

Arkeolojik Eserlerin Fotogrametri Yöntemi İle 3 Boyutlu Modellenmesi: Demeter Heykeli Örneği

Ahmet USLU ^{1*}, Murat UYSAL ²

¹ Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kütahya
(ahmet.uslu1@dpu.edu.tr) ORCID 0000-0001-8745-423X

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar
(muysal@aku.edu.tr) ORCID 0000-0001-5202-4387

Öz

Uygarıkların beşığı olarak Anadolu tarih boyunca çok sayıda ve farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmış, her döneme ait birçok kültürel ve tarihi mirası üzerinde barındıran bir toprak parçasıdır. Yüzerce yıllık bilgi birikimini üzerinde barındıran, gelecek nesillere aktarılması gereken antik eserlerin özüne zarar verilmeksizin dokümantasyonun yapılmasında ve 3B modellerinin üretilmesinde fotogrametri tekniği sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüzde fotogrametrik yazılımların gelişimi sayesinde fotoğraflar üzerinden gerçek doku ile kaplanmış 3B modellerin elde edilmesi, model üretimine görsel açıdan bir ivme kazandırmıştır.

Bu uygulama, Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde yer alan Demeter Heykelinin 3 boyutlu modellenmesini içermektedir. Uygulamaya konu olan antik eserin yersel fotogrametrik yöntemle 3 boyutlu modellenmesi için, eser üzerinde işaretlenen kontrol noktaları Focus 6 reflektörsüz totalstation cihazı ile ölçülmüş ve antik eserin fotoğrafları Nikon Coolpix P510 kamerası ile çekilmiştir. Elde edilen bu veriler PhotoModeler (PM) yazılımında değerlendirilerek belirlenen fotoğraf çiftleri üzerinden 0,5 mm aralıklı yoğun nokta bulutu ve $\pm 2,39$ cm ortalama konum hassasiyeti ile Demeter Heykelinin 3B modeli üretilmiştir.

Çalışma sonucunda arkeolojik eserlerin korunması ve sonraki nesillere aktarılması için yapılan dokümantasyon çalışmalarında fotogrametrik tekniklerinin kullanılması, bu alanda yapılan işlere doğruluk, hız, maliyet ve ürün çeşitliliği anlamında büyük bir avantaj sağlamakla beraber fotogrametrinin farklı disiplinlere de çözüm sunabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arkeolojik Dokümantasyon, Fotogrametri, Nokta Bulutu, 3B Modelleme

3D Modeling Of Archeological Artefacts Using Photogrammetric Method: Demeter Sculpture

Abstract

Anatolia is a land which includes various cultural and historical heritage from different ages and it has hosted to humrous different civilization throughout history as a cradle. In order to make documentation without giving any harm to ancient heritage, to transfer to next generations and produce 3D models, photogrammetric technique is often used. Thanks to the development of photogrammetric software used today, obtaining 3D models covered with real tissue has visually accelerated model production.

This implementation involves 3D modelling of Demeter sculpture in Kütahya Archaeology Museum. For 3D modelling of the relevant antique artefact using ground photogrammetric method, the check-points marked on the artefacts were measured with Focus 6 Reflectorless TotalStation and their photos were taken with Nikon Coolpix P510 camera. The data were analysed using PhotoModeler software and thus 3D models of the

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi: 05.06.2017

Kabul Tarihi: 22.06.2017

Geomatik Dergisi

Journal of Geomatics

Demeter sculpture were produced with intense dense cloud with 0.5 mm spacing over specified pairs of photographs and ± 2.39 cm average position accuracy.

As a result of the study, it was seen that in addition to the fact that using ground photogrammetric techniques in documentation of cultural heritage to pass it down to future generations provides a great advantage in terms of accuracy, speed, cost and product variety, photogrammetry can also provide solutions to different disciplines.

Keywords: Archaeological Documentation, Photogrammetry, Point Cloud, 3D Modeling

1. GİRİŞ

Ülkemiz coğrafi konumu itibarıyla Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan köprü vazifesinde olması, göç ve ticaret yollarının üzerinden geçiyor olması, topraklarının verimli ve ikliminin elverişli olması, eşsiz doğal güzelliklere sahip olması gibi nedenlerle zengin kültürlerle ev sahipliği yapmıştır. Geçmiş kuşaklar tarafından oluşturulmuş, evrensel değerlere sahip, bütün insanlığın ortak mirası olarak kabul edilen kültür varlıklarını korumak, tanıtımını yapmak, toplumda kültürel mirasa sahip çıkacak bilincin oluşmasını sağlamak, toplumun bilgi ve kültür birikiminin arttırılmasına katkıda bulunmak ve çeşitli etkenlerle tahribata uğrayan, yok olan kültürel değerlerin yaşatılması, dokümantasyonunun yapılması ve gelecek kuşaklara aktarılması için gerekli özverili çalışmaları yapmak bireylere düşen en büyük görevlerdendir (Uslu, 2016).

Kültürel mirasın korunmasına yönelik yapılacak yazılı ve görsel belgeleme çalışmalarında elde edilen bilgilerin, oluşturulan çeşitli ölçek ve nitelikteki çizimlerin koruma ve yaşatma çalışmalarında görev alacak farklı meslek uzmanları tarafından anlaşılır ve kullanılabilir biçimde düzenlenmesi gerekir. Metrik, yazılı ve görsel dokümantasyon, kültürel mirasın mevcut durumu, problemlerinin tespiti ve çözümüne yönelik her türlü koruma çalışmalarında temel altlık olarak kullanılmaktadır (Yakar, 2015).

Bu noktada fotogrametri tekniği yıllardır arkeolojik ölçmeler, kültürel mirasın dokümantasyonu ve 3B modellenmesi

uygulamalarında hızlı, verimli, ekonomik ve güvenilir bir biçimde veri ve yöntem sağladığı için sıklıkla kullanılmaktadır (Yakar ve Yılmaz, 2008).

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada fotogrametri tekniği ile fotoğraflar üzerinden, yersel lazer tarayıcılar kadar hassas nokta bulutları elde etmeye imkân sağlayan PhotoModeler yazılımı kullanılarak Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Demeter Heykelinin düşük maliyette, yüksek çözünürlüğe ve doğruluğa sahip 3B modelinin üretilmesi hedeflenmiştir.

2. UYGULAMA

Bu uygulamada, Kütahya Arkeoloji Müze'sinde yer alan 2.08 m uzunluğunda ve 610 kg ağırlığında Demeter Heykelinin 3 boyutlu modellenmesi ele alınmıştır (Şekil 1). Demeter, Yunan mitolojisinde tarımın, bereketin, mevsimlerin ve anne sevgisinin tanrıçasıdır. Homeros'un destanlarında, "güzel saçlı kraliçe" ya da "güzel örgülü Demeter" diye geçmektedir. İnsanlara toprağı ekip biçmesini öğreten bu tanrıçadır. Ekinleri, özellikle de buğdayı simgelemektedir. Hesiodos'a göre Kronos'la Rheia'nın ikinci kızı, ilk tanrı kuşağındandır. Tanrılar tanrısı Zeus'un dördüncü evliliğini onunla yaptığı söylenmektedir. Bu evlilikten de Demeter'in en bilinen çocuğu, yeryüzü ecesi Persephone doğmuştur. Demeter, heykellerinde baygın bakışlı, sağ elinde bir buğday başağı, sol elinde de yanan bir meşale tutan, sarı saçları omzuna dökülen, güzel bir kadın olarak gösterilmektedir (URL-1).



Şekil 1: Demeter Heykeli

Demeter Heykelinin fotogrametrik yöntemle 3 boyutlu modelini elde etme çalışmaları arazi ve büro çalışmaları olmak üzere iki aşamada ele alınmıştır.

2.1. Arazi Çalışması

Uygulamanın arazi çalışması aşamasında öncelikle koordinatlandırma ve konum doğruluğunun irdelenmesi amacıyla heykel üzerinde homojen olarak dağılmış 22 adet kontrol noktası belirlenmiştir. Bu noktalardan 14 tanesi üç boyutlu modelin koordinatlandırılması işlemi, 8 tanesi de doğruluk analizinde kullanılmak üzere işaretlenmiştir. Kontrol noktalarının seçiminde heykelin boyutu, müze içerisindeki konumu, yüzeyin fiziksel özellikleri göz önünde bulundurularak keskin hatların seçimine ve kontrol noktalarının fotoğraflarda görünür ve seçilebilir olmasına dikkat edilmiştir. Kontrol noktaları Focus 6 reflektörsüz totalstation cihazı ile lokal koordinat sisteminde ölçülmüştür (Şekil 2). Farklı poligon noktalarından aynı detay noktasına ölçümler yapılarak detay noktalarının kontrolü sağlanmıştır. Uygulamanın ofis çalışmaları kısmında detay noktalarının fotoğraf üzerinde işaretlenmesi, eşleştirilmesi ve koordinatlandırılması işlemlerinde kullanılmak üzere antik eser üzerindeki detay noktalarının krokileri için cephelerin fotoğraflarından yararlanılmıştır (Uysal ve diğ., 2013).

Demeter Heykelinin 23 adet fotoğrafı 16.1 MP çözünürlüğe sahip Nikon Coolpix P510 kamerası ile konvergent çekim esaslarına göre çekilmiştir (Şekil 2). Fotoğraf çekimi

yapılırken eserin 3 boyutlu modelinin yüksek çözünürlük ve doğrulukta üretimi için uygun sayıda ve açıda, eser üzerinde işaretlenen her kontrol noktasının dört resimde görünür ve seçilebilir olmasına dikkat edilmiştir. Demeter Heykelinin müzenin iç duvarına sabitlenmiş olması ve müze içerisindeki eserlerin konumlarının birbirlerine çok yakın olması sebebiyle eserin sağ yan yüzeyinin ve arka yüzeyinin fotoğraflarının çekiminde zorluklar yaşanmıştır. Değerlendirme işleminde en uygun olan resimler kullanılmıştır. Kontrol noktalarının ölçümü ve fotoğraf çekimi işlemlerinden sonra elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak ofis çalışması aşamasına geçilmiştir.

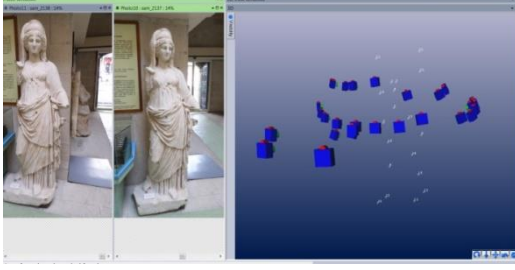


Şekil 2: Focus 6 total station (Sol) ve dijital kamera (Sağ)

2.2. Ofis Çalışması

Değerlendirme işlemleri ve Demeter Heykelinin 3 boyutlu modelini oluşturulma işlemleri için PhotoModeler yazılımı kullanılmıştır. Bu kapsamda, programa öncelikle kullanılan kameranın iç yöneltme parametreleri yani kamera kalibrasyon değerleri ve değerlendirmede kullanılacak en uygun fotoğrafların girilmesiyle bir proje oluşturularak başlanılmıştır. PhotoModeler yazılımı karşılıklı ve mutlak yöneltme işlemlerini bir arada yaptığı için iki veya daha fazla fotoğrafta görünen 14 adet kontrol noktası nokta atmak suretiyle işaretlenmiştir (Yastıklı, 2014).

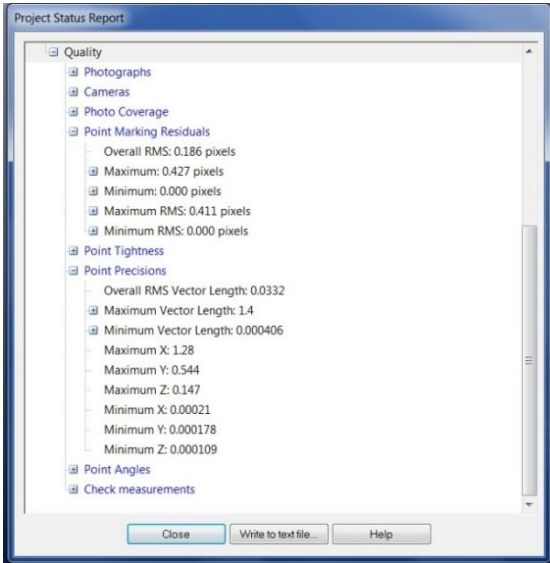
Kontrol noktalarının işaretlenmesinden sonra bir fotoğraf referans alınarak tüm kontrol noktalarının yerleri diğer fotoğraflarda da gösterilerek eşleştirme işlemi yapılmıştır. Daha sonra resim koordinat sisteminden arazi koordinat sistemine dönüşüm için kontrol noktalarının lokal koordinat sistemindeki arazi koordinat değerleri PhotoModeler yazılımının desteklediği bir metin dosyası formatında yazılıma aktarılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: PM yazılımında resim çekim açıları ve kullanılan kontrol noktaları

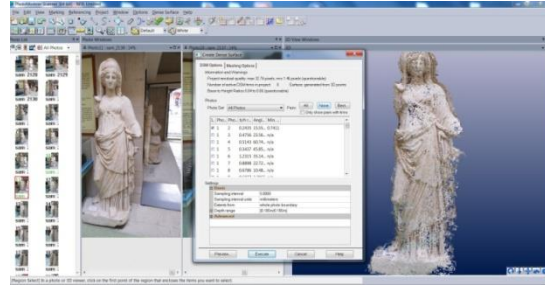
Nokta atmak suretiyle eşlenen kontrol noktaları fotoğraf üzerinde seçildikten sonra aynı kontrol noktalarının koordinat tablosundaki karşılıkları seçilerek noktaların üç boyutlu koordinatları sistemde tanımlanmıştır.

PhotoModeler yazılımında demet yöntemine göre yapılan dengeleme işlemi sonucunda projede herhangi bir problemin bulunmadığı, dengelemenin başarılı olduğu, yöneltme işleminin yapıldığı ve ortalama nokta işaretleme hassasiyetinin 0.186 piksel olduğu görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4: PM yazılımında dengeleme raporu

Bu değerler sonucunda yoğun nokta bulutu ve üç boyutlu model üretimi aşamasına geçilmiştir. Nokta bulutu üretimi aşamasında belirlenen fotoğraf çiftlerinden 0.5 mm sıklıkta yoğun nokta bulutu üretilmiş ve üretilen yoğun nokta bulutu üzerinde bulunan uyuşumsuz noktalar temizlenerek gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Elde edilen yoğun nokta bulutuna dengelenmiş olan fotoğraflardan doku kaplaması yapılmış ve yoğun nokta bulutu renklendirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: Modele ait nokta bulutu üretme çalışmaları

Nokta bulutu üretimi sonrasında nokta bulutunun seyreltilmesi, nokta bulutu üretilmeyen alanlarda boşluk doldurma işlemi yapılarak üçgen model elde edilmiştir. Oluşturulan katı model, dengelenmiş fotoğraflardan gerçek dokusuyla kaplanarak Demeter Heykelinin 3 boyutlu modeli elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: Heykelin gerçek doku ile kaplanmış 3 boyutlu modeli

2.3. Doğruluk Analizi

3 boyutlu modelin hatasını tespit etmek ve başarısını ortaya koymak için doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi işlemi araziden elde edilen ve görüntü üzerinden alınan test verilerinin değerlendirilmesi ile sağlanmıştır. 3 boyutlu modelin doğruluğunun analizi için antik eser üzerinde işaretli, koordinatlandırma işlemi kullanılmayan ve homojen olarak dağılmış 8 adet kontrol noktası seçilmiştir. 8 adet kontrol noktası 2.08 m yüksekliğindeki antik eserin 3 boyutlu modelinin doğruluk analizi için yeterli görülmüştür. Kontrol noktalarının koordinat değerleri elektronik uzaklık ölçer ile hesaplanarak kesin koordinatlar olarak kabul edilmiştir. Aynı kontrol noktalarının resim koordinat değerlerinden farkları hesaplanarak, noktaların x, y, z yönündeki karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. Tablo 1 ve Tablo 2’de 3 boyutlu modelin doğruluğunun araştırılması üzerine yapılan çalışmaya ilişkin değerler verilmiştir.

Bu veriler ışığında 3 boyutlu modelin konum hassasiyeti araştırmasında; y, x ve z koordinatlarında ortalama konum hatası $\pm 23,9$ mm olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Modele ait kontrol noktalarının koordinat farkları

NN	Vi Farklar (mm)			Vi Vi Farklar (mm ²)		
	Vy	Vx	Vz	Vy Vy	Vx Vx	Vz Vz
1	18	8	15	324	64	225
2	-12	-14	12	144	196	144
3	-8	-12	-16	64	144	256
4	-17	-16	-9	289	256	81
5	-7	-11	-8	49	121	64
6	12	9	-13	144	81	169
7	16	-7	17	256	49	289
8	14	-15	13	196	225	169

Tablo 2. 3B modelin doğruluk analizi sonuçları

N.N	Vi Farklar (mm)		
	Vy	Vx	Vz
Vmin	8	7	8
Vmax	18	16	17
Vort	13	11.2	12.9
m	14.5	12.7	14.1
m_{xyz}	23.9		

3. BULGULAR

3 boyutlu modelleme uygulamalarının başarısı için aşağıdaki hususların önemli olduğu görülmüştür:

- Modellenen objenin şekil ve boyutları göz önünde bulundurularak uygun konum ve açıda yeterli sayıda resim çekilmelidir.

- Jeodezik alım işlemi planlı biçimde yapılmalıdır.
- Obje üzerinde işaretlenen kontrol noktalarının uygun biçimde dağılımı, yeterli sayıda olması sonuç ürünü modelin doğruluğunu arttırmaktadır.
- PhotoModeler yazılımında, 3 boyutlu model oluşturmak konvergent alım yöntemi ile çekilen en az 3 fotoğraf kullanılmalıdır. Fotoğraf sayısının artmasıyla sonuç ürünü modelin doğruluğunun ve çözünürlüğünün arttığı görülmüştür.
- PhotoModeler yazılımında, fotoğraf çiftlerinde işaretli kontrol noktaları doğru şekilde eşleştirildiğinde 3B modelin doğruluğunun arttığı görülmüştür.
- Nokta bulutu üretimi aşamasında, fotoğraflarda nokta bulutunun üretileceği bölge sınırlandırıldığında gereksiz, uyumsuz ve bozuk nokta bulutu üretiminin önüne geçilerek, daha kısa sürede nokta bulutunun üretileceği görülmüştür. Yine örnekleme aralığı değeri 10 mm 'den küçük bir değer seçildiğinde nokta bulutu üretiminde sürenin arttığı ve sık nokta bulutunun oluştuğu görülmüştür.
- PhotoModeler yazılımı model üretimi aşamasında, heykelin alt ve arka yüzeyini oluşturan nokta bulutundaki boşlukların doldurulmasına imkân sağlamıştır.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada fotogrametrik yöntem ile fotoğraflar üzerinden, yersel lazer tarayıcılar kadar hassas ve sık nokta bulutları üretmeye imkân sağlayan PhotoModeler yazılımından faydalanılarak Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Demeter Heykelinin kısa sürede düşük maliyette, yüksek çözünürlük ve doğrulukta 3 boyutlu modeli elde edilmiştir.

Sonuç ürünü 3 boyutlu modelin, arkeolojik dokümantasyon için yüksek doğruluklu çözümler sunduğu ve restorasyon projeleri için de temel altlık olarak kullanılabileceği görülmüştür. Antik eserin amaca uygun ölçekte ayrıntılı cephe çizimleri, çeşitli perspektif çizimleri elde edilebilmektedir. Rölöve restitüsyon ve restorasyon projeleri

hazırlanarak Demeter Heykelinin tarihi eser kaçakçıları tarafından tahribata uğramış baş ve kol kısımlarının aslına uygun olarak ihya edilmesi sağlanabilir.

Bilişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler ile birlikte kültürel mirasın sergilendiği, muhafaza edildiği müzeler de elektronik ortama taşınarak sanal müze veya e-müze olarak adlandırılan yeni bir müze kavramı ortaya çıkmıştır. Bu noktada fotogrametrik yöntemler kullanılarak elde edilen 3 boyutlu modellerin web tabanlı sistemlerle birlikte kullanımı sağlanabilir. Böylece 3 boyutlu modeller doku kaplama özelliğine sahip veri formatlarına dönüştürülerek, kültürel mirasın çağdaş sanal müzecilik anlayışıyla internet üzerinden milyonlarca ziyaretçiye ulaşması sağlanabilir. Çalışma sonucunda çok sayıda medeniyete ev sahipliği yapmış, zengin bir kültür mirasına sahip Kütahya turizmden yeterince pay alamamaktadır. Bu çalışma ile Kütahya Müzesi'nin tanıtımına ve turizmine katkı sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Uslu, A., (2016). Kültürel Mirasın Üç Boyutlu Modellenmesi ve Web Ortamında Sunulması. Yüksek Lisans Tezi Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 83.
- Yakar, M. (2015). Sahip Ata Külliyesi Rölöve Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Yakar, M., Yılmaz, H.M. (2008). Kültürel Miraslardan Tarihi Horozluhan'ın Fotogrametrik Rölöve Çalışması ve 3 Boyutlu Modellenmesi. S.Ü. Müh.- Mim. Fak. Dergisi C.23 s.2: 25-33.
- Uysal, M., Toprak A.S., Polat N., (2013). Afyon Gedik Ahmet Paşa (İmaret) Camisinin Fotogrametrik Yöntemle Üç Boyutlu Modellenmesi, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon.
- Yastıklı, N. (2014). Yersel Fotogrametrinin Tersine Mühendislik Uygulamalarında Kullanımı. UZAL-CBS Sempozyumu, İstanbul.
- (URL 1) www.wikipedia.com. [Ziyaret Tarihi: 10 Ocak 2017].

Türkiye İçin Bir Taşınmaz Değerleme Sistemi Yaklaşımında Temel Veri Yönetimi

Nuri ERDEM^{1*}

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye
(nurierdem@oku.edu.tr) ORCID 0000-0002-1850-4616

Öz

Taşınmaz değerlendirme alanında gelişmiş sistemlere sahip ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de değerlendirme çalışmaları sırasında ihtiyaç duyulan verilere erişilebilmesi ve çalışmaların sağlıklı bir altyapı çerçevesinde gerçekleştirilebilmesi için, taşınmaz karakteristikleri ve taşınmaz piyasasındaki gerçek alım-satım değerleriyle ilgili bilgileri içeren emsal satışlar veritabanları kurulmalıdır. Taşınmaza ait bilgilerin ortak bir veritabanından elde edilebilmesi, değerlendirme uzmanlarının ihtiyaç duydukları verilere daha kısa sürede ve kolayca ulaşabilmesini sağlayacaktır. Bu çalışmada, ülkemiz için önerilen Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi (TADES) yaklaşımının temel veri yönetimi, teknik özellikleri ve ilgili alandaki mevcut bazı teknik sorunların çözüm önerileri üzerinde durulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Değerleme Sistemi, Veritabanı Yönetimi, Veri Modeli, CBS.

Basic Data Management In An Approach For Turkish Real Estate Valuation System

Abstract

Similar sales records databases should be established in Turkey as well as in countries with developed systems in the field of immovable valuation so that the required data can be accessed during the valuation studies and the studies can be carried out within a healthy infrastructure with information about the real estate properties and the actual purchase and sale values in the immovable market. The ability to obtain information from the immovable property from a common database will enable valuation specialists to access the information they need in a shorter period of time. This study focuses on the basic data management, technical characteristics and proposals for solutions of some existing technical problems in Turkey, which are recommended for Turkey by the Turkish Real Estate Valuation System (TADES) approach.

Keywords: Valuation System, Database Management, Data Model, GIS.

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Taşınmaz değerinin belirlenmesinde kesin modellerden söz etmek zordur. Her ülkenin taşınmaz değer tespitinde kendine has kültürleri, konumsal ya da bölgesel özelliklerine göre kullandıkları yöntemlerde farklılıklar görülebilir. Yöntemlerin çoğu emsal karşılaştırma temeline dayanmaktadır.

Model ya da yöntemler ise doğrudan kullanıcıların düşüncesini taklit ederek, piyasayı analiz etmeye çalışır (Yalpır, 2007; Pagourtzi and Assimakopoulos, 2003). Ülkemizde taşınmaz değerleme çalışmalarında kullanılan geleneksel değerlendirme yöntemleri sırasıyla karşılaştırma, maliyet ve gelir yöntemleridir (Açlar ve Çağdaş, 2008; Yalpır vd., 2002).

Gelişen teknolojiyle birlikte dünyada olduğu gibi ülkemizde de modern değerlendirme yöntemlerinin kullanılması zorunlu hale getirmiştir. Taşınmaz değerlemede son yıllarda tercih edilen modern değerlendirme yöntemleri arasında yapay sinir ağları, bulanık mantık, konumsal analiz ve destek vektör makineleri regresyonu gibi yöntemler önemli bir yer tutmaktadır.

Konumsal analiz ile değerlendirme yöntemi: Konumsal analiz, verilerin görsel bir biçimde coğrafi olarak sunulmasına olanak sağlayan bilgi sistemi ve ilgili yazılımların yardımı ile noktasal ve sözel verilerin anlamlı ve bilgilendirici haritalar üzerinde sunulmasıdır. Konumsal analiz ile Coğrafi Bilgi Sistemini (CBS) kullanarak taşınmaz değer tespitleri yapılmış ve bazı yöntemler ile karşılaştırılmıştır. Konumsal analiz yönteminin özellikleri aşağıda özetlenmektedir (Yalpır, 2007):

- CBS esasına dayanılarak grafik ve sözel bilgiyi birleştirerek çalışılmalıdır.
- Güncel harita altlığı ve ilişkilendirilmiş veri tabanının bulunması gerekir.
- Bazı verilerin harita altlığından elde edilmesinden dolayı süre ve maliyet açısından avantajlı bir yöntemdir.
- Verilerin güncel olarak tutulmasını gerektirir.

2. SEÇİLMİŞ BAZI ÜLKELERDE CBS DESTEKLİ TAŞINMAZ DEĞERLEME ÇALIŞMALARI

Araştırma kapsamındaki ülkelerin tamamında değerlendirme çalışmaları sırasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Çünkü CBS, özellikle değerlendirme sonuçlarının kontrolünde ve analizinde önemli bir araç olarak görülmektedir. Ancak, bu konuda resmi bir zorunluluk getirilmemiş, daha çok CBS;

- Zaman içinde (yeni yatırımlar ve projelerin etkisiyle) detaylarda yaşanan veya yaşanabilecek değişikliklerin tespitinde,
- Malikler arasındaki gerçek alım-satım fiyatları ile farklı statüdeki resmi kurumların belirlediği fiyatlar arasında oluşabilecek uyumsuzlukların belirlenmesinde,

- Takdir edilen değerlerin kalite kontrolü yapılırken, fiyat oluşumunda önemli etkileri olan çevresel ve konumsal faktör ilişkilerinin gözlemlenmesinde,

kullanılmaktadır.

Hollanda

Hollanda'da taşınmaz Değerleme çalışmalarında, zorunlu olmamakla birlikte, harita altıkları ile coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Bu teknolojilerle zaman içindeki değişikliklerin belirlenmesi, alım satım değerlerindeki uyumsuzluklar ve biçilen değerlerin kalite kontrolü sırasında konumsal ilişkilerin gözlemlenmesi yapılabilmektedir (Köktürk ve Köktürk, 2015).

Danimarka'nın taşınmaz değerlendirme sistemindeki çalışmalar sırasında CBS teknolojilerinden yararlanılmaktadır. İnternet ortamından erişilebilen sistemde bir taşınmazın, bulunduğu yerin bilgileri girilerek, en son ne zaman değerlendirildiği, arazi değeri ve taşınmaz değeri gibi bilgilere ulaşılabilmektedir (HKMO, 2012).

Malezya

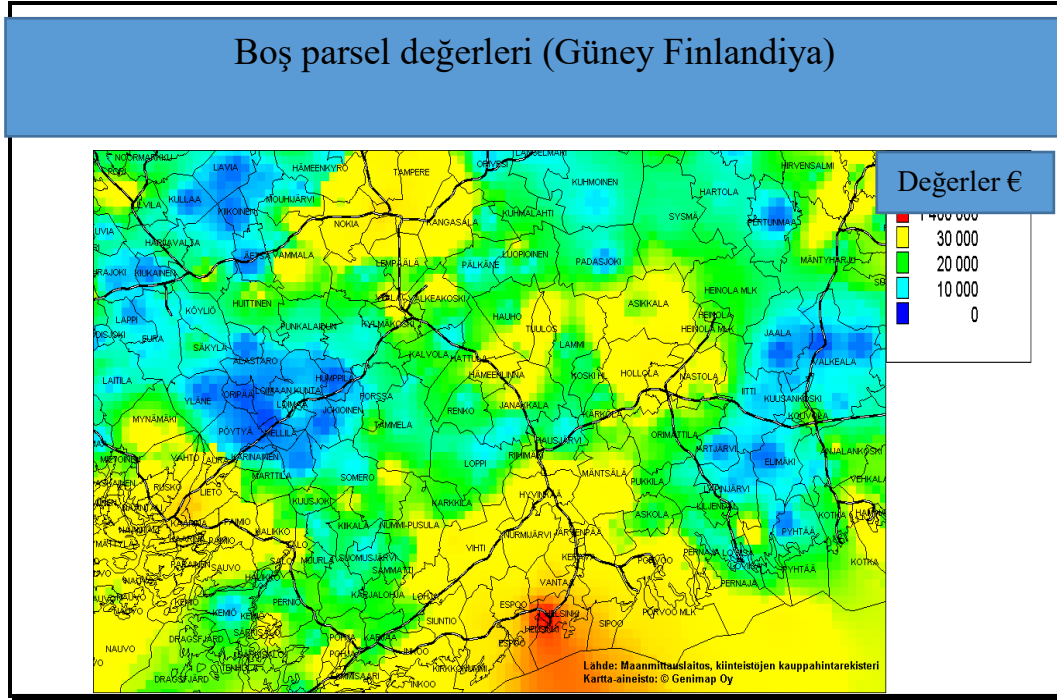
Malezya'da Maliye Bakanlığı'na bağlı Gayrimenkul Değerleme Genel Müdürlüğü'nün misyonu; gayrimenkul değerlendirme ve danışmanlık hizmetleri sunmak,

gayrimenkullerle ilgili bilgileri talep edenlere zamanında, güvenilir ve profesyonel bir şekilde sunmak olarak ifade edilmiştir. Genel Müdürlük merkezi üç ana birimden oluşmaktadır (Susar, 2007; Jahanshiri, 2011). Bunlardan birisi olan Gayrimenkul Bilgi Merkezi (National Property Information Center- NAPIC); Değerleme Bilgi Sistemi (Valuation Information System, VIS) adlı bilgisayar tabanlı bir projeyi tamamlama çalışmalarını sürdürmektedir. Sisteme dâhil birimler on-line olarak birbirleriyle bağlıdır. VIS dışında web tabanlı olarak çalışan diğer bir sistem PRISM (Property Information System Malaysia)'dır. PRISM, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarına da yanıt verecek bir bilgisayar sistemi olarak tasarlanmıştır (Susar, 2007; Jahanshiri, 2011).

Finlandiya

Finlandiya, TKGM Modernizasyon projesi sırasında kurum tarafından ziyaret edilen ülkelerdendir. Çalışma ziyareti kapsamında oluşturulan rapora göre; Ulusal Vergi Kurulu

ve Finans Bakanlığı, vergilendirme amaçlı toplu değerlendirme (mass valuation) işlemlerini, her beş yılda bir Finlandiya Teknik Araştırmalar Merkezi (VTT)'ne yaptırmaktadır (Şekil 1). Hazırlanan raporlar, satış fiyatı kayıtları ve yetkililerle yapılan görüşmelere dayanmaktadır. Yapılan çalışmalar neticesinde oluşturulan CBS destekli değer haritaları ve yapılan istatistiki analizler, ülkedeki taşınmaz değerlerinin durumu hakkında bilgi üretilmesini sağlamaktadır. 30 yıllık veri arşivi değerlendirme çalışmalarına önemli katkı sağlamaktadır (Yıldız, 2014).



Şekil 1. Finlandiya’da VTT Tarafından Üretilen Şehir Merkezini İçeren Değer Haritası.

3. DEĞERLEME SİSTEMİMİZİN YENİDEN YAPILANDIRILMASIYLA İLGİLİ YAPILMIŞ BİLİMSEL ÇALIŞMA VE ÖNERİLERDE CBS’NİN YERİ

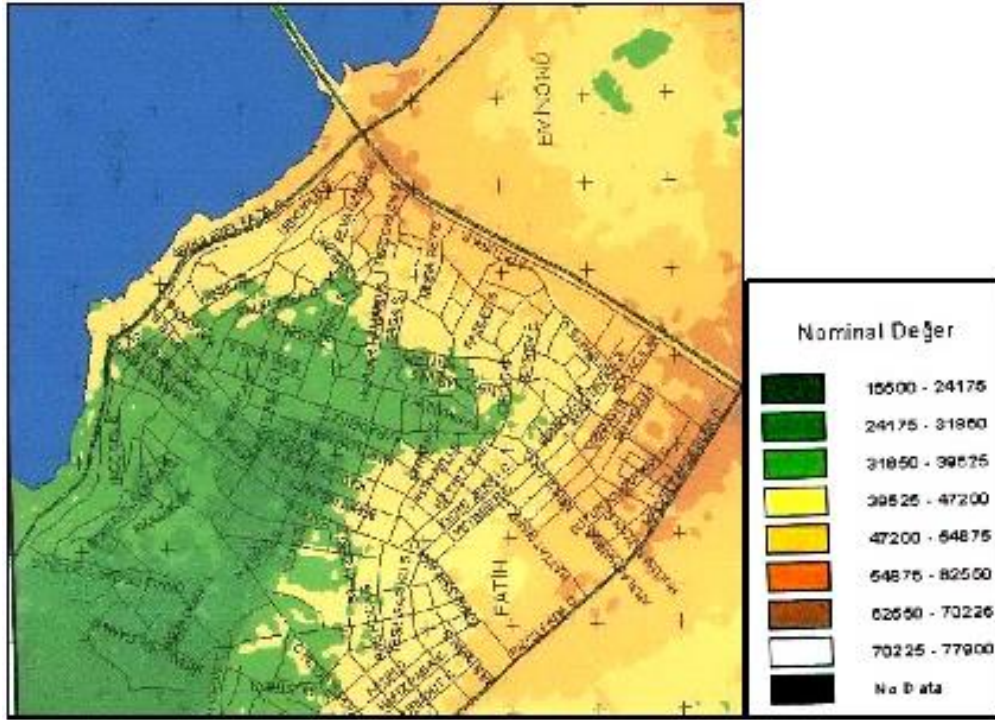
Ülkemizdeki taşınmaz değerlendirme sisteminin mevzuat, kurumsal ve teknik yapılanmasıyla

ilgili bilimsel anlamda yapılmış çalışma ve önerilerden bazıları aşağıda özetlenmektedir.

Nişancı (2005)’ göre; Değerleme çalışmalarının en önemli sonuç ürünlerinden biri CBS destekli değer haritalarıdır. Değerleme alanında iyi uygulamaya sahip ülkelerde bu haritalar üretilmekte ve kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır. Ülkemizde ise, bazı akademik/bilimsel

çalışmalar haricinde bu alanda kapsamlı bir çalışma mevcut değildir. Şekil 2’de Nişancı (2005) tarafından gerçekleştirilen doktora

çalışmasında CBS destekli üretilen İstanbul çalışma alanı sokak bazında raster nominal değer haritası örneği görülmektedir.



Şekil 2. İstanbul çalışma alanı sokak bazında raster tabanlı nominal değer haritası (Nişancı, 2005).

Çağdaş (2007)’de; Toplu değerlendirme sistemine geçiş önerilmiş; bu amaçla süreçte görev alması olası aktörler tanımlanmış; değerlemede kullanılacak veri türleri ve verilerin edinim yolları belirlenmiş; değerlendirme süreci modellenmiş; diğer değerlendirme uygulamalarında da yararlanılacak Ulusal Değerleme Veri Tabanının kurulması önerilmiştir. Vergi tarhiyatı süreci de tanımlama ve değerlendirme alt sistemlerindeki önerilere göre yeniden düzenlenmiştir.

Çağatay (2008)’e göre; Türkiye’de taşınmaz değerlendirme alanında önemli bir boşluğu dolduracak olan Taşınmaz Değerleme Bilgi Sistemi (TADEBİS) için kurumsal ve teknik bir yapılanmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Kurumsal açıdan taşınmaz değerlendirme sorumlu olacak kurum, kamu kontrolünde ve özel sektör paylaşımlı olmalıdır. Örgüt yapısı olarak ise merkez ve il düzeyinde örgütlenen

taşra birimlerinden oluşmalıdır. Merkez teşkilatının yönlendirici olmasının yanında değer oluşum süreçlerini taşra birimlerine bırakması daha uygundur. Bunun sebebi, taşınmaz piyasalarının yerel olması, değerlemeyi oluşturan verilere taşrada daha kolay ulaşılabilmesi gibi faktörlerdir. Taşınmaz değerlendirme işlemi için gerekli olan veriler, her ilde ayrı ayrı toplanmalı ve değerlendirme her il için mutlaka değerlendirme uzmanları gerçekleştirmelidir.

Değirmenciler (2008)’e göre; Etkin bir taşınmaz değerlendirme sistemi için Değer İzleme Sistemi kurulmalıdır. Değer hareketlerinin anlık izlenebilmesi için gayrimenkulün bulunduğu bölgede bulunmak gerekmektedir. Bu yüzden değer izleme sistemi, merkezden yönetilen yerel ağların bir toplamı olmalıdır. Kurumlar arasındaki işbirliğinde; Maliye Bakanlığı, Tapu ve Kadastro Genel

Müdürlüğü ve Belediyeler öne çıkmaktadır. Her ay bir ilçede oluşan değerler yerel maliye teşkilatı tarafından toplanacak ve ay sonunda merkez birime bildirilecektir. İlgili ay içinde o ilçede mahkemelerce yapılan kamulaştırma ve kira takdirleri, Hazineye ait taşınmazlara ilişkin takdirler, banka kredisine esas değer takdirleri, belediyelerin yaptığı tüm takdirler bu kapsama dahildir. Yerel maliye teşkilatı eline ulaşan bu değerleri arsa, arazi, bina ve konut anlamında ayırtıracak ve o şekilde merkeze gönderecektir. Bu bilgiler CBS uyumlu bir değer haritasının oluşumuna altlık oluşturacaktır. Yerel maliye teşkilatı, o ilçede Tapu Sicil Müdürlüğünde yapılan işlemleri de aylık olarak alacaktır. Değerlerin veri olarak depolanması birçok kamu kurumunun uygulamalarında yol gösterici olacaktır.

Değer İzleme Sistemi, Maliye Bakanlığı bünyesinde kurulacak bir birim çatısı altında faaliyetlerini yürütmelidir. Çünkü Hazineye ait gayrimenkuller ve gayrimenkulden kaynaklı vergi kayıp ve kaçakları düşünüldüğünde etkin maliye politikalarının geliştirilmesi anlamında tek yetkili kurum Maliye Bakanlığıdır. Sistemin etkin ve hızlı çalışabilmesi için öncelikle yerel yönetimlerin, kendilerine kanunla görev olarak verilen CBS/KBS yatırımlarını arttırmaları, sorumluluk alanlarındaki arsa, arazi ve binalara ilişkin bilgileri bir veri bankasında sağlıklı bir şekilde depolamaları gerekmektedir.

Hacıköylü (2009)'a göre; Emlak vergisinde yaşanan değer tespitine ilişkin sorunlar mevzuattan, idareden ve mükelleften kaynaklanan sorunlardır. Mevzuattan kaynaklanan sorunların çözümü için; mülkiyet kadastrosu anlayışının terk edilerek mali kadastro anlayışının benimsenmesi gerekir. Böylece vergisel amaçlı taşınmaz değerlemesi önem kazanacak, taşınmaz satış veri tabanının oluşturulması ve CBS'nin bu açıdan kullanılması sağlanabilecektir.

Yıldız (2014)'e göre; Kurulacak toplu değerlendirme sisteminden sorumlu olacak kuruluşun, veri paylaşımı konusunda sorun

yaşamaması, siyasi baskılardan etkilenmemesi gerekmektedir. Bu nedenle, toplu değerlendirme faaliyetlerinin, tekil değerlendirme işlemlerini de yapan, yaptıran, denetleyen, düzenleyen bir üst kurul eli ile yürütülmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Toplu değerlendirme sisteminin ihtiyaç duyduğu ilk temel bileşen değer/fiyat bilgileridir. Toplu değerlendirme sisteminin kurulabilmesi için gereken birinci koşul satış işlemlerinde gerçekleşen fiyat bilgisinin doğru olarak, ayrıntılı bilgileri ile birlikte tutulduğu TAKBİS ile entegre ortak bir veritabanının oluşturulmasıdır. Böylece bu bilgiler toplu değerlendirme sistemi içinde model oluşturma amaçlı olarak kullanılabilir.

Toplu değerlendirme sisteminin ihtiyaç duyduğu ikinci temel bileşen, taşınmazların değerine etki eden öz nitelik bilgileridir. Bu verilerin, kurumlar arası veri paylaşımı ile elde edilebileceği düşünülmektedir. Verilerin yönetilmesinden sorumlu bulunan kurumların veri yapılarını, istatistiki analiz ve modelleme için ortak bir formatta ve online paylaşımına uygun hale getirmeleri ile toplu değerlendirme sisteminin kurulabilmesinin önü açılacaktır (Yıldız, 2014).

4. TÜRKİYE TAŞINMAZ DEĞERLEME SİSTEMİ TEMEL VERİ YÖNETİMİ

Bu bölümde, ülkemiz için önerilen Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi (TADES) yaklaşımının temel veri yönetimi, teknik özellikleri ve ilgili alandaki mevcut bazı teknik sorunların çözüm önerileri üzerinde durulmaktadır.

4.1. Önerilen Yaklaşımında Veri Yönetimi

TKGM Detaylı Pilot Eylem Planı Raporu (2014)'e göre; tüm değerlendirme işlemlerinde elde edilen değerlerin kalitesi, analiz için elverişli olan verilerin niteliğine ve niceliğine bağlıdır. İki tip veriye ihtiyaç duyulmaktadır: (1) değer göstergeleri ve (2) değerlendirilen

gayrimenkullerin özelliklerini tanımlayan veriler. İhtiyaç duyulan veriler gayrimenkullerin kullanımını, boyutunu, yerini ve onları piyasada çekici ya da itici hale getiren özelliklerini tanımlayan verilerdir. Bu süreçte birkaç tipte değer göstergesi kullanılabilir. En kullanışlı olanı açık piyasa emsal satışlardır. Çünkü bu değerler piyasa değeri tanımlamasındaki koşullara en çok uyan değerlerdir.

TADES yaklaşımında, değerlendirme işlemlerinden en fazla yararı sağlayabilmek

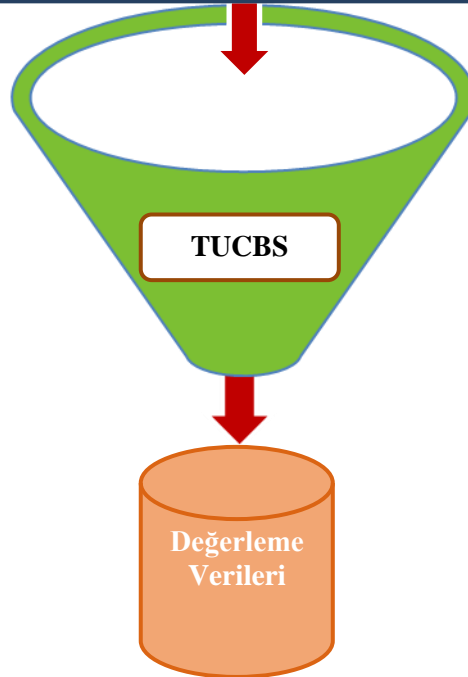
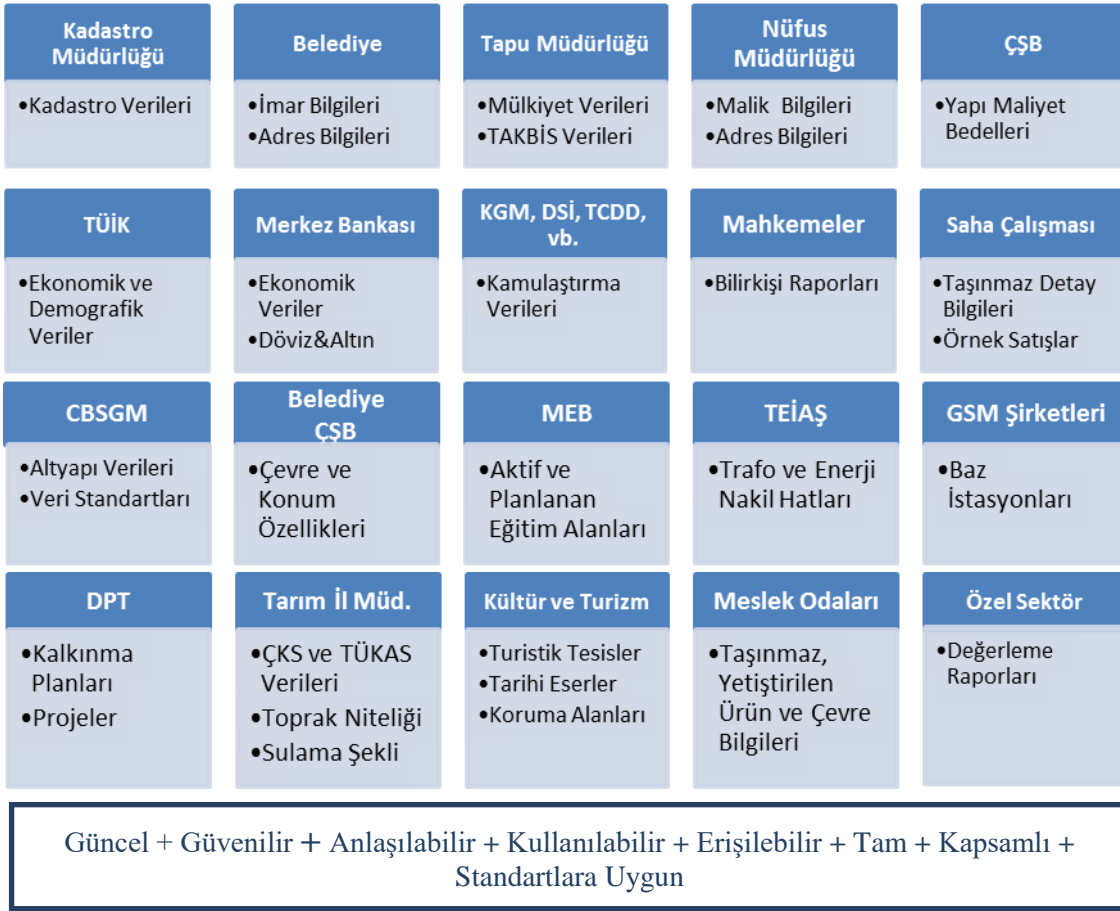
amacıyla, öncelikle verilerin kaynağı, güncel, doğru, tam, kapsamlı, anlaşılabilir, kullanılabilir ve erişilebilir olmasına özel önem verilmelidir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında, değerlendirme verilerinin kaynağı, mevcudiyeti, kalitesi ve önem derecesiyle ilgili çok sayıda uzmanla, yüz yüze görüşme veya e-mail yoluyla anket çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre (Tablo 1), taşınmaz değerlendirme için gerekli olan veriler ve veri üretiminden sorumlu olan kurumlar Şekil 3’de özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Arsa Değerlemede İhtiyaç Duyulan Veriler ve Genel Özellikleri.

*Önem Derecesi: 1-Çok Önemli, 2- Önemli, 3- Biraz Önemli, 4- Önemli Değil, 5- Hiç Önemli Değil.

VERİLER ÖZELLİKLERİ	Önem Derecesi (1-5) *	Mevcut mu?			Kullanılabilir Kalitede mi?			Üretim ve Güncellenmesinden Sorumlu Olan Kurum	
		Evet	Kısmen	Hayır	Evet	Kısmen	Hayır	Mevcut Durumda	Oluşturulacak Yeni Sistemde
TAPU ve KADASTRO BİLGİLERİ									
Tapu Kayıt Bilgileri (Malik, Zemin ID, Ada / Parsel No vb.)	1							Tapu Müd.	Tapu Müd.
Takyidat Bilgileri	1							"	"
Yasal Olarak Getirilen Muafiyet ve İstisnalar	1							Tapu Müd. / İlgili Kurumlar	"
Mülkiyet Türü (Elbirliği / Tam)	1							Tapu Müd.	"
Mülkiyet Tipi (Kat Mülkiyeti / Kat İrtifakı)	1							"	"
Vaziyet Planı	2							Kadastro Müd.	Kadastro Müd.
Kadastro Çapı (Plan Örneği)	2							"	"
Aplikasyon Krokisi	2							"	"
Emlak Beyan Değeri	3							Belediye	Belediye

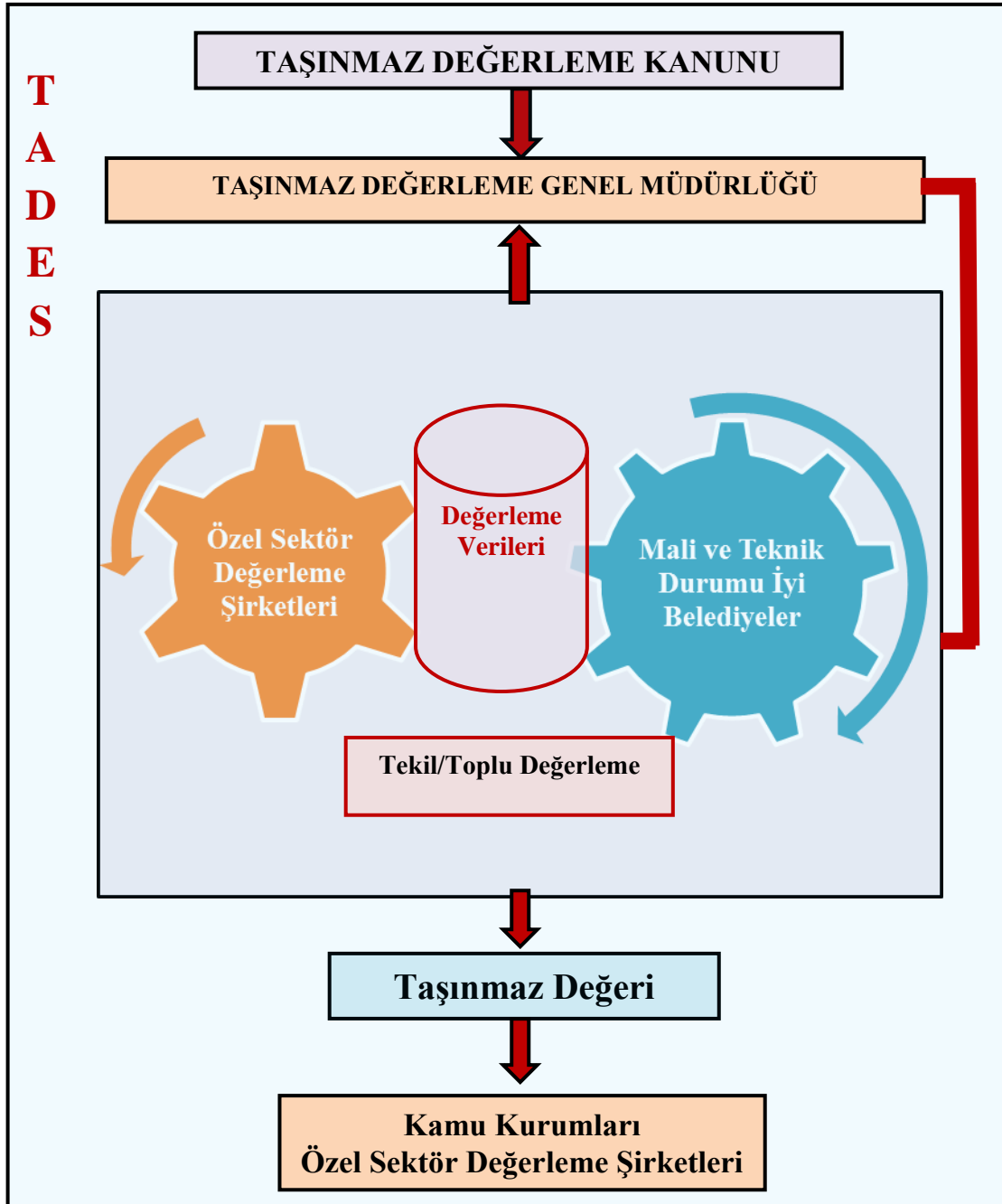
VERİLER \ ÖZELLİKLERİ	Önem Derecesi (1-5) *	Mevcut mu?			Kullanılabilir Kalitede mi?			Üretim ve Güncellenmesinden Sorumlu Olan Kurum	
		Evet	Kısmen	Hayır	Evet	Kısmen	Hayır	Mevcut Durumda	Oluşturulacak Yeni Sistemde
İMAR BİLGİLERİ									
Anayola Cephesi (Var / Yok)	1							Belediye	"
İnşaat Alanı	1							"	"
Emsal	1							"	"
Nazım İmar Planı	1							"	"
Uygulama İmar Planı	1							"	"
Hmax	1							"	"
Ön Bahçe	1							"	"
Yan Bahçe	1							"	"
TAKS	1							"	"
KAKS	1							"	"
Yapı Nizamı (Ayrık / Bitişik)	1							"	"
Plan Notları	2							"	"
Parsel Tipi (İmar Parseli, Kadastro Parseli)	2							Kadastro Müd./Belediye	"
Arsanın Konumu (Köşe / Ara)	2							Kadastro Müd.	"
Altyapı İmkanları	2							Saha Çalışm./Beld.	"
Kullanılmayan İmar Hakkı	2							"	"
Üzerinde Yapı Olması	2							Saha Çalışm./Beld.	"
Parsel Büyüklüğü / Geometrisi	2							Belediye	"
Parsel Derinliği	2							"	"
Bölgenin Gelişmişlik Durumu	2							Saha Çalışması	Saha Çalışması
Yapılaşma Yoğunluğu	2							Saha Çalışm./Beld.	Belediye



Şekil 3. Taşınmaz Değerleme Veri Kaynakları ve Alınması Gereken Veriler.

TADES yaklaşımının teknik anlamda önemli özelliği, taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanının etkin bir şekilde tesis edilmesi ve sürdürülmesinin altyapısını oluşturmasıdır. Bu bağlamda, yaklaşım

içerisinde önerilen Taşınmaz Değerleme Genel Müdürlüğü (TDGM)'nin, kurumsal anlamda en temel özelliği; değerlendirme faaliyetlerini düzenleyen, yol gösteren ve denetleyen olmasıdır (Şekil 4).



Şekil 4. Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi (TADES)'in Temel Mekanizması.

Taşınmaz değerlemesinde büyük öneme sahip olan mülkiyet bilgilerinin, doğru ve güncel olarak üretilmesi gerekmektedir. TKGM, bu

görevin bilinciyle, uzun yıllara dayanan araştırma sonuçlarını değerlendirmiş ve sahip olduğu deneyime binaen TAKBİS projesinin

hayata geçirilmesine karar vermiştir. Vergi kaybının önlenmesi ve taşınmaz mallar ile ilgili işlemlerin gerçek değerleri üzerinden yürütülmesi için, taşınmaz malların gerçek değerlerini belirleyecek mülkiyet, değerlendirme ve taşınmaza dayalı sigorta sistemi (deprem, yangın, sel, toprak kayması, hileli satış) için TAKBİS önemli bir altlık olacaktır (TDUB, 2011). Bu bağlamda TAKBİS'in ülke geneline yaygınlaştırılması durumunda, önerilen TADES modelinde gerekli olan güncel ve doğru mülkiyet bilgilerinin erişilmesinde, TAKBİS verilerinden yararlanılacaktır. Sonuçta bu temel bilgilerin kullanılmasıyla, veri toplama tekrarına düşülmeden, kurumlar arasında çevrimiçi servisler aracılığı ile bilgi paylaşımı gerçekleştirilmiş olacaktır. Ancak, değerlendirme veri bileşenlerini üreten ve güncelleyen kurumların da tüm çalışmalarını TUCBS ve TUGDES standartlarına uyumlu bir yapıda yürütmeleri gerekecektir.

4.2. Tapu Kayıtlarının Güncelliği

Türk Medeni Kanunu ile TKGM Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun hükümleri uyarınca tapu sicillerinin düzenli ve güncel tutulması TKGM'nin asli görevlerinden birisidir. Ancak, çalışma kapsamında yapılan mülakatlar sırasında, ülkemizde taşınmaz değerlemesiyle ilgili faaliyet yürüten kurumların çalışan ve idarecileri ile özel sektör değerlemecileri tarafından sıklıkla ifade edilen sorunların başında, değerlemenin en önemli girdi verilerinden biri olan tapu kayıtlarının güncel olmaması sorunu gelmektedir. Örneğin taşınmaz sahibinin vefatından sonra yapılması gereken "veraset intikal" işlemleri ile taşınmaz nitelik değişikliklerinde yapılması gereken "cins değişikliği" işlemlerinin yapılmamış olması, başta kamulaştırma projelerindeki değerlendirme faaliyetleri üzere birçok uygulamada büyük sıkıntılara yol açmaktadır. Mevzuatımızda bu işlemlerle ilgili bir süre sınırlamasının bulunmaması, durumun daha karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır (Çete, 2008).

Vefat eden ve tapuda kayıtlı taşınmazı bulunan kişilerin mirasçıları aradan on yıllar geçmesine rağmen mahkemeden mirasçılık belgesi alıp tapuda mirasçılar adına intikalleri yaptırmamaktadırlar. Mirasçıların veraset intikal işlemlerini yaptırmamalarının, ihmalkârlık, intikal işlemlerindeki bürokrasinin çokluğu inancı, mirasçıların veraset ve intikal vergisi ödemek istememeleri, 1992 yılından beri uygulanan, Yeşil Kartlılar ile Genel Sağlık Sigortasına ve gelir testine tabii vatandaşın tapuda intikal yaptırmayarak üzerinde taşınmaz mal görülmesini istememesi gibi birçok nedenleri bulunmaktadır (Yılmaz, 2012).

Ülkemizde tapu uygulamalarında otomatik intikal de diyebileceğimiz bir dönem başlatılmak istenmiştir. Nitekim bu konuda kurumların elini güçlendirmek adına, 18 Mayıs 2012 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan 03.05.2012 tarih 6302 sayılı Tapu Kanunu ve Kadastro Kanununda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun'un 3. maddesiyle 2644 sayılı Tapu Kanununa "Ek Madde-1" eklenmiştir. İlgili madde gereğince, bundan böyle ölüm halinde miras bırakanın adına kayıtlı taşınmazın iki yıl içerisinde mirasçıları tarafından tapuda intikali yapıp kendi adlarına kayıt yaptırmamaları durumunda ilgili Tapu Müdürlükleri yetkili Sulh Hukuk Mahkemesinden mirasçılık belgesi alıp, mirasçılar adına tescil işlemi yapabilecektir (Yılmaz, 2012). Ancak, Tapu Müdürlüklerinde yapılan araştırmalara göre; söz konusu maddenin uygulanmasıyla ilgili herhangi bir yönetmelik veya genelge yayınlanmadığından, Tapu Müdürlüklerince bugüne kadar bu konuda hiç bir işlem yapılmadığı görülmüştür. Dolayısıyla tapu kayıtlarındaki güncellik sorunu hala devam etmektedir. Esasen murislerin, böyle bir işleme gerek kalmadan, intikallerini zamanında yaptırmaları, hem ödemek zorunda kalacakları bazı mahkeme masraflarından kurtulmalarını sağlayacak, hem de zaten çok yoğun olan adliyelerin yükünü bir nebze olsun azaltılmasında katkısı olacaktır.

Çete 2008'e göre; veraset intikal işlemleri sorununun çözüme kavuşturulabilmesi için,

ülkemizde de, Almanya'dakine benzer bir teşvik sisteminin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Almanya'da, murisin vefatını takip eden iki yıllık süre zarfında intikal işleminin yapılması durumunda, varislerden herhangi bir ücret alınmamakta, bu sürenin dolmasından sonra yapılacak intikal işlemleri ise harca tabi tutulmaktadır. Ülkemizde de böyle bir sistemin uygulanması, tapu kayıtlarının güncelliği ile ilgili sorunların çözümünde önemli katkıları olacaktır.

4.3. Tapu ve Kadastro Verilerine Erişim

Değerleme sektöründe yaşanan en önemli sorunlardan biri, veri temininin hızlı ve çerçevesi belli bir mevzuata bağlı olmamasıdır. Değerlemede ihtiyaç duyulan verilerin tamamına yakını kamu kurum ve kuruluşlarında bulunmaktadır. Ancak, bu bilgi ve belgelere ulaşmakta ciddi sıkıntılar yaşanmaktadır. Örneğin bir kişi bir tapu veya kadastro müdürlüğünde veriye kolaylıkla ulaşabilirken, bir başkası aynı müdürlükte aynı veriye ulaşamayabilmektedir. Ocak 2013 itibarıyla, mevzuatta yapılan bir takım değişiklikler çerçevesinde, değerleme uzmanlarının tapu veya kadastro müdürlüklerinden veri temininde bazı düzenlemeler getirilmiş olsa da, TAKBİS'ten olması gerektiği ölçüde faydalanılmamaktadır. Harç yatırma, tapu kaydı inceleme gibi işlemler çevrimiçi (on-line) sistemlere bağlanmaya çalışılıyor olsa dahi, ilgili kurumların isteksizliği, teknolojiyi yakından takip etmemeleri ve çalışanların duyarsızlığından dolayı zaman içerisinde işlemler daha da zorlaşmakta ve yavaşlamaktadır.

22.11.2001 tarih ve 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun 1020. maddesinde; "Tapu sicili herkese açıktır. İlgisini inanılır kılan herkes, tapu kütüğündeki ilgili sayfanın ve belgelerin tapu memuru önünde kendisine gösterilmesini veya bunların örneklerinin verilmesini isteyebilir." hükmü yer almaktadır. Buna göre mevzuatımızda mülkiyet verilerine erişim, ilginin inanılır kılınması ile sınırlandırılmıştır (Çete, 2008). Özel sektör değerleme

uzmanlarının da ilgili kanunun bu hükmü gereği tapu kütüğünü incelemede yetkilendirilmesi şartıyla herhangi bir sorun yaşamaması gerekmektedir. Çalıştıkları şirketlerden alacakları yetki belgelerini kullanarak istedikleri tapu verilerine ulaşabilmelidirler. Bu konuda yaşanan sorunun İsviçre modeli ile çözümü mümkündür. Nitekim İsviçre'de de bir sorun olarak görülen bu hüküm, 2004 yılında değiştirilerek erişim hakları genişletilmiştir (Rissi, 2013).

Çete 2008'e göre; ülkemizde de kişisel gizlilik haklarını göz ardı etmeden benzer bir değişikliğin hayata geçirilmesine ihtiyaç vardır. Bu bağlamda Türk Medeni Kanunu'nun 1020. maddesi yeniden düzenlenerek; herhangi bir taşınmaza ait temel bilgilere (malik, yüzölçümü, üzerinde kısıtlama olup olmadığı vb.) erişime olanak sağlanmalı, ancak, isim tabanlı sorgulamalar yapmak veya taşınmaz üzerindeki ipotek kredisi bilgilerine ulaşmak gibi gizlilik haklarına müdahale sayılabilecek yaklaşımlar üzerindeki kısıtlamalar devam ettirilmelidir.

4.4. Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS)

Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS); sayısal olarak kadastro müdürlüklerinin yerel bilgisayarlarında yer alan CAD tabanlı verilerin merkezi bir sistem üzerinde toplanarak tapu bilgileri ile eşleştirilmesi ve bu bilgilere ihtiyaç duyan paydaş kurum, kuruluş ve belediyeler ile uluslararası standartlarda harita servisleri aracılığıyla paylaşılması, e-Devlet kapısı üzerinden vatandaşlara sunulması amacıyla TKGM tarafından projelendirilerek hazırlanmış açık kaynaklı bir uygulamadır. MEGSİS uygulamasındaki "parsel sorgulama" linki ile istenilen parsel hakkında bilgiye ulaşılabilmektedir (URL_1).

MEGSİS'in web tabanlı uygulama yazılımı, uygulamanın farklı düzeylerde ve ihtiyaçlarda kullanımını sağlayan ve yöneten

kimliklendirme/yetkilendirme çatısı altında, iç ve dış kullanıcıların sisteme veri girişi, veri indirme, tapu verileri ile entegrasyon işlemleri ve sorgulamaları, yapılan işlerin kontrol ve takibini içeren modüllerden oluşmaktadır. MEGSİS ile yaklaşık 52 milyon kadastro parselinin sisteme yüklenmesi sağlanmıştır. Veri girişleri yapılan kadastro bilgilerinden yaklaşık 50 milyon parselin tapu verileri ile uyumlaştırılması yapılmış ve kadastro müdürlükleri tarafından iyileştirme, güncelleme ve kesinleştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Bu çalışma ile TKGM tarafından ulusal düzeyde üretilen mekansal verilerin merkezi bir yapıda ilişkisel olarak tutulması ve bu bilgilerin mekana bağlı tüm arazi bilgi sistemleri için sunulmasının teknik ve ekonomik birçok yararı olacaktır. Ayrıca, INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) ve TUCBS (Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi) tarafından tanımlanan kadastro veri setinin bir an önce oluşturulması başta önerilen TADES yaklaşımı gibi uygulamalar olmak üzere tüm çalışmalara hız katacaktır (URL_1).

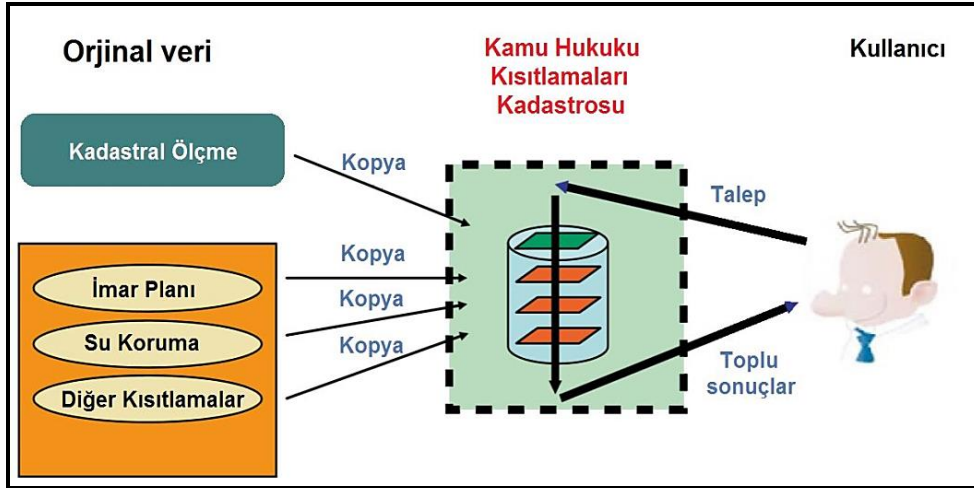
4.5. Kamusal Hak ve Kısıtlamalar Kaydı

4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun 780. maddesinde, "İrtifak hakkının kurulması için tapu kütüğüne tescil şarttır." hükmü yer almaktadır. Bu bağlamda, ülkemizde hak ve sınırlılıklar tapu siciline idari irtifak hakları şeklinde kaydedilmekte ve kadastro paftasında gösterilmektedir. Ancak, askeri yasak bölgeler, sit alanları, kıyı kenar çizgileri, fiziki planlar gibi kamusal hak, kısıtlama ve sorumluluklar mülkiyet haritalarında yer almamaktadır (Çete, 2008; Başer, 2014). Uluslararası Haritacılar Federasyonu (FIG) tarafından 1998 yılında yayınlanan Kadastro 2014 raporu, geleceğin kadastrosu ile ilgili öngörülerini içeren önemli bir vizyon çalışmasıdır. Bu rapora göre 2014 Kadastrosu; kamusal hak ve kısıtlamalar da dahil olmak üzere arazi üzerindeki tüm yasal durumu göstermelidir. Kadastro 2014'ün yayınlandığı yıl olan 1998'den bugüne

ülkemizde bu vizyon raporunda yer alan ifadeler kapsamında TKMP ve bileşenleri, ülke kadastrusunun bitirilmesi, 22/A uygulamaları ve sayısal kadastro çalışmaları gibi bir takım gelişmelerin yaşandığı görülmektedir. Ancak, bu gelişmelerin daha da ileriye taşınmasına ihtiyaç vardır (Çete, 2014).

Kamu hukuku kısıtlamalarının kadastroda kaydedilmesi konusunda İsviçre'de 2012 yılında bir pilot proje başlatılmış ve 8 Kanton projeye dâhil edilmiştir. 2015 yılında tamamlanması planlanan pilot projede, başlangıçta arazi mülkiyetini kısıtlama potansiyeline sahip 150 muhtemel kamu hukuku kısıtlaması tanımlanmış, ancak, teknik ve politik açıdan fizibilite sağlamak amacıyla bu rakam 17'ye indirilmiştir. Kamu hukuku kısıtlamaları kadastrosu, teknik ve kavramsal olarak geleneksel kadastro ile aynı prensiplere sahiptir. Ülkede 17 kısıtlamanın tamamı için kabul edilmiş ve tanımlanmış birer veri modeli mevcut olup, her bir kısıtlama, iş akışı ve sorumlulukların açık bir şekilde tanımlanmasına imkân tanıyan ayrı bir veri katmanında tutulmaktadır (Şekil 5), (Çete, 2014).

Arazi üzerindeki bütün kamusal hak ve kısıtlamaların kadastroda gösterilmesi, taşınmaz değerlendirme çalışmalarında da önem arz etmektedir. Bu nedenle ülkemizde de bu alanda bir an önce çalışmalara başlanması gerekmektedir.



Şekil 5. İsviçre'deki Kamu Hukuku Kısıtlamaları Kadastrosunun İşleyişi (Çete, 2014).

4.6. Belediye Kayıtlarının Güncelliği ve Erişim

Diğer birçok kurumda olduğu gibi belediyelerde de değerlendirme mesleğinin esas olan dikkatli ve yoğun bir çalışma yapılması gerekmektedir. Ancak, ilgili kurumlarda (başta belediyeler olmak üzere) araştırma izni verilmesi konusunda çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Bir diğer sorun da, arşiv sistemlerinin iyi kurulmamış olmasından dolayı büyük zorluklarla ulaşılabilen bilgilerin ya eksik ya da hatalı olabilmesidir.

Bu bağlamda, çalışma kapsamında, değerlendirme uzmanlarıyla yapılan mülakatlar sırasında, belediyelerden veri temini, alınan verilerin kalitesi ve güncelliği ile ilgili sorunlar yaşanmakta olduğu ifade edilmiştir. Özellikle kat irtifakı ve kat mülkiyetine konu taşınmazlarda bağımsız bölümlerin yüzölçümlerinin kayıt altına alınmaması nedeniyle bu alanda bir veritabanı oluşturulamadığı gibi, bağımsız bölüm satın alan vatandaşlar, müteahhit veya emlakçılarca yanlış bilgilendirilmesinden dolayı mağduriyet yaşayabilmektedirler. Bu mağduriyet, Kat Mülkiyeti Kanunu'na göre bağımsız bölümlerin yüzölçümlerinin mimari projede gösterilmesi zorunlu olduğundan, mevzuat değişikliğine gerek duyulmaksızın, belediyelerce onaylı mimari projedeki listede bağımsız bölümlerin yüzölçümlerinin

gösterilmesi ve TAKBİS'de bu konuda yapılacak bir düzenleme ile giderilmesi gerekir. Ancak bu durumla ilgili sorunlar henüz çözülmüş değildir.

Belediye kayıtlarının güncelliği ve erişimiyle ilgili yaşanan bir diğer sorun da, emlak vergisine matrah olacak taşınmaz değerlerinin (rayiç değer) doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmiyor olmasıdır. Eğer bu, önerilen lider kurum TDGM kontrolündeki toplu değerlendirme uygulamalarıyla gerçekleştirilebilirse, hem emlak beyan değerine dayalı olarak tapu sicil müdürlüklerindeki devir işlemlerinden alınan vergi oranları artacak, hem de özel sektör değerlendirme uzmanlarının hazırladıkları raporların dayandıkları veriler daha sağlıklı hale gelecektir.

Belediyelerden veri teminini kolaylaştıracak uygulamalardan biri de Kent Bilgi Sistemlerinin kurulmasıdır. Böylece belediye kayıtlarına erişim konusunda çevrimiçi çalışacak sistemler geliştirilebilir. Başta özel sektör değerlendirme uzmanları/kuruluşları olmak üzere yetkilendirilmiş diğer kullanıcılar da, yapacakları tekil/toplu değerlendirme çalışmaları için gerekli olan verileri bu sistemden belli bir ücretlendirme veya yapılacak protokoller gereği temin edebilirler. Çalışma ofislerinden istedikleri belediye kayıtlarına (imar durumu, yapı tatil tutanakları, encümen kararları, yapı ruhsatı, yapı kullanma izin belgesi ve proje gibi) internet ortamından ulaşabilirler.

Dolayısıyla yoğun, yorucu ve çok zaman alan saha çalışmaları hızlandırılabilir. Ancak, burada belediyelere önemli görevler düşmektedir. Öncelikle sistemin sürdürülebilirliği için, bu konuda kararlı ve istekli (veya kanunen/yönetmelikle zorunlu) olmaları, devamlı olarak veri güncellemeleri yapmaları ve yetmişmiş teknik personeli istihdam etmeleri gerekmektedir.

5. TKGM TARAFINDAN YAPILAN TAŞINMAZ DEĞERLEME TEMEL VERİ YÖNETİMİ

TKGM Detaylı Pilot Eylem Planı Raporu (2014)'e göre;

Gayrimenkullerin devir işlemleri sırasında, gerçekleşen satış fiyatları hususunda doğru beyanda bulunulmaması ve “değer” bilgilerinin ortak bir veritabanı içerisinde tutulmaması veri kaynağı konusundaki problemlerin başında gelmektedir. Pilot uygulama alanlarında seçilen taşınmazlarda, bağımsız değişkenlere ilişkin veriler, temel olarak; TAKBİS, Tapu Müdürlüğü ve Belediyeler ile sahadan temin edilmiştir.

Taşınmaz değerlemenin doğru ve pazar değerine en yakın biçimde oluşturulabilmesi, büyük ölçüde kadastro verilerinin doğruluğuna, güncelliğine ve değerlendirme için gereken bilgilerin gereken özellik ve incelikte değerlendirme uzmanına sunulmasına bağlıdır. Değer bilgileri belirli bir düzen içinde ya da gerektiğinde güncellenmelidir. Özellikle; plan değişikliği olduğunda, kullanım değişikliği yapıldığında, her 4 ya da 5 yılda bir yeniden değerlendirme yapılmalıdır. Kadastro verilerine ulaşma ve edinme ise:

- Gizli olacak verilerin yasa ile belirlenmeli (kişisel-mülkiyet hakkına vb. ilişkin bilgiler),
- Gizli bilgiler dışındaki bilgilerin herkesin ulaşımına ya da özellikle değerlendirme uzmanlarının, değerlendirme kuruluşlarının ulaşımına ve kurum ve kişilere açık, ulaşılabilir, edinilebilir olması mevzuatta yer almalıdır.

- İşbirliği ve veri akışı standartlarını oluşturma ve izleme görevi, TKGM'nin zorunlu görevi olmalıdır. Taşınmaz mal değerlerinin güncel, doğru belirlenebilmesi ve sürekli izlenebilmesi için, kurumlar arasında sağlıklı bir veri akışı kurulmalıdır.
- Değerleme çalışmalarının ekonomik gerçekleştirilebilmesi ve malik ilgisini sağlanabilmesi için maliklerin değer beyanı ve yöntemleri mevzuatta yerini almalıdır.

5.1. TKMP'de Veri Toplamada Yaşanan Sorunların Çözümü İçin Öneriler

TKGM Detaylı Pilot Eylem Planı Raporu (2014)'e göre;

Değerleme çalışmalarının ana unsurlarından olan ve ilgili belediyelerden temin edilmesi gereken, taşınmazların belgeler ile belediye hizmetlerinden yararlanma, belediye imar ve mücavir alanı sınırları ile ilgili altlıkların teknolojidenden de yararlanılarak dijital ortama aktarılması ve internet üzerinden değerlendirme uzmanlarının kullanımına sunulması için gereken teknik ve yasal altyapı çalışmalarının tamamlanması gerekmektedir.

Veri aktarımının gecikmesi ihtimaline karşı değerlendirme uzman ve uzman adayı olarak çalışan kişilerin belediyelerde bu belgeleri inceleyebilmelerine yönelik uygulama birliği sağlanmalıdır.

TAKBİS bilgilerinin, değerlemenin taraflarına açılması için gereken teknik ve yasal altyapı çalışmaları yapılmalıdır.

Tapu ve Kadastro Müdürlüklerinde tutulan taşınmaz kayıtlarında (TAKBİS) gerekli düzenlemeler yapılmalı ve tapu senetleri üzerindeki bilgiler görülecek şekilde değişiklikler, yenilemeler/düzeltilmeler yapılabilir. Rasyonel değerlendirme için gerekli düzenlemelerin yapılabilmesi için gerekli bilgi temini ve yasal altyapı oluşturulması zorunludur.

- Adrese dayalı kayıt sistemi verileri, tapu ile uyumlu hale getirilmeli ve kullanıma sunulmalıdır.

- Kadastro çalışmaları taşınmazın fiziki ve geometrik özelliklerinin yanı sıra taşınmazın niteliklerini ve değerine etki edebilecek unsurları da içermelidir.
- Değerleme çalışmaları sırasında, taşınmazın durumuna göre bilgi ve belge alınması gereken diğer kamu kurumlarında da, gerekli bilgi ve belgelerin veri tabanına aktarılması suretiyle değerlemenin taraflarının kullanımına açılması için gerekli teknik, idari ve yasal altyapı çalışmalarının yapılması gerekmektedir.
- Yapılacak çalışma hem kayıtların güncel ortamda tutulmasını sağlayacak, hem de bilgi belge ve evrakların kaybolmasını veya kötü niyetle ortadan kaldırılmasını engelleyecektir.
- Değerleme çalışmaları bu sayede daha hızlı yapılabileceğinden ekonomik olarak kaynak israfının da önüne geçilmiş olacaktır.

6. UML TABANLI VERİ MODELİ TASARIMI

“Unified Modeling Language” İngilizce ifadesinin kısaltması olan UML, nesne yönelimli tasarım çalışmaları için grafik gösterimler sunmakta ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu gösterimler, ilgili çalışmanın farklı yönlerini temsil eden farklı diyagramlar olabilmektedir (Page-Jones, 2002; İnan, 2010). Tümleşik (Bütünleşik) Modelleme Dili olarak da bilinen UML, sistem bileşenlerinin belirlenmesinde, görselleştirilmesinde ve belgelenmesinde kullanılan genel amaçlı görsel bir modelleme dilidir. UML günümüzde, yazılım mühendisliği, iş süreçleri için iş akışları ve konumsal veri modelleme gibi çeşitli alanlarda en sık kullanılan nesneye yönelik kavramsal bir modelleme dili olmuştur. Nesne Yönetim Grubu (Object Management Group) denetiminde bir endüstri standardına dönüşmüştür (Çağdaş, 2007; İnan, 2010).

Ülkemiz taşınmaz değerlendirme sisteminin yeniden yapılandırılması için önerilen TADES yaklaşımında, taşınmaz değerlemeye altlık oluşturacak taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanlarının oluşturulması, bunun için kullanılacak verilerin temini,

kalitesi ve güncelliği konusunda uzmanlarla yapılan görüşmelerden sonra, UML tabanlı bir veri modeli tasarımı oluşturulmuştur. Model tasarımında verilerin kendi yapı özelliklerine uygun şekilde modellenmesini sağlayan nesne yönelimli yaklaşım kullanılmıştır. Model bir veri ihtiyaç analizi şeklinde yorumlanarak oluşturulmuştur. Değerleme alanındaki uluslararası standartlara dayalı ulusal bir uygulama standartlarının belirlenmesi ve geliştirilmesine, değerlendirme veri kaynaklarının yapılandırılması ve bütünleşik olarak kullanılmasına da önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir (Bostancı vd., 2012).

Değerleme verilerinin toplanması ve bir veritabanı kurulumundan sonra, tekil ve toplu değerlemelerle ilgili TADES yaklaşımında önerilen sistemin hayata geçirilebilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekir. Bunun için, veri analiz yöntemleri ve veri üreten kurumlar arasındaki paylaşım sırasında uyulması gereken bir takım idari ve işbirliği kurallarını içeren bir dizi yönetmeliğin çıkarılmasına da ihtiyaç vardır.

Modelde tanımlanan değerlendirme verilerinin zamanla değişebileceği gerçeğinden hareketle, alacakları farklı değerler ölçeklenebilir/karşılaştırılabilir olmalıdır. Bu şekilde oluşturulacak bir değerlendirme veri modeli, özellikle ülkemiz için çok büyük gereklilik olan toplu değerlendirme yönteminin uygulanmasında önemli bir altlık oluşturacaktır. Bu amaçla, değerlemede kullanılması gereken ve özellikle sayısal olmayan verilerin standardizasyonu için ivedilikle çalışmalar yapılmalıdır (Bostancı vd., 2012).

UML diyagramlarıyla gösterimde, daha önce yapılan anket çalışmasında önemli görülen veriler, sınıflar içerisinde öznelik verileri olarak kullanılmıştır. Çünkü UML'e göre ortak özelliklere sahip nesnelere temsil için sınıflar kullanılması gerekmektedir (Bostancı vd., 2012). Farklı gruplara/paketlere ait verileri temsil eden sınıflar sırasıyla; Sahadan Alınan Veriler, Tapu Kadastro Bilgileri, Ekonomik ve Demografik Özellikler, İmar Bilgileri, Taşınmaz Türleri, Emsal Satışlar,

Çevre ve Konum Özellikleri veri setlerinde yer alan sınıflar farklı renklerle gösterilmiştir. Ayrıca bütün bu verileri kullanarak elde edilecek taşınmaz değerleri için, gerçek veya tüzel kişilerce tekil/toplu değerlemelerde izlenmesi gereken işlem adımlarının belirlendiği TaşınmazDeğerlemesi paketi de oluşturulmuştur (Şekil 6).

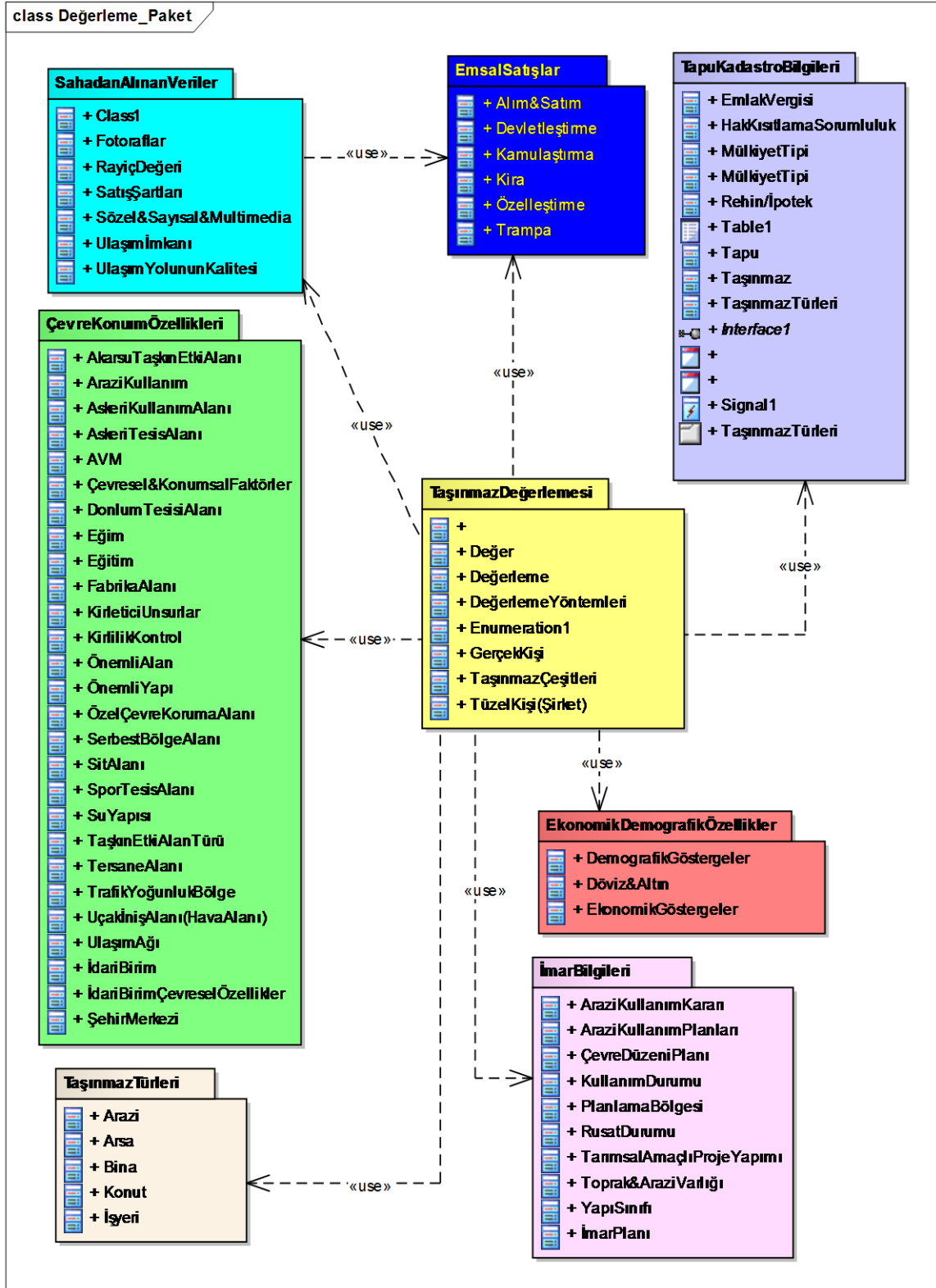
Paketlerde yer alan veriler sınıflarla temsil edilmiştir. Konumsal verilerin geometrileri ISO 19107 (2003) uluslararası standardından esinlenerek GM_Point, GM_LineString, GM_Polygon ve GM_Raster olarak tanımlanmıştır. Bütün özniteliklerin veri tipleri tanımlanmış ve ayrıca sınıflanması öngörülen veri tipi tanım kümeleri, detay/özellik tipi ve kod listeleri (Enumeration, FeatureType ve CodeList) belirlenmiştir (Bostancı vd., 2012). Veri gruplarında yer alan sınıflar arasında öngörülen ilişkiler bağımlılık/kullanım, ilişkili olma, genelleme/özelleme (dependancy/use, association, generalization /specialization) gibi uygun ilişki türleriyle gösterilmiştir. Bağımlılık/kullanım (Dependency/use) ilişkisi sınıflar arasındaki dinamik ilişkiler için, diğer ilişkiler ise sınıflar arasındaki statik (mantıksal) ilişkileri tanımlamak için kullanılmıştır (Bostancı vd., 2012).

Değerleme alanında gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, kullanılması gereken verilerin elektronik ortamdan erişilebilmesini sağlayan veri tabanları oluşturulmalıdır. Uzmanlar, üyelik ve belli bir ücret karşılığında bu verilere ulaşabilmelidir. Böylece rapor hazırlama sürecinde yaşanabilecek gecikme ve hatalar en az seviyeye indirilebilecektir. Modelde bu önerilen veritabanının statik yapısının ortaya konulabilmesi için UML veri modeli paket içerikleri bu esasa göre oluşturulmaya çalışılmıştır (Şekil 6). Sahadan Alınan Veriler

paketinde Rayiç Değeri sınıfı oluşturulmuştur. Rayiç değerinin oluşumunda önemli faktörlerden olan emsal alım-satım değerleri için; taşınmazın bulunduğu bölgedeki kamulaştırma değerleri, özelleştirme ve kira değerleri gibi verileri kapsayan Emsal Satışlar paketi tasarlanmıştır. Bu ve benzeri ilişkilerden dolayı paketler arasında <<use>> ilişkisi kurulmuştur (Şekil 6).

TaşınmazDeğerlemesi paketi, işlem adımları sırasında kullanım zorunluluğu olan diğer paketlerle ilişkisi <<use>> ile tanımlanmıştır. Değerleme işleminin gerçekleşmesi için taşınmazın sahip olduğu özelliklerin bindirme analizleri uygulanarak TaşınmazDeğerlemesi veri paketiyle ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu işlem konumsal analiz sonucu elde edileceğinden modeldeki değerlemede kullanılacak veri paketleri TaşınmazDeğerlemesi veri paketiyle dinamik bir ilişki olan <<use>> ilişkisi ile temsil edilmiştir (Bostancı vd., 2012).

Veri içeriği açısından en önemli ve karmaşık veri setidir. Bu veri setine ait sınıflar sarı renkte gösterilmiştir (Şekil 6). Diğer veri setleri içeriğinde yer alan ve farklı renkte görülen sınıflar, Taşınmaz Değerlemesi veri seti içeriğindeki sınıflarla ilişkilerinin gösterilebilmesi amacıyla grafikte yer almıştır (Bostancı vd., 2012).



Şekil 6. Modeli Oluşturan Veri Setleri/Grupları Genel Görünümü ve İlişkileri
(Bostancı vd., 2012'den geliştirilmiştir).

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sunulan teknik öneriler şu şekilde özetlenebilir:

- Taşınmaz değerlemesi alanında gelişmiş sistemlere sahip ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de değerlendirme çalışmaları sırasında ihtiyaç duyulan verilere erişilebilmesi ve çalışmaların sağlıklı bir altyapı çerçevesinde gerçekleştirilebilmesi için, taşınmaz karakteristikleri ve taşınmaz piyasasındaki gerçek alım-satım değerleriyle ilgili bilgileri içeren veritabanları kurulmalıdır. Taşınmaza ait bilgilerin ortak bir veritabanından elde edilebilmesi, değerlendirme uzmanlarının ihtiyaç duydukları verilere daha kısa sürede ve kolayca ulaşabilmesini sağlayacaktır.
- TKGM tarafından kullanılan TAKBİS sisteminde taşınmazların sınıflandırılması daha sağlıklı bir yapıya kavuşturulup, çeşitlerine göre satışı yapılan taşınmazlar ve değerleri, il ve ilçe bazında güncel olarak resmi sitesinden ilan edilmelidir.
- TKGM bünyesinde yürütülmekte olan TKMP'nin değerlendirme dışındaki bileşenlerinde ciddi çalışmalar yapılmış ve karşılığı alınmıştır. Taşınmaz değerlendirme bileşeninde ise proje ile amaçlanan ve ülkemize en uygun modelin ortaya koyulması, bu doğrultuda politika geliştirilmesi hedefi ve şehir bazlı pilot uygulamalar henüz gerçekleşmemiştir. Başlatılan bu çalışmaların daha ileri noktalara taşınması gerekmektedir.
- SPK tarafından, UDES ve Türkiye'deki mevcut taşınmaz mevzuatı dikkate alınarak, bankalar ve diğer kuruluşlar için her taşınmaz türüne göre ayrı ayrı olmak üzere ortak bir değerlendirme rapor formatı geliştirmelidir. Böylece, hem ileride oluşturulmak istenen değerlendirme veritabanı için önemli bir başlangıç olacak ve hem de tekrarlı değerlendirme işlemlerinin önüne geçilebilecektir.
- Kat Mülkiyeti Kanunu'na göre bağımsız bölümlerin yüzölçümlerinin mimari projede gösterilmesi zorunlu olduğundan, mevzuat değişikliğine gerek duyulmaksızın, belediyelerce onaylı mimari projedeki listede bağımsız bölümlerin yüzölçümlerinin

gösterilmesi ve TAKBİS sisteminde bu konuda bir düzenleme yapılması gerekir.

- Değerleme uzmanlarına verilere erişim konusunda kanunlar çerçevesinde bazı ayrıcalıklar tanınmalı, gerekiyorsa belli ve uygun harçlar karşılığında, bir takım verilere erişimlerini kolaylaştırmak ve memur/görevli şahıslarla iletişimlerini minimuma indirip çevrimiçi olarak verilere ulaşmaları sağlanabilir. Özellikle verilerin elektronik ortamda oluşturulması ve saklanması işlemleri hızlandıracaktır. Örneğin kadastro paftaları, tapu kayıtları, imar paftaları gibi veriler çevrimiçi veritabanlarında çeşitli yazılımlar sayesinde, şifreli olarak değerlendirme uzmanlarına sunulabilir. Bunun için gerekli altyapı düzenlemeleri yapılabilir. Resmi kurumlarda uygulanması gereken, çevrimiçi sistemlere geçiş süreci uzun olabileceğinden, tüm kurumlarda tek bir karar uygulanması daha kısa vadeli bir çözüm olarak düşünülebilir. Böylece herkes her kurumdan eşit hizmet alabilir.
- Değerleme hizmeti veren kurum ile veriyi üreten kurumların birbirleri ile aktif bir bağının olmaması gerekir. Ancak, ülkemizde aynı kurumlar verileri üretmekte, değerlemede kullanmakta ve yine aynı kurumlar değerlendirme sonuçlarını kontrol etmekte ve onaylamaktadır.
- Değerleme kullanılan yazılım ve personelin milli olması gerekir. Ayrıca, sistemi devam ettirebilmek için de yetişmiş eleman şarttır. Yoksa en iyi sistem de kurulmuş olsa devamını getirecek teknik eleman olmadan sistem devam ettirilemez.
- TADES'in teknik bileşenine bakıldığında; ülkemizde değerlendirme çalışmaları sırasında ihtiyaç duyulan güncel ve doğru verilere erişilebilmesi ve çalışmaların sağlıklı bir altyapı çerçevesinde gerçekleştirilebilmesi için, taşınmaz karakteristikleri ve taşınmaz piyasasındaki gerçek alım-satım değerleriyle ilgili bilgileri içeren veritabanlarının tesis edilmesi gerekmektedir. Taşınmazlara ait bilgiler sağlıklı verileri içeren ortak bir veritabanından elde edilebilirse, değerlendirme uzmanları hem ihtiyaç duydukları verilere daha kısa sürede ve kolayca ulaşabilecekler hem de daha sağlıklı sonuçlar elde edebileceklerdir.

- Öncelikle, iyi işleyen taşınmaz değerlendirme sistemine sahip birçok ülkede olduğu gibi, ülkemiz genelinde yürütülen değerlendirme çalışmalarının da sağlıklı ve bütüncül bir yaklaşımla gerçekleştirilebilmesi için, oluşturulacak lider kurumun özellikle tapu ve kadastro teşkilatıyla yakın işbirliği içinde bulunması sağlanmalıdır.
- Lider kurum, değerlendirme çalışmalarında ihtiyaç duyulan taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanlarının oluşturulması ve sürdürülmesini sağlayacak önlemleri almalıdır.
- Özellikle değerlendirme sonuçlarının görüntülenmesi ve denetlenmesi aşamasında CBS'den yararlanılmalı, rayiç değerlerin kontrol altına alınacağı bir CBS modeli uygulamaya koyulmalıdır.
- TADES yaklaşımında değerlemeden sorumlu kurum olarak önerilen TDGM, farklı kurumların ve özel sektör değerlemecilerinin ihtiyaç duyduğu taşınmaz karakteristikleri ve emsal satışlar veritabanlarının oluşturulmasını sağlamalı ve izlemelidir. Bu veritabanları, Taşınmaz Değerleme Bilgi Sistemi (TDBS) kapsamında, diğer bilgi sistemleriyle bütünlük bir veri modelinde ve Coğrafi/Kent Bilgi Sistemi destekli tasarlanmalıdır. Değerleme sonuçlarının kullanıcılara tebliğ edilmesi ve internet üzerinden erişim olanakları hazırlanmalıdır.
- Analiz ve modelleme çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için, ilk ve en önemli koşul, kuşkusuz kaliteli verilerin temin edilmesidir. Literatürdeki farklı kaynaklardan elde edilen verilerin yanı sıra çeşitli uygulamalarda kullanılmış olan verilerin kullanılmasıyla bir veritabanı oluşturulmalıdır. Ancak verilerin, hem bu veritabanının oluşturulması, hem de istatistiksel analiz ve modelleme çalışmalarına imkân verecek kalite ve formatta olması gerekir.
- Değerleme Uzmanı için sağlam bir veri toplama sistemi mevcut olmalıdır. Verilerin kaydedilmesi elle giriş yöntemlerinden ziyade Coğrafi Bilgi Sistemlerini de (CBS) içeren bilgisayar destekli değerlemeye olanak sağlayan gelişmiş veritabanlarının oluşturulması sağlanmalıdır. Mülk verileri niceliksel (yani arazinin büyüklüğü, boyutları, inşaat şartları) ve/veya niteliksel (fiziki

durum, özellik veya iyileştirmelerin arzu edilebilirliğinin değerlendirilmesi) olabilir. Bu alanda sistemleri gelişmiş birçok ülkede değerlendirme veri bankaları ulusal, federal, devlet veya yerel hükümet yasalarının hâkim olduğu alanda, mülkiyet hakkını veya bir arazi üzerindeki menfaatleri tanımlayan arazinin kullanım kayıtları, örneğin tapular, devir/temlik belgeleri ve satış bilgileri etrafında kurulmuştur (SPK, 2006).

KAYNAKÇA

- Açlar, A., Çağdaş, V., (2008). Taşınmaz (Gayrimenkul) Değerlemesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, ISBN 975-395-551-0, Ankara, 500 s.
- Başer, V., (2014). Kıyı ve Denizel Alanlarda Arazi Yönetimine Yönelik Sorunlar ve Çözüm Yaklaşımları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 221 s.
- Bostancı, B., İnan, H. İ., Çete, M., Geymen, A., Erdem N., (2012). UML tabanlı taşınmaz değerlendirme modeli tasarımı: konut değerlendirme örneği, II. Arazi Yönetimi Çalıştayı, 21-22 Mayıs, İTÜ, İstanbul.
- Çağatay, U., (2008). AB Sürecinde Türkiye'de Bilgi Yönetimi ve Konumsal Bilgi Sistemleri İle Taşınmaz Piyasalarının Analizine İlişkin Bir Model Tasarımı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 327 s.
- Çağdaş, V., (2007). Türkiye İçin Bir Emlak Vergi Sistemi Tasarım Modeli Önerisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 226 s.
- Çete, M., (2008). Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 243 s.
- Çete, M., (2014). Kadastro 2014'ün ve Türkiye kadastrounun geleceği, www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/883ddd784c6d398_ek.pdf, (E.T.: Ekim 2015).
- Değirmenciler, E., (2008). Kentsel Gelişim Sürecinde Türkiye'de Gayrimenkul Değerleme Sorunları ve Çözüm Önerileri, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 103 s.

- Hacıköylü, C., (2009). Emlak Vergisinde Değerleme Sorunu ve Değer Tespitine İlişkin Öneriler, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir, 211 s.
- HKMO, (2012). Sempozyum Bildiriler Kitabı, Arazi Yönetiminde Taşınmaz Değerleme ve Kadastro Sempozyumu, ATO Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı, HKMO&TKGM, 22-23 Mayıs, Ankara, 240 s.
- İnan, H., (2010). Arazi İdare Sisteminin Tarım Bileşeni Olarak Konumsal Veri Modeli Geliştirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 199 s.
- Jahanshiri, E. B., (2011). A Review of Property Mass Valuation Models, *Pertanika J. Sci.&Technol.* 19, ss: 23–30, ISSN: 0128-7680, University Putra Malaysia Press.
- Köktürk, E., Köktürk, E., (2015). Taşınmaz Değerlemesi, Taşınmaz Hukuku – İmar Hukuku – Değerleme Yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara, ISBN 978-975-02-312, 1304 s.
- Nişancı, R., (2005). CBS ile Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Piksel Tabanlı Kentsel Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 230 s.
- Page-Jones M., (2002). *Fundamentals of Object-Oriented Design in UML*, Addison-Wesley, Dorset House Publishing, New York, ISBN: 020169946X.
- Pagourtzi, E. and Assimakopoulos, V., (2003). Development of real estate evaluation system with the use of G.I.S. technology, In 10th European Real Estate Society Conference, ERES: Conference, Helsinki, Finland.
- Rissi S., B., (2013). İsviçre ve Almanya’da kentsel dönüşüme yönelik taşınmaz değerlemeleri, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odasının düzenlediği 1. Uluslararası Kentsel Dönüşüm Sempozyumu, 7-8 Ekim, Ankara.
- SPK, (2006). Sermaye piyasasında uluslararası değerlendirme standartları hakkında tebliğ eki, Seri: VIII, No: 45, <http://www.spk.gov.tr>, (E.T.: Aralık 2015).
- Susar, Ö., (2007). Malezya’da Gayrimenkul Değerleme: Yurt Dışı Geçici Görev Raporu, TKGM, Ankara.
- TDUB, (2011). Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği TUGDES taslak çalışması, Versiyon 1, http://www.tdub.org.tr/images/pdf/tugdes_taslak_metni.pdf, (E.T.: Kasım 2015).
- TKGM, (2014). TKMP-Gayrimenkul Değerleme Bileşeni Pilot Uygulama Taslak Tamamlanma Raporu, TKGM Kadastro Dairesi Başkanlığı, 182 sayfa, Ankara.
- URL_1: <http://www.tkgm.gov.tr> (E.T.: Kasım 2015).
- Yalpır, Ş., (2007). Bulanık Mantık Metodolojisi İle Taşınmaz Değerleme Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Konya Örneği, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 248 s.
- Yalpır, Ş., Özkan, G., Erdi, A., (2002). Kentsel alanlarda taşınmaz değerlerinin belirlenmesi ve Konya örneği, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- Yıldız, Ü., (2014). Gayrimenkul Birimlerinde Kitleli Değerleme Uygulamaları ve Türkiye İçin Model Önerisi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 227 s.
- Yılmaz, Ş., (2012). Mirasa ilişkin tapu işlemlerinde yeni dönem, *LEGES Hukuk Dergisi*, Yıl: 3, Sayı: 32.

Oyun Dünyasında Model ve Doku Üretiminde Fotogrametri Kullanımı

Mehmet Akif Günen^{1*}, Levent Çoruh², Erkan Beşdok¹

¹ Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Talas, Kayseri, Türkiye
(akif @erciyes.edu.tr) ORCID 0000-0001-5164-375X

² Erciyes Üniversitesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye
(lcoruh@erciyes.edu.tr) ORCID 0000-0002-9669-7185

¹ Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Talas, Kayseri, Türkiye
(ebesdok@erciyes.edu.tr) ORCID 0000-0001-9309-375X

Öz

Günümüz bilgisayar oyunlarında gerçekçilik, rekabet avantajı sağlayan önemli özelliklerden bir tanesidir. Geleneksel yöntemlerle gerçekçi bir karakter ya da sahne tasarımı için yoğun uğraş ve zaman gereklidir. Bu nedenle, yüksek gerçeklik hissi sağlarken kısa üretim sürecine sahip bir iş akışı arayışı tasarımcıları diğer disiplinlerden gelecek çözüm arayışına sürüklemiştir. Bu anlamda fotogrametri gerçek dünyadaki figür, nesne ve mekânların fiziksel özelliklerini zahmetsiz, hızlı ve uygun maliyetli bir biçimde sanal sahneye aktarmada kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle gerçek dünyadan optik olarak alınan verinin işlenmesi ile oyun sahnesindeki eşyalar, yeryüzü nesnelere, araçlar, karakterler ve mekânlar oluşturulabilmektedir. Üretilen modeller, oyun ortamının çokgen bütçesi için uygun detay seviyesinde geometrilere ve kaplama dokularına sahip olmaktadır. Modeller küçük düzeltmelerle oyun sahnesine eklenebilmekte veya karakter modelleme gibi sanatçı eliyle yapılması gereken modellere referans altlık olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, Yoğun Nokta Eşleme, 3D Grafik Yazılımı, 3D Modelleme

Photogrammetry Using Model And Texture Production In The Game World

ABSTRACT

Realism is one of the important features that provide competitive advantage in today's computer games. It takes a lot of work and time to design a realistic character or scene with traditional methods. For this reason, while seeking a workflow with a short production process while providing a high sense of reality, designers have sought to find solutions from other disciplines. In this sense, photogrammetry has begun to be used to transfer the physical characteristics of figures, objects and spaces in the real world to the virtual scene in an effortless, fast and cost-effective way. With this method, the processing of the data taken optically from the real world can be used to create objects, objects, tools, characters, and spaces on the game screen. The models produced have geometry and covering textures at the level of detail suitable for the polygonal budget of the playing environment. Models can be added to the game scene with minor corrections, or they can be used as references for models that need to be done by the artist, such as character modeling.

Keywords: Photogrammetry, Dense Match, 3D Graphics Software, 3D Modeling

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Bilgisayar oyunu geliştirme süreci mühendislik ve sanat/tasarım disiplinleri gibi birden çok disiplini ilgilendiren çalışmaları gerektirir. Oyun geliştirme iş akışı en temel biçimde, oyun programlama ve oyun grafiklerinin hazırlanması şeklinde iki ana iş paketi ile özetlenebilir. Bu iş paketleri kendi içlerinde alt gruplara ayrılır. Programlama işi kendi içinde fizik motorunun kodlanması, oyun mekanizmalarının ve görsel efektlerin hazırlanması, vb. alt iş gruplarına ayrılırken oyun grafiklerinin hazırlanması işi de oyunda yer alacak karakterler, eşya, araçlar ve mekanların konsept çizimlerinden başlayarak, çeşitli yöntemlerle sayısal model üretimi, dokularının üretilmesi ve modellere uygulanması, hareketlerin üretilmesi vs. alt iş gruplarına ayrılır ve bu dallanma detaylanarak devam eder (Berger,2015).Günümüzdeki oyun program kodları her ne kadar oyun üretiminin erken dönemindeki program kodlarına nazaran çok daha karmaşık hale gelmiş olsa da bilgisayar oyun üretiminin başlangıcından günümüze kadarki süreçte kodlama işi adım adım daha pratik bir hal almıştır. Oyun ortamının sayısal ortamda gerçekleştirilmesine yönelik yazılan hazır kod kütüphaneleri ve belli kütüphanelerin tek ara yüz altında bir araya getirilmesi ile oluşan ve oyun motoru adıyla anılan oyun geliştirme ortamlarının piyasaya sürülmesi ile neredeyse tek satır kod yazmadan oyun üretmek mümkün hale gelmiştir. Fakat oyun grafikleri için tam tersi bir durum söz konusudur. İlk nesil piksel tabanlı oyun grafikleri ile günümüzün 3D grafiklerine sahip oyun grafikleri birbirinden çok farklıdır. Erken dönem bilgisayar oyunlarında oyundaki görsel öğeler iki boyutlu düzlemde piksellerin boyanması ile oluşturulurken günümüz 3D oyunlarındaki öğeler üç boyutlu sanal bir

uzayda çokgen yüzeylerden oluşturulan modeller ve bu modellerin üzerlerine çeşitli katmanlar halinde giydirilen kaplama dokularından oluşmaktadır (Tan, 2011). Benzer şekilde öğelerin hareketleri de piksel boyamasıyla üretilmiş görseller ile hareketin aşamalarını peş peşe gösterilmesi prensibine dayalı sprite denilen yapılarla gerçekleştirilirken, günümüzde sanal iskelet sistemleri, bilgisayar üretimi ara kare hesaplaması veya hareket-yakalama gibi birçok yöntemi bir arada kullanmayı gerektiren çok daha karmaşık bir hal almıştır. Bilgisayar oyun endüstrisinde rekabeti etkileyen oyundaki; oynanabilirlik, senaryo, mücadele-keşif-başarma hissi gibi etkenlerin ötesinde, rekabete önemli derecede etkisi olan gerçekçilik ve bunu sağlayacak foto-gerçekçi görsellerin hazırlanma süre/maliyeti ayrıca önem arz etmektedir. Bir model sanatçısı tarafından fiziki dünyadaki nesnelere foto-gerçekçi biçimde kaliteden ödün vermeksizin sayısal ortama aktarılması yoğun emek ve zaman gerektiren çalışmayı gerektirir. Bu da doğal olarak oyun planlaması içindeki nesne, mekân ve karakter sayısına bağlı olarak projenin tüm çalışma takvimini doğrudan etkiler. Bunun sonucu olarak kısıtlı bütçe ve zamana sahip oyun projeleri nesnelere görsel kalitesinden ya da sayısından ödün vermek zorunda kalmaktadırlar. Bu noktada fotogrametri gerçek dünya nesnelere geometrik yapısı ve malzeme özelliklerini gösteren renkli kaplama dokusunun tespiti ve bilgisayar ortamına gerçekçi biçimde hızla aktarılması için pratik bir çözüm sunmaktadır (Laycock v.d., 2007). Bu çalışma ile oyun tasarımında ihtiyaç duyulan gerçek dünya nesnelere referans alınarak oyun varlıkları (asset) üretilmesi için yersel lazer tarama yöntemi ile örnek bir uygulama gerçekleştirilmiş ve Varlık üretimi için önerilen iş akışı aşamaları Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Varlık Üretimi İş Akış Şeması

2. ÖN HAZIRLIKLAR

2.1. Mekândan İzole Edilmiş Nesne Çekimi İçin Sahne Hazırlanması

Varlık olarak taranacak nesneden en iyi sonucu almak için ışıklandırma ayarları (nesnenin ışık kaynaklarına göre konumu) değişmeden, nesne yüzeyini oluşturan tüm yüzler için tarama işlemlerinin tamamlanması gerekmektedir (Bergeron, 2006). Nesne yerçekimsiz bir ortamda boşlukta sabitlenecek olursa nesnenin tüm yüzelerinin aynı ışıklandırma altında taranması sorunsuzca tamamlanabilir. Çekimin yapılacağı stüdyoda bu mümkün olmadığından ya nesneyi bir yüzeyin üzerine bir düzleme yerleştirerek ya da ek ekipmanlar (taşıyıcı armatür, ince ipler vb.) yardımı ile mekân teması engellenerek tarama işlemi yapılabilir. Bu noktada oyun içerisinde taban kısmının görünmeyeceği veya rötüş aşamasında eklenebilecek basitlikte olan (örneğin bu çalışmadaki kütük nesnesi gibi) nesnelere bir düzlem üzerinde taban yüzeyleri hariç taranarak kullanılabilir. Fakat oyunda bir zemin üzerinde duracak bir varlık, kütük, kaya vb. nesnelere dışındaki silah, çanta vb. her yönden detayının görülmesi gereken nesnelere mutlaka zeminden çekim açılımlarına izin verecek yükseklikte bir konumda sabitlenmelidir. Sabitleme işinde misina ip vb. esnek malzemelerin kullanılması zemindeki titreşimler nedeniyle havada asılı nesnenin (her ne kadar küçük olsa da) hareketine ve dolayısıyla tarama verisinde gürültülere neden olmaktadır. Stop-motion animasyon kuklalarını çekim esnasında sabitlemeye yarayan nesneyi tek noktasal bağlantı ile tutan

metal armatürlerin kullanımı iple asmaya nazaran daha iyi bir çözümdür (Hoban, 2014). Armatür kullanılmış bir çekim sahnesi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Armatür Kullanılmış Çekim Sahnesi

2.2. Parlaklık ve Yansıma Problemi

Özellikle saydam veya reflektans yüksek nesnelere fotogrametrik yöntemlerle bilgisayar ortamına aktarıldığı zaman dağılan veya kırılan ışık yüzey geometrisinin doğru biçimde tespitine engel olabilmektedir (Zhang v.d., 2005). Bu durumda en iyi çözüm yüzeyleri yansıtıcı olmayan opak hale getirmektir. Taranacak saydam (veya yansıtıcı yüzeyli) nesne mat bir boya ile boyandıktan sonra fırça ile üzerine başka bir tonda düzensiz küçük noktacıklar atılarak tarama için en uygun hale getirilir. Tarama sonrası kaplama dokusu için UV açılımı ayrıca hazırlanarak yüzey üzerine kaplanır. Bir diğer çözüm de geometrideki bozuklukları bilgisayar ortamında rötüşlanarak giderilmesidir (Mullen, 2009).

3. TARAMA İŞLEMİ

3.1. Yersel Lazer Tarayıcılar

Yersel lazer tarama teknolojisi son yıllarda popülerliğini koruyan ve hızla kendine farklı alanlarda yer edinen oldukça önemli bir konudur. Kültürel mirasın korunmasından, arkeolojik kazı alanlarının taranmasına cinayet alanlarından kazı dolgu ölçümüne ve deformasyon işlerine kadar çok farklı konularda kendine yer bulmuştur. Faz farkı ve Time of Flight (ToF) olmak üzere iki farklı tipte olan lazer tarayıcılar genel olarak lazer diyotundan çıkan ışın ile nesne arasındaki

mesafenin yanı sıra lazer pulsuna ait azimut ve zenit açıları hesaplayarak lokal veya global koordinat sisteminde veri toplarlar. (Boehler, 2003). Bildiri kapsamında faz farkı yöntemi ile çalışan ve yakın nesne taramasında ToF yöntemiyle çalışan yersel lazer tarayıcılara göre daha başarılı sonuç üreten Faro x130 yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır (Faro,2017). Şekil 3'de taranan nesnelere ve kullanılan yersel lazer tarayıcı birlikte sunulmuştur.



Şekil 3. Yersel Lazer tarayıcı ve taranan nesnelere

3.2. Nokta Bulutu

Nokta bulutu oluşturmak, yorumlamak, işlemek ve üretmek günümüzde güncelliğini koruyan geniş, uğraştırıcı ve vakit alıcı bir işlemdir. Nokta bulutları günümüzde havai ve yersel fotogrametri, RGB-D sensörler ve yersel lazer tarayıcılar ile yakalanmaktadır. Bu sistemler kendi aralarında çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır. Bu makalede nokta bulutu yakalamak için yersel lazer tarayıcı tercih edilme sebebi daha yüksek doğrulukta veri üretebilmesidir. (Henry v.d.,2010), (Güven v.d.,2016).

3.3. Nokta Bulutunun Çakıştırılması ve Renklendirilmesi

Bildiri kapsamında varlıklar 6 farklı sahnedan taranmıştır. Farklı sahnelerden elde edilen

nokta bulutlarını Iterative closest point (ICP) yöntemiyle çakıştırılmıştır. ICP yöntemi Chen and Medioni tarafından önerilen iki farklı sahnedan taranan nokta bulutları arasındaki mesafeyi minimize ederek çalışan oldukça gürbüz bir yöntemdir. ICP yönteminde başarı sağlanması için nokta bulutlarının yaklaşık olarak çakıştırılması gerekmektedir, aksi halde yanlış çakışma veya hiç çakışmama problemi meydana gelmektedir (Chen, 1992). Çeşitli yöntemler olmasına rağmen birçok lazer tarayıcı lazer tarama işlemi yaptıktan sonra sahneye ait fotoğraf çekerek nokta bulutunu renklendirmektedir. Faro x130 hem renkli hem de renksiz tarama özelliğine sahip bir cihazdır. Tıpkı fotoğraf makinalarında olduğu gibi sahneye ait çeşitli fotoğraf ayarları manuel olarak yapılabilmektedir. Oluşturulacak meshlerde doku farklılığının olmaması ve gerçekçilik hissinin oluşması için fotoğraf çekiminde kullanılan parametreler kullanıcılar tarafından belirlenmelidir.

3.4. Mesh Oluşturma

Katı model elde etmek için nokta bulutunu oluşturan noktaların birbiriyle bağlanması veya vertekslerin birbiriyle ağ şeklinde örülmesi mesh kavramı ile açıklanabilmektedir. Mesh elde edebilmek için Delaunay üçgeni bazlı, yüzey örten, büyüyen bölge tekniği veya fonksiyonel yüzey oluşturma gibi birden fazla yöntem vardır (Sarangi, 2007). Hem hızlı olması hem de istenilen gerçeklikte görsellik sağlaması açısından bildiride Delaunay üçgen meshler kullanılmıştır.

4. TARAMA SONRASI İŞLEMLER

4.1. Geometrinin Temizlenmesi

Tarama sonrası yansıma/saydamlık/gürültü v.b. nedenlerden ortaya çıkan yanlışlıklar elde edilen veri henüz nokta bulutu halindeyken ya da mesh haline dönüştürüldükten sonra

temizlenebilir. Bu çalışmada nesne dışında kalan yüzeylere ait veriler nokta bulutu halindeyken Geomagic Studio yazılımı ile temizlenmiş nesne geometrisindeki hatalar ise mesh model üzerinden ZBrush ve 3D Studio MAX yazılımları ile düzeltilmiştir. Temizlenmiş nokta bulutu görseli Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 5’te ise checker map ve Yersel Lazer Tarayıcının kendi çektiği fotoğraflar ile renklendirilmiş ve sahne ışığıyla ışıklandırılmış görünümü bulunmaktadır.



Şekil 4. Renkli nokta bulutunun Cloud Compare Yazılımı ile görünümü.

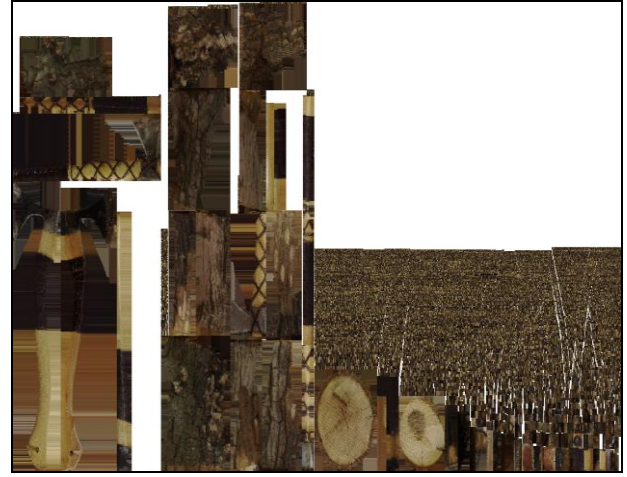


Şekil 5. Checker Map ve Orijinal fDokulu Temizlenmiş Mesh Model.

4.2. Doku Verisinin Rötuşlanması

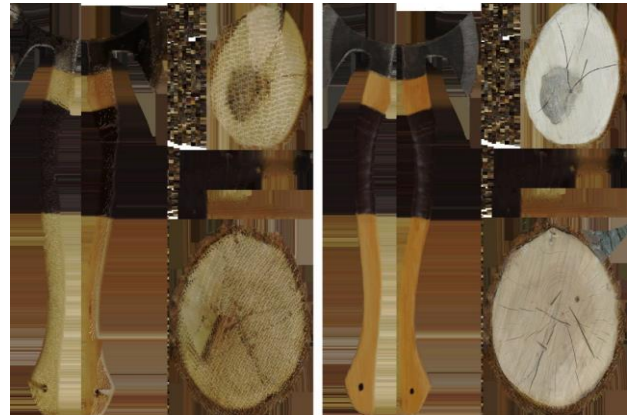
Tarama sırasında yüzey geometrisi ile birlikte taranan noktanın renk bilgisine göre yüzey doku kaplaması UV açılımı biçiminde üretilmiştir. Fakat gerek farklı açılardan

birden fazla tarama yapılarak bu verilerin birleştirilmesi sonucu gerek tarama kalitesini etkileyen diğer etkenlerden kaynaklı olarak kaplama dokusu olarak üretilen sonuç görüntü dosyasında rötuşa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hataların giderilmesi için nesneden yüksek çözünürlüklü fotoğraflar çekilmiş ve fotoğraf işleme yazılımı ile yazılım tarafından otomatik üretilen UV açılımındaki hatalı dokular üzerine sonradan çekilen fotoğraflardaki orijinal dokular kopyalanarak görüntü dosyasındaki eksiklikler ve hatalar giderilmiştir. Şekil 6’te taranan nesneye ait orijinal UV açılımı gösterilmiştir.



Şekil 6. Yazılım tarafından üretilen UV açılımı görüntü dosyası.

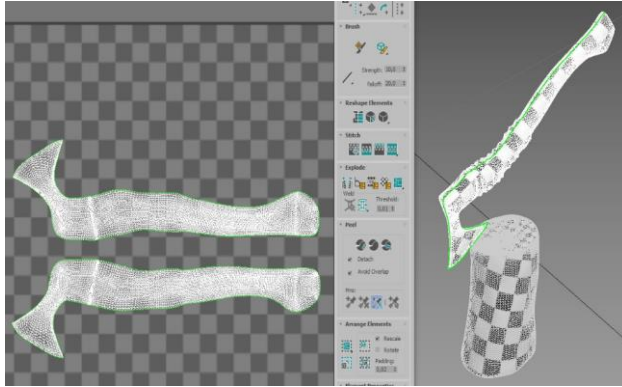
Şekil 7’de ise yazılımdan elde edilen UV açılımının rötuşlanmış ve fotoğraf makinası ile ayrıca çekilmiş orijinal doku detay görselleri birlikte verilmiştir.



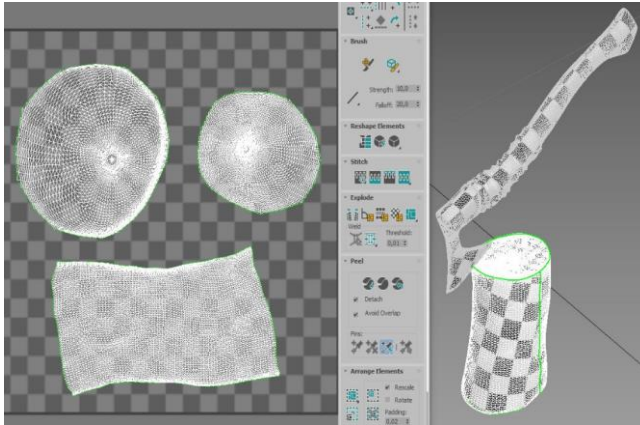
Şekil 7. Orijinal ve Rötuşlanmış Doku Detay Görseli.

4.3. Kaplama Koordinatları ve UV Açılımı Hazırlanması

Orijinal UV için ayrı ayrı iki UV açılımı yapılmış ve bu açılımlara uygun kaplama koordinatlarına uygun doku boyaması yapılmıştır. Şekil 8 ve şekil 9'de UV açılımı yapılmış nesnelere görülmektedir.



Şekil 8. Balta Nesnesi için UV açılımı.



Şekil 9. Kütük Nesnesi için UV açılımı.

UV açılımı yapıldıktan sonra çeşitli platformlarca sağlanan veya uygulayıcılar tarafından çekilen fotoğraller kullanılarak doku kaplaması yapılmaktadır. Şekil 10'da doku kaplaması yapılan nesnelere gösterilmiştir.



Şekil 10. UV açılımı üzerine doku uygulanmış kaplama.

Doku kaplaması yapılan nesnelere artık katı model üzerine bindirilebilir hale gelir. Şekil 11'de nesneye ait katı model ve rötüş yapılarak doku uygulanmış hali gösterilmiştir.

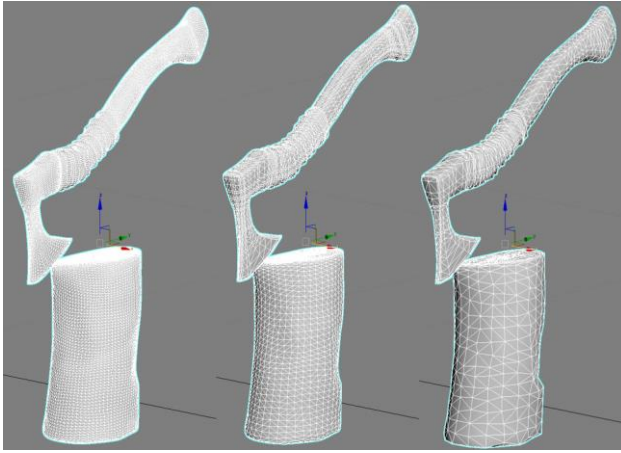


Şekil 11. Sonuç model ve kaplama dokusu uygulanmış hali.

4.4. Mesh'in Hedef Çokgen Bütçelerine Göre İndirgenmesi (LOD-Level of Detail)

Modelin kullanılacağı oyun projesinin; poligon bütçesi ve anlık hesaplanması gereken çokgen sayısına dair stratejisine göre aynı modelin farklı çokgen sayılarında kopyaları kullanılmaktadır. Modelin kullanıcı görüşüne uzaklığı (ekranda görüneceği büyüklük), sahnedeki önemi, ne hızda görüneceği gibi durumlara göre gösterilecek detay seviyesi belirlenir (Anders, 2005). Oluşturulan meshlerin işlemcilerde daha hızlı işlenmesi, görsel detayların daha anlaşılabilir olması ve daha düşük özellikli işlemcilerde hız kaybı

olmaması için hacim, şekil ve sınırlarının korunarak yüz sayısının mümkün olduğu kadar azaltılması gerekmektedir. Taranan orijinal iki modelin yüz sayısı toplam 530 bin civarında iken oyunda kullanılacak LOD'ların çokgen sayıları ihtiyaca göre düşürülmüştür. Bu çalışma için modelin çokgen çözünürlüğü indirgenerek yüksek 38.000 çokgen, orta 11.000 çokgen ve düşük 3.300 çokgen sayısı ile üç farklı çözünürlükte detay seviyesi üretilmiştir. Şekil 12'de farklı LOD seviyesine ait nesne gösterimi yapılmıştır.



Şekil 12. Farklı köşe noktası detay seviyelerinde modeller.

Farklı LOD seviyesinde elde edilen katı modelden sonra model için rötuş yapılarak oluşturulan ve renderı alınan ekran çıktıları şekil 13'de görülmektedir.



Şekil 13. Doku eklenmiş farklı LOD seviyelerindeki katı model

5. SONUÇ

Varlık üretiminde hedef nesnelere göre küçük ebatlı olduğundan çekim/tarama açıları mekanların taranması kadar sorun teşkil etmemektedir. Yüksek bir yapının üst açılardan çekimini yapmak için ek ekipmanlar (drone, helikopter vb) gerekirken, küçük nesnelere için bu ihtiyaç bulunmadığından varlık üretimi için yersel lazer tarayıcılar son derece kullanışlı bir yöntemdir. Hem hızlı hem de ekonomik olan bu yöntem sayesinde kullanıcılar daha az maliyetle daha fazla işi daha gerçekçi olarak oyun motorları aracılığıyla son kullanıcılara aktarmaktadır. Elde edilen model görselleri çeşitli doku değiştirme yöntemleri kullanılarak daha gerçekçi hale getirilebilmektedir. Ayrıca oluşturulan katı modeller farklı seviyelerde (LOD) oluşturularak bilgisayar güç gereksinimi (ekran kartı, GPU v.s.) minimuma indirilmektedir.

NOT:

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesinde 27-29 Nisan 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen TUFUAB IX. Teknik Sempozyumunda sunulan çalışmanın genişletilmiş ve yeniden hakemlik sürecinden geçirilerek Kabul edilmiş halidir.

TEŞEKKÜR

Bu bildiri TÜBİTAK tarafından 115Y235 kodlu araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Anders, K. H. 2005. Level of detail generation of 3D building groups by aggregation and typification. In *International Cartographic Conference* (Vol. 2).
- Berger, M., & Cristie, V., 2015. CFD Post-processing in Unity3D. *Procedia Computer Science*, 51, 2913-2922.
- Bergeron, B., 2006. Developing serious games (game development series).
- Boehler, W., Vicent, M. B., Marbs, A., 2003. Investigating laser scanner accuracy. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34 (Part 5): 696-701.
- Chen, Y., & Medioni, G., 1992. Object modelling by registration of multiple range images. *Image and vision computing*, 10(3), 145-155.
- Faro, 2017, <http://pdf.directindustry.com/pdf/faro-europe-gmbh-co-kg/tech-sheet-faro-laser-scanner-focus3d-x-130/21421-25052.html>
- Günen M.A., Beşdok E., 2016. "Kompleks Yüzeyle Mühendislik Tasarımı İçin Yersel Lazer Tarayıcı Kullanımı", 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 19-21, ss.40-40
- Henry, P., Krainin, M., Herbst, E., Ren, X., & Fox, D., 2010, (December). RGB-D mapping: Using depth cameras for dense 3D modeling of indoor environments. In *the 12th International Symposium on Experimental Robotics (ISER)* (Vol. 20, pp. 22-25).
- Hoban, G., & Nielsen, W., 2014. Creating a narrated stop-motion animation to explain science: The affordances of "Slowmation" for generating discussion. *Teaching and Teacher Education*, 42, 68-78.
- Laycock, R. G., Ryder, G. D. G., & Day, A. M., 2007. Automatic generation, texturing and population of a reflective real-time urban environment. *Computers & Graphics*, 31(4), 625-635.
- Mullen, T 2009. Mastering Blender. 1st ed. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc. [ISBN 9780470496848](https://www.wiley.com/ISBN/9780470496848)
- Tan, J., & Deng, F., 2011. Design and key technology of urban landscape 3d visualization system. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1238-1243.
- Sarang, S., 2007. Surface reconstruction from unorganized point cloud data using incremental Delaunay triangulation. ProQuest.
- Zhang, Y., Chen, J. M., & Miller, J. R. (2005). Determining digital hemispherical photograph exposure for leaf area index estimation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 133(1), 166-181.

İğneada Koruma Alanının Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımının Zamana Bağlı Değişiminin Markov Zincirleri İle Modellenmesi

A. Gonca Bozkaya KARİP^{1*}, Çiğdem GÖKSEL²

¹ Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
(gonca_bozkaya@yahoo.com) ORCID 0000-0002-8865-5559

²İstanbul Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul
(goksel@itu.edu.tr) ORCID 0000-0001-8480-1435

Öz

Bu çalışmada, doğal alanlar için risk oluşturan kentleşmenin ve doğal alanlardaki değişimin zamansal gelişiminin izlenmesi, ileriye yönelik olarak bir gelişim modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma bölgesi olarak seçilen İğneada Koruma Alanı ekolojik açıdan hassas, çok sayıda flora ve fauna için habitat alanı olma özelliği taşıyan, sadece Türkiye için değil, dünya ölçeğinde önemli bir ekosistemdir. Kaynakların verimliliklerinin ve koruma-kullanma dengesinin sağlanması, ekosistemin geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, alanın karakteristiğinin belirlenmesi, zaman içerisindeki değişimi ve değişimin ne yönde olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.

Çalışmada 1984, 1990, 2000 ve 2010 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü ve kullanımları hazırlanmıştır. Bu arazi örtüsü/kullanım verileri çalışmanın modelleme kısmında referans veri olarak kullanılmıştır. Bölgenin gelecekte nasıl şekilleneceğinin tahmini için; Markov zincirleri yöntemine dayalı Stokastik Markov Modeli (ST_Markov), Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ve Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Çalışan Markov Modeli (MLP_Markov) modelleri kullanılmış ve test alanı 2010 yılı için modellenmiştir. Mevcut 2010 yılı arazi kullanımı ile 2010 yılı için elde edilen model sonuçları karşılaştırılmış, en yüksek doğruluğun Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ve Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Çalışan Markov Modeli (MLP_Markov) modelleri ile elde edildiği tespit edilmiştir. MLP_Markov modeli'nin alansal değerlendirme bakımından daha yüksek doğruluk vermesi, çok değişkenli olması ve değişimin dinamik olduğu alanlarda kullanıldığında daha verimli sonuçlar vermesi nedeniyle 2030 yılı modellemesi için tercih edilmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Arazi kullanım / Arazi örtüsü, Markov Chain, Değişim Tespiti, Modelleme

Modeling Of Land Use /Land Cover Change Detection Of İgneada Protecting Zone Using Markov Chain

Abstract

In this study, it is aimed to monitor the temporal change of the urbanization that is a risk for natural areas and the changes in natural areas, and to apply a forecasting model for the near future. The İgneada Conservation Area, selected as a study region, is an ecologically sensitive ecosystem that is a habitat area for a variety of flora and fauna. This ecosystem region has a huge importance for the global scale. Provision of resource productivity and conservation-use balance is crucial for the future of the ecosystem. For this purpose, it is necessary to determine the area, and magnitude and direction of the changes.

In this study, 1984, 1990,2000 and 2010 Landsat images were used for detecting land use/land cover changes. Three different models were implemented to simulate the land cover map of İgneada in 2030. These models

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi:04.04.2017

Kabul Tarihi:05.08.2017

Geomatik Dergisi

Journal of Geomatics

are Stochastic Markov Model (ST_Markov), Cellular Automata Markov Model (CA_Markov) and Multi-Layer Perceptron Markov Model (MLP_Markov). İğneada conservation area is modeled with these models for the year 2010. İğneada conservation area is modeled with these models for the year 2010. Year 2010 the model results obtained with the current land use for the year 2010, compared to the highest accuracy the process of CA_Markov Model and MLP_Markov Model it has been observed that the models obtained.

The assessment of the model to give higher accuracy in terms of MLP_Markov spatial, multivariate and change due to yield more efficient results when used in areas where dynamic modeling and results are presented for 2030 have been preferred.

Keywords: Remote Sensing, Landuse/Landcover, Markov Chain, Change Detection, Modelling

1. GİRİŞ

Arazi örtüsü ve arazi kullanımının değişimi doğal sistemler ve insan yapımı sistemler ile bağlantılı karmaşık ve dinamik bir süreç olup, bu süreçten tüm ekosistem etkilenmektedir. Ekolojik açıdan hassas alanların korunması, ekosistem döngüsünün bozulması, doğal alanların kaybedilmesi gibi tehlikeler açısından büyük önem taşımaktadır. Doğal alanların geleceği açısından hızlı nüfus artışı, gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte ortaya çıkan baskı, hızla alınan ve bütüncül olmayan planlama kararları tehlike unsurlarını oluşturmaktadır.

Doğal kaynakların verimliliklerini kaybetmeden kullanımının sağlanması, korunması ve geliştirilmesi için geçmişe yönelik analizlerinin yapılması, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün zaman içinde nasıl değiştiğinin belirlenmesi ve geleceğe yönelik modellerin oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Arazi değişimi tesbiti çalışmalarının amacı, biyofiziksel etkenler ve insan kaynaklı arazi örtüsü/kullanımındaki değişiklikleri saptamaktır (Rindfuss ve diğ., 2004; Carmona ve Nahuelhual, 2012). Bir bölgeye ait arazi kullanım/örtüsündeki değişimin tespit edilmesi, o bölgenin farklı zaman periyotlarında mevcut durumunun belirlenmesi ve zamana bağlı farklılıkların ortaya çıkarılması işlemidir. Burada, yüksek doğrulukta işlenmiş, çok zamanlı uzaktan algılama görüntüleri önemli bir veri kaynağıdır (Singh, 1989; Green ve diğ., 1994; Deer, 1995; Göksel, Ç.1998; Coppin ve diğ., 2002; Rogan ve diğ., 2003).

Araştırmanın Amacı

Bern Sözleşmesi'ne göre tehlike altında bir habitat olarak tanımlanmış olan Longoz (su basar ormanları), ülkemizde ve dünyadaki en hassas ekosistemlerden biridir. Ülkemizin en büyük Avrupa'nın da en büyük ikinci longoz ormanı olma özelliğini taşıyan İğneada, koruma alanı ve çevresi, longoz ormanları, karışık orman alanları, sazlık ve bataklık alanları, geniş kumsalları, sulak alanları ve bu alanların ev sahipliği yaptığı farklı yaşam türleriyle uluslararası öneme sahip bir habitatır (Bozkaya A.G., 2013). İğneada, Türkiye'nin kuzeybatısında, Kırklareli iline bağlı Demirköy ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Marmara Bölgesi'nin kuzeyinde, Istranca (Yıldız) Dağları'nın eteklerinde, Karadeniz'in kıyısında yer almaktadır. Çalışma alanı, 41° 45' - 41° 58' K ve 27° 50' - 28° 03'D coğrafi koordinatları arasında yer alan İğneada bucağı, Limanköy, Avcılar ve Beğendik köylerini kapsamaktadır ve 239,90 km² yüzölçümüne sahiptir (enviroGRIDs 2012., Bozkaya, A.G. ve diğ. 2014). İğneada longoz (su basar) ormanları, yaprağını döken orman ekosistemleri, tatlı ve tuzlu su gölleri, bataklıklar ve alçak ve yüksek kıyı alanları, kıyı kumulları ile özel bir alandır. Birbirinden bağımsız üç bölüm olan longozlar, sulak alan ekosistemini, kumul alan ekosistemini ve subasar orman ekosistemini aynı anda barındırmaktadır. Bu ekosistem, içerisinde endemik ve nadir bitki türlerini barındırırken, aynı zamanda 194 çeşit kuş, 310 çeşit böcek, 46 çeşit memeli, 28 çeşit balık ve 17 sürüngen türüne ev sahipliği yapmaktadır.

İğneada Longoz ormanları çalışma alanının, mevcut durumunun belirlenmesi ve zamana bağlı olarak nasıl geliştiğinin ortaya konması, gelecekteki ne durumda olabileceğinin öngörülmesi bakımından önemlidir. Bu nedenle, çalışmada, 1984,1990, 2000 ve 2010 yılı uydu görüntülerinden yararlanarak, bölgenin arazi kullanımında zaman içindeki değişimleri incelenmiştir. Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen “EnviroGRID -Building Capacity For A Black Sea Basin Observation And Assessment System Supporting Sustainable Development” projesi ile “İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi” başlıklı TÜBİTAK projesi(no:110Y015) desteğiyle de gerçekleştirilen bu çalışmada, İğneada koruma bölgesi, Markov zincirleri yöntemine dayalı Stokastik Markov Modeli (ST_Markov), Hücresel Özışleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ve Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Çalışan Markov Modeli (MLP_Markov) modelleri kullanılarak 2010 yılı için modellenmiştir. Sonuçlar, 2010 yılı arazi kullanımı sonuçları ile karşılaştırılmış ve MLP_Markov modeli kullanılarak, 2030 yılı için bölgede meydana gelebilecek değişimler ortaya konmuştur.

2. YÖNTEM

İğneada gibi, ekolojik açıdan canlılar için önemli ve hassas doğal alanların sürdürülebilirliğini sağlamak açısından, alınacak kararlar büyük önem taşımaktadır. Bölgenin geçmişinin, nasıl geliştiğinin ve şu anki durumunun belirlenmesi, gelecekteki ne durumda olabileceğinin öngörülmesi bakımından önemlidir. Bu nedenle, sunulan çalışmanın ilk aşamasında uzaktan algılama verileri ile bölgenin arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi ve değişim analizi yapılmıştır. İkinci aşama ise, tahmin modelleri yardımı ile bölgenin 2030 yılı için arazi kullanımı ve arazi örtüsünün nasıl değişeceğinin öngörülmesi çalışmasıdır. Bu aşamada üç farklı metot kullanılarak çalışma alanına ait arazi kullanımı/örtüsü önce 2010 yılı için modellenmiş ve en yüksek doğruluğun alındığı MLP_Markov tahmin

modeli ile 2030 yılı için tahmin yapılmıştır. Markov Chain tahmin modeline dayanan; ST_Markov, CA_Markov ve MLP_Markov modelleri kullanılmıştır. Şekil 1’de çalışmada uygulanan yöntemin akış şeması verilmiştir.

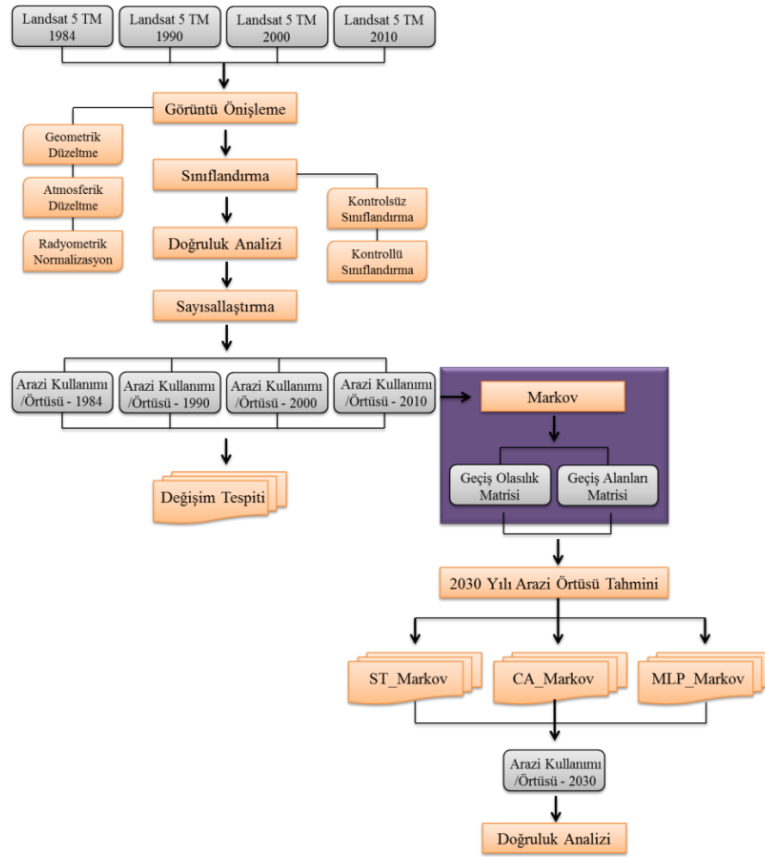
Veriler

İğneada çalışma alanının, yıllara göre arazi örtüsü/kullanımındaki değişimleri belirlemek için, 07.09.1984, 07.08.1990, 18.08.2000 ve 15.09.2010 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Eğim, Bakı ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) elde edilmesinde 15 m. çözünürlüğe sahip AsterDEM verisinden yararlanılmıştır. Ayrıca, 2003 tarihli İkonos, 2009 tarihli Aster uydu görüntüleri, 1972 ve 1993 yıllarına ait 1/25000 ölçekli haritalar, arazi çalışması sırasında çekilen fotoğraflar ve 1/25.000 ölçekli Kırklareli İl Çevre Düzeni Planı referans veri olarak kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Arazi Örtüsü / Kullanımının Belirlenmesi ve Değişim Tesbiti

Arazi kullanımı/örtüsü değişiminin tespitinde, kontrollü (En Çok Benzerlik Yöntemi ile) sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Longoz ormanı Arazi örtüsü/Arazi Kullanım sınıfları, bölge özellikleri dikkate alınarak, *su, orman, longoz ormanı, sazlık, plantasyon alanı, açık alan/tarım alanı, kumsal, yerleşim ve yol* olmak üzere dokuz sınıf olarak belirlenmiştir. Sınıflandırma da benzer yansıtma nedeniyle ayrılamayan Longoz ormanları, görüntü üzerinden sayısallaştırılmış ve düzeltilmiş sınıflar, kontrollü sınıflandırma sonuçları ile birleştirilmiştir (Eşbağ, H., 2013). Bölgenin yıllara göre arazi kullanımı dağılımı Tablo 1 de sunulmuştur.



Şekil 1. Yöntem akış şeması (Bozkaya, A. G., 2013).

Tablo 1: Arazi Kullanım Dağılımı

Arazi Kullanım Sınıfları	1984 Alan (ha)	1990 Alan (ha)	2000 Alan (ha)	2010 Alan (ha)
Su	137	136	106	141
Orman	15046	15900	16643	16554
Longoz Ormanı	1497	1513	1536	1589
Sazlık	369	379	365	357
Plantasyon Alanı	2190	1906	1378	1449
Tarım/Açık Alan	2532	1940	1705	1584
Kumsal	196	178	187	213
Yerleşim	54	67	97	128
Yol	716	719	720	723
Toplam	22737	22737	22737	22737

Sınıfların konumsal doğruluklarının belirlenmesi için, her bir sınıf için çalışma bölgesine dağılmış kontrol noktaları seçilmiş doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır. Sınıflandırma doğrulukları 1984 yılı için %92, 1990 yılı için %97, 2000 yılı için %98, 2010 yılı için ise %97 olarak hesaplanmıştır (Balçık

ve diğ., 2011; Bozkaya, A.G., 2013; Bozkaya, A.G. ve diğ., 2014)

3.1.1. Değişim Tespiti

İğneada çalışma alanında arazi kullanımı/örtüsü değişiminin tespitinde, elde edilen 1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılmış, piksel düzeyinde karşılaştırma imkânı sunan “-den -e” (from-to) analizi ile görüntüler arasındaki farklar tespit edilmiştir. Çalışmada sırasıyla, 1984 ile 1990 yıllarına ait görüntüler, 1990 ile 2000 yıllarına ait görüntüler, en son olarak da 26 yıllık değişimi görebilmek amacıyla 1984 ile 2010 yıllarına ait görüntüler karşılaştırılmıştır (Bozkaya, A.G ve diğ. 2015).

Değişim matrisleri incelendiğinde; 1984 yılı ile 1990 yılları arasında; su, plantasyon alanları, kumsal ve açık alan/tarım

alanlarının azaldığı, yerleşim alanlarında ise artış olduğu,

1990 yılı ile 2000 yılları arasında; su, plantasyon alanı ve tarım/açık alanlar azaldığı, oransal olarak büyük artışın yerleşim alanlarında olduğu ve alansal olarak büyük değişimin orman alanlarında olduğu (1012 ha'lık orman alanının plantasyon alanına dönüştüğü),

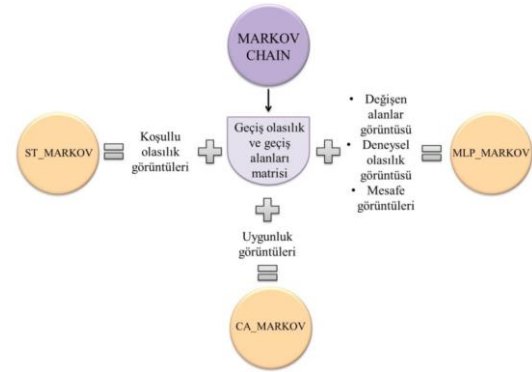
2000 ve 2010 yılları arasında; su ve yerleşim alanlarının arttığı, orman, sazlık ve plantasyon alanı olarak belirlenen alanların, su alanlarına dönüştüğü, ormana dönüşen alanların ise, 2000 yılında longoz ormanı, tarım/açık alan ve plantasyon alanı olduğu tesbit edilmiştir.

Çalışmada, orman alanları değerlendirilirken, karışık orman alanları, longoz ormanları ve plantasyon alanlarının büyüklükleri birlikte ele alınmış ve yıllara göre incelendiğinde, bölgenin orman varlığının arttığı belirlenmiştir.

3.1.2. Çalışma Alanının 2010 Yılı İçin Modellenmesi ve Modellerin Doğruluk Değerlendirmesi

Modelleme çalışmasında kullanılan ana metot; karmaşık sistemlerin analizinde kullanılan olasılıksal bir model olan Markov Zincirleri'dir. Model, bir değişkenin, sınırlı bir zaman içerisindeki önceki durumları dikkate alarak, zaman içinde nasıl geliştiğini tahmin eden rastgele bir süreçtir (Brooks, 1998; Weisstein, 2012).

Bu çalışmada ileriye yönelik modellemede Markov Zincirleri yöntemi esasına dayanan Stokastik Markov modeli, Hücresel özışleme tabanlı Markov modeli ve Çok katmanlı algılayıcı ağ ile çalışan Markov modeli uygulanmıştır. 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait uydu görüntülerinden arazi kullanımları ve değişimleri tespit edilen çalışma alanı, her üç model ile 1990 ve 2000 görüntüleri kullanılarak 2010 yılı için tahmin edilmiştir. Şekil 2'de kullanılan modellerin, uygulama süreci ifade edilmektedir.



Şekil 2. Markov Chain'e bağlı olarak üretilen modeller (Bozkaya, A. G.,2013).

Bozkaya, A.G., 2012'de ve Bozkaya ve Ark., 2015'de detaylı verilmiş olan 2010 yılı mevcut arazi kullanımı ile piksel bazında karşılaştırılmış ve bu alanının modellenmesinde kullanılan yöntemlerden hangisine en yakın olduğu belirlenmiştir.

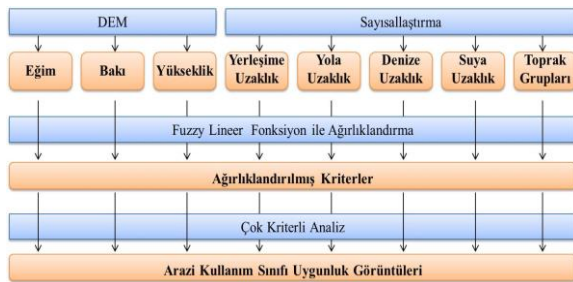
3.1.3. Stokastik markov modeli (ST_Markov)

Stokastik süreçler ve Markov Zincirleri analiz teknikleri birlikte kullanılan ST_Markov için arazi örtüsü değişim eğiliminin bilinmesi ile ve t_2 zamanındaki gelecek durum, kendisinden hemen önceki, t_1 zamanındaki duruma göre tahmin edilmektedir (Ahmed ve Ahmed, 2012). Modelde, geçmiş ve gelecek birbirinden bağımsız ele alınmaktadır (Eastman, 2009a). Uygulamada ilk olarak, iki tarihe ait görüntüler kullanılarak geçiş olasılık matrisi (transition probability matrix) ve geçiş alanları matrisi (transition areas matrix) üretilmiştir. Geçiş alanları matrisi, belirlenen bir zaman için bir arazi örtüsü tipinden diğer bir arazi örtüsü tipine geçmesi beklenen piksellerin sayısını ifade eden metin dosyasıdır. Bu dosyada satırlar mevcut durumdaki arazi örtüsü kategorilerini, sütunlar ise yeni arazi örtüsü kategorilerini temsil etmektedir. Markov zincirleri analizi ile farklı iki zaman ait arazi kullanım verisinden elde edilen geçiş olasılık matrisinden yararlanılarak, belirtilen süre sonunda her bir pikselin hangi arazi kullanım sınıfında bulunacağını olasılığını gösteren koşullu olasılık görüntüleri (conditional probability

images) elde edilmiştir (Bozkaya, A. G.,2013).

3.1.4. Hücresel özişleme tabanlı markov modeli (CA_Markov)

Çalışma alanı için uygulanan ikinci model, hücresel özişleme tabanlı Markov modelidir. Bu model, Markov zincirleri, Hücresel Özişleme (CA) ve Çok Kriterli Analiz (*Multi-Criteria Evaluation*) yöntemlerinin kombinasyonundan oluşmaktadır (IDRISI, Selva Help System, 2012). CA_Markov ile tahmin modeli oluşturulurken; Temel arazi kullanımı, Markov zincirleri ile üretilen Geçiş Alanları Matrisi, Çok Kriterli Analiz yöntemi ile elde edilen arazi kullanım uygunluk haritası, 5×5Komşuluk filtresi kullanılmıştır. Arazi kullanımı için uygunluk analizi, çeşitli arazi kullanım türleri için, alanın yapısına ilişkin niteliklerin karşılaştırılması şeklinde yapılmaktadır (Beek, 1978; Dent ve Young, 1981; Akbulak, 2010; Guan, Q ve diğ. 2005). Bu nitelikler arazinin fiziksel özelliklerinin yanı sıra, sosyo-ekonomik, demografik ve çevresel verilerdir. Herbiri kriter olarak ele alınarak, uygunluk analizinin yapılması sürecinde, çeşitli yöntemlerle analiz edilmektedir.



Şekil 3 : Uygunluk Görüntüleri elde edilme süreci

İğneada için belirlenen kriterler; eğim, bakı, yükseklik, yerleşime uzaklık, denize uzaklık, yola uzaklık, suya uzaklık ve toprak gruplarıdır. Kriterlerin her biri bulanık mantık yöntemi ile ağırlıklandırılmış, ağırlıklandırılan bu veriler kullanılarak Çok Kriterli Analiz (ÇKA) yöntemi ile her bir sınıf için uygunluk görüntüleri (faktör görüntüler) oluşturulmuştur. Çok kriterli analiz ile elde edilen birleştirilmiş arazi kullanım uygunluk haritası, Markov geçiş alanları matrisi, 2000

yılına ait arazi kullanım haritası ve 5 × 5 komşuluk filtresi kullanılarak, CA_Markov modeli uygulanmıştır (Bozkaya, A. G., 2013; Eşbağ, H., 2013).

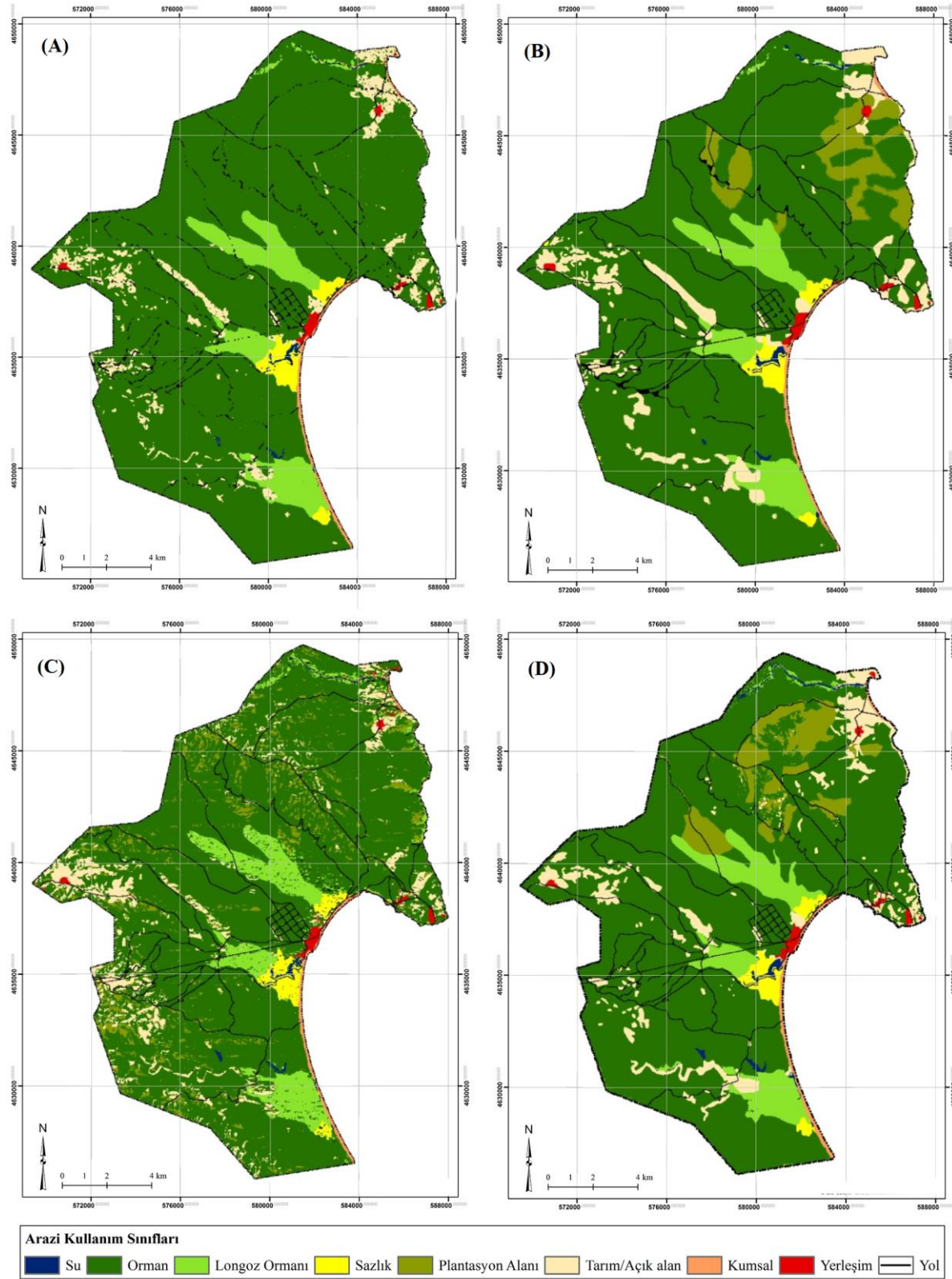
3.1.5. Çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı ile çalışan markov modeli (MLP_Markov)

Çok katmanlı algılayıcılar (Multi-layer perceptron)Markov modeli, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan yapay sinir ağları ile çalışan bir modeldir. Markov zincirleri ile geçiş olasılık ve geçiş alanları matrisi üretilerek modelde kullanılır.1990 ve 2000 yılları arasındaki arazi kullanımı/razi örtüsü değişim görüntüsü oluşturulmuştur. Tahmin için MLP_Markov algılayıcı yapay sinir ağları kullanmanın en büyük avantajı, tüm geçişlerin aynı anda modellenmesinin olası olmasıdır (IDRISI Selva Help System, 2012).

3.1.6. Kullanılan Tahmin Modellerinin Doğruluklarının Belirlenmesi

İğneada çalışma alanının arazi kullanım/örtüsünün 2030 yılı için tahmin edilmesi aşamasında, oluşturulan bu modellerin doğruluklarının belirlenmesi, alan için en doğru sonuçların hangi model ile elde edildiğinin kararının verilmesi açısından çok önemlidir. Doğruluk tespiti için, 1990 ve 2000 yıllarına ait arazi kullanım haritaları ve bu yıllara ait geçiş alanları ve geçiş olasılık matrisleri kullanılarak 2010 yılı için arazi kullanım tahmini yapılmıştır. Her bir model için elde edilen sonuçlar, 2010 yılına ait arazi kullanım haritası ile karşılaştırılmıştır., olasılık hesabına dayanan Stokastik Markov Modelinin, Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modelinin ve Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ ile çalışan Markov Modelinin sonuçlarının doğruluklarının belirlenmesi için; her bir model ile 1990 ve 2000 görüntüleri kullanılarak 2010 yılı arazi örtüsü / arazi kullanım tahminleri yapılmıştır.

Tablo 2 de, 2010 yılı için, mevcut arazi kullanımı ile piksel bazında karşılaştırılmış alansal sonuçlar ve Şekil 3 de ise görsel-tematik sonuçlar sunulmuştur.



Şekil 4: 2010 Yılı Arazi Kullanımı Tahmin Görüntüleri Ve Mevcut Arazi Kullanım Haritası.

Tablo 2 : 2010 yılı tahminlerine göre arazi kullanımı/örtüsü (ha).

	2010 Arazi Kullanım	2010 ST Markov	2010 CA Markov	2010 MLP Markov
Su	141,41	64,26	88,65	96,93
Orman	16553,60	18700,80	16813,30	16774,00
Longoz Ormanı	1589,31	1515,87	1539,18	1539,09
Sazlık	357,12	367,74	351,81	354,69
Plantasyon Alanı	1448,55	22,86	1346,67	1344,24
Tarım/Açık Alan	1583,73	1247,94	1571,94	1545,84
Kumsal	212,67	183,87	188,64	195,48
Yerleşim	127,62	103,59	121,32	127,26
Yol	723,40	530,48	715,90	759,88
Toplam	22737,41	22737,41	22737,41	22737,41

Modelin temel girdilerinden olan arazi kullanım değişimleri olduğundan dolayı, 2030 yılı arazi kullanımı tahmini için kullanılan 1990 ve 2010 yılları arasında gerçekleşen arazi kullanımı/örtüsü değişim görüntüsü oluşturulmuştur. Ortaya çıkan en önemli değişimler, diğer arazi örtüsü tiplerinden yerleşim ve yollara dönen alanlar ile longoz ormanı, karışık orman ve sazlık sınıflarından diğer arazi örtüsü tiplerine dönüşen alanlardır. Modelde sadece, arazi kullanımının tahmini için belirleyici olduğu kabul edilen bu geçişler kullanılmıştır (Şekil 4.).

Geçiş alanları belirlendikten sonra, modelde kullanılacak tüm geçişler için temel görüntü üzerinden, değişimin içindeki kategorik değişkenlerin birleştirilmesi amacıyla deneysel olasılıklar (*Empirical likelihood*) hesaplanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te 1990 – 2010 yıllarına ait geçiş alanları görüntüsü kullanılarak elde edilen deneysel olasılık görüntüsü yer almaktadır. Bu görüntü, geçiş alanları içinde, arazi kullanımı/örtüsü türlerinin rölatif sıklığı saptanarak üretilmiştir. Lejanttaki sayılar, değişen alanlardaki olasılık yığılmalarını ifade

etmektedir. En yüksek değerler orman alanlarına denk gelmiştir ve bu da en çok orman alanların değişeceği tahminini vermektedir.

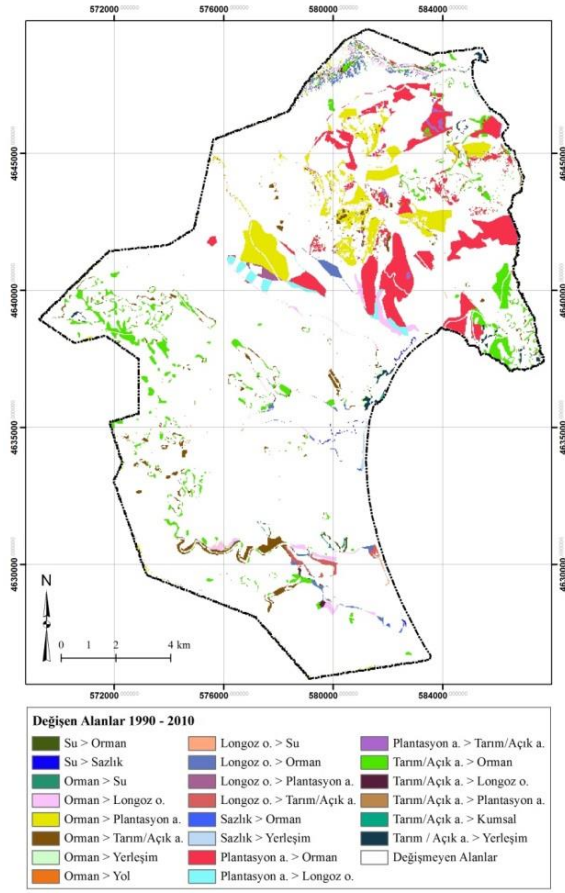
Doğru olarak tahmin edilen ve doğru olarak tahmin edilemeyen pikselleri gösteren tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında, piksel bazında, Stokastik Markov Modeli (ST_Markov) ile % 93.5, Hüresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ile % 98.9, Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ ile Markov modeli (MLP_Markov) ile % 89.6 oranında doğruluk sağlanmıştır. Ancak alansal büyüklükler incelendiğinde (Tablo 2), en isabetli tahminin MLP_Markov modeli ile elde edildiği saptanmıştır(Bozkaya, 2013; Bozkaya ve diğ. 2015).

3.1.7. MLP_Markov ile 2030 Yılı için Tahmin Modeli uygulaması

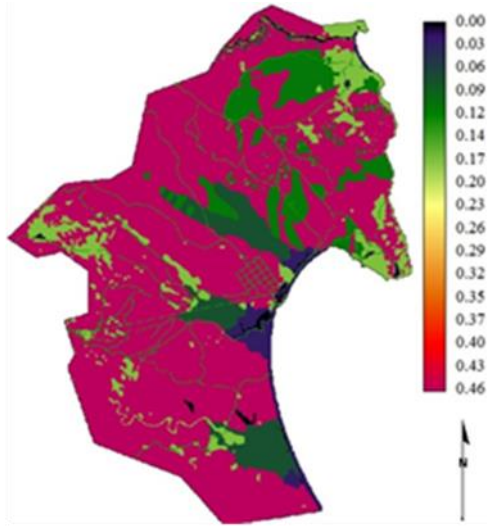
Elde edilen deneysel olasılık değerinden, gelecek arazi kullanımı tahmininde, nitel değişkenler için, arazi örtüsü dağılımını ana değişken kategorileri ile birlikte test eden Kramer testi kullanılmıştır(Leh, M.ve diğ. 2011).

Arazi kullanımı tahmini için MLP algılayıcı sinir ağını kullanmanın en büyük avantajı, tüm geçişleri aynı anda modellemenin mümkün olmasıdır(IDRISI Selva Help System, 2012).

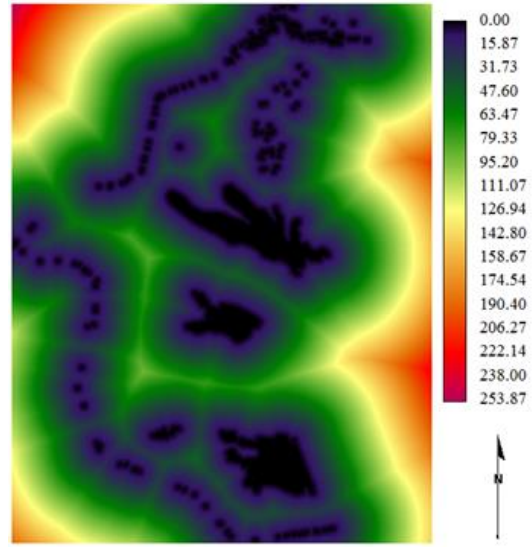
Çoklu geçişlerin modellenmesinde, arazi kullanımı / arazi örtüsü tiplerinin birbirine geçişini gösteren geçiş potansiyeli haritaları, her bir geçiş ayrı ayrı modellenerek üretilmektedir.



Şekil 5: Değişen Alanlar 1990 – 2010.



Şekil 6: Deneysel Olasılık Görüntüsü (1990-2010).



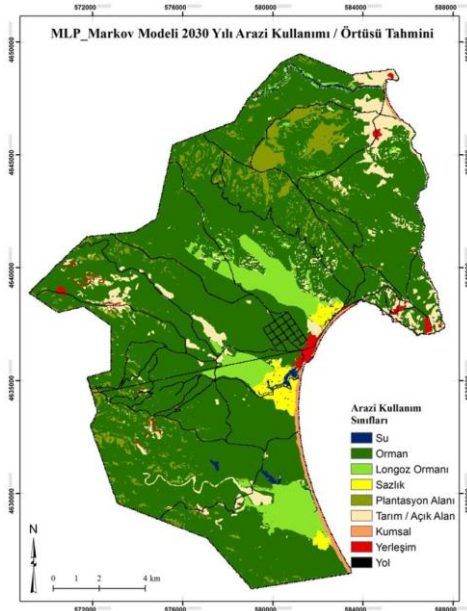
Şekil 7 : Mesafe Görüntüsü

Geçiş potansiyeli hesaplanırken, hiç bir değişim (geçiş) olmayan arazi sınıflarına ait piksellerden örnek seçilerek eğitim sürecinde kullanılır. Bunun nedeni, bir arazi kullanım sınıfından, diğer arazi kullanım sınıfına dönüşecek alanlar, mevcut durumda ikinci arazi kullanım sınıfında olamayacağından, geçiş potansiyeli hesaplanırken, her bir arazi kullanım sınıfı için elde edilen mesafe görüntüleri değişken olarak kullanılmıştır. Şekil 6 da Longoz sınıfının mesafe görüntüsü örnek olarak sunulmuştur. MLP sinir ağıları kullanılarak, her bir geçiş için özel ağırlıklar hesaplanmıştır. Her bir geçiş için farklı doğruluk oranları sözkonusu olmasına rağmen, bu oran hiçbir geçiş için %96'nın altında kalmamıştır. Doğruluk oranları, kategori başına eğitilen ve test edilen pikseller için örnekleme özelliklerine bağlı olarak oldukça yüksektir (Bozkaya, 2013; IDRISI Selva Help System). Çalışma alanı için 24 adet geçiş potansiyeli haritası üretilmiştir. Bu haritalar, her duruma ilişkin olarak modellenen, her bir geçişin sahip olduğu potansiyelleri göstermektedir (Eastman, 2009b). Buradaki yüksek değerler, arazi kullanımı/örtüsü tipi için yüksek üyelik derecesini göstermektedir. Değişimin modellenmesinde tahmin prosedürü, çok amaçlı dağılım algoritmasını temel almaktadır. Dolayısıyla, her ana sınıf için ve bu ana sınıfa geçebilecek diğer sınıfların listesi oluşturularak, tüm geçişlere bakılmaktadır. Her bir ana sınıf için geçişler belirlenerek bütün sınıflara ait veriler üst üste

getirilerek tahmin görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 7). Tablo 4’de MLP_Markov modeli ile elde edilen 2030 yılı arazi kullanımı/örtüsü tahminine göre; su alanları 121 ha, orman alanı 16993 ha, longoz ormanı 1481 ha, sazlık 365 ha, plantasyon alanları 1309 ha, tarım alanı/ açık alanlar 1371 ha, kumsal 204 ha, yerleşim 177 ha ve yol 717 ha büyüklüğünde olacağı sonucu elde edilmiştir.

Tablo 3 : 2030 yılı arazi kullanım tahminlerine göre arazi kullanım/örtüsü.

	2010	2030
Arazi Kullanımı (ha)	MLP Markov (ha)	MLP Markov (ha)
Su	141,41	120,78
Orman	16553,6	16993,1
LongozOrmanı	1589,31	1480,68
Sazlık	357,12	365,22
PlantasyonAlanı	1448,55	1309,32
Tarım/Açık Alan	1583,73	1371,33
Kumsal	212,67	203,55
Yerleşim	127,62	176,76
Yol	723,4	716,67
Toplam	22737,41	22737,41



Şekil 8: 2030 Yılı Arazi Kullanım Tahmin Görüntüsü

Bu sonuçlara göre; su alanlarının ST_Markov modeli tahmininde azalırken, diğer tahminlerde arttığı, orman alanlarının bütün

tahminlerde arttığı, longoz ormanlarının CA_Markov modeli tahmininde artarken diğer tahminlerde azaldığı, sazlık alanlarının MLP_Markov dışındaki diğer model tahminlerinde azaldığı görülmektedir (Bozkaya, A.G. ve diğ., 2015). Ayrıca, tarım/ açık alan ve plantasyon alanlarının ST_Markov modelinde çok fazla olmak üzere bütün modellerde azaldığı, kumsal alanlarında çok büyük bir değişiklik olmadığı, yerleşim alanlarının en büyük artış CA_Markov modelinde olmak üzere bütün tahminlerde arttığı ve yol alanlarının bütün tahminlere göre azaldığı görülmektedir.

Orman alanlarının diğer modellerde, olduğundan daha büyük miktarda olduğu belirlenmiştir.

Su, orman, sazlık ve kumsal alanları için en yakın tahmin MLP_Markov yöntemi ile elde edilirken, bu model ile yerleşim alanları için neredeyse tam doğrulukta bir sonuç sağlanmıştır. Piksel bazında elde edilen yüksek doğruluk oranına rağmen, mekânsal tahminde en yüksek isabeti sağlayan Stokastik Markov modeli ile gerçeğe en uzak tahminler elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

İğneada longoz (su basar) ormanları, yaprağını döken orman ekosistemleri, tatlı ve tuzlu su gölleri, bataklıklar ve alçak ve yüksek kıyı alanları, kıyı kumulları ile dünyada nadir görülen ve günümüze kadar bozulmadan ulaşabilen özel bir alandır. Bölgenin çevresinin günümüze kadar geçirdiği değişimlerin belirlenmesi, bu alan için geleceğe yönelik kararlar alınması açısından çok önemlidir. İğneada koruma alanının, 1984 yılından 2010 yılına kadar geçen sürede alanın arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişimi uydu görüntüleri ve uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmiştir. Değişim analizi çalışması sonucunda, 1984 yılından 2010 yılına kadar en büyük değişimin yerleşim alanlarında olduğu ve % 135 olan bu büyümenin, 1990' lı yıllardan itibaren, azalma eğilimindeki nüfusa rağmen olmasının dikkat çekici ve beklenmeyen bir durum olduğu söylenebilir. Ancak, alanın turizm potansiyeli ve yaz aylarında nüfusun artışı, özellikle

bölgede yazlık konutların yapılmasına neden olmuştur. Diğer bir değişim ise % 37 oranında negatif yönlü olan tarım alanları/açık alanlar için olmuş ve dönüşümün daha çok orman, longoz ormanı ve yerleşim alanlarına dönüştüğü tesbit edilmiştir. İncelenen dönemde, plantasyon alanlarının da orman alanlarına dönüştüğü gözlenmiştir.

ST_Markov modeli, sadece geçmiş yıllarda arazi örtüsünde meydana gelen değişimlere göre hesaplanan olasılıkları kullanması nedeniyle kısıtlı bir yöntem olmasına rağmen bu alan için yüksek doğrulukta arazi kullanımı tahmini elde edilmesini sağlamıştır. CA_Markov ve MLP_Markov modellerinde ise, arazi kullanım tahminleri, arazi kullanımına etki eden faktörler göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Dolayısıyla, ST_Markov modeli ile kıyaslandığında, diğer iki modelin çok değişkenli ve değişimin dinamik olduğu kentsel ve kırsal alanlarda kullanıldığında daha verimli sonuçlar elde edileceği öngörülmüştür. Bu nedenle, alansal büyüklükler bakımından yapılan değerlendirmede en yüksek doğruluklu tahminin MLP_Markov modeli ile elde edildiği gözlemlendiği için 2030 yılı tahmini için bu model kullanılmıştır. Ayrıca, MLP_Markov modelinde, arazi kullanım tahminlerinin, arazi kullanımına etki eden faktörler göz önünde bulundurularak yapılması nedeniyle dinamik bir yapıya sahip olduğu görünen İğneada için anlamlı sonuçlar elde edildiği öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Şehir Bölge Plancısı A. Gonca Bozkaya Karip'in Doç. Dr. Çiğdem Göksel yürütücülüğünde İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü-Geomatik Mühendisliği Programında gerçekleştirilen yüksek lisans tezinden hazırlanmış bir makaledir. Ayrıca, Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen "Building Capacity For A Black Sea Basin Observation And Assessment System Supporting Sustainable Development" projesi ve Prof. Dr. Hayriye Eşbağ yürütücülüğünde tamamlanan "İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi" isimli 110Y015 nolu TUBİTAK projesi

uygulamaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Her iki proje ekibinin katkı ve destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Ahmed, B. Ve Ahmed, R. (2012). Modeling urban land cover growth Dynamics using multi-temporal satellite images: A case study of Dhaka, Bangladesh. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 1, 3-31
- Beek, K. J. (1978). *Land Evaluation for Agricultural Development: Some Explorations of Land-use Systems Analysis with Particular Reference to Latin America*. The Netherlands: ILRI Publication.
- Bektaş Balçık F., **Bozkaya A. G.**, Göksel Ç., Doğru A. Ö., Uluğtekin N.N. ve Sözen S., "İğneada Arazi Örtüsü ve Kullanımı Değişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi". HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 106- 3, Yıl: 2011, Sf: 70-74.
- Bozkaya, A.G. (2013). "İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve CBS ile Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi", 2012, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı. Gonca Bozkaya, Yüksek Lisans Tezi.
- Bozkaya, A.G., Bektas Balçık, F., Goksel, C., Dogru, A.O., Uluğtekin, N.N., & Sozen, S. (2014). Satellite-Based Multitemporal Change Detection in Igneada Flooded Forests. *Romanian Journal of Geography*, 2, 58,161-168.
- Bozkaya, A.G., Bektas Balçık, F., Goksel, C., Esbah, H. (2015). Forecasting Land-Cover Growth Using Remotely Sensed Data: A Case Study of the Igneada Protection Area in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 59, No. 187, 02/2015

- Brooks, S. (1998). A Markov Chain Monte Carlo method and its application. *The Statistician*. 47, 69-100.
- Carmona, A. ve Nahuelhual, L. (2012). Combining land transitions and trajectories assessing forest cover change. *Applied Geography*. 32(2012), 914-915.
- Coppin, P., Lambin, E., Inge, J. ve Muys, B. (2002). Proceedings of the First International Workshop on Analysis of multi-temporal remote sensing images. Vol.2, University of Trento, Italy. 13-14 September 2001. eds. L. Baizzone ve P. Smits, World Scientific, N.J.
- Dent, D. L. ve Young, A. (1981). *Soil Survey and Land Evaluation*. (3. Baskı). London: George Allen & Unwin.
- Eastman, J. R. (2009a). *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing* (Manual Version 16.02). USA: Clark University.
- Eastman, J. R. (2009b). *IDRISI Taiga Tutorial* (Manual Version 16.02). USA: Clark University.
- Envirogrids, 2012. Assessment of the wind and solar energy potential, and improved policy for their promotion, Public Deliverable of enviroGRIDS Project. document available at: http://www.envirogrids.net/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=13&view=view_wcategory&catid=14 (last accessed on 20.08.14).
- Eşbağ, H. 2013 "İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi" TÜBİTAK proje no:110Y015
- Green, K., Kempka, D. ve Lackey, L. (1994). Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 60(3), 331-337.
- Göksel, Ç. (1998). Monitoring of a water basin area in İstanbul using remote sensing data. *Water Science and Technology*. 38(11), 209-216.
- Guan, Q., Wang, L. Ve Clarke, K. C. (2005). An artificial-neural-network-based, constrained CA model for simulating urban growth. *Cartography and Geographic Information Science*. 32(4), 369-380.
- IDRISI, Selva Help System (2012). Version 17.00. USA: Clark University.
- Leh, M., Bajwa, S., Chaubey, I. (2011). Impact of land use change on erosion risk: an integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. - Land Degradation & Development- Wiley Online Library
- Rindfuss, R. R., Walsh, S. J, Turner II, B. L., Fox, J. ve Mishra, V. (2004). Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*. 101(39), 13976-13981.
- Rogan, J., Miller, J., Stow, D., Franklin, J., Levien, L. ve Fischer, C. (2003). Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 69(7), 793-804.
- Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*. 10(6), 989-1003.
- Weisstein, E. W. (2012). "Markov Chain." From MathWorld-A Wolfram WebSource. <http://mathworld.wolfram.com/MarkovChain.html>.

Farklı Veri Toplama Yöntemleriyle Yapılan Hacim Hesaplamalarının Karşılaştırılması

Muammer SEKİ^{1*}, İbrahim TİRYAKİOĞLU², Murat UYSAL³

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar (muammer91@hotmail.com) ORCID 0000-0001-8681-7756

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar (itiryakioglu@aku.edu.tr) ORCID 0000-0002-4954-7109

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar (muysal@aku.edu.tr) ORCID 0000-0001-5202-4387

Öz

Günümüzde Harita Mühendisliğinin İnşaat ve Madencilik sektöründeki en önemli iş kollarından birisi de hacim hesabıdır. Hacim hesapları yersel ve fotogrametrik ölçüm yöntemleri kullanarak hesaplanabilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte fotogrametrik yöntemler de hacim hesaplarında sıkça kullanılmaya başlamıştır. Çalışmada İnsansız Hava Araçlarının günümüzde kullanım alanlarının artması göz önünde bulundurularak hacim hesaplamalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca yersel ölçümlerin farklı değerlendirme programları kullanılarak aynı kotlara sahip ölçülerin yazılımlar arası ne kadar değiştiğinin değerlendirilmesi de yapılmıştır. Eskişehir İli Seyitgazi ilçesinde seçilen alan Yaklaşık 18800 m² 'dir. Bu alanda 1 ayda yaklaşık 10.000 m³ dolgu yapılmaktadır. Mayıs 2016 ve Kasım 2016 tarihlerinde yapılan yersel ölçümlere paralel olarak İnsansız hava aracı kullanılarak fotogrametrik yöntemle ölçümler de gerçekleştirilmiştir. Yersel ölçümler GPS ile yapılmıştır. İki farklı yöntemle toplanan veriler değerlendirilerek Mayıs ve Kasım ayları aralarındaki hacim farkları hesaplanmıştır. Yapılan yüzey karşılaştırmaları sonucunda fotogrametrik ölçümler ile yersel ölçümlerin arasında tutarlı sonuçlar olduğu görülmüştür. Yaklaşık 6 aylık sonuçlar incelendiğinde belirlenen alanda yersel ölçümlerde 60477.74 m³ dolgu olduğu, fotogrametrik ölçüm sonuçları incelendiğinde 61004.13 m³ dolgu sonucuna ulaşılmıştır. Yersel ve fotogrametrik ölçümler arasında 526.39 m³ fark çıkmıştır. Bu sonucun yersel ve fotogrametrik ölçülerin farklı günlerde yapılması ve fotogrametrik ölçümlerde arazi yüzeyinin daha detaylı temsil edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir .

Anahtar Kelimeler: Hacim, gps, insansız hava aracı (iha)

Comparison of Volumes Done With Different Data Collection Methods

Abstract

Today, Geomatics Engineering is one of the most important business lines in the construction and mining sector account for the volume. Volume calculations can be calculated using local and photogrammetric measurement methods. With the development of technology, photogrammetric methods have also been used frequently in volume calculations. In the study, the availability of unmanned aerial vehicles in volume calculations has been investigated taking into consideration the increase in the area of use today. In addition, it was also assessed how much the measurements of the geodetic measurements differed between software with the same levels using different valuation programs. Eskişehir The area selected in Illi Seyitgazi is about 18800

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi: 21.06.2017

Kabul Tarihi: 29.07.2017

Geomatik Dergisi

Journal of Geomatics

m². Approximately 10,000 m³ of filling is done in this area in 1 month. In parallel with the local measurements made in May 2016 and November 2016, photogrammetric measurements were also carried out using unmanned aerial vehicles. Geodetic measurements were made with GPS. The data collected by two different methods were evaluated and the volume differences between May and November were calculated. As a result of the surface comparisons made, it is seen that there are consistent results between the photogrammetric measurements and the local measurements. When the results of about 6 months were examined, it was found that 60477.74 m³ filler was determined in the field measurements and 61004.13 m³ filler result when the photogrammetric measurement results were examined. The difference between the geodetic and photogrammetric measurements was 526.39 m³. This is thought to be due to the fact that the geodetic measurements and photogrammetric measurements are made on different days and that the terrain surface is represented in more detail in photogrammetric measurements.

Keywords: Volumes, gps, unmanned aerial vehicle (uav)

1. GİRİŞ

Mühendislik çalışmalarında hacim hesaplamaları önemli bir yer tutmaktadır. Kazı miktarı, dolgu miktarı başta olmak üzere hacim verilerinden birçok bilgi elde edilebilmekte olup hesaplamalarında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Çalışmamızda hacim hesabı uygulamalarında GPS ile yapılan yersel ölçümler ile İHA ile yapılan fotogrametrik ölçümler kıyaslanacaktır.

Farklı mühendislik problemlerinin çözümünde fotogrametrik tekniklerin kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Farklı özelliklere sahip doğal ve yapay yapıların fotogrametrik amaçlarla fotoğraflarının elde edilmesinde insansız hava araçları önemli katkılar sağlamıştır (Uysal vd., 2013a, 2013b, 2015c). 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 (Eisenbeiss, H., 2009; Changchun, L., 2010).

İnsansız Hava Araçları , günümüzde birçok farklı sektör tarafından aktif şekilde kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda popülerlik kazanmayı başaran İHA'lar; reklamcılıktan kargo taşımacılığına kadar farklı bir çok alanda kullanılmaktadır. Her ne kadar son yıllarda tanınmaya başlansa da İnsansız Hava Araçlarının geçmişi 20.YY'ın başlarına dayanmaktadır. (Url-1).

Günümüz gelişen teknolojisi ile otonom insansız hava araçları savunma sanayi başta

olmak üzere birçok alanda yüksek bir ivme ile artan popülerliğe sahiptir. İnsansız hava araçları pazarında en büyük pay şüphesiz savunma sanayi çalışmalarınıdır (Özbek, 2010).

Öncelikle savunma sanayiinde gözlem aracı olarak kullanılan İHA'lar, 20.YY'da ulaşımın zor olduğu bölgelerde analizler yapmak amacıyla tercih edilmişti. Askeri alanda kullanılmasıyla birlikte, büyük bir kitlenin dikkatini çeken İHA'lar; artık bireysel kullanımın dışında ticari amaçlı olarak da aktif şekilde tercih ediliyor.(Url-1) Ayrıca tarımsal çalışmalar, inşaat ve kültürel uygulamalar gibi çok çeşitli alanlara da yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (Yakar, vd. 2015).

Gelişen teknoloji ile birlikte İnsansız hava araçları birçok sektörde olduğu gibi harita sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır. Topografik alanlarda, İnşaat sahalarında, Kübaj Hesaplamaları gibi haritacılık faaliyetlerinde kullanılabilir. Yapmış olduğumuz çalışmada kübaj hesaplamalarında İHA kullanımı ve hassasiyeti üzerinde çalışılmıştır (Url-2,3).

Koroğlu (2006) da bir arazi üzerindeki değişik veri gurubu ile farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak yüzey modellemesi yapılmış, bu modellerin sağladığı çözüm süreleri belirlenmiştir. Elde edilen bulguların karşılaştırması yapılmış ve en uygun enterpolasyon stratejisi önerilen bir çalışma yapılmıştır.

Toprak (2014) de fotogrametrik teknikler ile İHA'ların mühendislik projelerinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmada

mühendislik projelerinin daha kısa zamanda, düşük maliyetler ile daha hassas üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, Afyonkarahisar İli Merkezinde fotogrametrik teknikler kullanılarak, İHA ile elde edilen görüntülerden hâlihazır harita üretilmiş, hacim hesabı yapılmıştır. Yine bu çalışmada kültürel mirasların dökümantasyonu için Konya İli Beyşehir İlçesinde ve arkeolojik dökümantasyon için ise Mersin İli Silifke İlçesinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma ile İHA'ların fotogrametrik teknikler ile farklı mühendislik projelerinin yapılabilirliği gösterilmiştir.

Doğruluk (2013) de Sayısal Arazi Modeli belirlenen bir karayolu projesi için oluşturulmuştur. Farklı enterpolasyon yöntemleri (9 adet) kullanılarak sıklaştırılan yüzeyler ile proje kotlarını ifade eden yüzey arasındaki hacim hesabı yapılmıştır. Elde edilen sonuçları ile 9 farklı enterpolasyon algoritmalarının yüzeylerinin araziye temsil etme yeteneğini etkilediği görüldüğü bir çalışma yapılmıştır.

2. YÖNTEM

Yapmış olduğumuz çalışma Mayıs 2016 yılı ve Kasım 2016 yılları arasında yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nün Eskişehir İli Seyitgazi ilçesi Kırka beldesinde bulunan Kırka Bor İşletme Müdürlüğü'nün kil sahası tercih edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı

2.1. Kullanılan Ekipmanlar

Hacim Hesaplamalarında yersel ölçülerle karşılaştırma yapabilmek için yersel ölçümlerde Spectra SP-80 marka GPS ler kullanılmıştır. İnsansız hava aracı olarak ise DJI Phantom 3 Pro kullanılarak ölçümler yapılmıştır.(Şekil-2) DJI Phantom 3 Pronun üzerinde gelen 12 megapiksel ve 4K çözünürlüğe sahip kamera ölçümlerde kullanılmıştır



Şekil 2. DJI Phantom 3 (Url-4)

Yersel ölçümler GPS'ler yardımıyla yapılarak Nectad ve Eghas programlarında (üçgenleme yapılarak) değerlendirilmesi yapılmış ve hacim sonuçlarına ulaşılmıştır. İnsansız hava aracı ölçümleri için ise öncelikle uçuş planı belirlenmiş, yer kontrol noktaları arazi üzerinde işaretlenmiş DJI Phantom 3 Pro kullanarak ölçümler yapılmıştır. Fotoğraf birleştirmesi ve değerlendirilmesi için Pix4d programı kullanılmış olup hacim hesaplamaları için ise Nectad ve Eghas programları (üçgenleme yapılarak) kullanılmıştır.

Ölçüm Alanı ve Ölçüm Tarihleri

Ölçüm yaklaşık 18.800 m² lik alanda Tablo 1 de belirtilen günlerde yapılmıştır.

Tablo 1. Ölçüm Günleri

	Yersel	Fotogrametrik
Mayıs	30.04.2016	02.05.2016
Kasım	30.10.2016	01.11.2016

3. BULGULAR

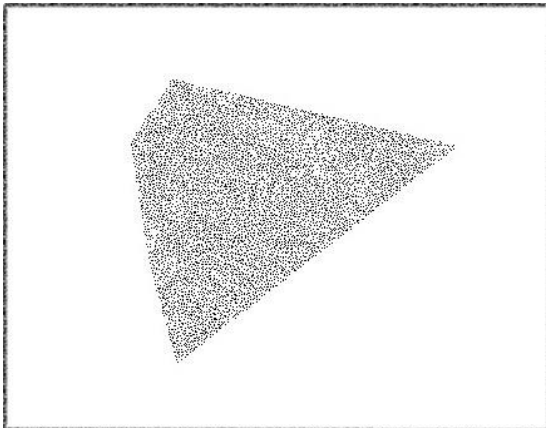
3.1. Fotogrametrik Yöntem İle Hacim Hesabı

Fotogrametrik Ölçümler belirtilen alanda Tablo 1 de ki tarihlerde yapılmıştır. Uçuş metresi olarak 100 m yükseklik seçilmiş Mayıs 2016 uçuşunda 100 m ' de 96 adet fotoğraf çekilmiştir. Kasım 2016 yılında ise yine 100 m uçuşta 204 adet fotoğraf çekilmiştir. Mayıs uçuşunda 5, Kasım uçuşunda 6 adet yer kontrol noktası işaretlenmiş ve Pix4d programında işlenmiştir.

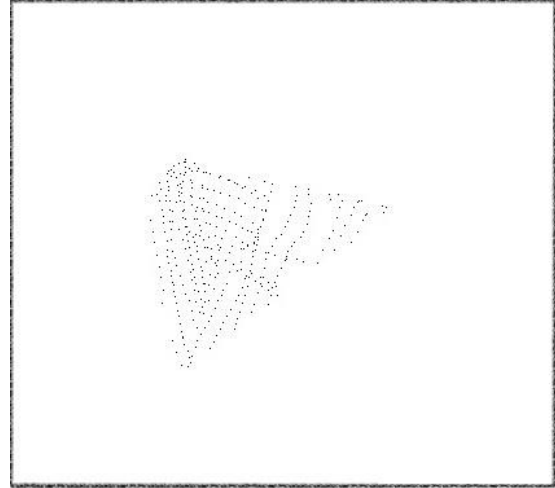
GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1 (3D)	0.020/ 0.020	0.010	0.008	-0.029	0.712	6 / 6
2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.007	0.000	0.067	1.174	6 / 6
3 (3D)	0.020/ 0.020	-0.012	0.041	-0.024	1.799	7 / 7
5 (3D)	0.020/ 0.020	0.064	0.026	-0.048	1.210	6 / 6
7 (3D)	0.020/ 0.020	-0.045	-0.066	0.056	0.701	7 / 7
Mean [m]		0.001793	0.001826	0.004471		
Sigma [m]		0.035746	0.036726	0.047605		
RMS Error [m]		0.035791	0.036772	0.047814		

Şekil 3. Mayıs Uçuşu Pix4d Rapor Çıktısı

Fotogrametrik Ölçüm sonrasında elde edilen veriler Pix4d programında fotoğraflar birleştirilerek bir ortofoto elde edilmiş daha sonra yer kontrol noktaları işaretlenerek nokta bulutu haline dönüştürülmüştür.



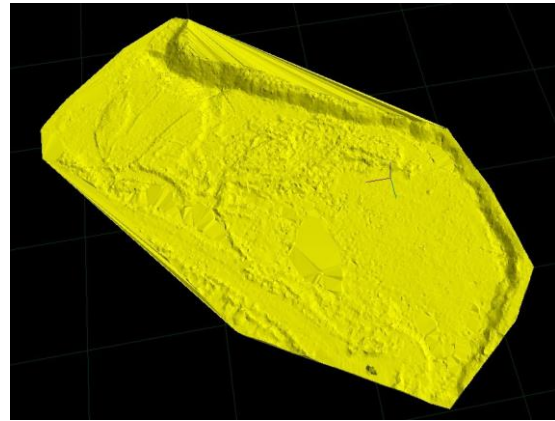
Şekil-4 Fotogrametrik Ölçüm Nokta Bulutu



Şekil 5. Yersel Ölçüm Nokta Bulutu

Elde edilen nokta bulutları Netcad ve Eghas programının açabileceği dxf formatına dönüştürülüp açılmıştır. Toplamda oluşan iki nokta bulutu iki farklı programda değerlendirilerek yapılarak hacim değişimlerine ulaşılmıştır.

Oluşan nokta bulutları Netcad programında incelendiğinde 61335.148 m³ dolgu 408.29 m³ yarma çıkarken aynı nokta bulutu Eghas programında 61004.13 m³ dolgu 507.04 m³ yarma Microstation programında yüzeysel incelendiğinde ise 61339.6 m³ dolgu 539.9 m³ yarma sonucuna ulaşılmıştır.



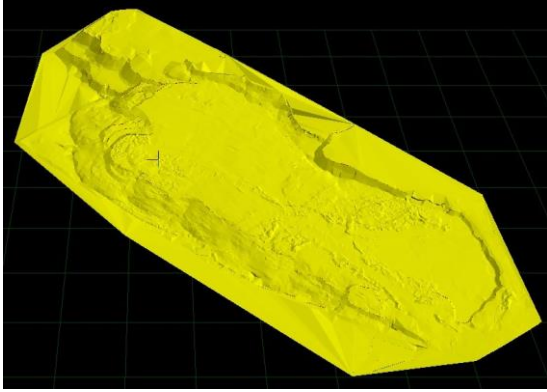
Şekil 6. Fotogrametrik Ölçüm 3B Görüntü

Fotogrametrik Ölçüm verilerinin değerlendirilmesinden çıkarılan sonuç farklı programların aynı verilerden farklı sonuç çıkarabileceği anlaşılmıştır

3.2. Yersel Ölçümler İle Hacim Hesabı

Yersel ölçümler tabloda belirtildiği üzere Fotogrametrik Ölçümden bir kaç gün önce işletme personeli tarafından Spectra Sp-80 marka cihaz ile RTK yöntemiyle yapılmıştır.

Yersel ölçümler aynı Fotogrametrik Ölçümlerde olduğu gibi Netcad ve Eghas programlarında değerlendirilmiş olup Netcad programında 59650.892 m³ dolgu 18.753 m³ yarma, Eghas programında 60477.74 m³ dolgu 104.78 m³ yarma sonucuna ulaşılmıştır. Fotogrametrik Ölçüm verilerinde olduğu gibi yersel verilerde de programların algoritmalarından kaynaklı farklılıklar oluşmuştur.



Şekil 7. Yersel Ölçüm 3B Görüntü

3.3. Yersel Veriler ve Fotogrametrik Ölçüm Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmaların sonucunda yersel veriler ve Fotogrametrik Ölçüm verileri değerlendirilip 6 aylık süreçte arazi üzerinde ne kadarlık bir hacim farklılığı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2. Eghas Hacim Değerleri

	Yersel	Fotogrametrik
Dolgu	60477.74	61004.13
Yarma	104.78	507.04

Tablo 3. Hacim Farklılıkları

	Fark
Dolgu	526.39 m ³
Yarma	402.26 m ³

Elde edilen sonuçlar üçgenleme yöntemi kullanılarak Eghas programında incelendiğinde Tablo-2 de ki sonuçlara ulaşılmıştır. Fotogrametrik Ölçüm ve yersel ölçüm arasındaki gün farkı da hesaplanarak yaklaşık olarak 191 m³ dolgu farkı 401 m³ ise yarma farkı oluşmuştur.

İnsansız hava araçlarının yersel ölçümlere göre araziye daha iyi temsil ettiği de hesaba katılırsa çıkan sonuçlar yersel ölçümlerle tutarlı olmuştur.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İnsansız hava araçları günümüzde askeri ve sivil bir çok alanda kullanılmaya başlanmış ve bir çok alanda hem görsellik anlamında hemde bir çok iş gücünü kolaylaştırma anlamında başarılı olmuştur.

Etimaden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne ait olan kil sahasında yapılan yersel ölçümler birden fazla kişi ile insan gücü kullanılarak çamurlu, tozlu arazi koşullarında saatlerce sürerken İHA kullanarak bir personel çok kısa sürede fotogrametrik ölçümler tamamlanmış, veri işleme ve değerlendirme kısmı da yapılarak sonuca ulaşılmıştır.

Sonuç olarak hem daha az maliyetli, hem de daha az iş gücü olan insansız hava araçları kullanarak yapılan hacim hesabında zamandan çok büyük bir tasarruf sağlanmış, zorlu arazi koşullarında bile çok daha kolay ölçüm yapılması sağlanmış, arazi yüzeyi daha iyi temsil edilmiş ve değerlendirme sonuçlarında yersel ölçümlerle tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

NOT:

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesinde 27-29 Nisan 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen TUFUAB IX. Teknik Sempozyumunda sunulan çalışmanın genişletilmiş ve yeniden hakemlik sürecinden geçirilerek Kabul edilmiş halidir.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın yapımında sağladığı desteklerden dolayı Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü ve Kırka Bor İşletme Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz. Bu çalışma AKÜ BAP tarafından 16.FEN.BİL.24 nolu proje ile desteklenmektedir.

Url-2:<http://www.deltalidar.com/Drone-Ile-Haritalama.aspx>
Url-3:<https://www.kentharita.com/drone-kullanim-alanlari-nelerdir/drone-kullanim-alanlari/>
Url-4:<http://store.dji.com/product/phantom-3-professional/>

KAYNAKÇA

Eisenbeiss, H., 2009. UAV Photogrammetry, *ETH Zurich for the degree of Doctor of Science*, ISSN 0252-9335 . ISBN: 978-3-906467-86-3.

Özbek,2010 “İnsansız Hava Araçlarında Farklı Kontrol Tekniklerinin Performans Karşılaştırması” Yüksek Lisans Tezi

Uysal M., Toprak A.S., Polat N., 2013a, Afyon Gedik Ahmet Paşa (İmaret) Camisinin Fotogrametrik Yöntemle Üç Boyutlu Modellenmesi, TUFUAB 2013, Trabzon.

Uysal M., Toprak A.S., Polat N., 2013b, Photo Realistic 3D Modeling with UAV: Gedik Ahmet Pasha Mosque in Afyonkarahisar, CIPA 2013 Symposium, 3-6 September 2013,659-662

Uysal M., Toprak A.S., Polat N. İnsansız Hava Araçları İle Sayısal Arazi Modeli Üretimi, TUFUAB 2015

Yakar M., Toprak A.S., Ulvi A., Uysal M. Konya Beyşehir Bezariye Hanının (bedesten) İha ile Fotogrametrik Teknik Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi

Köroğlu, S. (2006). Farklı enterpolasyon yöntemlerinin hacim hesabına etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.

Doğruluk, M. (2013). Sayısal arazi modellerinin karayolu projelerindeki hacim hesaplamalarına etkisi, Yüksek Lisans Tezi.

Toprak, A.S. (2014). Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.

Url-1:www.gzt.com/teknoloji/drone-nedir-ve-hangi-alanlarda-kullanilir-2576541