TARİHÎ HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ÜRETİLEN YOĞUN NOKTA BULUTLARINDAN KENTSEL ALAN DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Cihan ALTUNTAŞ¹

¹Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42075, Selçuklu, Konya, caltuntas@selcuk.edu.tr

ÖZET

Hızlı kentleşme ile birlikte planlama ve diğer kentsel hizmetlerin sunulması mekânsal veri ihtiyacını doğurmakta ve değişimlerin izlenmesi zorunlu hâle gelmektedir. Görüntüleme ve fotogrametrik değerlendirme tekniklerindeki gelişmeler 3B sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimini de kolaylaştırmıştır. Sayısal yükseklik modellerinden eğim, hacim ve yükseklik değişimi gibi çok sayıda konumsal bilgi elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, yapılaşma, mevcut binalardaki kat değişimleri ve topoğrafya değişimleri gibi nedenlerle kentsel alanlarda meydana gelen değişikliklerin eski tarihli ve günümüz yakını hava fotoğrafları kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 1975 ve 2010 tarihli hava fotoğraflarından yoğun nokta bulutu yöntemi ile sayısal yükseklik modelleri üretilmiştir. Nokta bulutları ile oluşturulan sayısal yüzey modellerinin farkı alınarak düşey yönlü kentsel alan değişimleri tespit edilmiştir. Çalışma alanı Konya ili kentsel alanındadır. Çalışma sonunda kentsel alan değişimlerinin zaman serili tarihî hava fotoğraflarından yararlanarak tespit edilebildiği görülmüştür. Önerilen yöntemin kentsel alanlardaki değişimlerin izlenmesinde kullanılabilecek bir yöntem olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: fotogrametri, fotoğraftan nokta bulutu, hava fotoğrafı, kentsel değişim

ABSTRACT

URBAN AREA CHANGE DETECTION BASED ON DENSE POINT CLOUD FROM HISTORICAL AERIAL IMAGES

The fast urbanisation creates requirement to the spatial data for planning and providing a public service. Thus changes in urban area have to be monitored by imaging and measuring the spatial data. Development of imaging and photogrammetric evaluation made possible easy creation of 3D digital elevation model (DTM). Many spatial data such as slope, volume and height change can be extracted from DTM. The aim of this study is detect changes that occur with new buildings, additional floor or topographic changes in urban. The changes were detected from dense point clouds by using historical and up to date aerial images. The changes were detected with the difference of these digital elevation models created from the image based point clouds of the year 1975 and 2010. The study area is Konya city in Turkey. This study introduce that urban changes can be detected by dense point cloud based on time series images. The method is efficient way to detect land used changes in urban area.

Keywords: photogrammetry, image-based point cloud, aerial image, urban change

1. GİRİŞ

Kentsel alanlarda oluşan değişimler yapılaşma, ilave kat, kazı ve dolgu gibi faaliyetler sonucu ortaya çıkmaktadır. Kentsel alanlardaki değişikliklerin izlenmesi kentin tarihî gelişim sürecinin görüntülenmesi yanında kentsel denetimlerin etkili bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Kentin tarihî süreçte geçirdiği değişim bundan sonraki planlama çalışmalarına ışık tutacaktır. Diğer yandan kentsel denetim kapsamında kaçak bina, izinsiz kazı ve hafriyat atığı depolama alanları tespit edilebilecek ve gerekli önlemler alınacaktır. Ayrıca deprem gibi doğal afetler nedeniyle oluşan hasarlar ve topoğrafya değişimlerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesi müdahale ve yardım çalışmalarını kolaylaştıracaktır.

Fotogrametri, bugüne kadar kültürel mirasın belgelenmesi, doğal afet zararlarının tespiti, deformasyon ölçmeleri, ve endüstriyel ölçmeler gibi pek çok alanda kullanılmış bir ölçme tekniğidir (Altan vd., 2001; Cooper ve Robson, 2006). Teknolojik gelişmelere bağlı olarak fotogrametrik ölçme ve değerlendirme yöntemlerinde de değişiklikler olmaktadır. Otomatik olarak tespit edilen detay noktaları ile stereoskopik görüntülerin yöneltmesi yapılabilmektedir. Fotogrametrik yöneltmesi yapılan stereoskopik fotoğraflardan istenilen yoğunlukta üç boyutlu (3D) nokta bilgisi üretilmektedir. Üretilen yoğun nokta bulutu verisinden ölçme alanına ilişkin pek çok konumsal bilgi elde edilebilir. Yapılan bir çalışmada insansız hava aracından (IHA) alınan görüntülerden SYM üretilmiş ve ağaç yükseklikleri belirlenmiştir. Aynı işlem LIDAR verileri kullanılarak da yapılmış ve iki yöntem ile üretilen SYM arasında ortalama 19cm fark olduğu belirtilmiştir (Jensen ve Mathews, 2016). Ayrıca binalarda oluşan değişimler fotogrametrik yoğun nokta bulutu ve LIDAR verilerinden tespit edilmiştir. Fotoğraflardan oluşturulan SYM'nin karesel ortalama hatasının 1.5 GSD olduğu belirtilmiştir (Nebiker vd., 2014). Benzer bir çalışmada eski tarihli hava fotoğraflarının yoğun nokta bulutu ile yeni tarihli LIDAR ölçüsü karşılaştırılarak yeni binalar ve oluşan değişiklikler

tespit edilmiştir (Du vd., 2016). Uydu fotoğraflarından üretilen yoğun nokta bulutu ile LIDAR ölçüsü karşılaştırılarak yapılan çalışmada ise oluşan değişiklikler %90 doğruluk ile tespit edilmiştir (Basgall vd., 2014).

Oluşturulan nokta bulutunun ölçeği; kontrol noktaları ya da mesafeler oranı ile elde edilir. Kamera çekim merkezleri arasındaki baz mesafesi ile ölçeklendirilen nokta bulutu lazer tarayıcı ölçüleri ile karşılaştırılmış ve benzer doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir (Ahmadabadian vd., 2013).

Konya, tarihte Selçuklu medeniyetine başkentlik yapmış bir ilimizdir ve Selçuklu ve Osmanlı medeniyetlerine ait çok sayıda tarihî eser bulunmaktadır. Ayrıca hoşgörü sembolü olarak tanınmış Mevlana'nın türbesinin de burada olması nedeniyle turistik bir şehirdir. Diğer yandan sanayi faaliyetlerinin de bulunması nedeniyle kentin nüfusu hızla artmaktadır. Kent ve ilçe merkezlerinde yaşayan nüfus 1975 yılında 555 bin iken 2010 yılında yaklaşık 1.5 milyon, bugün ise iki milyonun üzerindedir. Nüfus artışı kentleşmeyi de beraberinde getirmiş ve denetim faaliyetlerinin yerine getirilmesi güçleşmiştir. Teknolojinin sağladığı olanaklar sayesinde kentsel değişimlerin izlenmesi daha kolay ve hızlı bir şekilde yerine getirilebilmektedir. Bu çalışmada Konya kent merkezinde 37°51'46.04"N 32°28'17.64"E ve 37°52'48.11"N 32°29'59.50"E coğrafi koordinatları ile sınırlanan bölgenin 1975-2010 yılları arasındaki kentsel değişimleri incelenmiştir. 1975 ve 2010 tarihli hava fotoğraflarından nokta bulutları üretilmiş ve bunların karşılaştırılması ile bu tarihler arasında oluşan kentsel alan değişimleri tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Hava Fotoğrafları

Çalışma alanına ait 1975 ve 2010 yılı stereoskopik hava fotoğrafları gerekli yazışmalar yapılarak Harita Genel Komutanlığından (HGK) temin edilmiştir. 1975 yılı fotoğrafları analog kamera ile çekilmiştir. Kamera filmi HGK'de mikro tarayıcı ile taranarak dijital ortamına aktarılmıştır. Kamera kalibrasyonu bilgileri ve tarama işlemine ait bilgiler fotoğraflar ile elde edilememiştir. Ancak hava fotoğraflarının kenar bilgilerinden çekildiği kameranın odak uzaklığı ve yaklaşık resim ölçeği bilgileri elde edilebilmiştir. Sayısallaştırılmış görüntünün piksel sayısı ve resim boyutları ile birlikte değerlendirilerek tarama çözünürlüğünün yaklaşık 15 mikron olduğu değerlendirilmiştir. 2010 yılı hava fotoğrafları ise sayısal kamera ile kaydedilmiştir ve yer örnekleme aralığı (YÖA), kamera odak uzaklığı ve piksel büyüklüğü değerleri fotoğraflar ile birlikte verilmiştir (**Çizelge 1**).

Çizelge 1. Hava fotoğraflarına ait bilgiler.

Yıl	Fotoğraf adedi	Odak uzaklığı (mm)	Resim ölçeği	Resim boyutları	Görün tü alanı (km ²)	Stereos kopik alan (km ²)	Piksel boyutları (micron)	YÖM (cm/pix)
1975	3	208.17	20000	18x18cm	23.01	22.7	14.96	40.3
2010	2	100.50	80099	9420x1444 30 pixels	34.26	21.7	7,20	50.2

2.2 Yer Kontrol Noktası (YKN)

Fotogrametrik değerlendirme ile üretilecek nokta bulutunun jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi YKN ile yapılır. Stereoskopik görüntü alanında daha önceden tesis edilmiş ve koordinatları bilinen YKN olmadığından fotoğrafta görülebilen ve hâlihazırda mevcut olan bahçe duvarı, bina köşesi, yol kavşakları gibi detaylardan YKN oluşturulmuştur. Özellikle 1975 görüntü için YKN seçimi zor olmuştur. Ancak ölçme alanında bulunan tarihî cami, medrese, türbe ve hanlardan yararlanarak YKN oluşturulabilmiştir. Her iki periyot ölçü için toplam 13 YKN oluşturulmuş ve jeodezik koordinatları GPS ile CORS-TR ağına dayalı olarak ölçülmüştür.

2.3 Structure from Motion (SfM) Fotogrametri

SfM fotogrametri, görüntülerin karakteristik özellik noktalarının tespiti ve bunların eşleştirilmesi ile kamera konumlarının ve görüntülerin bağıl yöneltilmesinin otomatik olarak tespitini ifade eder. Kamera kalibrasyonu bilinmeyen fotoğrafların değerlendirmesi dahi aynı şekilde yapılabilir. SfM fotogrametride, kamera konumlarını ve kalibrasyon parametreleri aynı anda hesaplanabilmektedir. Eşlenik noktalar epipolar geometriyi gerçekleştirecek şekilde iteratif olarak kamera konumları hesaplanır. Eşlenik noktaların oluşturduğu seyrek nokta bulutundan daha sonra istenilen nokta sıklığında yoğun nokta bulutu oluşturulmaktadır.

2.4 Sayısal Yükseklik Modellerinin Karşılaştırılması

Oluşturulacak nokta bulutları jeodezik koordinat sistemine dönüştürüldükten sonra bunların karşılaştırması yapılabilir. Ancak karşılaştırma işleminden önce iki nokta bulutunun bağıl yöneltmesi yapılarak bunlar arasında YKN ile dönüşümden kaynaklanan hatalar eleminde edilmiş olur ve daha güvenilir sonuçlar elde edilir. Bu işlemde sonra nokta bulutlarının oluşturduğu SYM'ler arasındaki yükseklik farkları iki ölçme periyodu arasında oluşan değişimi ifade eder. Yükseklik farkları, yeni tarihli nokta bulutunun her noktasından eski tarihli nokta bulutunun oluşturduğu SYM'nin üçgen yüzey elemanına olan mesafeler ile hesaplanır.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Fotoğraflardan nokta bulutu oluşturmak için Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmıştır. Fotoğraftan nokta bulutu oluşturan fotogrametrik yazılımlar kamera kalibrasyonu olmadan da fotoğrafları değerlendirebilmektedir. Değerlendirme sonucunda hem kalibrasyon bilgileri hem de 3B nokta koordinatları elde edilmektedir. Fotoğrafların hesaplanan dönüklük parametreleri ile bağlantı noktalarının resim koordinatları tekrar hesaplandığında elde edilen artık değerler yöneltme parametrelerinin doğruluğunu ifade eder ve 2 piksel civarındadır (Şekil 1).

Şekil 1. 1975 (solda) ve 2010 (sağda) yılı görüntülerinin fotogrametrik değerlendirmesinde eşlenik noktalarda oluşan artık hatalar.

Oluşturulan nokta bulutu YKN ile jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür. 1975 yılı ölçüsü 7 YKN, 2010 yılı ölçüsü ise 6 YKN ile jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür (Şekil 2). Hesaplanan dönüşüm parametreleri ile YKN'lerin jeodezik koordinatları tekrar hesaplanmış ve oluşan koordinat farklarının karesel ortalama hatası ile dönüşümün doğruluğu değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Karesel ortalama hata (KOH) 1 eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$KOH = \sqrt{\frac{dd}{n}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte d koordinat farkları ve n nokta sayısıdır.

YKN seçimindeki ve koordinatların elde edilmesindeki zorluklar dikkate alındığında elde edilen doğruluk oldukça iyi seviyededir. Benzer çalışmalarla kıyaslandığında ise oldukça yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir (Nebiker vd., 2014).

Şekil 2. 1975 (üstte) ve 2010 yılı (altta) nokta bulutlarının jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi ve YKN dönüşüm hataları.

Çizelge 2. Nokta bulutlarının jeodezik koordinat sistemine dönüşümünden sonra YKN’de oluşan artık hatalar.

Yıl	YKN	X_error(m)	Y_error(m)	Z_error(m)	XYZ_error	Image (pix)
1975	18-sanayi depo	0,321458	-0,660831	2,32556	2,43891	0,772 (3)
	5-heykel	-1,65937	-0,684026	-3,95856	4,34645	0,256(2)
	16-koçtaş arkası park	0968941	-1,87084	4,90178	5,33539	0,506(2)
	25-karakayış-kufe cd	-0,862234	1,07771	-4,7428	4,93954	0,066(2)
	13-ahmetdede biçyemez cami	1,53771	0,326478	1,79062	2,38275	0,068(2)
	18-1-sanayi depo	0,229989	,0224197	-,0775681	0,839523	0,159(2)
	6-3-il gıda tarım ek hizmet binası	1.15556	1.3277	4.76729	5.08185	0.430(2)
	KOH	1.08837	1.03411	3.66713	3.96255	0.437
2010	37-1-dedeman kavşağı	-0,14994	-0,0335667	2,38496	2,38991	0,002(2)
	36-diyanet yurdu kavşağı	0,504872	0,430489	-0,909416	1,12572	0,300(2)
	30-EML-selçuklu	-0,464877	-0,489936	0,902549	1,12727	0,261(2)
	5-2-heykel	0,109577	-0,920173	-2,83225	2,97999	0,484(2)
	1-1-alaad_cami	-0,125091	-0,459033	-0,179683	0,508572	0,268(2)
	33-Şefikcan CD Mizanlı Sk	0,32898	0,353518	0,646689	0,8071	0,072(2)
	KOH	0,323875	0,51783	1,62285	1,73398	0,280

Kentsel değişimleri görüntüleyebilmek için iki nokta bulutu ölçüsünün oluşturduğu SYM karşılaştırılmıştır. 1975 yılı referans alınarak 2010 yılı ölçüsü IEYN yöntemi ile referans ölçünün koordinat sistemine dönüştürülerek birleştirilmiştir. Bu dönüşümde en yakın eşlenik noktalar arasındaki mesafelerin standart sapması 0,98 m olarak gerçekleşmiştir. Bu işlemten sonra 2010 yılı nokta bulutunun her noktasından referans nokta bulutunun her bir yüzey elemanına (mesh triangle) olan düşey mesafeler ile değişimler hesaplanmıştır. Elde edilen düşey yönlü farklar değişimleri ifade etmektedir. Ölçme alanındaki değişimlerin tamamına yakınının artış yönünde olduğu görülmektedir (**Şekil 3**). Yani yükseklikte azalma olarak gerçekleşen değişim yok denecek seviyededir (**Şekil 4**). Alaaddin Tepesi’ni çevreleyecek şekilde ortalama 25 m yükseklikte bir değişim ile yapılaşma olduğu görülmektedir. Yapı yüksekliğinin çalışma alanının kuzey batısında Nalçacı caddesi civarında daha yüksek ve 40 m civarında olduğu görülmektedir. Şehir stadyumu değişim olmayan alan olarak görülmektedir (**Şekil 3**). Oluşturulan ortofoto haritalar da iki periyot arasındaki değişimleri açıkça göstermektedir (**Şekil 5**).

Şekil 3. Artan ve azalan değerlerle oluşan değişimlerin görüntülenmesi (Birimler: metre).

Şekil 4. Kentsel değişimlerin mutlak değer olarak gösterilmesi (Birimler: metre).

Şekil 5. a) 1975 (40cm çözünürlük) ve **b)** 2010 (50cm çözünürlük) yılı ortofoto görüntüler.

Bu çalışmada kentsel değişimlerin görüntülenmesinde en büyük hata kaynağı iki ölçü periyodu arasında ağaçların ve araçların oluşturduğu değişimdir. Alaaddin Tepesi ve civarında görülen küçük ölçekli negatif yönlü değişim de buna işaret etmektedir. Diğer yandan binaların gölgeleme etkisi nedeniyle oluşan boşluklar da sonuç doğruluğunda etkilidir. Bu çalışmada nokta bulutunda oluşan boşluklar giderilmeden ölçülerin karşılaştırması yapılmıştır. Yüksek doğrulukta görüntüleme için nokta bulutundaki boşlukların karşılaştırma işleminden önce doldurulması gerekir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada 1975 ve 2010 yılı stereoskopik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutlarının karşılaştırılması ile Konya kent merkezinde belirlenen alanda oluşan kentsel değişimler incelenmiştir. Eski tarihli hava fotoğraflarının karşılaştırılması ile kentsel değişimlerin görüntülenebildiği gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlardan kent planlama ve yönetsel faaliyetler kapsamında yararlanılabileceği değerlendirilmiştir. Diğer yandan gelişen İHA görüntüleme tekniği ile daha büyük ölçekli fotoğraflardan daha küçük detayların tespit edilebileceği ve kentsel denetim faaliyetlerinin daha etkili ve düşük maliyet ile gerçekleştirilebileceği değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 17401062 numaralı araştırma projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahmadabadian, A.H., Robson, S., Boehm, J., Shortis, M., Wenzel, K., Fritsch, D.,** 2013, A Comparison of Dense Matching Algorithms for Scaled Surface Reconstruction Using Stereo Camera Rigs. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 78, 157-167.
- Altan, O., Toz, G., Kulur, S., Seker, D.Z., Volz, S., Fritsch, D., Sester, M.,** 2001, Photogrammetry and Geographic Information Systems for Quick Assessment, Documentation and Analysis of Earthquakes. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 55(5/6), 359-372.
- Basgall, P.L., Kruse, F.A., Olsen, R.C.,** 2014, Comparison of LiDAR and Stereo Photogrammetric Point Clouds for Change Detection. *Laser Radar Technology and Applications XIX; and Atmospheric Propagation XI. Proc. of SPIE Vol. 9080, 90800R*, doi: 10.1117/12.2049856
- Cooper, M.A.R., Robson, S.,** 2006, High Precision Photogrammetric Monitoring of the Deformation of a Steel Bridge. *The Photogrammetric Record*, 13(76), 505-510.
- Du, S., Zhang, Y., Qin, R., Yang, Z., Zou, Z., Tang, Y.,** 2016, Building Change Detection Using Old Aerial Images and New LiDAR Data. *Remote Sensing*, 8(12), 1030, doi:10.3390/rs8121030
- Jensen, J.L.R., Mathews, A.J.,** 2016, Assessment of Image-Based Point Cloud Products to Generate a Bare Earth Surface and Estimate Canopy Heights in a Woodland Ecosystem. *Remote Sensing*, 8(1), 50, <https://doi.org/10.3390/rs8010050>
- Nebiker, S., Lack, N., Deuber, M.,** 2014., Building Change Detection from Historical Aerial Photographs Using Dense Image Matching and Object-based Image Analysis. *Remote Sensing*, 6(9), 8310-8336, <https://doi.org/10.3390/rs6098310>