Vertical) konumlandığı moddur. Yapılan çalışmalarda, SAR verileri ile taşkın alanı tespit çalışmalarında diğer polarizasyon modlarına göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Manjusree ve ark., 2012).

Autocad Civil 3D 2016 programı yardımıyla fotogrametrik yöntemlerle üretilmiş halihazır haritalardan çalışma alanının sayısal arazi modeli (SAM) üretilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Sayısal Arazi Modeli

Yine aynı program içerisinde bulunan Analyze/Design/Stage Storage modülü kullanılarak SAM'nin her bir kotuna karşılık gelen alan ve hacim değerleri hesaplanmıştır (Autodesk Inc., 2016). Çalışma alanının en düşük ve en yüksek kotu arasında 2.39 m gibi düşük bir değer olduğu için alan ve hacim değerleri 10 cm kot aralığında hesaplanmıştır.

Kot, hesaplanan alan ve hacim değerleri kullanılarak kot-alan-hacim cetveli üretilmiştir.

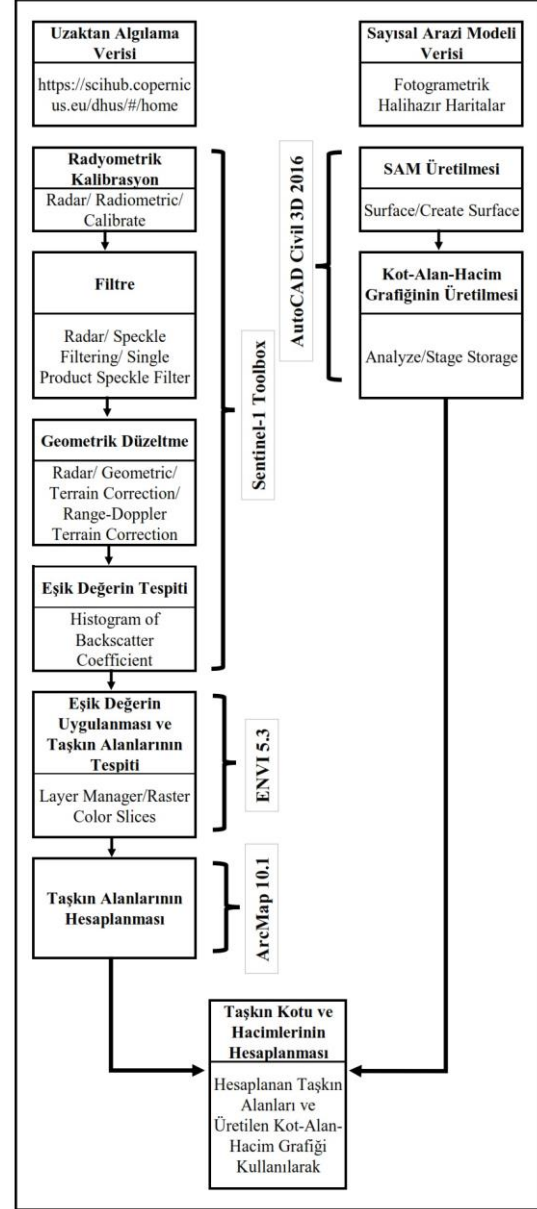
Baraj ve gölet gibi depolamalı su yapılarının planlama, projelendirme ve işletme çalışmaları için çok önemli olan bu cetveller çalışma alanının eski bir göl olması dolayısıyla bu çalışma için de üretilmiş ve kullanılmıştır.

Taşkın alanlarına karşılık gelen kot ve hacimler, kot-alan-hacim cetvelinden enterpole edilerek bulunmuştur.

2.2. Yöntem

SAR verilerinde, optik uzaktan algılama verilerinden farklı olarak, görsel yorumlamada güçlüğüne neden olan benek etkisi, topoğrafik etki ve yüzey pürüzlülüğü etkisi barındırır. Bu nedenle SAR verileri ile çalışmaya başlamadan önce gerekli kalibrasyonun ve düzeltmelerin yapılması şarttır.

Çalışma Şekil 6'da verilen akış diyagramına göre yapılmıştır.



Şekil 6. Çalışmanın Akış Diyagramı

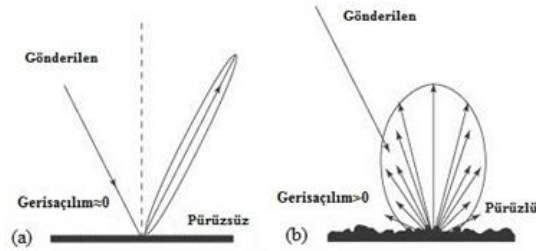
Radyometrik kalibrasyon, farklı sensörlerle elde edilen radar görüntülerinin karşılaştırılması için veya aynı sensörün farklı modlarda üretilmiş, farklı işlemcilerle işlenmiş görüntülerinin karşılaştırılması için gereklidir. SAR görüntülerinin radyometrik kalibrasyonu sonucunda Sigma0 değerleri hesaplanmıştır.

SAR görüntülerinde, sinyale bağımlı olarak benek etkisi oluşur ve bunun giderilmesi için filtre uygulanması gerekir. Çalışmada, cisimlerin kenarlarını, doğrusal özelliklerini, nokta hedefleri ve dokularını koruyarak bu

etkiyi ortadan kaldıran Lee filtresi kullanılmıştır (Lee, 2009).

Geometrik düzeltme ile SAR verisinde meydana gelen geometrik bozulmalar SAM kullanarak düzeltilir ve bir harita projeksiyonlu veri üretilir. Bu çalışmada geometrik düzeltmeler için SRTM3 (USGS, 2006) SAM'i kullanılmış, WGS84-UTM projeksiyonunda veri üretilmiştir.

Aktif bir uzaktan algılama yöntemi olan SAR ile edilen veriler, gönderilen dalgaların cisimlere çarptıktan sonra dönen miktarının uydu tarafından algılanması ile oluşur. Eğer hedef cisim durgun su yüzeyi gibi tam yansıma yapan bir yüzey ise daha az veri geri döneceğinden veya hiç dönmeyeceğinden dolayı bu bölgeler uydu verisinde siyah ve tonları olarak gözlenir (Şekil 7a). Buna karşın toprak yüzeyi ve bitki örtüsü dağınık yansıma yapacağından dolayı daha çok veri geri dönecektir. Bu bölgeler uydu verisinde parlak tonlarda görülürler (Şekil 7b).

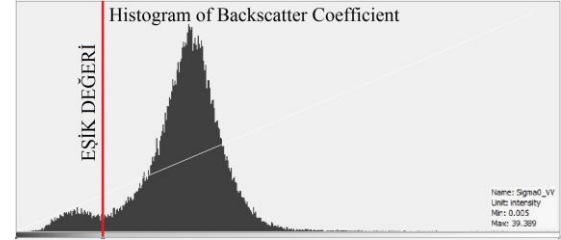


Şekil 7. Pürüzlülük ile Gerisaçılım Arasındaki İlişki (Onstott ve Shuchman, 2004)

Yüzey sularını SAR görüntüleri ile haritalamak için en çok kullanılan yöntem eşik değeri yöntemidir. Bu yöntemde, bir yoğunluk görüntüsünde belirli bir eşik değerinden daha düşük bir geri saçılım katsayısına sahip tüm pikseller su olarak eşleştirilir (Hess ve ark., 1995; Henry ve ark., 2006). Bu teknik, hızlı ve ucuz sonuçlar üretmek için kullanışlıdır (Martinis ve ark., 2009), ancak sadece tam yansıma yapan sakin açık su için uygundur (Pulvirenti ve ark., 2011).

Çalışma sahasının sadece tarım yapılan bir bölge olması, yerleşim yeri veya herhangi bir yapı bulunmaması, taşkın alanıyla karışabilecek az geri saçılım yapan asfalt yol vb. detayların olmamasından dolayı çalışmada eşik değeri yöntemi seçilmiştir.

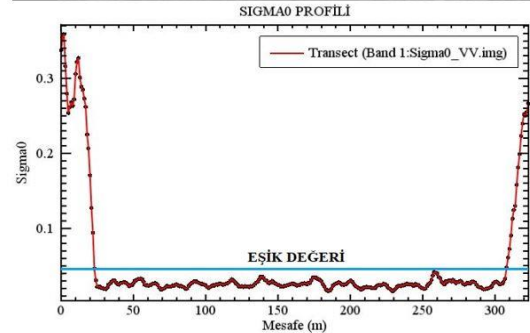
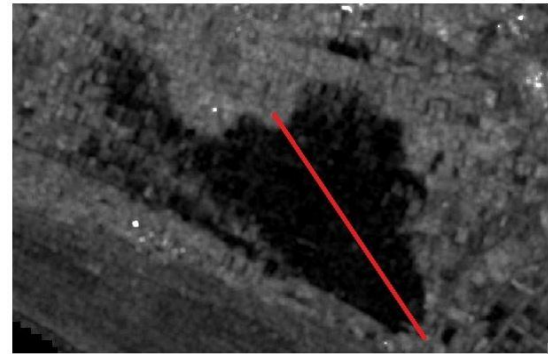
Her bir Sigma0 görüntüsünün geri saçılım katsayılarına ait histogramları hazırlanmıştır. Çift tepe noktasına sahip bu histogramlar üzerinde düşük olan taşkın alanını, yüksek olan ise taşkın olmayan alanı göstermektedir (Şekil 8).



Şekil 8. 05.01.2017 Tarihli Görüntüye ait Gerisaçılım Katsayılarının Histogramı ve Eşik Değeri

Histogram üzerinde bu iki tepe arasında kalan ve eşik değeri olarak alınan geri saçılım katsayısı değeri Otsu metoduna (Otsu, 1979) dayalı gri-seviye histogram analizi kullanılarak her bir görüntü için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Ayrıca Sigma0 görüntüsü üzerinde taşkın alanı ve taşkından etkilenmeyen alanı kapsayacak şekilde profil alınmış eşik değerinin doğruluğu bu profil üzerinde de kontrol edilmiştir (Şekil 9).

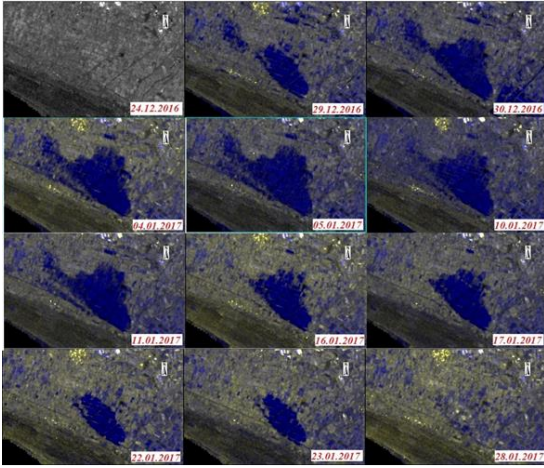


Şekil 9. 05.01.2017 Tarihli Görüntüye ait Sigma0 Profili ve Eşik Değeri

Eşik değer bulunduktan sonra her bir uydu görüntüsüne uygulanarak taşkından etkilenen alanlar tespit edilmiştir.

3. BULGULAR

Taşkın başlamadan önce ve taşkın sona erdikten sonraki zaman aralığında mevcut 12 adet Sentinel-1 uydu verisinin tamamı analiz edilmiştir (Şekil 10). Çalışmada, Sentinel-1 uydusunun IW modunda, yüksek çözünürlüklü, Level-1 GRD seviyesindeki VV verileri kullanılmıştır. Veriler analiz edilmeden önce gerekli radyometrik kalibrasyon ve geometrik düzeltmeler Sentinel-1 toolbox programı (ESA, 2015), taşkın alanının tespit edilmesi için ise ENVI 5.3 yazılımı (Canty, 2014) kullanılmıştır.



Şekil 10. Taşkın Alanı Zamansal Değişimi

Taşkın alanları ve hazırlanan kot-alan-hacim cetvellerinden enterpole edilerek hesaplanan taşkın kotları ve hacimleri Tablo 3'de verilmiştir.

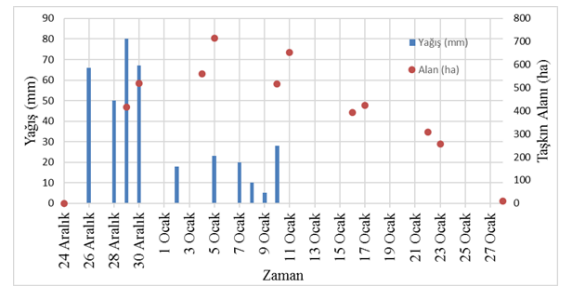
Tablo 3. Taşkın Alanı, Kotu ve Hacmi

Tarih	Alan (ha)	Kot (m)	Hacim (hm ³)
24.12.2016	0	-2.85	0
29.12.2016	417.16	-0.87	2.13
30.12.2016	519.58	-0.71	2.84
04.01.2017	559.98	-0.65	3.12

Tarih	Alan (ha)	Kot (m)	Hacim (hm ³)
05.01.2017	715.02	-0.46	4.23
10.01.2017	516.81	-0.72	2.82
11.01.2017	652.78	-0.51	3.76
16.01.2017	391.79	-0.91	1.96
17.01.2017	423.15	-0.86	2.17
22.01.2017	308.95	-1.06	1.38
23.01.2017	257.63	-1.21	1.02
28.01.2017	9.86	-2.17	0.02

Taşkın, 05.01.2017 tarihinde 4.23 hm³ taşkın hacmi ile en büyük değerini almıştır. Bu değer birçok göletten daha büyük bir değerdir. Örneğin çalışma alanının 35 km kuzeyinde yer alan ve yapımı devam eden 983 ha alanı sulayacak olan Tarsus Karaevli göletinin 4.17 hm³ aktif depolama hacmine sahip olacağı düşünüldüğünde taşkın boyutu ve büyüklüğü daha iyi anlaşılmaktadır (DSİ, 2016).

Taşkın alanı ile yağış olan günler ve miktarı arasındaki ilişki Şekil 11'de gösterilmiştir. Yağış değerleri çalışma alanının 20 km kuzeyinde yer alan Berdan barajında mevcut bulunan Berdan MGİ' den (Meteoroloji Gözlem İstasyonu) alınmıştır.



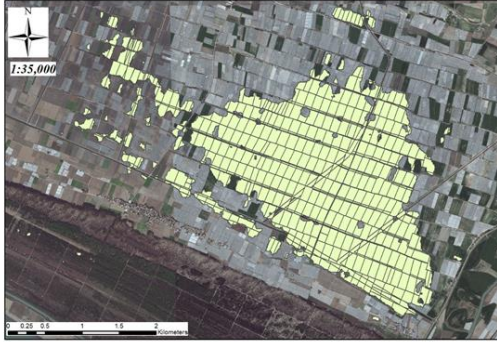
Şekil 11. Taşkın Alanı Büyüklüğü-Yağış İlişkisi Grafiği

Yağış olan gün veya ertesi gün taşkın alanının arttığı görülmektedir. 10 Ocak tarihinden sonra yağış kesilmiş, taşkın alanı da buna istinaden azalmış 28 Ocak tarihinde ise bitmiştir.

29, 30 Aralık ve 10 Ocak tarihlerinde yağış devam ederken dahi uydu verisi mevcuttur. Özellikle 29 Aralık tarihinde 80 mm ve 30

Aralık tarihinde 67 mm gibi yoğun yağışlarda taşkın alanında bulunmak bile tehlike arz ederken taşkın alanının ve taşkın hacminin tahmin edilebilmesi çok zordur. Taşkın devam ederken, taşkın biriktiği yerin ve taşkın büyümesine neden olan engellerin tespit edilmesi, karar vericiler tarafından taşkın zararının azaltılması açısından çok önemlidir.

Ayrıca bu çalışma kapsamında, taşkın sonrasında oluşan zararın da tespit edilmesine çalışılmıştır. Bunun için sayısal kadastro verileri ile taşkın en büyük alana ulaştığı 05.01.2017 tarihindeki taşkın sınırı verisi kullanılarak, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında kaç adet parselin taşkından etkilendiği hesaplanmıştır. Taşkından kısmen veya tamamen etkilenen parsel sayısı 1004 adet olmasına rağmen bunun sadece 578 âdetinin tarla niteliğinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Taşkından etkilenen Parseller

Taşkından kısmen veya tamamen etkilenen parsellerin tapu kayıtlarında belirtilen cinslerine göre, parsel sayısı ve parsel alanları toplamı ise Tablo 4’de verilmektedir.

Tablo 4. Taşkından etkilenen Parsellerin İstatistikleri

Parsel Cinsi	Parsel Sayısı	Parsel Alanı (ha)
Tarla	578	605.50
Kanal	364	74.10
Boş (Tanımsız)	55	44.41
Orman	3	0.63
Mera	1	0.12
Hevkere	3	0.04

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Taşkından etkilenen alanların öncelikle taşkın devam ederken haritalanabilmesi, kurtarma çalışmalarında veya taşkını bertaraf etme çalışmalarında, karar merciinin önceliği belirlemesi açısından önemli bilgiler içerebilir. Fakat taşkın anında kötü hava koşullarının devam etmesi, taşkın alanının yersel, İnsansız Hava Aracı (İHA) ve optik uzaktan algılama yapan uydularla haritalanmasını imkânsız hale getirmektedir.

Bu çalışmada, her türlü hava şartında ve gündüz algılama yapabilen SAR uydularının taşkın alanı belirleme çalışmalarında kullanılabileceği saptanmıştır.

Ayrıca taşkın alanına ait SAM verisi olması halinde taşkın anında taşkın hacmi ve taşkın kotunun, sayısal kadastro verisi olması halinde ise taşkından sonra oluşan taşkın zararının da tespit edilebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Autodesk Inc. (2016). Autodesk Autocad Civil 3D 2016 Help, <http://help.autodesk.com/view/CIV3D/2016/ENU>.
- Canty, J.M. (2014). Image Analysis, Classification and Change Detection in Remote Sensing, with Algorithms for ENVI/IDL and Python, Third Edition. CRC Press.
- Clement, M.A., Kilsby, C.G., Moore, P. (2017). Multi-temporal synthetic aperture radar flood mapping using change detection: Journal of Flood Risk Management. DOI: 10.1111/jfr3.12303.
- Çotar, K., Oştir, K., Kokalj, Ž. (2016). Radar Satellite Imagery and Automatic Detection of Water Bodies. Geodetski glasnik, 50(47), 5-15.
- DSİ (2016). <http://www.dsi.gov.tr/haberler/2016/04/20>.
- ESA (2015). Sentinel-1 Toolbox: SAR Basics Tutorial, Array Systems Computing Inc.
- Henry, J.B., Chastanet, P., Fellah, K., Desnos, Y.L. (2006). Envisat multi-polarized ASAR data for flood mapping, Int. J. Remote Sens., 27, 1921–1929.
- Hess, L.L., Melack, J.M., Filoso, S.; Wang, Y. (1995). Delineation of inundated area and vegetation along the Amazon floodplain with the SIR-C synthetic aperture radar, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 33, 896–904.

- IECO (1966). Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Ceyhan Havzası Projeleri, Seyhan Havzası Projeleri, Berdan Projesi, Develi Projesi, Amik Projesi, Master Plan Raporu, International Engineering Company Inc., 74 New Montgomery St. San Francisco, California, USA.
- Lee, J.S. (2009). Improved Sigma Filter for Speckle Filtering of SAR Imagery, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 47, No. 1, 202-213.
- Manjusree, P., Kumar, L.P., Bhatt, C.M., Rao, G.S., Bhanumurthy, V. (2012). Optimization of Threshold Ranges for Rapid Flood Inundation Mapping by Evaluating Backscatter Profiles of High Incidence Angle SAR Images International Journal of Disaster Risk Science, 3, 113-122. <https://doi.org/10.1007/s13753-012-0011-5>.
- Martinis, S., Twele, A., Voigt, S. (2009). Towards operational near real-time flood detection using a split-based automatic thresholding procedure on high resolution TerraSAR-X data, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 303–314.
- Onstott, R.G., Shuchman, R.A. (2004). SAR measurements of sea ice. Chapter 3, pages 81–115 in Synthetic Aperture Radar. Marine User's Manual, edited by C. R. Jackson and J. R. Apel. Washington, D.C.: National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Otsu, N. (1979). A threshold selection algorithm from gray-level histograms, IEEE Trans. Syst. Man Cybern., vol. SMC-9, no. 1, pp. 62–66.
- Piri Reis (1525). Kitab-ı bahriye.
- Pulvirenti, L., Pierdicca, N., Chini, M., Guerriero, L. (2011). An algorithm for operational flood mapping using Synthetic Aperture Radar (SAR) using fuzzy logic, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 529–540.
- Ramsay, W.M. (1903). Cilicia, Taurus, and the great Taurus Pass The Geographical Journal 22, 357-413.
- Resmi Gazete (1969). 25 Nisan 1969/13183, Sayfa 6.
- Sentinel-1 Team (2013). Sentinel-1 User Handbook. European Space Agency (ESA), Reference GMES-S1OP-EOPG-TN-13-000. P:80.
- Teegavarapu, R. (2012). Floods in a Changing Climate: Extreme Precipitation, International Hydrology Series, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- USGS (2006). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Finished 3-arc second, SRTM Format Documentation, Available online at:<http://edc.usgs.gov/products/elevation/srt>mbil.html (accessed 01/08/2006). USGS. EROS Data Center: <http://edc.usgs.gov/>.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İle İlçeler Düzeyinde Kırsallık Kademelerinin Hazırlanmasına Yönelik Bir Yöntem Önerisi

Çiğdem ÇÖREK ÖZTAŞ^{1*}, Şule KARAASLAN²

¹Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara
(cigdemcorek@hotmail.com) ORCID ID 0000-0001-7744-2323

²Gelişim Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul
(hskaraaslan@gelisim.edu.tr) 0000-0003-0149-9790

Öz

Kentsel ve kırsal alanlarda ortaya çıkan değişiklikleri anlama, takip etme ve planlama çabalarının bir sonucu olarak özellikle 2000 li yıllarla birlikte Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. CBS çeşitli verilerin bütünleştirilmesini ve planlamasını sağlayarak kentsel ve kırsal alanların sınıflandırılması ve planlanması aşamalarında önemli bir araç işlevi görebilir. Bu çalışmanın da konusu olan kırsal alanlar üzerinde baskı gün geçtikçe artmakta, kır ve kırsal alan sınıflandırmaları da değişikliğe uğramaktadır. Türkiye’de genel eğilime ek olarak 2012 yılında yürürlüğe giren 6360 Sayılı Kanun ile birlikte, yerel yönetim sistemi köklü değişimlere sahne olmuştur. Kanun’la büyükşehir belediyesi sayısı 30’a çıkarılmış, büyükşehir belediyelerinde köy tüzel kişiliklerine son verilmiş, köyler mahalle statüsü kazanarak kent sınıflandırması altında tanımlanmış; kır-kent ayrımı ortadan kaldırılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, büyükşehirler içerisindeki her bir yerleşimin yeknesak bir bütün olmadığı; içerisinde kentsel alanlar ve farklı düzeylerde kırsal alanlar barındırdığı ilçe düzeyinde ortaya konmaktadır. Bu çalışma, 30 büyükşehir kapsamında ve 519 ilçede ilk kez ilçe düzeyinde verilerle, yerleşimlerin farklı niteliklerini ortaya koymak üzere Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz çalışması gerçekleştirilmiş öncü bir çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Büyükşehir Belediyeleri, Kırsal Alan.

A Methodology Proposal To The Preparation Of Levels Of Rurality in District Level By Using Geographical Information Systems (GIS)

Abstract

Geographic Information System (GIS) technology has begun to be used as a result of efforts to understand, track and plan changes in urban and rural areas, especially in 2000s. GIS can serve as an important tool in the classification and planning of urban and rural areas by providing integration and planning of various data. The pressure on the rural areas, which is also the subject of this study, is increasing day by day, and the rural and rural area classifications are also changing. In addition to the general tendency, the local administrative system in Turkey has undergone through drastic changes along with Law no 6360 on the establishment of fourteen new metropolitan municipalities, which entered into force in 2012. With the law, the number of the metropolitan municipalities raised to 30 and all the rural areas in 30 metropolitan municipalities have the status of urban, eliminating the rural-urban distinction. For this reason, this study is about how to classify rurality in metropolitan municipalities. In the study, analyses were made in 30 metropolitan cities and 519 districts in these metropolitan municipalities using geographical information systems (GIS).

Anahtar Kelimeler: Geographical Information Systems, Metropolitan Municipalities, Rural Area..

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemi, grafik ve grafik olmayan verilerin coğrafi koşullar gözetilerek elde edilmesi, depolanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir. CBS bünyesinde, coğrafi veri tabanı, yazılım, donanım, personel, standartlar ve yöntemler gibi bileşenleri kapsar. Bu özelliklerinden dolayı CBS, tüm dünyada çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. CBS, farklı ölçeklerde, farklı projeksiyonlardaki haritaların üretiminin yanı sıra, bu haritaların kullanımına yönelik bir analiz sistemi sunduğu için sadece harita üreten bir program olarak değerlendirilmemelidir. Sistemin en büyük avantajı ise, harita üzerindeki grafik bilgilerin, birbirleri ile veya kriterler bazında, mekansal ve mantıksal ilişkilerini sunmasıdır (Aydal, 2012). CBS’de katman mantığı ile çalışıldığı için aynı anda çok farklı konular arasında bağlantı kurulabilmektedir. Bu nedenle bağlantı kurulan konular arasında sorgulama yapılabilmekte, haritalar aynı ekranda görüntülenebilmekte ve katmanların birbiriyle olan ilişkileri sorgulanabilmektedir (Yomralıoğlu, 2009). Bunların yanında, CBS sistemleri kullanılarak, mekânsal verinin analizi, gösterimi, çok geniş ölçekteki karmaşık verilerin yönetimi, mekânsal verinin nitel ve doğal olarak ifade edilmesi mümkündür (Elwood, 2010).

Son dönemde, toplumda yaşayan bireylerin yaşam standartlarını artırmak amacıyla özellikle planlama ve yönetim süreçlerinde CBS’nin etkin kullanımına odaklanılmaktadır (Drucker, 2012).

CBS analizleri kullanılarak elde edilen alan kullanım verilerinin nitelik ve niceliğindeki değişimlerin kullanımı da, sürdürülebilir alan kullanım hedeflerine ulaşılmasında öne çıkan önemli araçlardan birisidir (Özyavuz, 2011).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yaşanan bu gelişmeler, sayısal haritaların kullanım alanını ve oranını giderek arttırmış ve CBS’nin son yüzyılın en önemli bilgi teknolojisi araçlarından birisi olarak tanımlanmasına

neden olmuştur. Bu durum, CBS’nin pek çok kurum ve kuruluş tarafından kullanılmasını sağlamıştır. Çok sayıda veri ve bilginin yönetimi, analizi, sayısallaştırılması ve görselleştirilmesi gibi çok önemli araçlar barındıran CBS bu yönüyle konum verilerinin kullanıldığı pek çok planlama çalışmasında da analiz sürecine dahil edilmektedir (Agapiou vd., 2015).

Türkiye’de de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nda yer alan Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü bünyesinde bu konuda çalışmalar yürütülmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın yetkili olduğu çevre düzeni planlarının hazırlanmasında CBS teknolojileri kullanılmaktadır. Bunun yanında, Kalkınma Bakanlığı ve kalkınma ajanslarınca hazırlanan bölge planlarında ve ilgili belediyeler tarafından hazırlanan ulaştırma master planları gibi üst ölçek planlarda da CBS teknolojilerinden yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada ise 30 büyükşehir belediyesinde yer alan 519 ilçenin kırsallık kademelenmesini tespit etme sürecinde coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmıştır.

Türkiye’de dünyadaki gelişme eğilimine paralel olarak 1950’lerden başlayan hızlı bir kentleşme süreci yaşanmıştır. 1980’lere kadar kentli nüfus artışı kırsal nüfusu azınlığa düşürmüştü, sonrasında ise toplam nüfus içindeki kentsel nüfus oranı giderek artmıştır. 2012 yılında yürürlüğe giren 6360 sayılı “On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile Büyükşehir Belediyelerinde köylerin mahalle statüsü kazanması neticesinde ise kentsel nüfus oranı %92’ye ulaşmış, böylece kentsel alanların kırsal alanlar üzerindeki baskısı giderek artmıştır. Kanunla birlikte, Büyükşehir olmayan 51 ilde, nüfusu 2.000 kişinin altındaki belde belediyelerinin tüzel kişiliğine son verilmekte, 30 büyükşehirde toplam 10.243.502 kişilik köy halkının anayasal güvenceleri sona ermektedir. Yasadaki değişikliklerle birlikte ilçeler ve köyler büyükşehir belediyesi sınırları içinde kalmış ve

tüm il kentsel alan olarak kabul edilmiş, kırsal ayrımı ise kaldırılmıştır (6360 Sayılı Kanun, Md.1, 2012).

Yeni durumda, statüsü kent olan ancak karakteri kırsal özellikler gösteren bir yapılanma biçimi ortaya çıkmıştır. Bu yeni düzenleme ile birlikte büyükşehirlerde mekânsal özellikler açısından her bir alanın aynı kabul edilmesi, kentsel ve kırsal alanlar için pek çok sorunu da beraberinde getirmektedir.

Mevcut durumda, mahalle statüsü kazanmış eski kırsal alanların sınıflandırılmasına ve planlamasına dair mevcut imar mevzuatı ve planlama pratiği yetersiz ve belirsiz kalmaktadır. Gerek 3194 Sayılı İmar Kanunu gerekse Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği kent statüsü kazanan kırsal alanların farklı niteliklerini gözardı ederek bu alanların planlamasına dair herhangi bir çözüm önerisi geliştirmemiştir.

2014-2018 yıllarını kapsayan X. Beş Yıllık Kalkınma Planında “kırsal alan tanımı revize edilecek, temel nitelikteki ulusal verilerin kır-kent ve il bazında yayımlanması sağlanacaktır ifadesine yer verilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2013). 2014-2020 yıllarını kapsayan ikinci Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisinde de mahalle statüsü kazanan köyler ve beldeler nedeniyle ülke geneli için yeni bir kırsal tanımı getirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015).

Bu plan ve stratejilerden de görüleceği gibi, Türkiye’de büyükşehir belediyelerinde kırsal alanine belirlenmesine ve tanımlanmasına dair bir boşluk bulunmakta ve bu konuya yönelik yeni bir yaklaşım arayışı bulunmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada, büyükşehirler içerisindeki her bir yerleşimin yeknesak bir bütün olmadığı; içerisinde kentsel alanlar ve farklı düzeylerde kırsal alanlar barındırdığı ortaya koymak; kanunun yarattığı bu tanımsızlığı gidermek ve kentsel/kırsal sınıflandırmasının nasıl yapılabileceğine dair

yön göstermek amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak bir analiz süreci takip edilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. İlgili Kaynaklardan Verilerin Temini

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile ilçeler düzeyinde kırsallık kademelerinin hazırlanması sürecinin ilk aşamasını veri temini süreci oluşturmaktadır. Büyükşehir belediyeleri bütününde yer alan yerleşimlerin karakter farklılıklarını ortaya koyabilmek için öncelikle 30 büyükşehir belediyesinde yer alan toplam 519 ilçeye dair:

- Nüfus,
- Nüfus yoğunluğu,
- Kırsal nüfus oranı,
- Tarımda çalışan kişi oranı,
- İl merkezlerine kara yolu mesafesi, verileri ilgili kurumlardan temin edilmiştir.

2015 yılına ait nüfus verileri, TÜİK Merkezi Dağıtım Sisteminden ilçe düzeyinde temin edilmiştir. Daha sonra nüfus verilerinin ilçe yüz ölçümlerine oranı bulunarak ilçe nüfus yoğunlukları hesaplanmış ve çeşitli kaymakamlık sitelerinde yayınlanan ilçe nüfus yoğunlukları ile karşılaştırma yapılarak verilerin güvenilirliği test edilmiştir. İlçe yüz ölçümleri ise Harita Genel Komutanlığı İlçe Alan Verilerinden elde edilmiştir.

2012 yılında 6360 Sayılı Kanunun yürürlüğe girmesiyle birlikte nüfus verileri hesaplanırken kırsal nüfus ve kentsel nüfus ayrımı yapılmamaktadır. Bu çalışmada kentsel nüfusa oranının hesaplanması çalışma açısından önem arz ettiği için, kırsal nüfus oranı verisinin temini sürecinde kırsal nüfusun en son hesaplandığı yıl olan TÜİK 2012 nüfus verileri kullanılmıştır. İlçelerin kırsal nüfus oranlarını bulmak amacıyla her bir büyükşehirde yer alan ilçelere dair kırsal nüfus ve toplam nüfusları bir tablo haline getirilmiş ve buradan kırsal nüfusun toplam nüfusa oranı bulunmuştur. Bu veriler temin edilirken de yine nüfus verilerinin çevrim içi olarak yayımlandığı TÜİK Merkezi Dağıtım Sistemi kullanılmıştır.

Tarımda çalışan kişi oranı da analiz sürecinde kullanılan bir diğer değişkendir. Bu değişken ise Sosyal Güvenlik Kurumu Sigorta Primleri Genel Müdürlüğü Risk Yönetimi ve Proje Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Tarımda çalışan kişi alt kırılımlarını ise,

- NACE-A-01-bitkisel ve hayvansal üretim/avcılık,
- NACE-A-02-ormancılık ve A-03 balıkçılık,
- NACE-Su ürünlerine kayıtlı çalışan sayısı,
- İlçelerde kayıtlı toplam çalışan sayısı oluşturmaktadır.

Analizlerde kullanılan bir diğer değişken ise il merkezlerine olan karayolu mesafesidir. İlçelerin il merkezlerine uzaklıkları değişkenine ulaşmak amacıyla, "Karayolları Genel Müdürlüğü'ne ait İlçelerin İl Merkezine Olan Karayolu Uzaklıkları" verisi kullanılmıştır.

Son olarak, verilerin mekânsallaştırılması aşamasında kullanılmak üzere Türkiye'de yer alan illere ve ilçelere dair koordinatlı güncel konumsal veriler Kalkınma Bakanlığı'ndan temin edilmiştir.

Değişkenlerin, coğrafi bilgi sistemleri ortamında analiz edilebilmesi için, illere ve ilçelere dair veri tabanının yer aldığı Arc Map haritasıyla eşlenecek bir excell dosya hazırlanmış; sonrasında oluşturulacak katmanlara göre bu excell dosyası ayrıştırılmıştır. Bu dosyada, harita veri tabanında bulunan ve bu altlık veri ile eşleşmesini sağlayacak olan her bir ilçenin:

- ID (kimlik) numaralarına,
- 30 büyükşehir belediyesi isimlerine,
- 519 ilçe ismine,
- İlçelerin 2015 nüfuslarına,
- İlçelerin 2012 yılı kırsal nüfus oranlarına,
- 2015 yılı tarımda çalışan kişi oranlarına,

- İlçelerin merkeze olan karayolu mesafelerine,
 - İlçelerin 2015 nüfus yoğunluklarına,
- Yer verilmiştir.

2.2. Sözel Verilerin Vektör Veriler ile İlişkilendirilmesi

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile ilçeler düzeyinde kırsallık kademelerinin hazırlanması sürecinin ikinci aşamasında, temin edilen veriler Arcgis sistemine aktararak sözel veriler vektör veriler ile ilişkilendirilmiştir. Bu aşamada izlenen yöntem şu şekilde açıklanabilir:

Öncelikle her bir verinin yer aldığı excel dosyaları join (birleştir) ve relate (ilişkilendir) komutları kullanılarak konumsal verilerle eşleştirilmiştir.

Bu aşama sonrasında Arcmap arayüzü açılmış ve add data (veri ekle) komutu kullanılarak önce ilçe ana verisi, sonrasında ise aynı işlem uygulanarak il sınırları verisi Arcmap ortamına eklenmiştir.

Arcmap ortamında sadece koordinat tabanlı olan ilçelere verilerin eklenmesi amacıyla ilçe katmanına sağ tıklanarak join (birleştir) ve relate (ilişkilendir) komutları birlikte kullanılmıştır. Böylece ilçe sözel verileri ile vektör veriler ilişkilendirilmiştir. Bu işlem nüfus, nüfus yoğunluğu, kırsal nüfus oranı, tarımsa istihdam oranı, merkeze karayolu mesafesi verileri için ayrı ayrı yapılmış ve oluşturulan her katman, ilişkilendirilen verinin türüyle isimlendirilmiştir.

2.2.1. Nüfus Verisi

Bu bölümde, TÜİK Merkezi Dağıtım Sisteminde yayınlanan 2015 yılı ilçe nüfus büyüklük verileri 30 büyükşehir belediyesinde yer alan 519 ilçe düzeyinde işlenmiş ve haritalanmıştır (ADNKS, 2015).

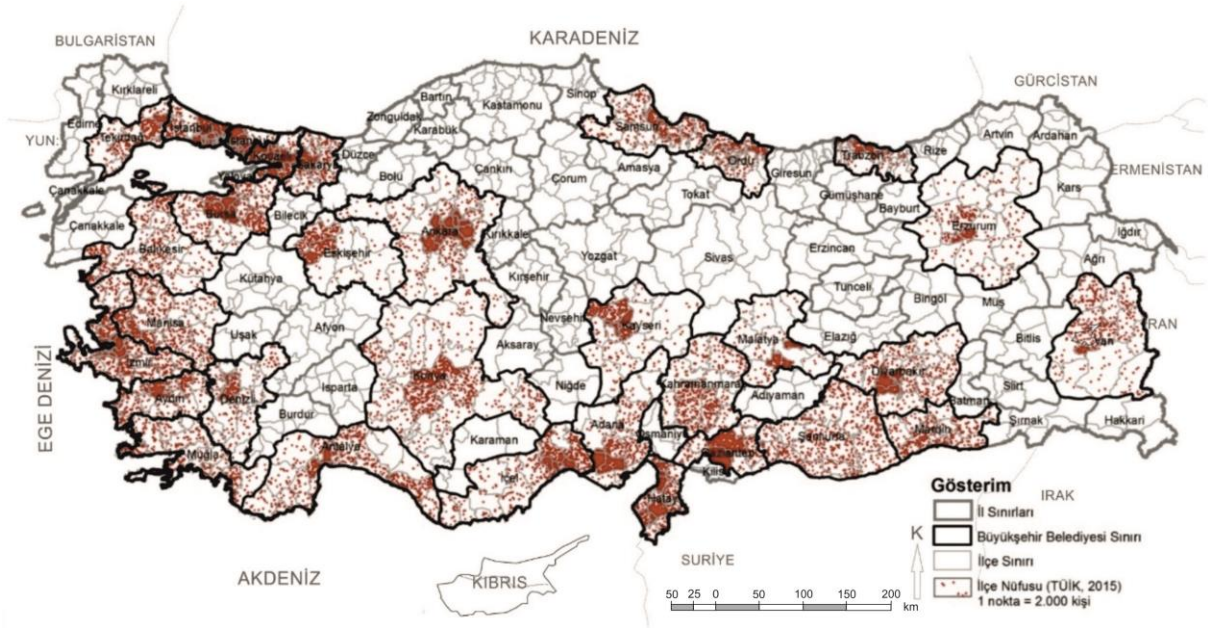
Bu aşamada Arcgis ortamında oluşturulan altlık harita kullanılarak; bu haritaya 2015 yılı ilçe nüfus bilgileri verisi eşleştirilmesi ile sonuca varılmıştır. Arcmap ortamında sadece koordinat tabanlı olan ilçe verilerine, ilçe katmanına sağ tıklanarak ve join (birleştir) ve relate (ilişkilendir) komutları birlikte kullanılarak ilçelerin sözel verileri vektörel veriler ile ilişkilendirilmiştir. Çıkan ekrandan ilgili dosya seçilmiştir.

Verinin doğru ilçe ile eşleşmesinin sağlanması için excel dosyasında nüfus bilgisi yanında yer alan ve her bir ilçe için oluşturulmuş olan, ilçelerin kimlik numaraları olarak da adlandırılabilir ID (kimlik) numaraları ile

Arcmap dosyasının yine her bir ilçe için atadığı OBJECTID eşleşmesi sağlanmıştır.

Validate Join (doğrulama) komutu kullanılarak verilerin eşleştiğinden emin olunmuştur.

İlçelerle eşleştirilmiş olan veriler, haritada gösterilmek üzere sınıflandırılmıştır. Bu kısımda, Arcmap dosyasına eklenmiş olan ilçe nüfus verisi katmanına sağ tıklanarak layer properties (katman özellikleri) özelliği açılmış ve buradan symbology (semboloji) > Quantities (nicelik)>dot density (nokta yoğunluğu) komutları seçilerek ve her bir nokta 2000 kişiyi temsil edecek şekilde düzenlenmiştir.



Şekil.1. 2015 Nüfus büyüklüğüne göre nokta yığılma haritası, (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

2.2.2. Nüfus Yoğunluğu Verisi

Türkiye yerleşim yapısını daha iyi yansıtması ve Türkiye'nin de bir Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyesi ülke olması

sebebiyle burada OECD kırsal/kentsel ayrımında kullanılan kriter olan 150 kişi/km² değeri değerlendirmeye alınarak bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. OECD'ye göre yerleşimin 150 kişi/km² yoğunluk değerinin üzerinde olma durumu kentsel alan;

altında kalma durumu ise kırsal alanı ifade etmektedir (OECD, 2006).

Verilerin temini sürecinin ardından (TÜİK, 2015-Harita Genel Komutanlığı İlçe Alan Verisi) her bir ilçeye atanan kimlik (ID) numaralarını da içeren bir excel dosyası hazırlanmıştır. Daha sonra Arcmap arayüzü açılmış; add data (veri ekle) komutu kullanılarak ilçe ana verisi Arcmap ortamına eklenmiştir. 2015 yılı ilçe nüfus yoğunluğu verisi, Arcmap ortamında oluşturulan ilçe OECD katmanı ile eşleştirilmek için, bu katmana sağ tıklayarak ve join (birleştir)-relate (ilişkilendir) komutları kullanılmıştır.

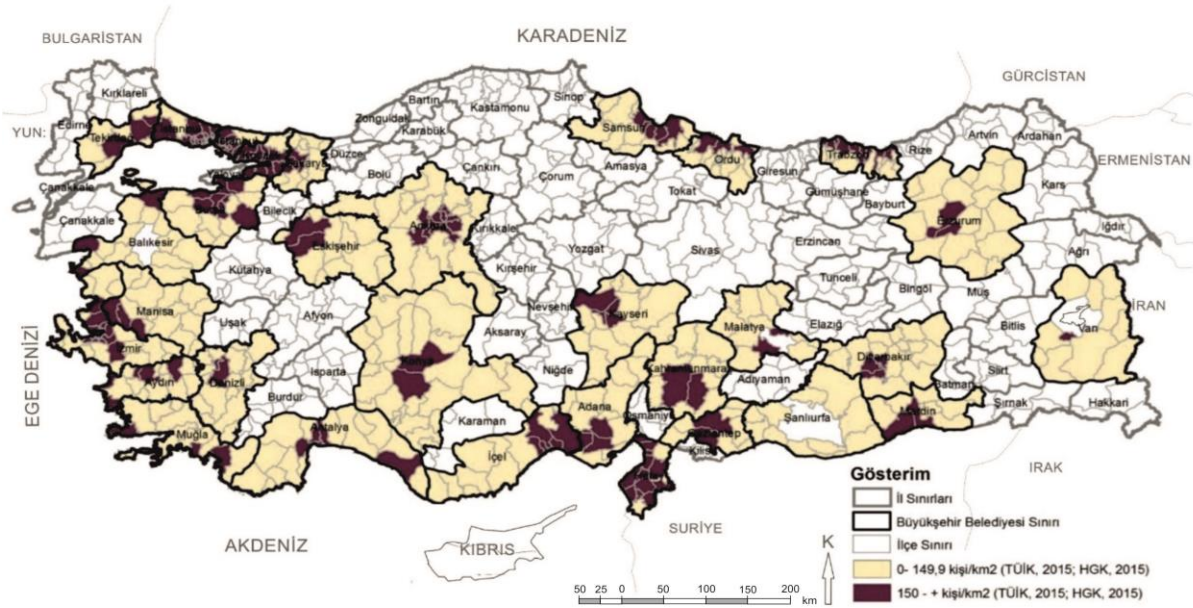
Nüfus yoğunluğu excel dosyasına tanımlanmış ID numaraları ile Arcmap dosyasının bir ilçe için atadığı OBJECTID eşleşmesi sağlanmıştır.

Verilerin sınıflandırılarak mekânda gösterilmesi işlemi içinse, oluşturulan katmana

sağ tıklanarak properties (özellikler) komutu seçilmiş; daha sonra, Quantities (nicelik)> graduate colors (dereceli renklendirme)> Values (değer) komutları kullanılarak nüfus yoğunluğu dosyası seçilmiştir.

Classification (sınıflandırma) komutu kullanılarak 150 kişi/km² sınırının altı ya da üstü değer alan ilçeler sınıflandırılacağından classes (sınıflar) sekmesine "2" rakamı yazılmış, yoğunluk değerlerine göre en yoğun iki kategori işaretlenmiştir.

Bu aşamayı takiben, yine layer properties (katman özellikleri) penceresinde sınıflandırması yapılmış değer aralıklarının gösterimde görülmesi istenen değeri ve renkleri belirlenmiştir. Tüm bu işlemlerin ardından 150 kişi/ km² kırılımına göre nüfus yoğunluğuna göre ilçeler haritası hazırlanmıştır (Şekil.2).



Şekil.2. Nüfus yoğunluğun göre ilçeler (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

2.2.3. Kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki payı verisi

OECD bölgesel düzeyde yapılan kırsal alan sınıflandırmalarında üç kategori kullanılmaktadır. Buna göre bir bölge:

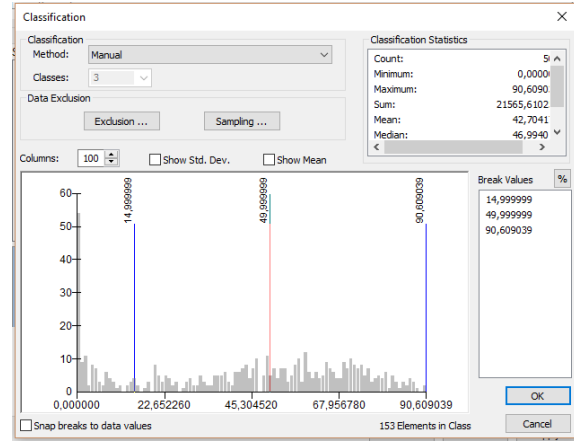
- Nüfusun %50'den fazlasının kırsal alanlarda yaşaması durumunda baskın kırsal bölge,
- Nüfusun %15 ile %50 arasındaki kısmının kırsal alanlarda yaşaması durumunda orta düzeyde kırsal bölge,
- Nüfusun %15'ten azının kırsal alanlarda yaşaması durumunda ise baskın kentsel bölge,

Olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2006).

Bu çalışmada da kırsal nüfus oranının sınıflandırılması sürecinde OECD değerleri kullanılmıştır.

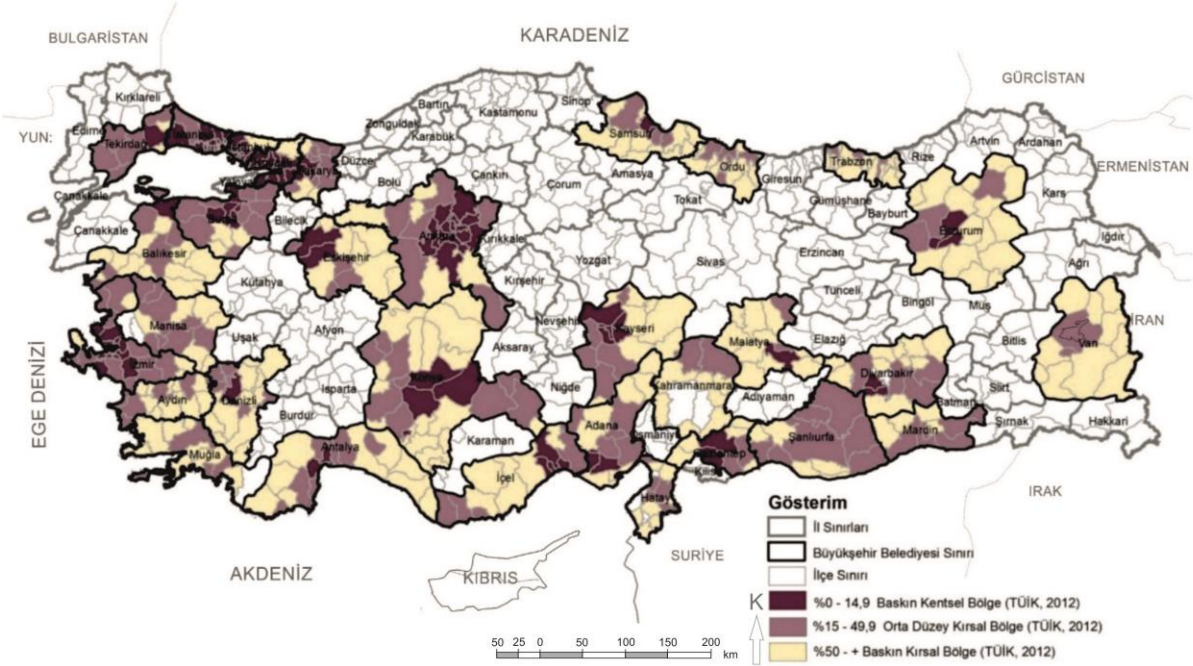
İlçelere ait kırsal nüfus oranlarının saptanmasının ardından, 2012 yılı kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki payı verisi, Arcmap ortamında oluşturulan katman ile eşleştirilmiştir.

Verilerin sınıflandırılarak mekânda gösterilmesi işlemi için, oluşturulan katmana sağ tıklanarak properties (özellikler) komutu seçilmiş, daha sonra, quantities (nicelik)> graduate colors (dereceli renklendirme)> Values (değer) komutları kullanılarak kırsal nüfus oranı dosyası seçilmiştir. Ekranda karşımıza çıkan sınıflandırılmamış değerleri sınıflandırabilmek için classify (sınıflandırma) komutu seçilerek burada OECD sınıflandırmasına göre belirlenen %15 altı; %15 ve %50 aralığı; %50 fazlası aralıklarının oluşturulabilmesi için classes (sınıflar) sekmesine "3" rakamı yazılmış break values (kırılma değerleri) Şekil.3'te de görüldüğü gibi buna göre şekillendirilmiştir.



Şekil.3. Kırsal Nüfus Oranı Verisinin Sınıflandırılması

Daha sonra son aşamaya geçilmiş ve layer properties (katman özellikleri) ekranında artık sınıflandırılmış olan değerler ortaya çıkmıştır. Symbol (sembol) bölümünde yer alan kutucukların renkleri üzerlerine tıklanarak belirlenmiş; label (etiket) bölümünde yer alan sınıflandırılmış değerler de gösterimde görülmesi istenen şekilde düzenlenmiştir. Tüm bu işlemlerin sonucunda Şekil.4 hazırlanmıştır.



Şekil.4. Kırsal nüfusun toplam nüfusa oranına göre ilçeler

2.2.4. Kent merkezine karayolu uzaklığı verisi

AB kırsallık tanımında kırsal olarak nitelenen bir bölgeye yakın kentsel bir alanın varlığı son zamanlarda kırsallık sınıflandırmasında kullanılan bir gösterge halini almıştır. OECD’de de AB’ye benzer biçimde kırsal alan olarak tanımlanmış bir alana yakın kentsel bir alan bulunması kırsallığı etkileyen bir faktör olarak ele alınmıştır (OECD, 2006). Türkiye’de yapılmış kırsallık çalışmalarında da kent merkezine mesafenin bir kırsallık kriteri olarak ele alınması; bunun yanında 6360 Sayılı Kanun’la uzaklık yakınlık farkı gözetmeksizin büyükşehirlerin her bir alanına eşit ekonomik, çevresel ve sosyal hizmetler götürüleceği taahhüdü ve bunun gerçekleşemeyeceğine dair eleştiriler dolayısıyla ilçelerin kent merkezlerine km cinsinden uzaklıkları, ilçelerin kırsallık ve kentsellik düzeylerini anlamaya yardımcı bir gösterge olarak değerlendirilmiştir (6360 Sayılı Kanun, Md.1, 2012).

Öncelikle “Karayolları Genel Müdürlüğü’ne ait İlçelerin İl Merkezine Olan Karayolu

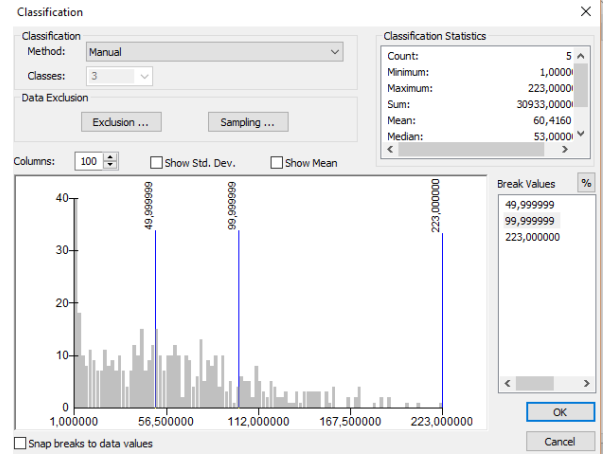
Uzaklıkları” verisinden 30 büyükşehir belediyesinde yer alan ilçelerin km cinsinden kent merkezine uzaklıkları çekilerek ilçelere atanan kimlik (ID) numaralarının da olduğu bir excel tablosuna işlenmiştir. Add data (veri ekle) komutu kullanılarak mesafe verisi için de Arcmap ortamına ayrı bir katman atanmıştır.

Tüm doğrulama işlemleri yapıldıktan sonra TÜİK 2012 yılı kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki payı verisi, Arcmap ortamında oluşturulan katman ile eşleştirilmek için, bu katmana sağ tıklanarak ve join (birleştir)-relate (ilişkilendir) komutları kullanılarak bu verilerin ilçe vektörel verileri ile ilişkilendirilmesi sağlanmıştır.

Verilerin sınıflandırılarak mekânda gösterilmesi işlemi için, oluşturulan katmana sağ tıklanarak properties (özellikler) komutu seçilmiş, daha sonra, quantities (nicelik)> graduate colors (dereceli renklendirme)> values (değer) komutları kullanılarak “uzaklık km” dosyası seçilmiştir. Ekranda karşımıza çıkan değerleri sınıflandırabilmek için classify (sınıflandırma) komutu seçilmiş, programın oluşturduğu eşik değerler temel alınarak doğal

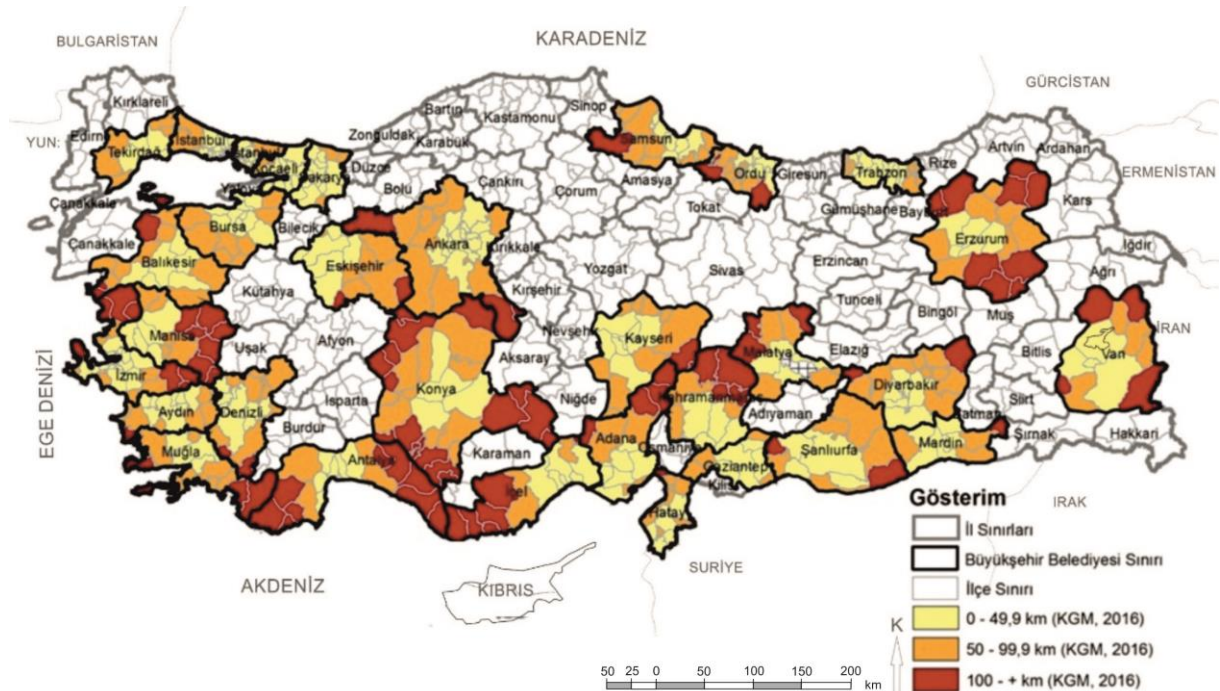
kırılımlara göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Şekil.5'te de görüldüğü gibi, 519 ilçe içerisinde il merkezine karayolu mesafesi 1 km olan ilçeler olduğu gibi 223 km olan ilçe de bulunmaktadır. Mesafe verisinin ilçeler bazında yoğunluğuna bakıldığında ise (Bkz. Şekil.5) 50 km'ye kadar; 50 ile 100 km arasında ve 100 km'den fazla olmak üzere 3 aralıkta yığılmanın olduğu görülebilmektedir. Bu nedenle Classes (sınıflar) sekmesine "3" rakamı yazılmış, break values (kırılma değerleri) Şekil 5'de görüldüğü gibi,

- 50 km'den az,
 - 50 km ile 100 km arasında,
 - 100 km'den fazla,
- Olmak üzere üç kategoride değerlendirilmiştir.



Şekil.5. Merkeze Karayolu Mesafesi Verisinin Sınıflandırılması

Son aşamada ise seçilmiş layer properties (katman özellikleri) ekranında artık sınıflandırılmış olan değerler ortaya çıkmıştır. Symbol (sembol) bölümünde yer alan kutucukların renkleri üzerlerine tıklanarak belirlenmiş; label (etiket) bölümünde yer alan sınıflandırılmış değerler de gösterimde görülmesi istenen şekilde düzenlenmiştir. Apply (uygula) ve ok (tamam) komutları kullanılarak verinin mekânsallaştırılma süreci tamamlanmıştır.



Şekil.6. Merkeze karayolu uzaklığına göre ilçeler

2.2.5. Tarımda çalışan nüfus oranı verisi

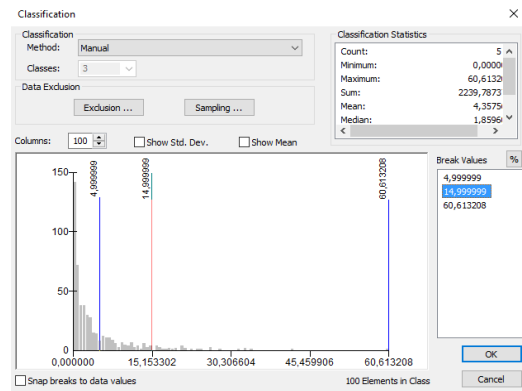
Nüfus yoğunluğu, kırsal nüfus yoğunluğu gibi verilerin kırsallık sınıflandırmasında yetersiz kalacağı düşünülerek tarım sektöründe çalışan kişilerin toplam çalışan sayısına oranının da değerlendirmeye alınmıştır. Burada tarımda çalışan nüfus, NACE A-01-bitkisel ve hayvansal üretim/avcılık, A-02-ormancılık ve A-03 balıkçılık ve su ürünlerine kayıtlı çalışan sayısıdır. Bu amaçla 2015 yılına ait SGK'ya kayıtlı ilçelere göre istihdam verileri temin edilmiştir. Veriler, ilçelere göre tarımda çalışan kişi sayısı ve toplam çalışan sayısı olmak üzere iki kolon halinde excel dosyasına işlenmiş, sonrasında ise tarımda çalışan kişi sayısının toplam çalışan sayısına oranı bulunarak tablo tamamlanmıştır.

Öncelikle diğer veri setlerinde de yapıldığı gibi Arcmap arayüzüne add data (veri ekle) komutu kullanılarak ilçe ana verisi eklenmiştir.

2015 yılı ilçe tarımsal istihdam verisi, Arcmap ortamında oluşturulan katman ile eşleştirilmiştir. Tarımda çalışan nüfus oranı excel dosyasına tanımlanmış ID numaraları ile Arcmap dosyasının bir ilçe için atadığı OBJECTID eşleşmesi sağlanmıştır. Validate Join (doğrulama) komutu kullanılarak verilerin eşleştiğinden emin olunmuş ve verilerin mekâna aktarılması tamamlanmıştır.

Verilerin sınıflandırılarak mekânda gösterilmesi işlemi içinse diğer değişkenlerde yapıldığı gibi properties ve bağlı komutlar kullanılmıştır. Oluşturulan katmana sağ tıklayarak properties (özellikler) komutu seçilmiş, daha sonra, Quantities (nicelik)> graduate colors (dereceli renklendirme)> Values (değer) komutları kullanılarak "tarımsal istihdam" dosyası atanmıştır. Classify (sınıflandırma) komutuna tıklanarak sınıflandırma işlemini gerçekleştirmek üzere doğal eşikler görülmüştür.

Ekranda classes (sınıflar) sekmesine "3" rakamı yazılmış ve yoğunluk değerlerine sınıflandırma tamamlanmıştır.

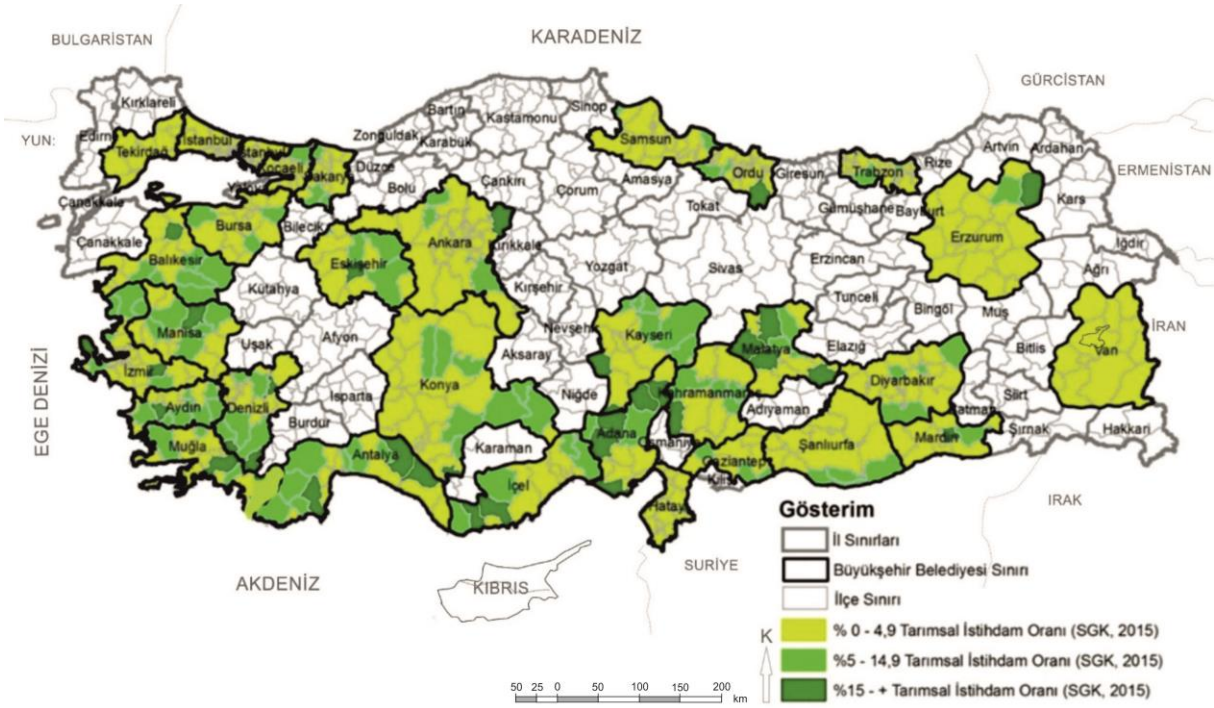


Şekil.7. Tarımda Çalışan Nüfus Oranı Verisinin Sınıflandırılması

Bu doğal eşikler dikkate alınarak (Şekil 7) veriler tarımsal istihdam oranlarına göre:

%5'in altı-%5 ve %15 arası-%15 üzeri, Olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmıştır.

Takip eden aşamada, layer properties (katman özellikleri) ekranında artık sınıflandırılmış olan değerler ortaya çıkmıştır. Symbol (sembol) bölümünde yer alan kutucukların renkleri üzerlerine tıklanarak belirlenmiş; label (etiket) bölümünde yer alan sınıflandırılmış değerler de gösterimde görülmesi istenen şekilde düzenlenmiştir. Apply (uygula) ve ok (tamam) komutları kullanılarak verinin mekânsallaştırılma süreci tamamlanmıştır (Şekil.8).



Şekil.8. Tarımda çalışan nüfus oranına göre ilçeler

3. BULGULAR

3.1. Sentez-1: Baskın Kırsal Bölge

Bu bölümde,

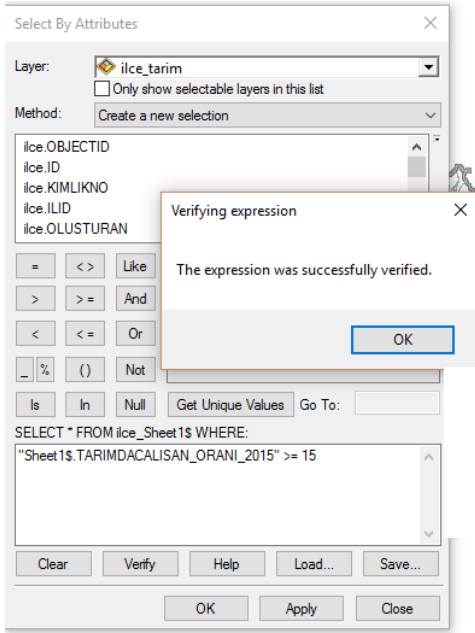
- Tarımsal istihdam oranının %15 ve üzerinde olması,
- Nüfusun %50 ve fazlasının kırsal alanlarda yaşaması (OECD sınıflandırması),
- Nüfus Yoğunluğunun 150 kişi/km² nin altında kalması,
- Merkeze olan uzaklığın 100 km ve üzerinde olması,

Değişkenleri bir arada kullanılarak her bir sınıflamaya yönelik sentez analiz gerçekleştirilmiştir.

Yukarıda detayları verilen değişken aralıklarını kullanarak baskın kırsal bölgeleri oluşturan ilçeleri tespit edebilmek için; Arcmap ortamında her bir değişken bu aralıklara göre ayrıştırılmış ve ilgili değişken aralıkları üst üste getirilerek, bu dört özelliği de barındıran ilçeler bulunmuştur. Uygulanan yöntemi daha detaylı anlatmak gerekirse değişkenlere göre

belirlenen aralıkların nasıl birbirinden ayrıştırıldığına bakmak gerekmektedir.

Tarımsal istihdam verisinde kullanılan üç kategoriden %15 ve üzeri tarımsal istihdam oranına sahip ilçeleri seçebilmek amacıyla, ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılmıştır. Şekil 9'da da görüldüğü gibi açılan ekranda layer (katman) kısmında ilçe tarım dosyası; dosya içerisinde tarımda çalışan oranı seçilmiş daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek büyüktür ve eşittir >=15 değeri girilmiştir. Verify (doğrula) komutu seçilerek veri doğrulanmış apply (uygula) ve ok (tamam) komutları seçilerek işlem tamamlanmıştır.



Şekil 9. Tarımsal istihdam verisi baskın kırsal bölge aralıklarının oluşturulması

Bu işlem sonrasında, tarımsal istihdam oranı %15 ve üzerinde olan ilçeler seçilmiştir.

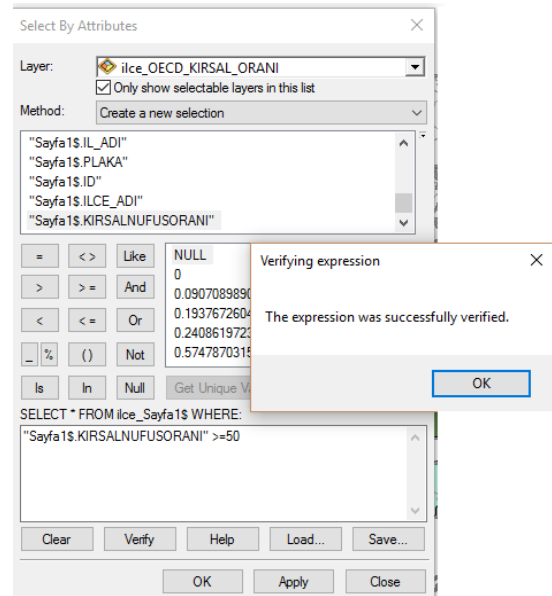
“Tarımda Çalışan Nüfus Oranı” başlığı dâhilinde oluşturulan ilçe tarım katmanı üzerine sağ tıklanarak açılan pencerede selection (seçim) komutu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiştir. Yapılan bu işlemler neticesinde %15 ve üzeri tarımsal istihdam oranına sahip ilçelerle yeni bir katman oluşturulmuştur.

Merkeze karayolu mesafesi değişkeninde de yukarıda izlenen yöntem izlenmiştir. Merkeze karayolu mesafesi verisinde kullanılan üç kategoriden 100 km ve üzeri uzaklık verisine sahip ilçeleri ayırabilmek amacıyla, ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılmıştır. Açılan ekranda layer (katman) kısmında ilçe mesafe dosyası; dosya içerisinde uzaklık km değeri seçilmiştir. Daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek büyüktür ve eşittir > = 100 değeri girilmiştir. Verify (doğrula) komutu seçilerek veri doğrulanmış apply (uygula) ve ok (tamam) butonları seçilerek işlem

tamamlanmıştır. Bu işlem sonrasında, merkeze karayolu mesafesi 100 km ve üzerinde kalan ilçeler seçilmiştir.

Daha sonra, uzaklık katmanına sağ tıklanarak açılan pencerede selection (seçim) butonu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiş ve 100 km ve üzerinde merkeze karayolu mesafesine sahip ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur.

Bu iki değişken için takip edilen yöntem, OECD sınıflandırması kapsamında kullanılan kırsal nüfus oranı için de gerçekleştirilmiştir. Ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılarak açılan ekranda layer (katman) kısmında ilgili dosyalar seçilmiştir. Daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek büyüktür ve eşittir >=50 değeri girilmiştir. Verify (doğrula) komutu seçilerek veri doğrulanmış apply (uygula) ve ok (tamam) komutları seçilerek işlem tamamlanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Kırsal nüfus oranı verisi baskın kırsal bölge aralıklarının oluşturulması

Bu işlem sonrasında, kırsal nüfus oranı %50 ve üzerinde olan ilçeler seçilmiştir.

Daha sonra, kırsal nüfus katmanına sağ tıklanarak açılan pencerede selection (seçim) komutu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiş ve %50 ve üzerinde kırsal nüfus oranına sahip ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur.

Son olarak aynı işlemler dördüncü değişken olan nüfus yoğunluğu için de uygulanmış; 150 kişi/km² altında olan nüfus yoğunluğuna sahip ilçeler belirlenmiştir.

Baskın kırsal bölge sentez haritasını oluşturmak için yukarıda sıralanan dört değişkenin ayrı ayrı yer aldığı katmanlar, yeni açılan bir başlık altına sürüklenerek bu başlık altında toplanmıştır. Bu katmanlar, ekranda aynı anda açılmış ve üst üste çakışmaları sağlanmıştır.

Tüm bu aşamaların sonucu olarak Harita 6. baskın kırsal bölge sentez haritası oluşturulmuştur. Şekil.11’de görüleceği gibi bu

dört değişkenin de bir arada bulunduğu, yukarıdaki değişkenlerin yer aldığı ve baskın kırsal bölge tanımlaması altına giren, 30 büyükşehir belediyesi genelinde toplam 13 ilçe bulunmaktadır. Bu ilçeler:

Manisa: Gördes

İzmir: Karaburun

Denizli: Çameli, Beyağaç

Antalya: Akseki, Gündoğmuş

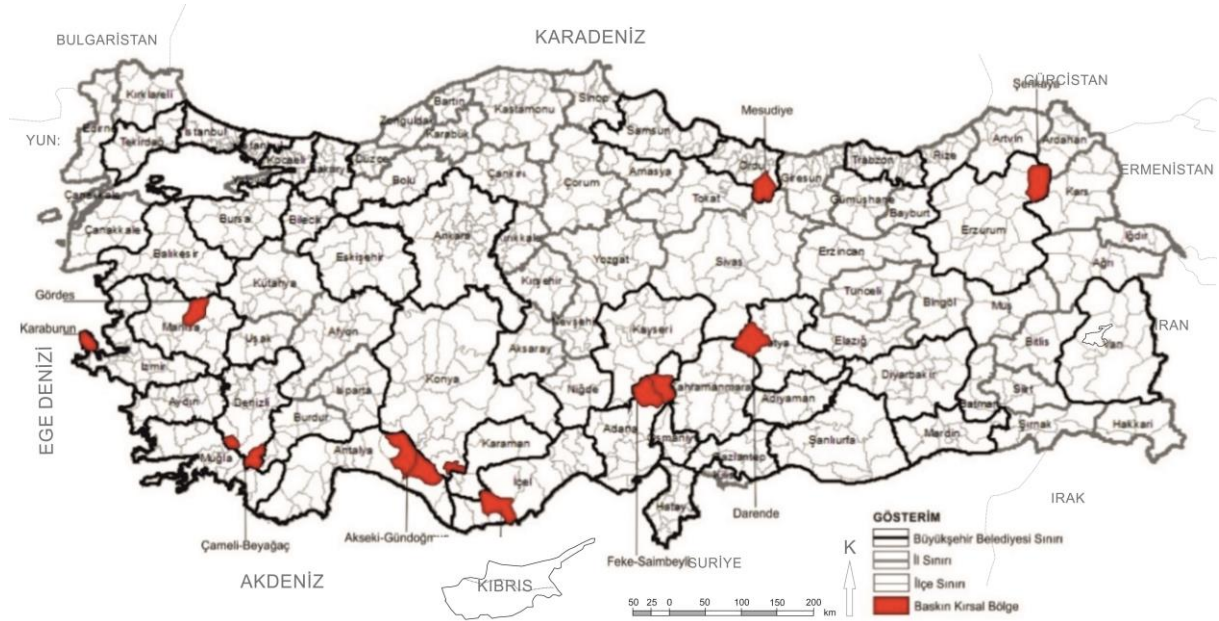
Adana: Feke, Saimbeyli

Malatya: Darende

Ordu: Mesudiye

Erzurum: Şenkaya

Olarak sıralanmaktadır.



Şekil.11. Sentez:1. Baskın Kırsal Bölge Olarak Tespit Edilen İlçeler (Yazar Tarafından Hazırlanmıştır).

3.2. Sentez-2: Orta Düzey Kırsal Bölge

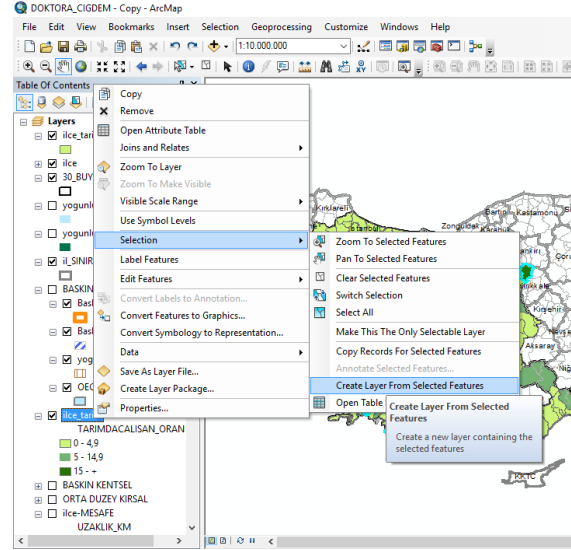
Orta düzey kırsal bölgeleri tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen ikinci sentezde, 1. Sentezde yapıldığı gibi OECD'nin kırsal nüfus oranına göre yaptığı kırsal tanımı ve tarımsal istihdam oranı, nüfus yoğunluğu, merkeze olan karayolu uzaklığı verileri birlikte değerlendirilerek orta düzey kırsal ilçeler belirlenmiştir. Bu amaçla,

- Nüfusun %15 ve %50 arasındaki nüfusun kırsal nüfus olması (OECD sınıflandırması),
- Tarımsal istihdam oranının %5-%15 aralığında olması,
- Nüfus yoğunluğunun 150 kişi/km² altında olması,
- Merkeze uzaklığın 50-100 km aralığında olması,

Durumu, gösterilen aralıkları kapsayacak biçimde Arcmap ortamında ayrıştırılmıştır. Baskın kırsal bölge tespitinde uygulandığı gibi, orta düzey kırsal bölgelerin tespitinde de aynı yöntem uygulanmıştır.

Tarımsal istihdam verisi içerisinde %5-%15 aralığına sahip ilçeleri bulabilmek amacıyla ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılmıştır. Açılan ekranda layer (katman) kısmında ilçe tarım dosyası; dosya içerisinde tarımda çalışan oranı seçilmiş daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek 5=< tarımda çalışan oranı ve tarımda çalışan oranı <15 değeri girilmiştir. Verify (doğrula) komutu seçilerek veri doğrulanmış apply (uygula) ve ok (tamam) komutları seçilerek işlem tamamlanmıştır. Bu işlem sonrasında, tarımsal istihdam oranı %5 ile %14,9 aralığında olan ilçeler seçilmiştir.

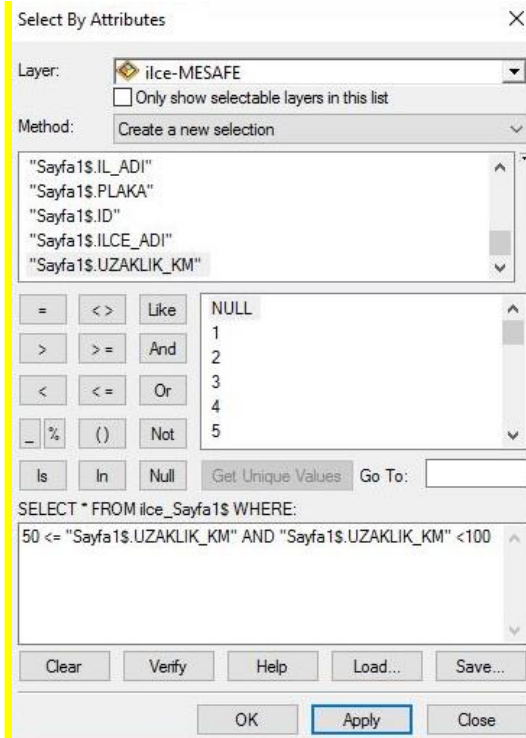
Seçilen ilçelerden ayrı bir katman oluşturabilmek amacıyla tarım katmanı üzerine sağ tıklanarak açılan pencerede selection (seçim) komutu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiştir.



Şekil 12. Tarımsal istihdam oranı %5 ile %14,9 aralığında olan ilçelerden katman oluşturulması

Bu işlemler sonucunda %5 ile %14,9 aralığında tarımsal istihdam oranına sahip ilçeler diğerlerinden ayrıştırılarak bu ilçelerden yeni bir katman oluşturulmuştur.

Merkeze karayolu mesafesi değişkeninde de yukarıda izlenen yöntem izlenmiş ve 50 km-100 km aralığında karayolu mesafesi bulunan ilçeleri diğerlerinden ayırabilmek amacıyla ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılmıştır. Açılan ekranda layer (katman) kısmında ilçe mesafe dosyası; dosya içerisinde uzaklık km değeri seçilmiştir. Daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek 50 <= uzaklık km ve uzaklık km<100 değeri girilmiştir. Verify (doğrula) komutu seçilerek veri doğrulanmış apply (uygula) ve ok (tamam) komutları ile işlem tamamlanmıştır (Şekil 13).



Şekil.13. Merkeze Karayolu Mesafesi Verisi Orta Düzey Kırsal Bölge Aralıklarının Oluşturulması

Bu aşamanın ardından, uzaklık katmanına sağ tıklanarak açılan pencerede selection (seçim) komutu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiş ve 50 km ile 99,9 km aralığında merkeze karayolu mesafesi bulunan ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur. Bu iki değişken için takip edilen yöntem, kırsal nüfus oranı için de gerçekleştirilmiştir. Yine ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) butonları kullanılarak açılan ekranda layer (katman) kısmında ilgili dosyalar seçilmiştir. Daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek 15 <= kırsal nüfus oranı ve kırsal nüfus oranı < 50 değeri girilmiştir.

Kırsal nüfus katmanına sağ tıklanarak açılan pencerede selection (seçim) komutu, buradan açılan pencereden create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiş ve %15 ile %49,9 aralığında

kırsal nüfus oranına sahip ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur.

Son olarak aynı işlemler dördüncü değişken olan nüfus yoğunluğu için de uygulanmış; 150 kişi/km² altında olan nüfus yoğunluğuna sahip ilçeler belirlenmiştir.

Orta düzey kırsal bölge sentez haritasını oluşturmak için yukarıda sıralanan dört değişkenin ayrı ayrı yer aldığı katmanlar, yeni bir başlık altında (orta düzey kırsal bölge) toplanmıştır. Bu katmanlar ekranda aynı anda açılmış ve üst üste çakışmaları sağlanmıştır. Dört değişkenin de aynı anda bulunduğu ilçeler, orta düzey kırsal bölgeleri oluşturmaktadır.

Şekil 14'de de görüleceği gibi bu dört değişkenin de bir arada bulunduğu, tüm verilerin çakıştığı ve tez kapsamında orta düzey kırsal alan tanımlaması altına giren, 30 büyükşehir belediyesi genelinde toplam 11 ilçe bulunmaktadır.

2. Sentez kapsamına giren orta düzey kırsal bölge özelliği gösteren ilçeler şu şekilde sıralanmaktadır:

Bursa: Karacabey, Yenişehir

İzmir: Tire

Manisa: Salihli

Aydın: Söke

Muğla: Dalaman

Samsun: Yakakent

Denizli: Güney

Adana: Kozan

Kayseri: Özvatan

Mardin: Midyat



Şekil.14. Orta Düzey Kırsal Bölge Olarak Tespit Edilen İlçeler, (Yazar Tarafından Hazırlanmıştır).

3.3.Sentez-3: Baskın Kentsel Bölge

Üçüncü Sentez, ilk iki sentezin aksine, büyükşehirlerde yer alan kırsal alanları tespit etmek amacıyla değil, bu şehirlerde en fazla kentsel özellik gösteren yerleşimleri tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu sentez kapsamında da yine ilk iki sentezde değerlendirmeye alınan tarımsal istihdam oranı, nüfus yoğunluğu, OECD tanımına göre baskın kentsel alanlar ve merkeze olan karayolu mesafesi değişkenleri ele alınmış, ancak kentsellik düzeylerinin ölçülebilmesi için her bir değişkenin farklı aralıkları kullanılmıştır.

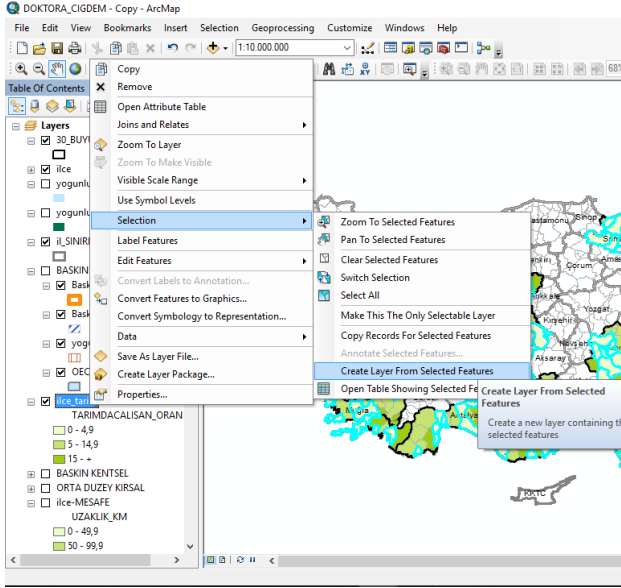
Bu analizde OECD'nin baskın kentsel bölge tanımında kullandığı %15 ve altı nüfusun kentsel olması kistasına, Nüfus yoğunluğunun 150 kişi/km²'nin üzerinde olması, merkeze olan mesafenin 50 km altında olması, tarımsal istihdam oranının 0-%5 arasında olması değişkenleri eklenerek sonuca ulaşılmıştır.

Yukarıda sıralanan dört değişkeni, Arcmap ortamında mekânsallaştırılabilmesi için her bir değişken, baskın kentsel bölgeleri tespit

etmeye yönelik oluşturulan aralıklara göre ayrıştırılmıştır.

Tarımsal istihdam verisinde kullanılan üç kategoriden %5'in altında tarımsal istihdam oranına sahip ilçeleri seçebilmek amacıyla, ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılmıştır. Açılan ekranda layer (katman) kısmında ilçe tarım dosyası; dosya içerisinde tarımda çalışan oranı seçilmiş daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek <5 değeri girilmiştir. Verify (doğrula) komutu seçilerek veri doğrulanmış, apply (uygula) ve ok (tamam) komutları seçilerek işlem tamamlanmıştır.

Bu işlem sonrasında, tarımsal istihdam oranı %5'ten az olan ilçeler seçilmiştir. Daha sonra, ilçe tarım katmanı üzerine sağ tıklanarak açılan pencerede selection (seçim) komutu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiştir. Yapılan bu işlemler neticesinde tarımsal istihdam oranı %5'ten daha az olan ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur (Şekil 15)



Şekil.15. Tarımsal istihdam oranı %5'ten az olan ilçelerden katman oluşturulması

Tarımsal istihdamda olduğu gibi, merkeze karayolu mesafesi için de kategorize edilen üç farklı uzaklık birimi için baskın kentsel bölgeye uyumlu olan 50 km'den yakın olma durumunu çekebilmek amacıyla ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılmıştır. Açılan ekranda layer (katman) kısmında ilçe mesafe dosyası; dosya içerisinde uzaklık km değeri seçilmiştir. Daha sonra get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek < 50 girilmiştir. Verify (doğrula) komutu seçilerek veri doğrulanmış apply (uygula) ve ok (tamam) komutları seçilerek işlem tamamlanmıştır. Bu işlem sonrasında, merkeze karayolu mesafesi 50 km altında kalan ilçeler belirlenmiştir.

Uzaklık katmanına sağ tıklayarak açılan pencerede selection (seçim) butonu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiş ve 50 km altında merkeze karayolu mesafesine sahip ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur.

Bu iki değişken için takip edilen yöntem, OECD sınıflandırmasına göre kırsal nüfus

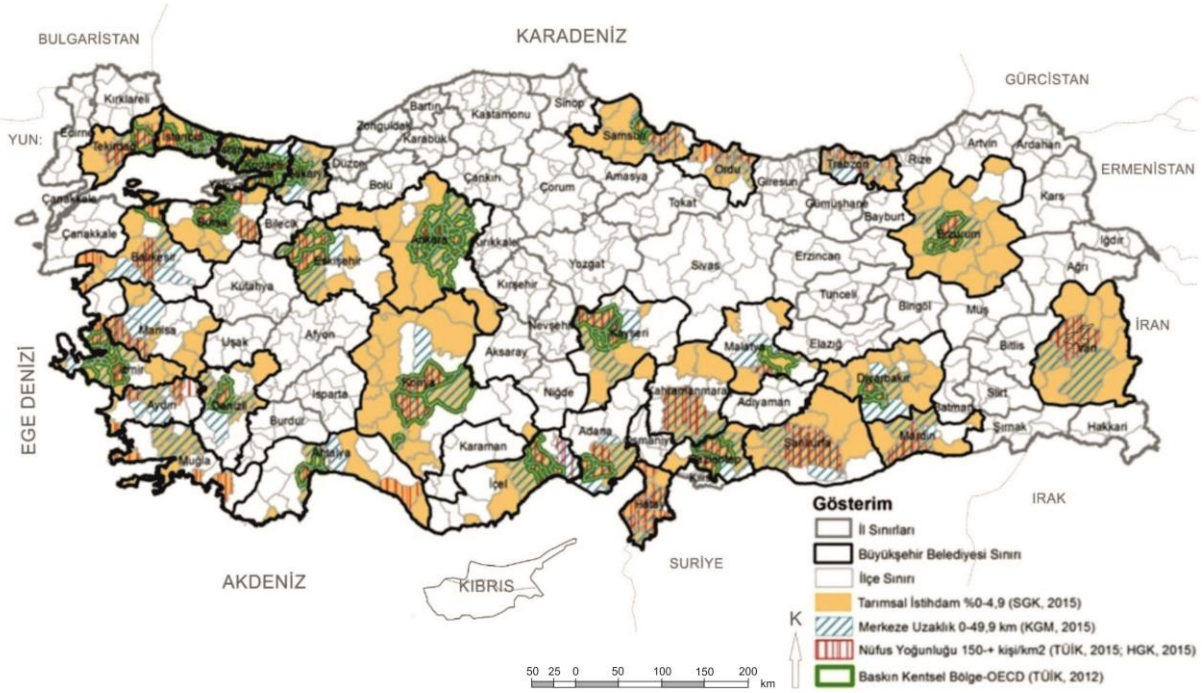
oranı ve nüfus yoğunluğu değişkenleri için de uygulanmıştır. Bu işlemler için de ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılarak ekranda açılan ekranda layer (katman) kısmında ilgili dosyalar seçilmiştir. Takibinde get unique values (özgün değerler elde et) komutu seçilerek kırsal nüfus oranı için kırsal nüfus oranı < 15 değeri girilerek doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonrasında, kırsal nüfus oranı %15 altında olan ilçeler seçilmiştir.

Ana menüde kırsal nüfus oranı katmanına sağ tıklayarak açılan pencerede selection (seçim) komutu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiş ve %15 altında kırsal nüfus oranına sahip ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur.

Nüfus yoğunluğu verisi için de ana menüde yer alan selection (seçim), sonrasında select by attributes (özelliklerine göre seç) komutları kullanılarak açılan ekranda nüfus yoğunluğu >=150 kişi/km² değerleri girilmiş ve önceki bölümlerde olduğu gibi doğrulama işlemi tamamlanmıştır. Bu işlem sonrası nüfus yoğunluğu 150 kişi/km² üzerinde olan ilçeler seçili hale gelmiştir.

Seçili ilçelerden ayrı bir katman oluşturmak üzere yine önceki bölümlerde olduğu gibi ana menüde nüfus yoğunluğu katmanına sağ tıklayarak açılan pencerede selection (seçim) butonu, buradan açılan pencereden de create layer from selected features (seçilen özelliklerden katman oluştur) komutu seçilmiştir. 150 kişi/km² nüfus yoğunluğu üzerinde olan ilçelerden ayrı bir katman oluşturulmuştur.

Baskın kentsel bölge sentez haritasını oluşturmak için yukarıda sıralanan dört değişkenin ayrı ayrı yer aldığı katmanlar, yeni bir başlık altında toplanmıştır. Bu katmanlar ekranda aynı anda açılmış ve üst üste çakışmaları sağlanmıştır. Her bir değişkenin üst üste çakıştığı ilçe, baskın kentsel bölgeyi oluşturmaktadır. Bu işlemler sonucunda Şekil 16 oluşturulmuştur.



Şekil.16. Baskın Kentsel Bölge Olarak Tespit Edilen İlçeler, (Yazar Tarafından Hazırlanmıştır).

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, 30 büyükşehir belediyesinde, ilçeler düzeyinde kırsal karakterin nasıl bulunacağı, sınıflandırmanın neye göre ve nasıl yapılacağı coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, ilçelere göre nüfus yoğunluğu (TÜİK, 2015), kırsal nüfusun toplam nüfusa oranı (TÜİK, 2012), ilçelerin kent merkezine kara yolu uzaklığı (KGM, 2015), tarımsal istihdam oranı (SGK, 2015) değişkenleri kullanılmıştır. Değişkenlerin, coğrafi bilgi sistemleri ortamında analiz edilebilmesi için, illere ve ilçelere dair veri tabanının yer aldığı Arc Map haritasıyla eşleştirilmiş, veriler sayısallaştırılmış ve mekânsallaştırılmıştır. Veriler CBS kullanılarak haritalara işlenerek izobarlarla kırsallığın kademeleri ortaya çıkarılmıştır. Bu işlem sonucunda öncelikle her bir değişkenin ayrı ayrı ele alındığı analiz haritaları üretilmiş; sonrasında ise tüm bu haritaların belirli sınıflandırmalarla üst üste çakışmasından elde edilen sentez haritalar elde edilmiştir. Çalışma sonucunda baskın kırsal bölge, orta düzey kırsal bölge ve baskın kentsel bölge olmak üzere toplam üç adet

sentez harita üretilmiş, bu kategorilerde yer alan ilçeler tespit edilmiştir.

1. Sentez olan baskın kırsal bölgeler kapsamında kırsal niteliklerini devam ettirmekte olan 13 ilçe: Manisa Gördes-İzmir Karaburun- Denizli Çameli, Beyağaç- Antalya Akseki, Gündoğmuş-Konya Taşkent- Mersin Gülnar- Adana Feke, Saimbeyli- Malatya Darende-Erzurum Şenyayla- Ordu Mesudiye;
2. Sentez olan orta düzey kırsal bölgeler kapsamında ise kırsal niteliklerini devam ettirmekte olan 11 ilçe: Bursa Karacabey, Yenişehir- İzmir Tire- Manisa Salihli-Aydın Söke-Muğla Dalaman-Samsun Yakakent- Denizli Güney- Adana Kozan, Kayseri Özvatan, Mardin Midyat;
3. Sentez kapsamında ise, özellikle büyükşehir belediyelerinin merkez ve merkezin çevresinde yer alan ilçelerin baskın kentsel bölge niteliği gösterdiği;

Tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

Bu araştırma ile 30 büyükşehir belediyesinin her bir alanının birbiriyle aynı özellikler göstermediği, dolayısıyla büyükşehirlerde yer alan her bir yerleşimin kent statüsünde bulunmaması gerektiği; yerleşimlerin farklılıklarının sistematik bir biçimde tespit edilmesi ve sınıflandırılması gerektiği ortaya konmuştur.

Bu çalışma, Türk planlama sistematığı içinde, önümüzdeki dönemde eksikliği çok daha fazla hissedilecek olan, metropoliten gelişme alanlarında kırsal alan sınıflandırmasının nasıl olması gerektiğini ortaya koymakta, literatüre, yasa ve yönetmelikler ile pratikteki uygulamalara katkıda bulunmaktadır.

İlerleyen aşamalarda ise:

- Bu çalışmada izlenen yöntem kullanılarak aynı ya da benzer değişkenlerle bu çalışma mahalle düzeyinde tekrarlanabilir. Böylece il sınırları dâhilinde her bir mahallenin karakter farklılıkları ortaya konarak bu karakter farklılıklarına yönelik planlama çalışmaları yapılabilir.
- Çalışmada görüldüğü üzere büyükşehir belediyeleri içerisinde kırsal karakterleri ile öne çıkan ilçeler yer almaktadır. Dolayısıyla bu çalışmadan yola çıkarak her bir karakter alanın kendi koşullarına uygun planlama çalışmaları ve planlama araçları geliştirilebilir.
- Elde edilen bu tespitle birlikte ilerleyen aşamalarda, baskın kırsal ve orta düzey kırsal bölgelerde kırsal faaliyetlerin ve kırsal üretimin devamlılığını ve bu alanların kendine özgü karakterlerini sürdürmelerini sağlamak için çevresel, mekânsal ve sosyo-ekonomik anlamda neler yapılabileceği ortaya konabilir.

Agapiou, A., Lysandrou, V., Alexakis, D. D., Themistocleous, K., Cuca, B., Argyriou, A., Sarris, A. ve Hadjimitsis, D. G., (2015). Cultural heritage management and monitoring using remote sensing data and GIS: The case study of Paphos area, Cyprus, *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 230-239.

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS), 2015, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tuik.gov.tr%2FPreTablo.do%3Falt_id%3D1047&date=2017-10-02, Son Erişim Tarihi: 10.08.2016

Aydal, D. (2012). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniklerinin Jeoloji, Madencilik, Çevre Araştırmalarında ve İnşaat Sektöründe Kullanılma Örnekleri. URL: <http://www.doganaydal.com/nesneler/uzaktanalgilama.pdf>, Son Erişim Tarihi: 06.11.2017

Drucker, J. (2012). *Humanistic theory and digital scholarship*. University of Minnesota Press: Minnesota, 85-95.

Elwood, S. (2010). Geographic information science: Emerging research on the societal implications of the geospatial web. *Progress in Human Geography*, 34, 349-357.

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2015). *Ulusal kırsal kalkınma stratejisi 2014-2020*. Ankara: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 24-66.

Kalkınma Bakanlığı. (2013). *Onuncu kalkınma planı (2014-2018)*. Ankara. 60-65.

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2006). *The new rural paradigm, policies and governance*. Paris: OECD Publishing, Paris, 15-26.

Özyavuz, M. (2011). Tekirdağ Kent Merkezinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ile İncelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 65.

Yomralıoğlu, T. (2009). *Coğrafi Bilgi Sistemleri temel kavramlar ve uygulamalar*, Trabzon: Akademi Kitapevi.

6360 Sayılı On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Altı İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, 2012, Md. 1-3-5-6-7-14-15-16-24, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F%3A+https%3A%2F%2Fwww.tbmm.gov.tr%2Fkanunlar%2Fk6360.html&date=2017-10-02>, Son Erişim Tarihi:
06.10.2016