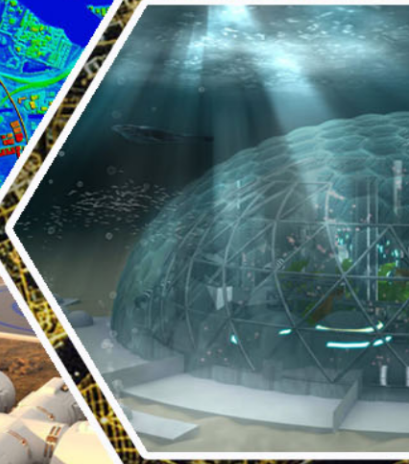
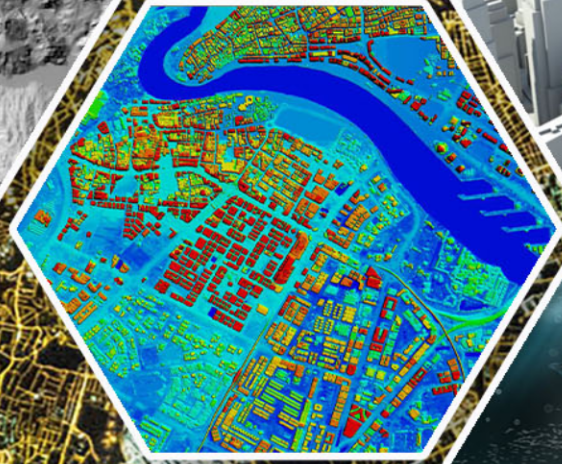
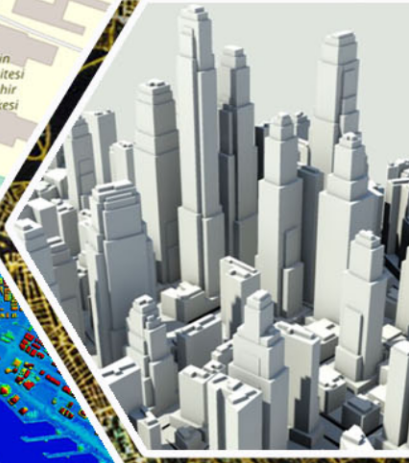
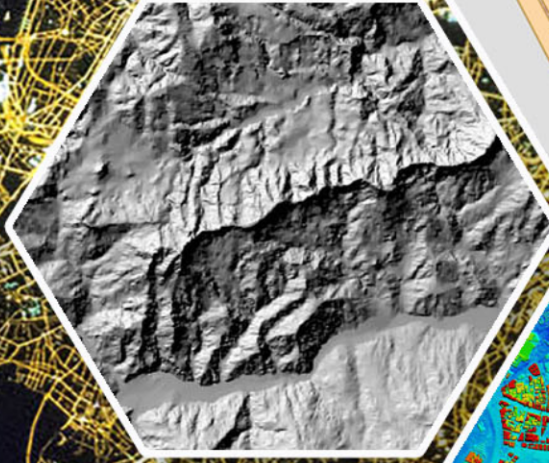


# TÜRKİYE Coğrafi bilgi sistemleri dergisi



CİLT: 1 • SAYI: 1  
e-ISSN: 2687-5179





Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



# TÜRKİYE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DERGİSİ

**CİLT 1, SAYI 1**

**ISSN: 2687-5179**

**ARALIK, 2019**



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



## DERGİ HAKKINDA

**Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi** bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri alanında yeni gelişmelerle ilgili yapılan çalışmalarını yayınlayan bir dergidir.

## AMAÇ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) mekânsal verinin ve mekânsal bilginin kayıt altına alınması, işlenmesi, analizi, yönetilmesi ve sunumu için geliştirilen bir sistemdir. Günümüzde CBS tarım, arkeoloji, kutup çalışmaları, havacılık, ulaşım, iklim değişikliği, suç, savunma, afet, ekoloji, eğitim, çevre, orman, jeoloji uygulamalarını da kapsayacak şekilde 1000'den fazla alanda etkin olarak kullanılmaktadır. Modern dünyada pek çok disiplinin parçası haline gelmiş olan CBS ülkemizde de gerek özel gerekse kamu kurumları tarafından yaygın kullanım alanına sahiptir. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi yükselen bir trend olan CBS'nin teknolojiadaki gelişmeleri dikkate alarak gerek akademik gerekse özel sektör arasındaki bilgi paylaşımlarını desteklemeyi, ayrıca genç araştırmacılara da çalışmalarını sunabilecekleri bir platform oluşturmayı amaçlamaktadır.

## KAPSAM

Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisinin kapsamı;

- Sorgulama İşlemleri, Optimizasyon
- Kartografya ve Jeodezi
- 3 Boyutlu Modelleme, Simülasyon
- Mekânsal Bilgi
- Veri Paylaşımı, Güvenlik
- Standartlar, İnteroperabilite
- Konumsal Veri Altyapısı
- Topoloji
- Mekânsal Verilerin Saklanması, İndekslenmesi
- Karar Destek Sistemleri
- Web Uygulamaları
- Mobil Servisler
- Mekânsal Veri Tabanı Yönetim Sistemleri
- Mekânsal Veri Kalitesi
- Büyük Veri (Big Data)
- Mekânsal Analiz
- Mekânsal Bilgi Yönetimi
- Ekolojik ve Çevresel Uygulamalar
- Şehir ve Bölge Planlama Uygulamaları
- Tarım ve Toprak Uygulamaları
- Kent Bilgi Sistemleri
- Enerji Bilgi Sistemleri
- Kıyı Yönetimi
- Doğal Kaynakların Yönetimi
- Endüstriyel Uygulamalar
- Afet Yönetimi
- İklim Çalışmaları
- Lojistik Uygulamaları
- Mekânsal Veri Madenciliği
- Kadastro Uygulamaları ...



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



## POLİTİKA

---

Coğrafi Bilgi Sistemlerine ait kuramsal ve uygulamalı araştırma, tarama-inceleme-derleme, bildiri, vaka çalışması, kısa rapor ve editöre mektup niteliklerinden birine uygun eserler hakem değerlendirmesinden yayınlanabilir olduğuna dair karar verildikten sonra yayımlanır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi'nde **KÖR HAKEMLİK** uygulaması mevcuttur.

Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Danışma ve Editör Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayınlanmasın iade edilmez.

Dergimizde yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik vb.) yazarlara aittir. Yayınlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe olarak kabul edilmekte ancak özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

---

<b>PERİYOT</b>	Yılda 2 sayı (Haziran-Aralık)
<b>E-ISSN</b>	2687-5179
<b>WEB</b>	<a href="https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis">https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis</a>
<b>İLETİŞİM</b>	<a href="mailto:lutfiyekusak@mersin.edu.tr">lutfiyekusak@mersin.edu.tr</a>

---





Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



## EDİTÖR KURULU

### BAŞ EDİTÖR

---

**Prof. Dr. Murat YAKAR**

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

### EDİTÖR

---

**Dr. Öğr. Üyesi. Lutfiye KUŞAK**

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

### EDİTÖR YARDIMCISI

---

**Doç. Dr. Ümit IŞIKDAĞ**

Mimar Sinan Üniversitesi, Enformatik Bölümü, 34 360, Şişli/İstanbul

**Dr. Öğr. Üyesi Fatma BÜNYAN ÜNEL**

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

### DANIŞMA KURULU

---

**Murat YAKAR, Mersin Üniversitesi**

**Hacı Murat YILMAZ, Aksaray Üniversitesi**

**İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Tahsin YOMRALIOĞLU, Beykent Üniversitesi**

**Ömer MUTLUOĞLU, Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Konya**

### EDİTÖR KURULU

---

**İsmail Ercüment Ayazlı, Cumhuriyet Üniversitesi**

**Burak BEYHAN, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi**

**Mehmet ALKAN, Yıldız Teknik Üniversitesi**

**Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ, İstanbul Aydın Üniversitesi**



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



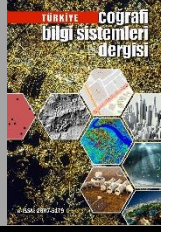
## İÇİNDEKİLER

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ

---

- Coğrafi Bilgi Sisteminden Yararlanarak Mersin Üniversitesi'nin Fiber Optik Ağ Altyapısının Oluşturulması** (Using The Geographic Information System Mersin University's Fiber Optic Network Construction of Infrastructure)..... **1-4**  
*Fırat SÖNMEZ, Erdiç AVAROĞLU*
- OpenStreetMap Binalarının Mekânsal Doğruluğunun Analizi** (Spatial Accuracy Analysis of Buildings in OpenStreetMap)..... **5-13**  
*Kadir Can KÜÇÜK, Berk ANBAROĞLU*
- Eğik Fotoğraflar ile 3 Boyutlu Kent Modeli Üretimi ve Kullanım Alanları** (3D City Models Production with Oblique Photographs and Usage Areas)..... **14-26**  
*Enes HALICI, Cevdet Coşkun AYDIN*
- Türkiye Topoğrafik Vektör Veritabanı'nın (TOPOVT) Farklı Ölçek ve Alanlardaki Kullanımı İçin Veri Modeli Değişikliği Yaklaşımının Belirlenmesi: Karayolu Şeması Örneği** (Turkey Topographic Vector Database's (TOPOVT) Determination of Data Model Change Approach for Using in Different Scales and Areas: Road Data Example)..... **27-39**  
*Bekir YÜKSEL, Mustafa CANIBERK, Altan YILMAZ*
- Altyapı Bilgi Sistemleri Tasarımı Ve Uygulaması** (Design and Applications of Infrastructure Information Systems)..... **40-46**  
*Mehmet ALKAN, Özkan FİLİZ*





## Araştırma Makalesi

### Coğrafi Bilgi Sisteminden Yararlanarak Mersin Üniversitesi'nin Fiber Optik Ağ Altyapısının Oluşturulması

Fırat SÖNMEZ \*1, Erdiç AVAROĞLU 2

<sup>1</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

#### ÖZ

**Anahtar Kelimeler:**  
Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)  
Altyapı Bilgi Sistemi  
Mersin Üniversitesi

Altyapı bilgilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında tutulması, verilerin güvenilir, sistemli ve güncel olmasının yanında planlama ve uygulama aşamalarında doğru karar ve sonuç elde etmeyi sağlar. Bu sistemler sayesinde zor ve maliyetli olan altyapı bilgilerine sağlıklı bir şekilde erişimi sağlanmış olmaktadır. Bu amaçla çalışmada, Mersin Üniversitesi fiber optik ağ altyapı bilgi sistemi oluşturulmuştur. Sistem sayesinde, fiber optik ağ altyapı şebekelerinin standart ve sistematik bir yapı ile tutulmasının sağlanması, web uygulamasıyla da gerekli sorgulamalar ve analizlerle, verilerin güncel bir yapıda olmasına imkân sağlamaktadır.

### Using The Geographic Information System Mersin University's Fiber Optic Network Construction of Infrastructure

#### ABSTRACT

**Keywords:**  
Geographic Information System (GIS)  
Infrastructure Information System  
Mersin University

Keeping the infrastructure information in Geographic Information Systems (GIS) environment ensures reliable, systematic and up-to-date data, as well as accurate decision making and results in planning and operation phases. Thanks to these systems, access to infrastructure information that is difficult and costly is ensured in a healthy way. For this purpose, Mersin University fiber optic network infrastructure information system has been established. Thanks to the system, it is ensured that fiber optic network infrastructure networks are kept with a standard and systematic structure and the data is kept up-to-date with the necessary queries and analyzes with the web application.

#### \*Sorumlu Yazar

\*frtsonmez@gmail.com ORCID ID 0000-0002-8828-8998  
(eavaroglu@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1976-2526 xxx

## 1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri; yerin yüzeyine ve altına ait verilerin toplanması, depolanması, güncel bir şekilde görüntülenmesi, ilgili veriler arasında ilişki modellemenin yapılması, sorgulanması ve analiz edilmesini doğru bir planlama şekli ile yapılmasını sağlayan bilgi sistemleridir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin en önemli kullanım alanlarından biri de altyapı bilgi sistemleridir. Altyapı bilgi sistemleri ile internet şebekeleri, doğalgaz şebekeleri, elektrik şebekeleri, su borusu şebekeleri ile ilgili birçok bilgiye erişilebilmekte ve bu bilgilerin sağlıklı ve hızlı bir şekilde sorgulayabilme, analizler yapabilme, ilişki modelleme yapabilme imkânı sağlamaktadır. Bu sayede harcamaların azalmasına, en doğru ve kısa zamanda altyapı sistemlerinin daha uygun yapılabilmesine imkân sağlamaktadır (Güneri, 2010).

Türkiye’de, altyapı(internet, su, doğalgaz, elektrik vb.) şebekeleri son yıllara kadar kâğıt, doküman vb. araçlarla yönetimi sağlanmaktaydı. Günümüzdeki nüfus artışıyla birlikte yerleşim yerlerinin çoğalması, kullanılan klasik yöntemlerin altyapı şebekeleri için yetersiz kaldığı ortaya çıkmaktadır. Altyapı şebekelerinin önemi düşünüldüğünde; ihtiyaçlara hızlı, sistematik ve yerinde kararlar alabilmek için Altyapı Bilgi Sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir.

Bu konu kapsamında birçok kurum ve kuruluş kendi altyapı bilgi sistemlerini oluşturmaya başlamışlardır. Bunlardan biri olan ODTÜ Kampüs Bilgi Sisteminin CBS ile Oluşturulması...(Ekin, 2011) projesidir. Bir diğer örneklerde İstanbul kenti için yapılmış olan İGDAŞ Altyapı Bilgi Sistemi ve İstanbul Su ve Kanalizasyon Dairesi Genel Müdürlüğü (İSKİ) Altyapı Bilgi Sistemi (İSKABİS) Projesi (Ekin, 2011) gösterilebilir. Altyapı bilgi sistemi projeleri tüm Türkiye’de hızlı bir şekilde yayılmaktadır.

Hızlı gelişen teknoloji göz önüne alındığında, özellikle üniversitelerin dünya ile iletişimi oldukça önemlidir. Günümüzde dünya ile iletişimi hızlı bir şekilde sağlayan internettir. İnternetin de en hızlı sağlayıcısı fiber optik ağlardır. Bundan dolayıdır ki fiber optik ağ şebekelerinin önemini arttırmaktadır. Mersin Üniversitesi’nin, dünyadaki ve Türkiye’deki konumu da göz önüne alındığında altyapısının; özellikle fiber optik ağ altyapısının klasik yöntemlerle yönetilmesi oldukça güçtür. Bu nedenle çalışmada, Mersin Üniversitesi fiber optik ağ altyapı bilgi sistemi oluşturulmuştur. Sistem sayesinde, fiber optik ağ altyapı şebekelerinin standart ve sistematik bir yapı ile tutulmasının sağlanması, web uygulamasıyla da gerekli sorgulamalar ve analizlerle, verilerin güncel bir yapıda olmasına imkân sağlanmıştır.

Çalışmanın 2. Bölümünde Mersin Üniversitesi fiber optik ağ altyapısı bilgi sisteminden bahsedilmiş olup yöntem hakkında açıklamalar yapılmıştır. 4. Bölümde elde edilen bulgular tartışılmıştır. Ve son bölümde sonuç verilmiştir.

## 2. YÖNTEM

Burda çeşitli mesafe hesaplama analizlerini kullanmayı planlamaktayız. Bunlardan biri Weighted distance analysis yani ağırlıklı mesafe analizidir. Bir noktadan diğer bir noktaya doğru çizgi çizmenin işe yaramadığı durumlar olmaktadır. Bazı durumlarda analiz sonucunda, birden çok mesafe sonucunu karşılaştırmak gerekebilir. Örneğin iki nokta arasında birçok alternatif yol olabilir. Bu alternatif yolları belirlemede, iki nokta arasındaki toprak çeşidi, yol üstünde bulunan engebeler vb. faktörler göz önünde bulundurularak en verimli güzergâhı belirleyebiliriz. En kısa güzergâh her zaman en verimli sonuca ulaştırmayabilir. Bu tip durumlarda yüksek verimi maliyet olarak kabul ettiğimiz Weighted distance analysis metodunu kullanabiliriz.

Bir diğer analiz Least-cost Path Analysis (En az maliyetli yol analizi); Reclassification (Yeniden Sınıflandırma) ve Cost (Maliyet) ile elde ettiğiniz toplam maliyet yüzeyiyle, maliyet ağırlıklı mesafe analizi yapabiliriz. En az maliyetli yolu belirlemede; zaman, mesafe veya kullanıcı tarafından tanımlanmış olan diğer ölçütleri baz olan yoldur. Least-cost path analizi bu tip ölçütleri kullanarak belirlenmiş olan iki konum arasındaki en az maliyetli yolun tespitine yardımcı olur. Bu analiz metodu kullanarak en ucuz şekilde bir fiber optik ağ şebekesini ne şekilde yapılabileceğini belirleyebiliriz. Başlangıç ve bitiş noktalarından oluşan herhangi bir kombinasyon least-cost path analizinin bir parçası olabilir, bir başlangıç noktasından birden çok hedef noktasına en az maliyetli yolu hesaplayabileceğimiz gibi birçok başlangıç noktadan da bir bitiş noktasına en az maliyetli yolu saptayabiliriz.

## 3. MERSİN ÜNİVERSİTESİ FİBER OPTİK AĞ ALTYAPI BİLGİ SİSTEMİ (MÜFOAABS)

Mersin Üniversitesi Fiber Optik Ağ Altyapı Bilgi Sistemi, kampüs yerleşkesindeki fiber optik ağ şebekesine ait her türlü verilerinin sistematik bir şekilde ve birbiri ile ilişkilendirilerek elektronik ortama aktarılmasıyla oluşur.

Mersin Üniversitesi’nin fiber optik ağ şebekesinin altyapı verileri, şu an kurumun belirlemiş olduğu saha çalışanları tarafından klasik yöntemlerle sağlanmaktadır. MÜFOAABS sistemi ile internet sağlayan fiber optik ağların kampüs içindeki mekânsal durumları (toprak türü, toprağın kaç metre altından geçeceği vs.) ile fiber optik kablolarının öznelik bilgileri (kablo türü, çapı, imalat tarihi vs.) CBS’nin harita aracı yardımıyla sisteme aktarılması sağlanmaktadır. Böylece Mersin Üniversitesi’nin fiber optik ağ altyapı sisteminin optimum biçimde kullanılabilmesi amaçlanmaktadır.

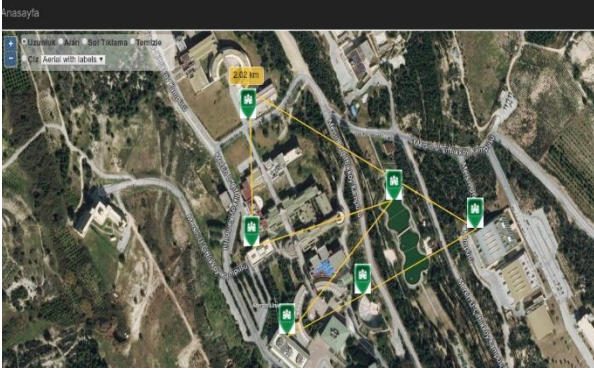


#### 4. MERSİN ÜNİVERSİTESİ FİBER OPTİK AĞ ALTYAPI BİLGİ SİSTEMİNİN İŞLEVİ VE FAYDALARI

##### 4.1. Sayısallaştırma

Altyapı Bilgi Sistemleri olmadan önce fiber optik ağ şebekelerine ait planlar ve çizimler kâğıt, doküman ortamlarında tutulmaktaydı. CBS teknolojisinin gelişmesiyle planlar ve çizimler kâğıt ve doküman ortamlarından sistematik bilgi sistemlerine aktarılabilir. Donanımsal ekipmanlarını yardımıyla sisteme aktarılan planlar ve çizimler, CBS yazılımlarıyla da, harita üzerinde koordinatlandırılmaktadır. Harita üzerindeki koordinatlandırmadan sonra, çizimler üzerindeki şebeke nokta, çizgi ve poligon formatına dönüştürülmektedir. İşte bu işlemlerin tümüne sayısal haritaların elde edilmesi veya kısaca sayısallaştırma adı verilir.

Sayısallaştırma işlemleri tamamlanarak birleşimlerin yapılmasıyla, kampüsün tamamına ait fiber optik ağ şebekesi bir bilgisayar ekranına indirgenmiş olacaktır. Bu olay, kampüsün fiber optik ağ şebekesinin sayfalarca kâğıttan kurtarılıp, parmakların ucuna taşınması anlamına gelmektedir (Yılmaz ve Keskin).



Şekil 1. MÜFOAABS Sistemi

##### 4.2. Veri Tabanı Oluşturulması

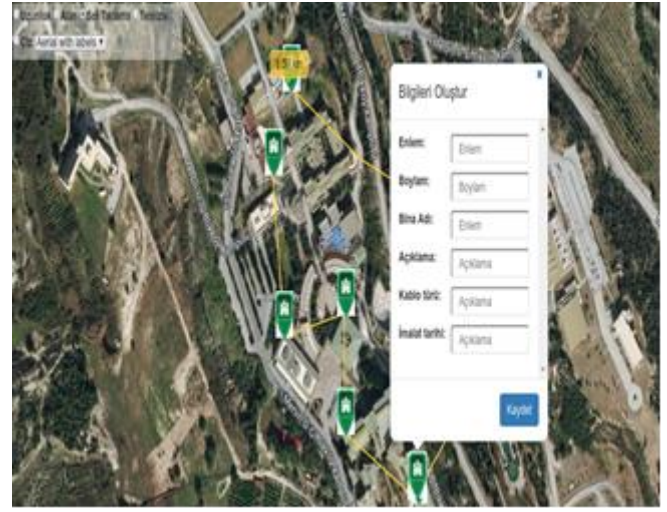
Mersin Üniversitesi'nin fiber optik ağ şebekesinin sözel ve sayısal bilgileri kâğıt ortamında tutularak çözümler üretilmektedir. MÜFOAABS'inde ise fiber optik ağ şebekesine ait tüm bilgileri içeren bir veri tabanı oluşturulmaktadır. Bu veri tabanının oluşturulmasıyla fiber optik şebekesine ait yeni verilerin girilmesine veya var olan verilerin düzenli, hızlı ve güvenli bir şekilde güncellenmesine olanak sağlamaktadır. Bu tip maliyeti yüksek ve kontrolü önemli olan şebeke verilerinin sistematik olarak veri tabanında muhafaza edilmesi gerekmektedir.

##### 4.3. Grafik Veriyle Sözel Verinin İlişkilendirilmesi

Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları yardımıyla bilgisayar ortamındaki grafik veriyle (çizimler), şebekelere ait veri tabanları

ilişkilendirilebilmektedir. Bu ilişkilendirmeye grafik verisinden seçilen bir eleman veri tabanında görüntülenebileceği gibi, veri tabanından seçilen bir eleman da grafik verisinde görüntülenebilir.

Grafik veriyle sözel verinin ilişkilendirilmesi, veriye hızlı ulaşımı sağlamaktadır. Hızlı ulaşım sayesinde, şebeke sisteminin herhangi bir bölgesinde arıza meydana gelmesi, bakım-onarımının yerinin tespit edilebilmesi vb. bir işlemin gerekli olması durumunda o bölgedeki şebekeye ait bilgilere (çap, debi, uzunluk vb.) güvenilir bir biçimde ulaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu da problemlerin çözümünde yerinde ve doğru kararların alınmasını sağlayacaktır....(Yılmaz ve Keskin)



Şekil 2. MÜFOAABS Bilgi Girişi

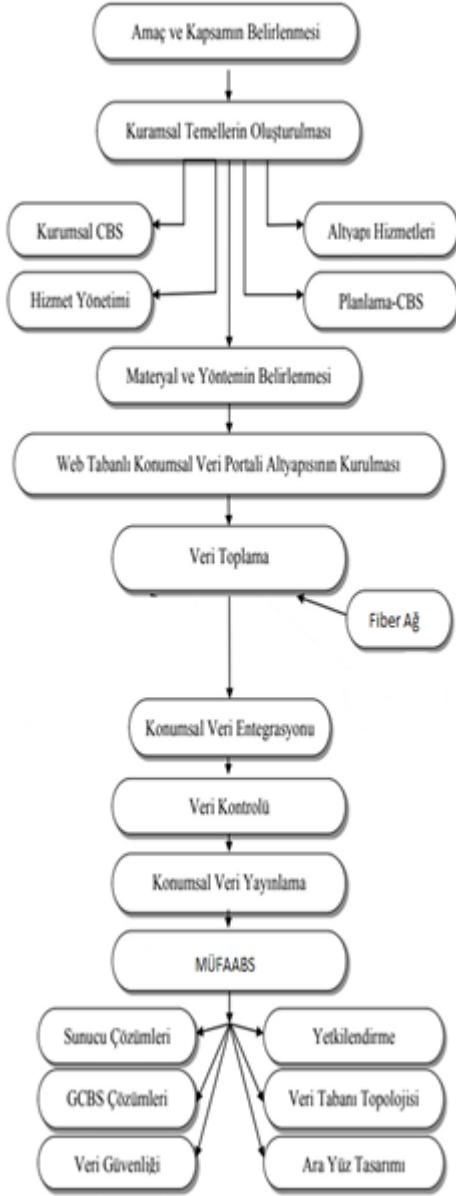
##### 4.4. Sorgulamalar

Fiber optik ağ şebekesi tüm üniversite yerleşkesini kapsayan bir sistemdir. Bundan dolayı ağ şebekesinin belirli değerleri girilerek istenilen özelliklerde sonuçların elde edilmesi sorgulama yöntemiyle olmaktadır. Örneğin ihtiyaç halinde, bazı bölgelerdeki ağ şebekesine ait kabloların yenilenmesi veya kablo geçiş güzergahının değiştirilmesi gerektiğinde tüm ağ şebekesinin incelenmesi gerekmektedir. MÜFOAABS kurulmamış bir yerleşkede tüm ağ şebekesi için bu tip işlemlerin yapılması zaman kayıplarına neden olacaktır. İşlem yapılması istenen ağ şebekesinin özellikleri hakkında detaylı bilgi almak ve bu özellikler hakkında hesaplamalar yapmak kayıplara sebebiyet verecektir. Bu tür kayıpları engellemek için, tüm sistem üzerinden istenilen değerlerin sağlıklı bir şekilde incelenmesi ve revize edilmesi sorgulama yöntemiyle sağlanabilmektedir.

##### 4.5. Şebeke Analizleri

Birbirleri ile bağlantılı olan fiber optik ağ şebekesi, harita üzerindeki grafik verilerinin (çizimlerin) analizleridir. Herhangi bir bölge için en kısa ve en uygun hattın bulunması, bir hat üzerinde

herhangi bir arızanın oluşması ile nerelerin etkileneceği, nerelerde internet kesintisinin olacağı gibi analizlerin yapıldığı uygulamalardır. Bu analizler sayesinde kontrolü zor olan altyapı sistemlerinde oluşabilecek sıkıntılarda nelerin etkileneceği görülebilmektedir. Bu sıkıntıların MÜFOAABS üzerinde düşünüldüğünde takibi kolay olsun diye sıkıntılı bölgelerin grafik verilerinin renklerinde farklılaşmakta ve izlenmesi kolaylaştırılmaktadır.



Şekil 3. MÜFAABS Yönetim Şeması (Ekin, 2011)

## 5. BULGULAR

### 5.1. MÜFOAABS Bulguları

Mersin Üniversitesi'nin diğer altyapı bilgi sistemleri, fiber optik ağ altyapı bilgi sistemi ile entegre çalışacak hale getirilmelidir. Bu çalışmaya ek olarak, birden fazla altyapı bilgi sistemi olacağından, sunucu özellikleri güçlendirilmeli, yetkilendirilmeler

altyapı çeşitlerine göre düzenlenmeli ve günün gelişmiş CBS çözümlerinden yararlanılmalıdır. Web tabanlı uygulama yapılacaksa da farklı ekranlarda çalışabilmesine dikkat edilmelidir. Bundan dolayı yeni yazılacak sistemin arayüzü cep telefonlarına, tabletlere ve çeşitli ekran çözünürlüklerine uygun şekilde hazırlanmalıdır.

Sistemin hızlı, düzenli çalışması ve sistemin bir kısmının bozulmasının tüm sistemi etkilememesi için veri tabanı ve web platformu ayrı sunuculara kurulmalıdır. Bu sunucuların birbirleri ile karşılıklı konuşabilmeleri sağlanmalıdır.

## 6. SONUÇLAR

Altyapı bilgi sistemlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile oluşturulan sistemleri zaman kazandırıcı, maddi kaynakların verimli ve yerinde sistematik şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Bu sistematik sistemler sorgulama ve analiz yapabilecek bir veri yapısı içerisinde olduğundan doğru karar verme ve planlama olmasına imkan verir. Bu sistemler sayesinde altyapı işlemlerinde sağlıklı ve işlevsel müdahaleler yapılmasına olanak sağlayacaktır. Bu sistematik sistemleri kent bazındaki sistemlerle entegre olması sağlayarak kentlerin rahat, temiz ve sistematik olması sağlanabilir.

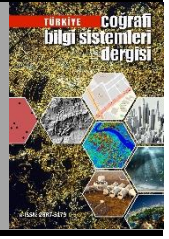
## BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu makale, bildiri olarak CİSET 2019'da sunulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Ekin Erk, (2011). Hizmet yönetiminde bulut CBS uygulamaları: Eskişehir alt yapı hizmetleri örnekleme.
- Güneri Murat, (2010). Ulaşım ağları temel veri altyapısının oluşturulması.
- Kaynarca Mustafa, Antalya Altyapı Bilgi Sistemi, (2011). TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011 31 Ekim - 04 Kasım 2011, Antalya.
- Kaynarca Mustafa, ASAT Genel Müdürlüğü Altyapı Bilgi Sistemi Uygulamaları, (2013). TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013 11- 13 Kasım 2013, Ankara
- Yılmaz A. Gökhan, Keskin M. Erol, Altyapı Bilgi Sistemi, Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta





## Araştırma Makalesi

### OpenStreetMap Binalarının Mekânsal Doğruluğunun Analizi

Kadir Can Küçük<sup>1</sup>, Berk Anbaroğlu\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

#### ÖZ

**Anahtar Kelimeler:**  
Hausdorff mesafesi  
Gönüllü coğrafi bilgi  
TOPOVT  
OSM  
ArcGIS

Bu makalenin amacı, OpenStreetMap(OSM)'nin mekânsal doğruluğunu Türkiye Topoğrafik Vektör Veri Tabanı (TOPOVT)'ye göre 'büyük bina' katmanında analiz etmektir. Açık kaynaklı bir haritalama platformu olan OSM'ye isteyen herkes erişebilir. Bağlayıcı bir standart olmadığından, OSM'nin mekânsal doğruluğunun değerlendirilmesi açık bir araştırma konusudur. Diğer taraftan TOPOVT, Harita Genel Müdürlüğü tarafından standart bir prosedür izlenerek üretilmektedir. TOPOVT'yi güncellemek masraflı bir işlemdir ve ancak belirli zaman aralıklarında gerçekleştirilebilmektedir. TOPOVT'de güncellenecek yerlerin otomatik tespiti toplam maliyeti düşürecek etkin bir işlem olacaktır. Bu işlemin ön koşulu da OSM verisinin mekânsal doğruluğunu analiz etmektir. Dolayısıyla, bu makalede OSM ve TOPOVT'deki eşleşen poligonlar arasındaki Hausdorff mesafesini hesaplayarak 'bina' katmanının mekânsal doğruluğunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Önerilen metodoloji kapsamında eşleşen poligonları tespit etmek için iki farklı yöntem değerlendirilmiştir: 'örtüşme yöntemi' ve 'merkez tabanlı yöntem'. Açık kaynak olarak geliştirilen yazılım iki farklı sahada test edilmiştir. Sonuçlar OSM kalitesinin TOPOVT ile iyi bir şekilde eşleşebileceğini göstermiştir. Tüm süreç bir ArcMap uzantısına entegre edilmiştir ve geliştirilen kod GitHub'da paylaşılmıştır.

### Spatial Accuracy Analysis of Buildings in OpenStreetMap

#### ABSTRACT

**Keywords:**  
Hausdorff Distance  
Volunteered Geographic  
information  
TOPOVT  
OSM  
ArcGIS

The aim of this paper is to assess the spatial accuracy of OpenStreetMap (OSM) with respect to the Turkey Topographic Vector Database (TOPOVT) within the context of 'building' layer. Being an open platform, anyone can access to OSM. Since there are no stringent standards, spatial accuracy assessment of OSM is an open research area. TOPOVT, on the other hand, is produced by the General Directorate of Mapping. Updating this database is a costly process. Therefore, automatic detection of the locations requiring update in TOPOVT would be an effective operation, which would eventually reduce the overall cost of update. However, the spatial accuracy of the geographical features must be analyzed in order to support such a motivation. Therefore, the aim of this paper is to assess the spatial accuracy of 'building' layer by calculating the Hausdorff distance between the matching polygons in OSM and TOPOVT. The proposed methodology consists of two methods to detect the matching polygons: 'overlap method' and 'centroid method'. The results indicate that the quality of OSM could well match with TOPOVT. The whole process is integrated into an ArcMap extension and the code is available on GitHub.

#### \* Sorumlu Yazar

(kadir.kucuk@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1788-2540  
\*(banbar@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-2331-6190

## 1. GİRİŞ

Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB), mekânsal bilişim alanında son birkaç yılda önemi hızla beliren konulardan biridir. İnternete erişim kolaylığı ve mobil cihazların geniş kullanımı, milyonlarca insanın coğrafi etiketli verilerini tüm dünyayla paylaşmasına ve başkalarının paylaştıklarından faydalanmasına vesile olmaktadır (Anbaroğlu, 2017). Böylece, internet mekânsal verinin hem üretildiği hem de paylaşıldığı bir merkez durumuna gelmiştir (Goodchild, 2007). GCB'deki ilerleme, 'Açık Bilim', 'Açık Veri' ve 'Sivil Bilim'deki ilerlemeyle etkin bir uyum içindedir; çünkü burada adı geçen tüm farklı yaklaşımlardaki ortak payda; üretilen veriden, bilimsel yayınlara erişime kadar bilimsel süreçteki tüm adımları şeffaf ve erişilebilir kılmaktır (Haklay, 2013; Sevinç ve Karas, 2018).

GCB'nin pratik ve bilimsel amaçlarla kullanılmasının çeşitli faydaları vardır (Feick ve Roche, 2013). İlk olarak, veri toplamanın ekonomik maliyeti önemli ölçüde azaltılabilir. Yüzlerce hatta binlerce insanın katkısı, veri toplamaya harcanan zamanı ve parayı ciddi oranlarda azaltabilir. Büyük şirketler zaten bir süredir GCB'yi etkin bir şekilde kullanmaktadırlar. Örneğin, Google'da ziyaret ettiğiniz lokantalar veya müzeler için bir değerlendirme yapma imkanının kolaylıkla sunulması sayesinde binlerce gönüllü vatandaş tarafından farklı mekânların popülerliği değerlendirilebilmektedir. Benzer şekilde devlet kurumları da GCB'den faydalanarak haritalandırma projelerini daha kısa sürelerde ve daha az maliyetle gerçekleştirilebilmektedir (Çabuk, 2015; Taşkanat vd., 2018).

Operasyonel amaçlar için GCB'ye güvenmenin ikinci avantajı da GCB ile üretilen verinin güncel olmasıdır. Bir mahallede yaşayan insanlar, o mahalleyle ilgili en güncel durumu zamanında alabilirler. Örneğin, OSM'de bulunan; ancak Münih'in referans veri seti olan ATKIS'te bulunmayan 1200'den fazla yeni bina inşa edildiği tespit edilmiştir (Fan vd., 2014). Bunun yanında, gecekondu mahallelerinin ve gayri resmi yerleşimlerin izlenmesi yoluyla ve kentsel dönüşüm amacıyla da GCB ile üretilen veri değerlendirilmiştir (Hachmann vd., 2018). Günümüzde karşılaşılan birçok durumda, resmî kurumlar tarafından tam anlamıyla güncel verilerin elde edilmesinin mümkün olmayacağı ve ancak GCB'ye katkı veren gönüllü vatandaşların katkılarıyla daha güncel veriyi elde etmenin mümkün olacağı anlaşılmaktadır. Neticede, araştırmacılar hava kalitesini izleyen sensörlerin konumlarının tespitinden (Gupta vd., 2018), salgın hastalıkların önlenmesine kadar (Qi vd., 2018) birçok alanda GCB'nin güncel olmasından fayda sağlamaktadır.

Birçok farklı araştırma alanında GCB yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak, veri kalitesi GCB'nin resmî olarak kullanılmasının önündeki temel endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Öncelikle, veri gönüllü

kişilerce toplanmaktadır ve hemen herkes GCB'ye katkıda bulunabilmektedir. Kapsayıcı bir süreç olmanın sonucu olarak, GCB'de veri toplama süreci ve dolayısıyla veri kalitesinin temin edilmesi yönünde belirli bir standart bulunmamaktadır. Anket, metin, görüntü veya harita tabanlı GCB'nin veri kalitesinin değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler önerilmiştir (Senaratne vd., 2017). Buradan da anlaşılacağı üzere, GCB'nin veri kalitesinin değerlendirilmesi üzerine bilimsel çalışmalar olgunlaşmış durumdadır.

Mevcut araştırmalar, gönüllüler tarafından toplanan verilerin yetkili kurumlarca üretilmiş veri ile eşleşebileceğini ve resmi amaçlar için kullanılabilirliğini göstermektedir (Haklay, 2010). Milyonlarca gönüllünün açık bir şekilde dünyayı haritalamak için işbirliği yaptığı OpenStreetMap (OSM) için bu durum özellikle geçerlidir (Brovelli ve Zamboni, 2018). GCB'yi kullanmanın faydaları ve temel endişe kaynağı olan veri kalitesinin de gerçek bir sınırlama olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma (USGS) Coğrafi Bilgi Bilimi için Mükemmeliyet Merkezi'nin de GCB'ye güvendiğini görmek şaşırtıcı değildir (2006 yılından beri devam eden CEGIS programı (USGS, 2019).

Bu makale, OpenStreetMap'te bina ayak izlerinin mekânsal doğruluğunu, Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen referans veri seti olan Türkiye Topografik Vektör Veri tabanı (TOPOVT) ile karşılaştırarak analiz edilmesini amaçlamaktadır. Eşleşen (homolog) poligonlar, 'Örtüşme Yöntemi' ve 'Merkez Tabanlı Yöntem' olarak adlandırılan iki farklı yaklaşım ile tespit edilmektedir. Sonrasında ise, eşleşen OSM binası ile TOPOVT binası arasındaki Hausdorff Mesafesi tespit edilerek, OSM binasının doğru olarak kabul edilen TOPOVT'ye uzaklığı belirlenmektedir (Avbelj vd., 2015). Geliştirilen metodolojiyi gerçek hayatta da uygulayabilmek için bir ArcGIS eklentisi geliştirilmiştir ve açık olarak paylaşılmaktadır (Küçük, 2019).

Bu makale beş bölümden oluşmaktadır. Yazın araştırması ikinci bölümde sunulmaktadır. Eşleşen binaların tespiti için incelenen iki yöntem ise üçüncü bölümde anlatılmaktadır. Makalede kullanılan veri setlerinin tanıtımı ve elde edilen sonuçlar dördüncü bölümde sunulmaktadır. Son olarak, bu makale kapsamında elde edilen kazanımlar ve gelecek araştırma alanları beşinci bölümde takdim edilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Mekânsal veri kalitesi, bu kapsamda geliştirilmiş olan uluslararası standartlar nedeniyle (örneğin ISO 19157:2013) iyi çalışılmış bir konudur. Bütünlük, komisyon/ihmal hataları, mantıksal tutarlılık ve mekânsal/zamansal/tematik doğruluk gibi farklı yönleri kapsar. Bununla birlikte, 'kullanıma uygunluk' 20 yılı aşkın bir süredir geçerli bir veri kalitesi parametresi olarak kabul edilmiştir. Özne olmakla da

birçok uygulama için en önemli parametre olarak değerlendirilmektedir (Veregin, 1999).

OSM'nin veri kalitesi değerlendirmesi iki ana nedenden dolayı devam eden bir araştırma alanıdır. Birincisi, OSM'ye yapılan katkılar artmakta ve bazı Avrupa kentleri kapsamlı bir şekilde haritalanmıştır. İkinci olarak, OSM'ye herhangi biri veri üretim sürecine doğrudan katkıda bulunabilmektedir. Sonuç olarak, GCB yoluyla oluşturulan haritaların gerçeğe ne ölçüde karşılık geldiğini değerlendirmek faydalı olacaktır. ISO 19113 veya ISO 19157 gibi uluslararası standartlar olsa da araştırmacılar OSM'nin veri kalitesini değerlendirmek için iki ana stratejiye güvenmektedirler: içsel ve dışsal yöntemler (Barron vd., 2014).

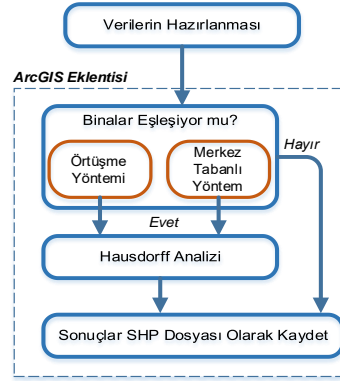
İçsel yöntemler bir coğrafi nesnenin zaman içinde nasıl geliştiğini inceleyerek, veri kalitesini belirlemek için yöntemler geliştirir. Bir başka ifade ile, içsel yöntemlerde doğru kabul edilen bir referans veri seti bulunmamaktadır. İçsel yöntemler üzerinden veri kalitesinin belirlenmesinin ardındaki temel mantık, referans veri kümelerinin genellikle yüksek maliyetlerle elde edilebilmesi veya kısıtlayıcı lisanslara sahip olmasıdır. Bu nedenle, araştırmacılar veri kalitesini tahmin etmek için verilerin kendisine ve geçmiş kayıtlara güvenirlere. Örneğin, Haklay vd. (2010) 'Linus' Yasası'nın mekânsal doğruluk değerlendirmesi için geçerli olduğunu doğrulamıştır. Bir başka ifadeyle, belirli bir mekânsal nesneyi veya bölgeyi haritalamak için gönüllülerin sayısı arttıkça, mekânsal doğruluk da artacaktır. Başka bir araştırma, öznitelik bütünlüğü için bir gösterge sağlamak amacıyla ev sayısı / adı ile binaların toplam sayısına oranı araştırılmıştır. Ancak, Barron vd. (2014)'nin belirttiği gibi veri kalitesinin nesnel kriterler çerçevesinde belirlenebilmesi için yüksek kaliteli referans veri setine ihtiyaç duyulmaktadır.

Dışsal yöntemler, referans veri setlerinin varlığını kabul eder. Sonuç olarak, GCB ile üretilen coğrafi verinin kalitesinin analiz edilmesi halen araştırmacıların ilgisini çeken bir araştırma alanıdır. En büyük GCB projelerinden biri olan OSM'nin de veri kalitesinin doğru bir tespit edilebilmesi için referans veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür referans veri setleri de genellikle veri üretim konusunda yetkili kurumlar tarafından oluşturulur. Güncel araştırmalar hem içsel hem de dışsal yöntemlerin birlikte değerlendirilmesinin, her iki stratejinin de sınırlamalarını aşabileceğini belirtmektedir (Touya vd.,2017).

### 3. METODOLOJİ

Bu makalenin amacı, OSM'deki binaları Türkiye'deki resmî verilerle karşılaştırarak mekânsal doğruluğunu incelemektir. Bu kapsamda resmî veri olarak Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından üretilen TOPOVT referans veri seti olarak kabul edilmiştir. Bunu yaparken de, çalışmanın gerçek

hayatta uygulanabilir olmasını sağlamak da hedeflenmiştir ve geliştirilen metodoloji bir ArcGIS eklentisi olarak geliştirilmiştir. ArcGIS eklentisi geliştirmenin temel nedeni de TOPOVT'nin ArcGIS üzerine inşa edilmiş olmasıdır. Makalenin metodolojisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Önerilen metodolojide, önerilen bina eşleşme yöntemlerinin ve aynı zamanda veri setlerinin daha iyi anlaşılması için OSM'de bir veri temizleme işlemi gerçekleştirilmemiştir.

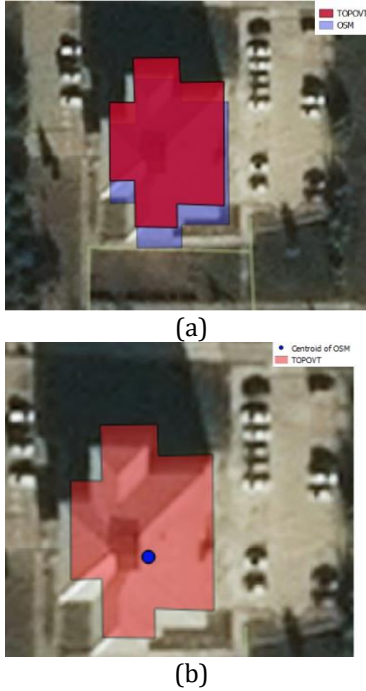


Şekil 1. Araştırmanın Metodolojisi

İlk olarak, 'Veri Hazırlama' adımıyla, TOPOVT verileri, test bölgesine karşılık gelen 128 özellik veri katmanını içeren bir geodatabase (.mdb) dosyası olarak sağlanmaktadır. Bu katmanlar içinde 'büyük bina' katmanı ile OSM'deki binalar karşılaştırılarak, bu binaların mekânsal doğruluğunun tespit edilmesi sağlanmıştır. OSM'deki bina poligonlarının elde edilmesinin en kolay yolu QGIS'teki ilgili işlevselliği kullanmaktır. Özellikle, belirlenen araştırma alanının OSM verilerini indirmek için 'OpenStreetMap Verilerini Arama ve İndirme' başlıklı eğitim içeriği takip edilebilir (QGIS, 2019). Son olarak, her iki veri setinin de aynı coğrafi referans sistemine sahip olması için gerekli koordinat sistemi dönüşümü gerçekleştirilmelidir. Her iki veri seti de başlangıçta WGS 84 datum ve coğrafi koordinatlarda 4326 SRID'ye sahip olarak kaydedilmiştir. Ancak, Hausdorff mesafesi bir metrik sistem gerektirdiğinden, her iki veri seti de SRID: 32636'ya dönüştürülür. Böylece, veri setleri 36N UTM bölgesinde kalmakta olup, test sahalarını uygun bir şekilde temsil etmektedir.

Metodolojinin ana bileşeni OSM ve TOPOVT'de eşleşen binaları otomatik bir şekilde tespit etmektir. Eşleşen bir bina, OSM ve TOPOVT'deki aynı uzamsal nesneyi temsil ettiği kabul edilmektedir. Eşleşen binaları tespit etmek için iki farklı yaklaşım önerilmiştir. 'Örtüşme Yöntemi'nde, iki poligon kesişiyorsa, o iki poligonun eşleştiği kabul edilir. 'Merkez Tabanlı Yöntem'de ise, OSM poligonunun merkezi TOPOVT poligonunun içinde kalıyorsa, iki poligonun eşleştiği kabul edilmektedir. Bu iki yaklaşımın bir örneği Şekil 2'de gösterilmiştir. Hecht vd. (2013) OSM verilerinin bütünlüğünü değerlendirmek için benzer bir metodolojiyi uygulamışlardır.





**Şekil 2.** Eşleşen poligonların, (a) örtüşme yöntemi ve (b) merkez tabanlı yöntem kullanarak tespiti

Eşleşen poligonlar belirlendikten sonra, Hausdorff mesafesi ile aralarındaki mesafe ölçülebilmektedir. Hausdorff mesafesi, eşleşen poligonların köşe koordinatlarını temsil eden iki nokta kümesi arasındaki ölçüdür. En yakın köşe noktaları arasındaki maksimum mesafeyi belirler. Poligonlar (ve ayrıca çizgiler) bir nokta kümesi olarak kabul edilebilir, bu tür coğrafi nesnelerin birbirine yakınlığını ölçmek için kullanılacak bir yöntemdir. Hausdorff mesafesi ne kadar düşükse, eşleşen poligonlar da birbirine o kadar yakın olduğu söylenebilir. Hausdorff mesafesi Denklem 1’de gösterildiği gibi hesaplanır.

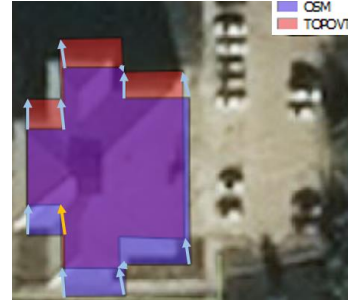
$$H(\mathbf{A}, \mathbf{B}) = \max \left( \min(d(a, b)) \right) \quad (1)$$

$a \in \mathbf{A} \quad b \in \mathbf{B}$

**Denklem 1.** Hausdorff mesafesi

Denklem 1’de aynı coğrafi nesneyi temsil eden ve eşleşen iki poligon A ve B olarak gösterilmektedir. Her iki poligon da sırasıyla m ve n noktadan oluşan noktalar kümesidir. Poligon A  $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  noktalarından, poligon B ise  $\{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  noktalarından oluşmaktadır. Her iki veri kümesi de aynı binayı temsil ettiği kabul edildiğinden, köşe noktaları arasındaki Öklid uzaklığı hesaplanır ve bu da  $d(a, b)$  olarak gösterilmektedir. Her poligonun içerdiği nokta sayısı arasında matematiksel bir ilişki olmadığı unutulmamalıdır. Bir başka ifadeyle  $m \geq n$  veya  $m \leq n$  olabilir. Hausdorff mesafesi tek yönlü bir mesafe ölçüsü olsa da kolayca çift yönlü bir ölçüye dönüştürülebilir (Schlesinger vd., 2014).

Bu araştırmanın amacı OSM binalarının mekânsal doğruluğunu değerlendirmek olduğundan, A ve B poligonları sırasıyla OSM ve TOPOVT’deki poligonları temsil etmektedir. Mesafe ölçüsünün görsel tasviri Şekil 3’de gösterilmiştir. OSM poligonunun her tepe noktası için, TOPOVT’deki en yakın komşusu başlangıçta ve daha sonra bu mesafelerin maksimum kısmında Hausdorff mesafesi olarak kabul edilir.



**Şekil 3.** Hausdorff mesafesinin görsel tasviri

Örtüşme yöntemi kullanıldığında, OSM’deki bir poligon ile TOPOVT’de bir poligonunun eşleşeceği kabul edilmiştir. Ancak, kimi durumlarda birden çok OSM poligonuyla tek bir TOPOVT poligonu da eşleşebilmektedir. Böyle bir durumda, örtüşme yöntemi sadece en düşük Hausdorff mesafesine sahip olanların eşleşen olduğunu varsaymaktadır. Başka bir deyişle, sadece bire bir (1:1) ve en düşük Hausdorff mesafesine sahip olanların bu çalışmada eşleştiği kabul edilmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarının tekrarlanabilirliğini sağlamak ve çalışmanın sürdürülebilir bir yapıda gelişmesini sağlamak için, geliştirilen tüm kod ve test verileri projenin GitHub sayfasında mevcuttur (Küçük, 2019).

Metodolojinin son adımı olarak da geliştirilen metodolojinin pratikte uygulanmasını desteklemek için bir adım atılmıştır ve bir ArcGIS eklentisi geliştirilmiştir. ArcGIS’in yeteneklerinin daha etkin bir şekilde kullanılabilmesi ve geliştirilebilmesi için ArcPy adlı Python kütüphanesi kullanılmaktadır. Her ne kadar birçok fonksiyon ArcMap’ın grafik arayüzünden erişilebilir olsa da, iş süreçlerini etkin bir şekilde modellemek ve yönetebilmek için ArcMap üstüne eklenti geliştirilebilmektedir. Bir poligonun merkezini bulmak veya iki poligonun kesişip kesişmediğini saptamak da dahil olmak üzere tüm konumsal sorgular ArcPy’da yapılabilmektedir. Bu kapsamda geliştirilen metodoloji ArcPy’da uygulanarak, bir ArcGIS eklentisi geliştirilmiştir. Eklenti çalıştırdıktan sonra, OSM’de bulunan ancak TOPOVT’de bulunmayan poligonları, bir başka deyişle güncelleştirme gerektirebilecek alanları belirtmek için ayrı bir SHP dosyası da kaydedilmektedir.

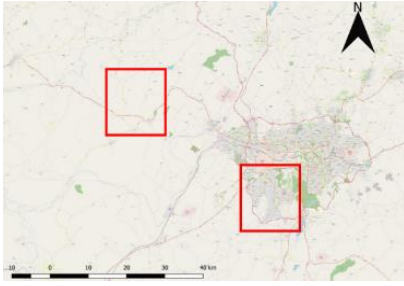
OSM’nin lisansı, ‘Open Data Commons Open Database License (ODbL)’ bu kapsamda vurgulanmalıdır. Bu lisans, OSM ve katkıda bulunanlar referans verildiği sürece herkesin OSM verilerini kendi amaçları doğrultusunda kullanmasına, dağıtmasına ve

uyarlamasına olanak tanımaktadır. Buna ek olarak, OSM verilerini kullananlar da üretilen haritaları aynı lisans altında dağıtmak zorundadır (Brovelli ve Zamboni 2018; OSM, 2019).

#### 4. ANALİZ VE SONUÇLAR

##### 4.1 Veri Setleri

OSM'deki binaların mekânsal doğruluğunu analiz etmek için geliştirilen metodoloji iki farklı bölgede incelenmiştir. Her iki bölge de Şekil 4'de gösterilmiştir ve bu bölgeler Ankara il sınırları içinde kalmaktadır. Bu bölgelerden biri kırsal çevreye, diğeri ise kentsel çevreye karşılık gelmektedir. Her iki bölge de yaklaşık 150 km<sup>2</sup>'lik bir alana karşılık gelmektedir. Kuzeyde yer alan bölge kırsal çevreyi, diğeri bölge ise şehri temsil etmektedir.



Şekil 4. Çalışma alanı

OSM'deki binaların kalitesi, Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından üretilen referans veri seti ile karşılaştırılarak değerlendirilmektedir. Türkiye'nin 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalarının üretiminden sorumlu ulusal haritalama kurumu HGM'dir. HGM tarafından üretilen referans veri seti, Türkçe'de 'Türkiye Topoğrafik Vektör Veri Tabanı'nın kısaltması olan 'TOPOVT' olarak adlandırılmaktadır. Bölgelerin hava fotoğrafları 2011 yılında çekilmiş ve fotogrammetrik değerlendirme 2012 yılında gerçekleştirilmiştir.

TOPOVT stereo hava fotoğraflarının derlenmesi yoluyla üretilir. Veri tabanında yollardan binalara ve mezarlıktan parklara kadar 128 farklı özellikte veri seti bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında TOPOVT'deki 'Büyük Bina' katmanı incelenmiştir. Geometrik doğruluk TOPOVT için yatay ve dikey bileşenlerde  $\pm 3$  m'dir. Böyle bir sistemi canlı ve güncel tutmak, hükümet organları ve vatandaşlar da dahil olmak üzere tüm paydaşların ortak çalışmasını gerektirmektedir (Yılmaz ve Canıberk, 2018). Sonuç olarak, OSM'nin TOPOVT'nin güncelleme sürecine entegre edilebilmesi pratik açıdan önem arz eden, ancak zorlu bir araştırma hedefi olarak belirlemektedir. Veri kümeleri ve çalışma alanları arasındaki genel karşılaştırma Tablo 1'de gösterilmiştir.

Genel karşılaştırma birkaç önemli hususu belirtmektedir. Birincisi, OSM'de şehir bölgesinde TOPOVT'ye göre daha fazla poligon vardır. Bunun iki

ana nedeni var. İlk olarak, TOPOVT'nin temel verileri, yani havadan çekilen görüntüler 2011 yılında yakalanırken, OSM'deki verilerin güncel hali kullanılmıştır. İkinci olarak, OSM kayıtları sadece tekil binalar değil, aynı zamanda bina bloklarını da içermektedir.

**Tablo 1.** Veri setlerinin ve çalışma alanlarının karşılaştırılması

	Şehir		Kırsal	
	OSM	TOPOVT	OSM	TOPOVT
Bina sayısı	6404	1123	20	123
Min alan (m <sup>2</sup> )	9.56	2.01	93.66	73.14
Maks alan (m <sup>2</sup> )	84740	16496	92383	6941
Ort alan (m <sup>2</sup> )	1031	778	13065	606
Std Sap (m <sup>2</sup> )	4102	885	27110	828

Kırsal alanda ise, TOPOVT'de OSM'ye göre daha fazla bina bulunduğu gözlemlenmiştir. Kentsel alanların kırsal alanlara göre OSM'de daha iyi haritalanmış olduğu gerçeği önceki çalışmaları destekler niteliktedir (Hecht vd., 2013). Ayrıca, OSM'de mevcut tüm poligon verisi değerlendirildiği ve herhangi bir veri temizleme işlemi uygulanmadığından, incelenen poligonlar arasındaki büyüklük farklılık dikkati çekmektedir. Bu heterojen durumun analiz sonuçlarını nasıl etkilediği bölüm 4.3'de detaylı bir şekilde tartışılmıştır.

##### 4.2 Sonuçlar

Önerilen metodoloji hem kentsel hem de kırsal çalışma bölgesinde uygulanmıştır. İlk olarak, eşleşen binalar merkez tabanlı ve örtüşme yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. Eşleşen binalar için, Hausdorff uzaklığı (H) hesaplanmıştır. Genel sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Genel sonuçlar

	Şehir		Kırsal	
	Merkez Örtüşme Tabanlı	Örtüşme	Merkez Örtüşme Tabanlı	Örtüşme
Eşleşen bina sayısı	595	608	6	4
Ort H (m)	9.65	9.68	61.59	5.51
Std. sap. H (m)	13.15	17.99	98.58	2.29
Maks H (m)	93.21	247.90	274.50	8.80
Min H (m)	0.53	0.53	2.61	2.61
İşlem Süresi (dak.)	11.00	14.00	0.03	0.03

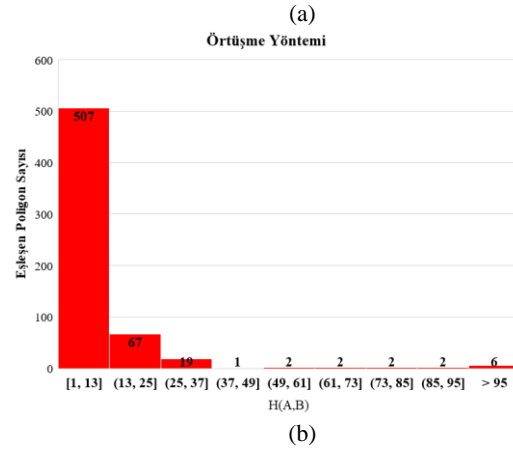
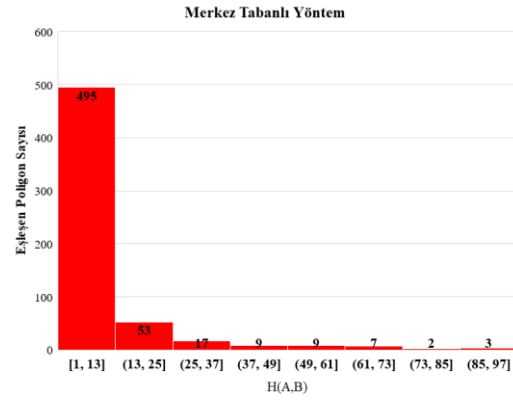
Analiz sonuçları incelendiğinde çeşitli tespitler yapılabilir. İlk olarak, beklendiği gibi, kırsal alanda çok az sayıda eşleşen bina bulunmaktadır. İkinci olarak, 'merkez tabanlı yöntem'de Hausdorff uzaklık değerlerinin standart sapması, 'örtüşme yöntemin'den daha düşüktür. Dolayısıyla, 'merkez tabanlı yöntem'in daha güvenilir olduğu söylenebilir.

Hata miktarlarının anlamlı OSM poligonlarının analiz edilmesiyle daha düşürülebileceği vurgulanmalıdır. Daha önceden de belirtildiği gibi, gerek önerilen bina eşleşme yöntemlerinin gerekse OSM verisinin daha iyi anlaşılması için, analizden önce OSM’de bir veri temizleme işlemi gerçekleştirilmemiştir. OSM’de tekil bir bina yapısına ek olarak, bir parseli veya siteyi temsil eden büyük poligonları da gözlemlemek mümkündür. Böyle büyük bir poligonun merkezinin bir TOPOVT binası içinde kalması da muhtemeldir. Böyle durumlar da elde edilen Hausdorff uzaklıklarını büyük ölçüde arttırmaktadır.

Şehir bölgesinde, kırsal çevreye göre, çok daha fazla bina eşleşmesi tespit edildiği için ‘örtüşme’ ve ‘merkez tabanlı’ yöntemlerin daha anlamlı bir şekilde karşılaştırılması sağlanabilir. Merkez tabanlı yöntemde 595 bina eşleşmişken, örtüşme yönteminde bu sayı biraz daha fazladır. Ortalama Hausdorff uzaklıkları incelendiğinde ise, merkez tabanlı yöntemin 9,65 metre ile örtüşme yöntemine göre çok az bir farkla daha iyi olduğu görülmüştür. Maksimum Hausdorff mesafesi ve mesafelerin standart sapması incelendiğinde, yöntemler arasındaki temel fark belirginleşmektedir. Her iki analiz sonucunda da ‘merkez tabanlı’ yöntemin daha başarılı olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, ‘merkez tabanlı’ yöntem daha hızlı da çalıştığı için örtüşme yönteminden daha başarılı olduğu belirtilebilir. Daha çok sayıda bina içeren kentsel bir ortamda, burada belirtilen avantajlarından ötürü merkez tabanlı yönteminin eşleşen binaların mekânsal doğruluğunu belirlemek için tercih edilebileceği düşünülmektedir. Merkez tabanlı ve örtüşme yöntemleri için Hausdorff mesafelerinin histogramları Şekil 5’de gösterilmiştir.

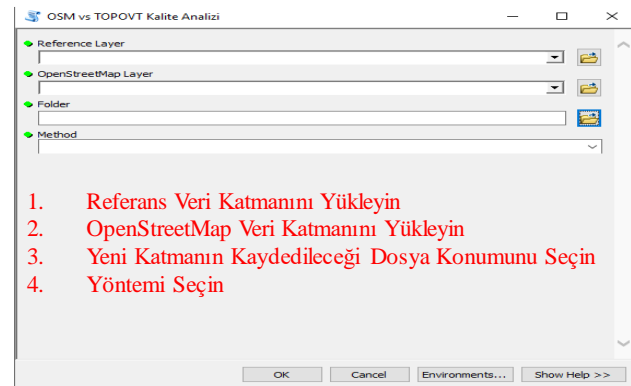
Histogramların analiz edilmesiyle ilgi çekici başka gözlem yapılabilir. Örtüşme yöntemi ile düşük Hausdorff mesafesine sahip daha çok eşleşen bina olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle, 507 eşleşen binanın Hausdorff uzaklığı 1 ve 13 metre arasındadır. Merkez tabanlı yöntemde ise, aynı Hausdorff uzaklık aralığı için bu sayı 495’e düşmektedir. Bu nedenle, örtüşme yönteminin birkaç yüksek hatalı eşleşmesi sonucunda yukarıda belirtilen çıkarım yapılmaktadır.

Her iki yöntemde de gözlemlenen yüksek hatalı eşleşmelerin temel nedeni de OSM veri setinde herhangi bir ön temizleme işleminin gerçekleştirilmemiş olmasıdır. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar ile yüksek hatalı eşleşmelerin önüne kolaylıkla geçilebileceği ön görülmektedir.



Şekil 5. Hausdorff mesafelerinin (a) merkez tabanlı yöntem ve (b) örtüşme yöntemine göre histogramları

Son olarak, geliştirilen kod dört girdisi olan ve Şekil 6’da gösterilen bir ArcGIS uzantısına entegre edilmiştir. İlk iki girdi sırayla TOPOVT ve OSM katmanlarını belirtmektedir. Üçüncü girdi de oluşturulan çıktı dosyalarının kaydedileceği dizin belirlenmektedir. Dördüncü girdi ise, hangi eşleşme yönteminin kullanılacağını belirtmektedir.



Şekil 6. ArcGIS eklentisi

Geliştirilen eklentinin kullanımı kolaydır. Üçüncü adımda seçilen dizine iki farklı dosya kaydedilecektir: OSM’de bulunan; ancak TOPOVT’de bulunmayan binalar bulunmaktadır. Bunun yanında eşleşen binalar ve aralarındaki Hausdorff uzaklığını gösteren katman da çıktı olarak kullanıcıya yansıtılacaktır.



### 4.3 Durum Analizi

Yöntemlerin etkinliğini daha iyi anlamak için bu bölümde maksimum Hausdorff mesafesinin hangi durumlarda oluştuğu incelenecektir. Kentsel çevrede maksimum Hausdorff mesafesinin 247.90 olmasına neden olan durum Şekil 7’de gösterilmiştir. Büyük OSM poligonu batı sınırında tek bir TOPOVT binası ile örtüşmektedir. Diğer poligonlar ise OSM’nin doğrudan içinde olduğu için örtüşme yoktur. Bu tek kesişen poligon nedeniyle, hesaplanan Hausdorff mesafesi yüksektir.



Şekil 7. Şehir bölgesindeki maksimum Hausdorff mesafesi

Bu örnek aynı zamanda OSM’nin heterojen doğasını da göstermektedir, çünkü poligonlar gönüllüler tarafından kaydedilmektedir ve bir site alanı veya parsel gibi büyük bir alan ‘bina’ olarak etiketlenebilir. Benzer bir durum, merkez tabanlı yöntem için de geçerlidir. Şekil 8’de gösterildiği gibi bir durumda örtüşme yönteminde büyük hatalar gözlemlenebilir.



Şekil 8. Kırsal bölgedeki maksimum Hausdorff mesafesi

Bu bağlamda üç OSM poligonu vardır. Diğer iki poligonu içeren en büyük poligonun merkezi bir TOPOVT binasının içindedir. Bu nedenle, merkez tabanlı yöntemde bu iki poligonun eşleşip Hausdorff mesafesinin buna göre hesaplandığı varsayılmıştır. Benzer şekilde, ikinci büyük OSM poligonunun merkezi de haritanın güney kısmında gösterildiği gibi bir

TOPOVT binası içinde bulunmuştur. Sadece birkaç eşleşen poligon olduğundan, bu tür büyük uzaklıklar genel sonuçları da etkilemektedir.

### 5. SONUÇ

Günümüzde GCB ile birlikte gönüllü kişiler bir haritanın üreticisi konumuna da gelmişlerdir. Her ne kadar bu gelişme ile birlikte bir haritanın güncelliği daha az maliyetle sağlanabiliyorken, veri kalitesi ayrı bir araştırma alanı olarak belirmektedir. Nitekim, güncel verinin ne kadar kullanışlı olabileceği ancak veri kalitesi üzerindeki şüpheler giderildikten sonra belirlenebilir. Bu makalenin amacı da önemli GCB projelerinden biri olan OSM’nin bina poligonları bazında mekânsal doğruluğunu değerlendirmektedir. Bunun için, OSM poligonları ile referans veri seti olan TOPOVT’nin ‘büyük bina’ poligonları karşılaştırılarak, eşleşen poligonlar arasındaki Hausdorff uzaklığı hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında merkez tabanlı yöntem ve örtüşme yöntemi olarak adlandırılan iki yöntemin eşleşen bina bulma kapsamında başarılı analiz edilmiştir. Merkez tabanlı yöntemde bir OSM poligonunun merkezi TOPOVT poligonunun içindeyse, iki binanın eşleştiği kabul edilmiştir. Örtüşme yönteminde iki binanın eşleşmesi içinse, ilgili poligonların kesişmesi gerekmektedir.

Deneyler Ankara il sınırları içinde kalan kentsel ve kırsal olmak üzere iki farklı bölgede gerçekleştirilmiştir. Kentsel bölge ile ilgili sonuçlar, ortalama olarak, her iki yöntemin eşleşen binaları benzer sayıda algıladığını göstermektedir. Referans veri setinde bulunan 1123 binadan yaklaşık 600’ü her iki yöntemle de eşleştiği kabul edilmektedir. Benzer şekilde, eşleşen binalar için Hausdorff mesafesi hesaplanmaktadır. Bu mesafenin ortalama 9,5 metre olduğu tespit edilmiştir. Merkez tabanlı yöntemin daha hızlı olduğu ve Hausdorff mesafelerinin daha düşük olduğu düşünülürse, ileride yapılacak çalışmalarda merkez tabanlı yöntemin kullanılması daha etkili olabilir. Ancak, yöntemler arasındaki fark yalnızca sınırdan olduğundan, yapılan çıkarım bir gözlem niteliğindedir ve farklı test sahalarının da analiz edilmesiyle daha doğru bir sonuç elde edilecektir. Ayrıca merkez tabanlı yöntemin kırsal alanda başarısız olduğu da unutulmamalıdır.

Bu araştırma aynı zamanda kentsel-kırsal ayrımı ve kırsal alanların GCB açısından gelişmemiş olduğu ile ilgili mevcut araştırma sonuçlarını desteklemektedir. Her ne kadar OSM’de güncel veriler kullanılmış olsa da ve referans veri setinin 2011 yılındaki duruma göre sayısallaştırıldığı bilinse de poligon sayıları arasındaki büyük farklılık OSM’nin kırsal alanlarda aslında pek de güncel olamayabileceğinin en büyük göstergesidir. Dolayısıyla, kırsal alandaki çok düşük eşleşen bina poligonu nedeniyle, anlamlı bir sonuca varmak zor olsa da mevcut sonuçlar örtüşme yönteminin bu bölgede daha başarılı olduğunu göstermektedir. Daha güvenilir sonuçlar elde etmek için kırsal alanlarda GCB’nin

içeriğinin zenginleştirilmesiyle birlikte, daha doğru çıkarımlar yapılabilir.

Bu makalede sadece bire-bir bina eşleşmeleri analiz edilmiştir. Ancak, özellikle örtüşme yönteminde, bir veri kümesindeki tek bir poligonun diğer veri kümesinde birden çok poligonla eşleşebileceği çeşitli durumlar gözlemek mümkündür. Bu gibi durumlarda, eşleşen poligonlardan Hausdorff mesafesi en düşük poligonların eşleştiği kabul edilmiştir. Sonuç olarak, gelecek çalışmalarda, bire-çoklu eşleşmelerin daha ayrıntılı olarak analiz edilmesi önem arz etmektedir. Buna ek olarak, veri kalitesinin daha doğru hesaplanabilmesi için, OSM’de veri temizliği işlemi gerçekleştirilebilir. Bina olmayan poligonların analizden çıkarılması ile hesaplanan Hausdorff uzaklıklarının düşeceği ön görülmektedir. Nitekim, OSM’de gerçekleştirilecek bir veri temizleme adımı ile bölüm 4.3’te incelenen durumlar önlenebilecektir. Farklı veri temizleme ve ön işleme stratejilerini değerlendirmek ilgi çekici bir araştırma alanı olacaktır. Son olarak, yollar gibi diğer coğrafi olguların da mekânsal doğruluğunun da incelenmesi ile daha bütüncül bir yaklaşımla OSM veri kalitesinin incelenmesi sağlanabilir.

## TEŞEKKÜRLER

TOPOVT verilerini sağladıklarından dolayı Harita Genel Müdürlüğü’ne teşekkür ederiz. Ayrıca, Dr. Alb. Altan Yılmaz ve Bnb. Mustafa Camberk’in geri bildirimleri için de müteşekkirimiz.

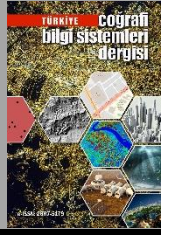
## REFERANSLAR

- Anbaroğlu, B. (2017). Gönüllü Coğrafi Bilgi: Mekânsal Bilişim Çalışmalarına Web 2.0 Devrinde Yeni Bir Yaklaşım. 9.
- Avbelj, J., Müller, R., & Bamler, R. (2015). A Metric for Polygon Comparison and Building Extraction Evaluation. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(1), 170–174. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2014.2330695>
- Barron, C., Neis, P., & Zipf, A. (2014). A Comprehensive Framework for Intrinsic OpenStreetMap Quality Analysis. *Transactions in GIS*, 18(6), 877–895. <https://doi.org/10.1111/tgis.12073>
- Brovelli, M. A., & Zamboni, G. (2018). A New Method for the Assessment of Spatial Accuracy and Completeness of OpenStreetMap Building Footprints. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8), 289. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080289>
- Brovelli, M., & Zamboni, G. (2018). A New Method for the Assessment of Spatial Accuracy and Completeness of OpenStreetMap Building Footprints. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8), 289. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080289>

- Çabuk, S. (2015). Open Street Map Verilerinden Yararlanılarak 1/50K Ölçekli Harita Üretilebilirliğinin Araştırılması. 9.
- Fan, H., Zipf, A., Fu, Q., & Neis, P. (2014). Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(4), 700–719. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.867495>
- Feick, R., & Roche, S. (2013). Understanding the Value of VGI. İçinde D. Sui, S. Elwood, & M. Goodchild (Ed.), *Crowdsourcing Geographic Knowledge* (ss. 15-29). [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_2)
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Gupta, S., Pebesma, E., Degbelo, A., & Costa, A. C. (2018). Optimising Citizen-Driven Air Quality Monitoring Networks for Cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12), 468. <https://doi.org/10.3390/ijgi7120468>
- Hachmann, S., Jokar Arsanjani, J., & Vaz, E. (2018). Spatial data for slum upgrading: Volunteered Geographic Information and the role of citizen science. *Habitat International*, 72, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.04.011>
- Haklay, M. (Muki), Basiouka, S., Antoniou, V., & Ather, A. (2010). How Many Volunteers Does it Take to Map an Area Well? The Validity of Linus’ Law to Volunteered Geographic Information. *The Cartographic Journal*, 47(4), 315–322. <https://doi.org/10.1179/000870410X12911304958827>
- Haklay, Mordechai. (2010). How Good is Volunteered Geographical Information? A Comparative Study of OpenStreetMap and Ordnance Survey Datasets. *Environ Plann B Plann Des*, 37(4), 682–703. <https://doi.org/10.1068/b35097>
- Haklay, Muki. (2013). Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. İçinde D. Sui, S. Elwood, & M. Goodchild (Ed.), *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice* (ss. 105–122). [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7)
- Hecht, R., Kunze, C., & Hahmann, S. (2013). Measuring Completeness of Building Footprints in OpenStreetMap over Space and Time. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(4), 1066–1091. <https://doi.org/10.3390/ijgi2041066>
- Küçük. (2019). <https://github.com/kadirkuçuk/Proje>. Son erişim tarihi: 10 Aralık 2019
- OSM. (2019). OpenStreetMap Copyright and Licence. Gelişim tarihi gönderen <https://www.openstreetmap.org/copyright/en>

- QGIS. (2019). OpenStreetMap Verisinde Arama Yapma ve Veriyi İndirme—QGIS Tutorials and Tips. Geliş tarihi gönderen [http://www.qgistutorials.com/tr/docs/downloading\\_osm\\_data.html](http://www.qgistutorials.com/tr/docs/downloading_osm_data.html)
- Qi, Y., Zhang, C., Zhi, Z., Guo, K., & Guo, D. (2018). A VGI-based Foodborn Disease Report and Forecast System. Proceedings of the 4th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Safety and Resilience, 18:1–18:7. <https://doi.org/10.1145/3284103.3284124>
- Schlesinger, M. I., Vodolazskii, Y. V., & Yakovenko, V. M. (2014). Recognizing the Similarity of Polygons in a Strengthened Hausdorff Metric. *Cybern Syst Anal*, 50(3), 476–486. <https://doi.org/10.1007/s10559-014-9636-2>
- Senaratne, H., Mobasher, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (Muki). (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(1), 139-167. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1189556>
- Sevinç, H. K., & Karaş, İ. R. (2018). Gönüllü Coğrafi Bilgi, Sivil Bilim ve Katılımcı Coğrafi Bilgi Sistemleri Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar. <http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6661>
- Taşkanat, T., Karaağaç, A., Beşdok, E., & Bostancı, B. (2018). Kentsel Sorunların Yönetimi için Bir Gönüllü Coğrafi Bilgi Mobil Uygulaması Geliştirilmesi. *Geomatik*, 3(1), 84–91. <https://doi.org/10.29128/geomatik.371144>
- Touya, G., Antoniou, V., Olteanu-Raimond, A.-M., & Van Damme, M.-D. (2017). Assessing Crowdsourced POI Quality: Combining Methods Based on Reference Data, History, and Spatial Relations. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(3), 80. <https://doi.org/10.3390/ijgi6030080>
- USGS. (2019). Volunteered Geographic Information (VGI). Geliş tarihi gönderen <https://www.usgs.gov/core-science-systems/ngp/cegis/vgi>
- Veregin, H. (1999). Data Quality Parameters. *İçinde Geographical Information Systems, Principles and Applications , Principles and Technical Issues* (2. bs, C. 1, ss. 177-189). New York: John Wiley & Sons.
- Yılmaz, A., & Canıberk, M. (2018). Real Time Vector Database Updating System: A Case Study for Turkish Topographic Vector Database (TOPOVT). *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 73–79. <https://doi.org/10.26833/ijeg.383054>





## Araştırma Makalesi

### Eğik Fotoğraflar ile 3 Boyutlu Kent Modeli Üretimi ve Kullanım Alanları

Enes HALICI<sup>1</sup>, Cevdet Coşkun AYDIN\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

#### ÖZ

#### Anahtar Kelimeler:

Eğik Fotoğraf  
Detay Seviyesi  
3 Boyutlu Kent Modeli  
Kent Planlaması  
3 Boyutlu Kadastro

Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte kent ölçeğinde insanların ihtiyaç ve talepleri gün geçtikçe artmaktadır. Buna paralel olarak karar verici merciler de kendilerini konumlandırmakta ve çözüm üretme konusunda çalışmalarını yoğunlaştırmaktadırlar. Bütün dünyada kentlerin bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak temsil edilmesi çalışmaları sonucunda 3 boyutlu tasarımlar günden güne gelişmiş ve basit bir kutu şekli ile başlayıp detaylı mimari tasarımlara kadar gelinmiştir. Takip eden çalışmalarda bu üç boyutlu tasarımlar detay seviyesine göre sınıflandırılmış ve numaralandırılmıştır. Bu sınıflandırmalar, detay seviyesi teriminin İngilizce karşılığı olan LoD, yani Level of Details terimiyle bir ana başlıkta toplanmıştır. Modelleme çalışmalarına ek olarak, bu çalışmalarda kullanılacak veri ve veri toplama tekniklerinde de gelişmeler yaşanmış ve geleneksel yöntemlere ek olarak eğik (oblik) fotoğrafların fotogrametrik olarak değerlendirilmesi gibi yeni teknikler de kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada eğik kamera ile çekilen eğik görüntülerle bir üç boyutlu kent modeli tasarımı gerçekleştirilerek, değişik alanlarda kent tasarımlarına nasıl katkılar sunulabileceği konusu araştırılmıştır. Ankara ili Gölbaşı İlçesinde seçilen bir uygulama alanında Vexcel firmasının UltraCam Osprey Mark 3 Premium kamerası kullanılarak elde edilen eğik görüntüler UltraMap yazılımı ile değerlendirilmiş mesh modeller ve nokta bulutu verileri kullanılarak, BuildingReconstruction yazılımı ile 3 boyutlu modeller oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda eğik kamera görüntüleri ile 3 boyutlu modellerin, çok kısa sürede ve yüksek hassasiyette elde edildiği görülmüştür. Ayrıca LoD 2.3 seviyesinde üretilen modellerin, yarı otomatik şekilde 3 boyutlu kent modeli üreten yazılımlara göre daha detaylı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### 3D City Models Production with Oblique Photographs and Usage Areas

#### Keywords:

Oblique Photogrammetry  
Level of Details  
3D City Model  
Urban Planning  
3D Cadastre

#### ABSTRACT

Today, with technological developments, people and their demands are increasing day by day. Parallel to this, decision makers also position themselves and intensify their efforts to produce solutions. As a result of the studies of representing the cities in three dimensions in computer environment, 3D designs started with a simple box shape and developed from day to day to detailed architectural designs. In the following studies, these three dimensional designs were classified and numbered according to the detail level. These classifications are grouped under the headline "Level of Detail", LoD. In addition to modeling studies, data and data collection techniques have been developed in these studies and new techniques such as oblique photogrammetry have been used in addition to traditional methods. In this study, a three dimensional city model is designed with oblique images and the question "How to contribute the 3d city models to urban design in different areas?" has been investigated. In an application area selected in Gölbaşı district of Ankara province, images were obtained by using Vexcel's UltraCam Osprey Mark 3 Premium oblique camera, then they are processed with UltraMap software, and the produced mesh models and point cloud data were used to create 3D models with BuildingReconstruction. In addition, it is concluded that the produced models are more detailed than other semi-automatic produced 3-D models.

#### \*Sorumlu Yazar

\*(ceaydin@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0003 - 2064 - 6936  
(eneshalici06@gmail.com) ORCID ID 0000 - 0003 - 2791 - 6265

## 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze, arazi bilgisinin elde edilmesi ve yönetilmesi, insanlar için hep bir merak ve ihtiyaç kaynağı olmuştur. Teknoloji alanındaki gelişmeler, bilginin elde edilmesi ve yönetilmesinde de yeni imkânlar sağlamıştır. İlk başlarda kâğıt üzerine kayıt edilen araziler, teknoloji ile beraber sayısal olarak kaydedilmiş, sahiplerine ve vatandaşlara, daha hızlı bir şekilde sunulmuştur (Yomraloğlu, 2011).

Özellikle teknolojik gelişmeler, 2 boyutlu şekilde sunulan bu arazilerin ve gayrimenkullerin, daha gerçekçi ve 3 boyutlu olarak sunulmasına imkân sağlamaktadır. Buna ek olarak bu gelişmeler, gelecekte 3 boyutlu tasarımlara duyulabilecek ihtiyaçların ortaya konmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde, kent planlaması ve kent bilgisi ile ilgili birçok problem ve ihtiyaç 3 Boyutlu Kent Modelleri sayesinde çözülebilmektedir (Schubiger-Banz vd., 2014).

Bu konuda üretilen 3 Boyutlu Kent Modelleri sadece kent planlamasında değil, kent tasarımında, şehir mobilyalarının tanziminde, altyapı planlarının uygulamalarında, gayrimenkul değerlemesinde, 3 Boyutlu Kadastroda, güvenlik operasyonlarında, kısacası şehre ait tüm hizmetlerde ve planlamalarda kullanılmaktadır (Özmüş vd., 2013).

Bu modeller, şehirlerin ve şehre ait manzaraların sayısal üç boyutlu modellerini depolamak için açık kaynaklı standart veri modeli ve değişim formatı olan CityGML'in tanımladığı farklı detay seviyelerine (LoD) göre üretilebilen ve çok farklı ihtisas alanlarında ve gayelerinde kullanılabilen modellerdir (CityGML, 2019).

Bu alanlardan bir tanesi gayrimenkul değerlendirilmesidir/değerlemesidir. Oluşturulan 3 boyutlu modeller kullanılarak doğruluğu yüksek ölçümler yapılabilen, mevcut değişiklikler kolaylıkla tespit edilebilmekte, gayrimenkul vergilendirmesinin adil yapılması ve gayrimenkullerin, gerçek değerinin bulunması sağlanabilmektedir (Grenzdörffer vd., 2008). Hayatın çok yoğun olarak yaşandığı şehirlerde insanlar artık işlerini internet üzerinden yapmakta bu da, zaman ve emek kaybı konusunda ciddi tasarruflar sağlamaktadır. Bu rahatlıkla birlikte artık insanlar, gayrimenkullerini, yaşadıkları veya yaşamak istedikleri alanları çok değişik kriterlerle bilgisayar ortamında değerlendirmek istemektedirler. Üç boyutlu modellerle birlikte artık insanların, almak istedikleri gayrimenkulün durumu, konumu, çevresi daha hızlı ve daha kaliteli olarak görülebilecek ve emlak sektörü de bundan doğrudan etkilenecektir (Mahdjoubi vd., 2013).

Üç boyutlu modellerin etkin olarak kullanıldığı alanlardan bir diğeri de kadastrodur. Günümüzde nüfusun hızla artması neticesinde arazinin düşey boyutunun yoğun olarak kullanıldığı kent alanlarında farklı mülkiyet birimlerinin üst üste binmesinden dolayı mevcut iki boyutlu kadastro sistemleri bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır (Döner vd., 2011; Aydın, 2008). Buna rağmen, 2 boyutlu kadastroda gösterimi zor olan kat mülkiyeti gibi hakların, 3 boyutlu kent modelleri ile beraber, 3 boyutlu kadastroda kullanılması ve insanların kullanımına sunulması kolaylaşmıştır (Stoter vd., 2013). Bu gelişmeyle beraber, yerüstü ve yeraltındaki yapılar, kayıt altına alınabilmekte, sanal tasarımlar üzerinde gösterilmekte ve yapı bilgisi sunulabilmektedir (Oosterom, 2013).

Bugün dünyanın değişik ülkelerinde Hollanda ve Singapur örneklerinde olduğu gibi kat mülkiyetlerinin, bina ve kat yerleşimlerinin ve alt yapı durumlarının gösterimi, 3 boyutlu modeller kullanılarak kolaylıkla sağlanabilmektedir (Khou, 2011).

Kentsel planlama konusunda da üç boyutlu kent modelleri etkin olarak kullanılmaktadır. Bu modellerin sağladığı görsellik, analiz imkânı, bina gölgelerinin görselleştirilebilmesi ve güçlü ölçüm özelliği, bu modeller üzerinden daha yararlı ve verimli planların yapılabilmesine olanak sağlamaktadır (Xia ve Zhu Qing, 2004). Haydarpaşa Tren Garı ve etrafının modellenerek değişik planlama senaryolarının değerlendirildiği çalışma incelendiğinde, 3 boyutlu modellerin etkisi daha iyi görülmektedir (Buhur vd., 2009). Aynı şekilde 3 boyutlu modeller, afet yönetimi, navigasyon, trafik planlaması ve çevresel etkenlerin yaşam alanları üzerindeki etkilerinin incelenmesi gibi hizmetlerin, sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesinde kullanılabilmektedirler (Biljecki vd., 2015; Chen, 2011). Ayrıca enerji verimi sağlayan akıllı kentlerin tasarlanmasında, 3 boyutlu kent modellerinin avantajları göz ardı edilmemelidir (Amado vd., 2016).

Günümüzde bu konuda gelinen noktada, üç boyutlu kent modelleri sayısal fotogrametri, yersel mobil tarama, mobil lidar gibi tekniklerle yapılabilmektedir (Balsa-Barreiro ve Fritsch, 2018; Heo, Jeong, Park, Jung, Han, Hong ve Sohn, 2013). Bu modeller üretilirken karşılaşılan sorunlardan bir tanesi binaların yan yüzeylerinin, cephelerinin ve çatılarının birlikte değerlendirilebilmesidir. Bu sorunun çözümünde de en doğru ve etkin metotlardan biri yapıların yan yüzeylerinin görüntülenmesini ve ölçülmesini, binaların LoD 2.3 seviyesine yakın modellenmesini sağlayan eğik kamera görüntüleri kullanılarak üretilen 3 boyutlu kent modelleridir (Bakıcı vd., 2017).

Günümüzde, eğik kameranın sağladığı görüntüler, 3 boyutlu kent modellerinin oluşturulmasında aktif olarak kullanılmaktadır (Liang vd., 2016). Eğik kamera teknolojisi, düşey fotoğraf çeken kameraya ek olarak eş zamanlı farklı açılardan eğik fotoğraf çeken kameralar ile oluşturulmuştur (Ayyıldız, 2016). Görüntülerin bu şekilde açılı elde edilmesi, yapıların, sadece çatısının değil, yan yüzeylerinin de görüntülenmesini sağlamaktadır (Xiao vd., 2012). Böylelikle, 3 boyutlu modeller, daha detaylı elde edilebilmekte ve yapıların, yan yüzeyleri hakkında yorum yapılabilir.

Bu çalışmada Ankara Gölbaşı'na ait çalışma alanında 3 boyutlu bir kent modeli tasarımı gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan kent modelinin kente ait değişik uygulama alanlarına olabilecek katkıları ile birlikte özellikle gayrimenkul ve 3 boyutlu kadastr çalışmaları olabilecek katkıları üzerinde durulmuştur. Çalışma sırasında karşılaşılan problemler, veri elde etmedeki güçlükler, muhtemel çok daha geniş kapsamlı çalışmalarda karşılaşılabilecek sorunlar ve bu sorunların çözümünde takip edilen süreçler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde eğik görüntülerin özellikle binaların çevreleri ve cepheleri ile değerlendirilmelerine imkân sağlamaları nedeniyle üç boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında büyük avantajlar sağladığı görülmüştür.

## 2. KENT PLANLAMASI VE ÜÇÜNCÜ BOYUT

Kentsel tasarım, insanlarla onların beraber yaşadığı mekânların bağlantılarını kuran ve kolaylaştıran bir sanattır. İyi bir kent tasarımı tasarımcıların hayal gücü ve duyarlılığı göz önünde bulundurularak göze hitap eden, huzurlu güvenli, erişilebilir sokaklar ve birlikte yaşanılacak mekânların oluşturulmasına yardımcı olabilir. Bugün, gelişen ve değişen hayat standartları ile birlikte, kentsel tasarımın da standartları sürekli değişkenlik göstermektedir. Çevre hassasiyeti, sosyal doku, ekonomik şartlar, kültür, hayat tarzları gibi faktörler kent planlamasını doğrudan etkileyen faktörlerdir. Bunun yanında mimari tasarım, ekonomik gelişme, manzara, gayrimenkul değerlemesi, planlama politikaları için hayati önem taşıyan değerlerdir. Ayrıca günümüz kent planlaması mantığında, planlama yapılacak bölgede yaşayan ve o bölgede yaşamayı düşünen insanların fikirleri, bilgilendirilmeleri, önerileri de büyük önem taşımaktadır. Özellikle planlama alanlarına ait sosyal dokular, eğlence ve rahatlatma yerleri ve kent tasarımının olmazsa olmazı olan bina tasarımları, insanların dikkatini çeken en önemli maddelerin başında gelmektedir (Aydın, 2014).

Teknolojik gelişmelerle birlikte günümüz insanının da kent tasarımına bakışı değişmiş ve kent tasarımında üçüncü boyut her alanda tercih edilir hale gelmiştir. Kente ait konuma dayalı verilerin 3 boyutlu

olarak görselleştirilmesi ile oluşturulan üç boyutlu modeller kentlere ait karar-destek mekanizmalarında, gayrimenkul değerlendirmesinde, iki ve üç boyutlu kadastr çalışmaları, kente ait her türlü yer üstü ve yar altı planlama ve tasarım çalışmalarında kullanılmaktadır (Qin vd., 2015).

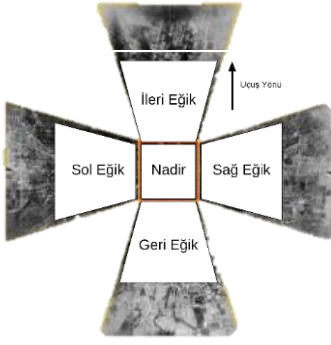
## 3. EĞİK FOTOĞRAFLAR İLE FOTOGRAMETRİ

Eğik fotoğrafların fotogrametrik olarak değerlendirilmesi, 3B şehirlerin yeniden oluşturulması için son zamanlarda geliştirilmiş hızlı, yüksek doğrulukta ve kabul edilebilir hassas sonuçlar veren bir çözümdür. Veri toplama ve işleme teknolojilerindeki hızlı ilerleme ile 3B şehirlerin modellemesinde giderek yaygın olarak kullanımı artan bir araç haline gelmiştir (Yan vd., 2018).

Yüksek çözünürlüklü fotoğraflarla kaplanmış üç boyutlu modeller, bir şehrin mekâna dayalı veri altyapısı ve planlaması için en temel unsurlardan biridir. Bu modeller kentsel planlama, kentsel yönetim, kentsel izleme ve kentsel çevre çalışmaları gibi alanlarda çok sayıda potansiyel uygulamaya sahiptir. Üretilen modeller, gerçek dünyayı daha doğru yansıttığından, farklı durumlar ve olaylarda daha doğru yorumlar yapılabilir, simülasyonlar geliştirilip bu referanslara göre daha yararlı yönetim planları oluşturulabilmektedir. Son yıllarda çeşitli araçların ve eğik fotoğrafların, fotogrametride kullanılması gibi gelişmeler 3B modelleme çalışmaları için son derece faydalı sonuçlar doğurmuştur. Yoğun kent alanlarında karmaşık yüksek binalara sahip alanlarda hava fotogrametrisi ile üretilen görüntülerden elde edilen modeller özellikle bina cephelerinde geometrik kusurlar ve bulanık dokuların oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Mobil lidar sistemleri yakın mesafeli nesnelerin küçük alanlarda yüksek çözünürlüklü nokta bulutları ile elde edilmesinde çok yetenekli olmasına rağmen çok geniş alanlarda özellikle eğik bina cephelerinin elde edilmesinde etkili sonuçlar verememektedir. Ancak eğik kamera ile elde edilen görüntülerle oluşturulan çözümler 3B modellerin geometrisini ve dokusunu uygun hale getirmek için çok anlamlı sonuçlar sunmaktadır (Sun Y. vd., 2018; Yalçın ve Selçuk, 2015).

Geleneksel düşey hava görüntülerinin, yüksek eğik açılardan elde edilen eğik görüntüler ile birleştirildiği ve eğik görüntülerden alınan doku verisinin giydirilerek 3B kent modellerinin elde edildiği yöntem, fotogrametride kullanılan yeni bir yöntemdir. Şekil 1'de görüldüğü gibi düşey hava kamerasının yanına 4 kamera daha dâhil edilerek görüntüler elde edilir. Diğer kameralar, uçağın uçuş yönüne göre uçağın önüne, arkasına, soluna ve sağına bakmaktadır (Yalçın ve Selçuk, 2015).



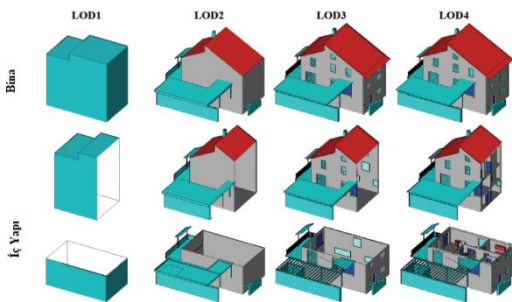


Şekil 1. Eğik fotoğraf alımı

Düşey hava görüntülerinin yanı sıra 4 yönden de görüntü alınmasının birçok avantajı vardır. Bunlardan bazıları;

- Kör noktaların görülebilir hale gelmesi,
- Ayırt edilmesi güç olan nesnelerin belirlenmesi,
- Yapıların sadece üstten değil, tüm cephelerden görüntülenebilmesi,
- Arazi üzerinde mesafe, yükseklik ve eğim ölçülerinin gerçekleştirilebilmesi, şeklinde sıralanabilir (Ayyıldız, 2016).

Eğik fotoğrafların, avantajlarının yanında, elde edilen verilerin detay seviyesi LoD 2.3 seviyesini yakalamakta, bu durum da oluşturulan kent modellerinin yorumlanmasında avantaj sağlamaktadır. Düşey hava görüntüleri ile LoD 2.0 seviyesi elde edilebilmektedir. Eğik fotoğraflar kullanılarak elde edilen nokta bulutu ve üçgen model verilerinde, bu detay seviyesinin, LoD 2.3 seviyesini bulduğu görülmektedir (Yalçın ve Selçuk, 2015) (Şekil. 2).



Şekil 2. Üç boyutlu modellemede detay seviyeleri (CityGML, 2019)

Bir binanın en basit geometrik temsili, basit bir dikdörtgen bloktan oluşur. Bu blok modeli, CityGML 'nin Detay 1 (LoD1) Seviyesine eşdeğerdir. Detay 2 'nin Seviyesi (LoD2), çatı formunu bina seviyesine ekler, detay penceresinin 3 (LoD3) seviyesi, cephe pencerelerinin konumlandırılmasına eklenir ve Detay 4 (LoD4), iç mekânın modellenmesini içerir. Çalışmaya konu olan detay 2.3 seviyesi ise, detay 2 seviyesindeki modelin, çatı

saçaklarının oluşturulması ve çatı üzerindeki büyük detayların eklenmesi ile elde edilir.

## 4. ÜÇ BOYUTLU KENT MODELLERİ

### 4.1. Kullanım Alanları

Elde edilen 3 boyutlu kent modelleri, genel olarak 5 ana uygulama alanına sahiptir. Bu alanlar;

- Vergi değerlemesi,
- Gayrimenkul değerlemesi,
- Askeri ve güvenlik operasyonları,
- Kent ve altyapı planlaması,
- 3 boyutlu kadastro yapımı ve yönetimi, şeklinde gruplanabilir (Yastıklı vd., 2017).

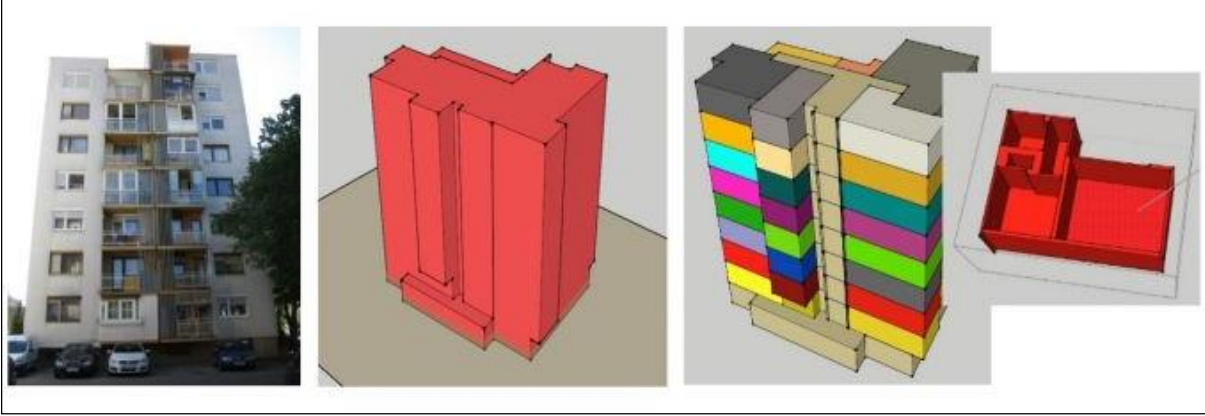
Eğik fotoğrafların avantajları arasında yer alan hassas mesafe, yükseklik ve alan ölçümleri, vergi değerlemesi için efektif bir şekilde kullanılabilir. Bu şekilde vergi oranları, daha adaletli dağıtmakta ve vergi gelirlerinde artış elde edilmesi sağlanmaktadır. Eğik fotoğraflar kullanılarak elde edilen 3 boyutlu modeller, dairelerin kendisinin ve çevresinin, daha doğru ve daha gerçekçi analiz edilebilmesini sağlamaktadır. Oluşturulan kent modelleri üzerinde güneş ve gölge analizleri yapılabilmektedir. Bu incelemelerin yapılabilmesi, gayrimenkullerin değerini, daha doğru ve ederine en yakın şekilde bulmasını sağlamaktadır. Bu durum gayrimenkul satışını da hızlandırmaktadır. Eğik fotoğraflar ile kör noktaların görülebilir hale gelmesi, askeri ve güvenlik operasyonlarının başarısını da arttıracaktır. Bir operasyon sürecinde kör nokta kalmaksızın, operasyon alanının bilinmesi, verilecek olan zayıfın en aza inmesini, operasyonun hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini ve en önemlisi olabilecek can kayıplarının önlenmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca, olası bir afet durumunda hassas ve hızlı bilgi sağlaması, giriş-çıkış ve tahliye güzergâhlarının planlanmasında harika bir araçtır. Kriz öncesinde, afet planlamasında ise yapıların çok yönlü incelenebilir olması büyük bir avantajdır (Xi vd., 2017; Zheng, 2018).

Bir kentin ya da yeni bir yerleşim yerinin planlanmasında 3B kent modellemesi, düşey hava görüntülerinden belirlenemeyen nesnelerin eğik görüntülerden tespit edilmesi, ulaşım yollarının, alt yapıların tesislerinin değerlendirilmesi gibi birçok alanda faydalar sağlamaktadır. Sokak aydınlatmaları, elektrik direkleri gibi düşeyde tespit edilmesi zor olan nesnelerin tespiti kolaylaşmaktadır. Ayrıca yapılması düşünülen yapılarda, görüş hattı analizleri yapılabilmesi olanağı, kent planlamalarında önemli bir yere sahiptir.

Oluşturulan 3 boyutlu kent modelleri, 3 boyutlu kadastro projeleri için mükemmel bir altlık

oluşturmaktadır. Öncesinde de belirtildiği gibi, arazi faaliyetlerinin gerçekleştirilmesini mümkün kılar. Eğik fotoğraflar ile elde edilen 3 boyutlu kent modellerinin, gerçeğine çok yakın olması ve yapıların, gerçekteki mimarisine benzer şekilde sanal ortamda elde edilmesi, mülkiyet haklarının daha iyi ifade edilebilmesine

üzerinde hassas ölçüler alınabilmesi, kadastro olarak sağlamaktadır. Mevcut 2 boyutlu kadastrada, açık şekilde ifade edilemeyen kat mülkiyeti, bu yöntem ile elde edilen 3 boyutlu modellerde, rahatlıkla gösterilebilmektedir (Şekil 3; Lisec vd., 2017).



Şekil 3. Üç boyutlu bina modellerinde kat mülkiyeti(; Lisec vd., 2017)

Şekil 3'de de gördüğünüz üzere, yapılar, sanal ortamda bağımsız bölümlere ayrılabilmekte ve kat planları modellenip gösterilebilmektedir. Oluşturulan kent modelleri, mimari projelerden elde edilen kat modelleri ile birleştirilerek 3 boyutlu kadastro için bir altlık oluşturulabilmektedir.

#### 4.2. Üretim Metotları

Kent modellerinin üretimi aşamasında 3 metot vardır. Bunlar; manuel, yarı otomatik ve otomatik yöntemlerdir. Manuel yöntem; operatörün, binayı, nokta bulutu üzerinden 3 boyutlu çizmesi metodudur. Bu yöntem çok fazla zaman almaktadır ve tamamı ile operatörün yorumuna dayalıdır. Otomatik yöntem, bir yazılımın sayısal yüzey modeli üzerinde, içerisinde bulunan 3 boyutlu model kütüphanesi ile eşleşmeleri bularak kent modelini üretmesi metodudur. Belirli bir mimari dokusu olan şehirler için hızlı, doğru ve mantıklı bir yöntemdir (Doğru ve Şeker, 2009; Büyükdemircioğlu vd., 2018). Fakat Ankara ya da İstanbul gibi hem kalabalık hem de çeşitli çatı şekillerine sahip şehirlerde bu yöntem sağlıklı işlememektedir. Bu çalışmada kullanılan yarı otomatik yöntemde binaların çatıları, Ortofoto veya bindirmeli görüntüler üzerinden 2 veya 3 boyutlu çizilir ve yazılıma sayısal yüzey modeli ile beraber girdi verisi olarak verilir. Çatı geometrilerine daha yakın, binaların görüntüsüne daha benzer modeller elde edilir.

#### 5. UYGULAMA

Bu bölümde; yapılan çalışmanın alanı, kullanılan yazılımlar ve uygulama içeriğinden bahsedilmiştir. Uygulama alanı ve metotlar tanıtılmıştır.

##### 5.1. Uygulama Alanı

Bu çalışmada; Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından, Ankara ili Gölbaşı ilçesi üzerinde (Şekil 4), Şubat 2018 tarihinde, Vexcel Imaging firmasının UltraCam Osprey Mark 3 Premium kamerası ile yapılan uçuş sonrası elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu kamera sisteminde düşey pozisyonda, renkli ve kızılötesi özellikli bir kamera ve 45° derece açılarla kenarlara doğru yerleştirilmiş 4 kamera bulunmaktadır. Veriler ortalama 1500 m uçuş yüksekliğine, düşey görüntülerde yaklaşık 10 cm, eğik görüntülerde ise yaklaşık 12 cm çözünürlüğe sahiptir. Bu çözünürlük değerleri, yer örnekleme aralığı (YSA ya da GSD) dediğimiz, yer yüzeyinde tanımlanabilecek en küçük obje boyutunu göstermektedir.

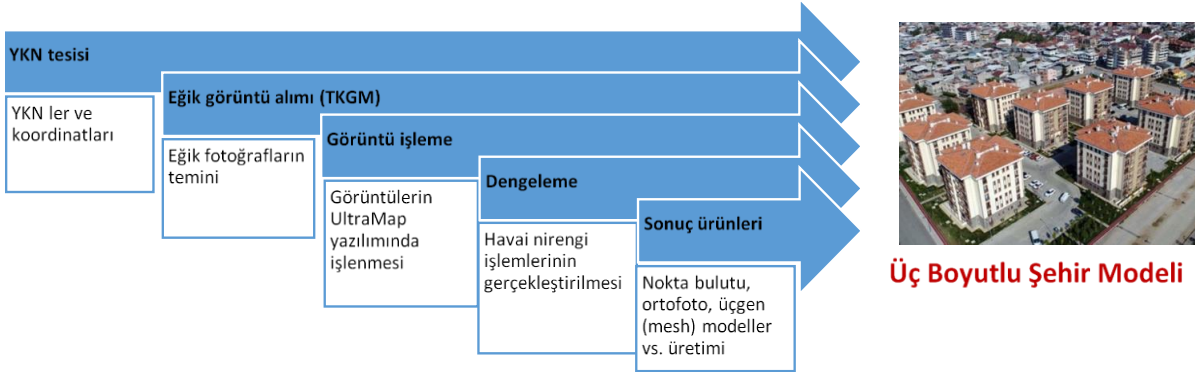
Uygulama alanı yaklaşık 69km<sup>2</sup> lik bir alanda Seğmenler Mahallesi'ndeki 12 bina kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında daha önceden zemin tesisleri yapılmış 15 yer kontrol noktaları (YKN) mevcut olup bu noktalarla dengeleme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Uygulama alanı

Şekil 5'te de görüldüğü gibi genel iş akış şeması yer kontrol noktalarının tesisinden görüntü teminine, fotogrametrik veri üretiminden sonuç ürünlerinin elde edilmesine kadar bir dizi işlemi ifade etmektedir. Sayısal yüzey modeli (SYM) üretimi LASTools, binaların CAD ortamında temsil edilmesi Feature Manipulation Engine (FME), çatıların çizilmesi QGIS, binaların üç

boyutlu olarak oluşturulması BuildingReconstruction, bina cephelerine fotoğraf bilgilerinin giydirilmesi CityGRID programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Makalenin takip eden bölümlerinde iş akış şeması hakkında detaylı bilgi verilecektir.

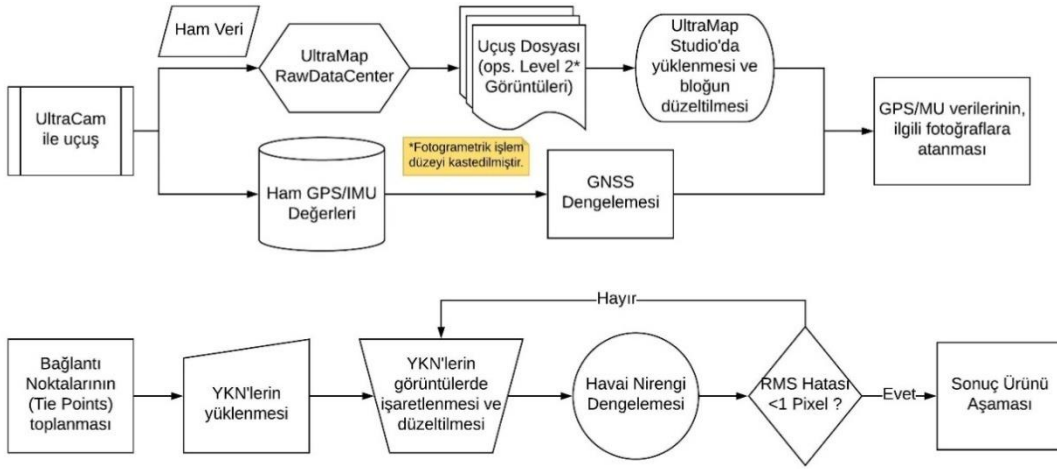


Şekil 5. 3B şehir modeli uygulamasının genel iş akış şeması

## 5.2. Dengeleme, Ortofoto ve Nokta Bulutu Üretimi

UltraCam ile elde edilen ham görüntülerin dengelenmesi, sadece aynı firmanın UltraMap yazılımı ile yapılabilmektedir (Şekil 6).Aşağıdaki şekilde, yazılım içerisindeki işlem akışı gösterilmiştir. Öncelikle işlemler, RawDataCenter modülünden başlamaktadır.

RawDataCenter 'da, kalibrasyon dosyası kullanılarak, kamera tanıtılır ve ham veriler girdi olarak verilir. Yaklaşık 2 saat süren bu işlemin sonunda RawDataCenter, uçuş dosyası ile beraber görüntüleri oluşturur. Oluşturulan uçuş dosyası, Studio modülünde açılır ve blok üzerinde gerekli ise düzeltme yapılır.



Şekil 6. UltraMap programı fotogrametrik iş akış şeması

İşlemin devamında dengelenmiş olan GPS/IMU verileri, programa aktarılır. Yazılım aracılığı ile bindirmeli görüntüler arasında otomatik olarak bağlantı noktaları toplanır. Daha sonra uçuştan önce işaretlenmiş ve ölçülmüş yer kontrol noktaları yazılıma aktarılır. Burada yer kontrol noktalarının (YKN) kullanılmasının amacı üretilen verilerin yatay ve dikey mesafede doğruluğunu arttırmaktır.

Yazılım, YKN'leri otomatik olarak görüntüler ile eşleştirir. YKN'ler, manuel olarak, eşleşen görüntüler üzerinde kontrol edilir ve gerekli ise yerleri düzeltilir. İlk işlem olarak havai nirengi dengelemesi yapılır. Hesaplanan ortalama karekök hatalarının (RMSE) 1 pikselin altında olması gereklidir. Eğer değil ise YKN işaretleri tekrar kontrol edilir ve görüntü üzerinde

daha hassas işaretlenmesi hedeflenir. Her işaret yeri değişikliğinden sonra, tekrar havai nirengi dengelemesi yapılması zorunludur. Bu işlem tekrarlanarak hatalar 1 pikselin altına düşürülür.

Şekilde, dengeleme sonuç değerleri görülmektedir (Şekil 7). 216 adet görüntüden 13697 tane bağlama noktası (tie point) otomatik olarak toplatılmış ve 15 adet YKN ile WGS84/ UTM Dilim 36 koordinat sisteminde ortalama 9 santimetre yer örnekleme aralığı (GSD) ile dengelenmiştir. Ortalama karekök hatası hesabına göre; x koordinatında 3,8 cm, y koordinatında 2,8 cm ve z değerinde 6,9 cm hata payları ile dengeleme ve koordinatlandırma sonuçlanmıştır.



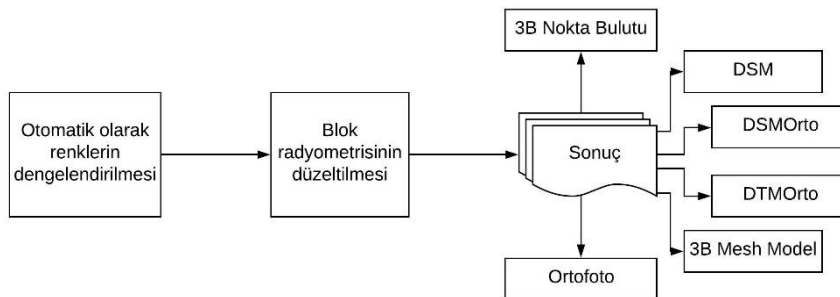
**Tablo 1.** Dengeleme Raporu

Genel Bakış			
Proje / Blok	GLB / GOLBASI		
Çekilme Zamanı	1 gün: (9.02.2018 08:58 - 9.02.2018 09:31)		
Kameralar / Kalibrasyon	UltraCam Osprey Mark 3 Premium f120 / 423S81174X015184-f120 [2]		
Oturumlar / Hatlar	1 / 4		
Çekimler / Fotoğraflar	36 / 216		
Bağlama Noktaları / Manüel Bağlama Noktaları	13697 / 0		
Yer Kontrol Noktaları / Denetleme Noktaları	15 / 0		
Ortalama YÖA [1/px]	0.093		
Ortalama Fotoğraf Ölçeği	18.864		
Koordinat Sistemi [EPSG Kodu]	32636		
Sigma Değeri	0.57		
Görüntü Ölçüm Hataları [px]	Ortalama	Maksimum	Sayı
Nadir (Bağlama Noktaları)	0.09	0.99	72285
Nadir (Kontrol Noktaları)	0.22	0.50	89
Nadir (Denetleme Noktaları)	0.00	0.00	0
Nadir (Manüel Bağlama Noktaları)	0.00	0.00	0
Oblique (Bağlama Noktaları)	2.23	9.97	19978
Değerler	RMS	Maksimum	Sayı
Yer Kontrol Noktaları (X/Y/Z) [1/1000]	18/25/30	32/51/59	14
Düşey Kontrol Noktaları (Z) [1/1000]	0	0	0
Yatay Kontrol Noktaları (X/Y) [1/1000]	0/0	0/0	0
Yer Denetleme Noktaları (X/Y/Z) [1/1000]	0/0/0	0/0/0	0
GPS (X/Y/Z) [1/1000]	38/28/69	96/48/141	36
IMU (Omega/Phi/Kappa) [mgon]	10.2/13.6/3.8	16.1/25.1/7.0	36
Hata İstatistikleri	Test Değeri = Sigma Değeri (Sonraki) / Sigma Değeri (Önceki)		
Görüntü Konumu	1.11		
Görüntü Konumu (X/Y/Z)	0.99/0.66/1.44		
Görüntü Dönüklüğü	0.92		
Görüntü Dönüklüğü (Omega/Phi/Kappa)	0.94/1.25/0.35		
Görüntü Ölçüleri	0.22		
Yer Kontrol Noktalarının Koordinatları	0.54		
Yer Kontrol Noktalarının Koordinatları (X/Y/Z)	0.40/0.56/0.70		

Kaynak: UltraMap Aerial V4.4.2 AT Raporu

İş akışının devamında blok radyometrisi ve isteğe bağlı olarak tek tek görüntülerin radyometrisi düzenlenir. Akabinde, yine isteğe bağlı olarak, 3 boyutlu nokta bulutları ve 3 boyutlu mesh modellerin üretimi yapılabilir ya da OrthoProduction modülüne

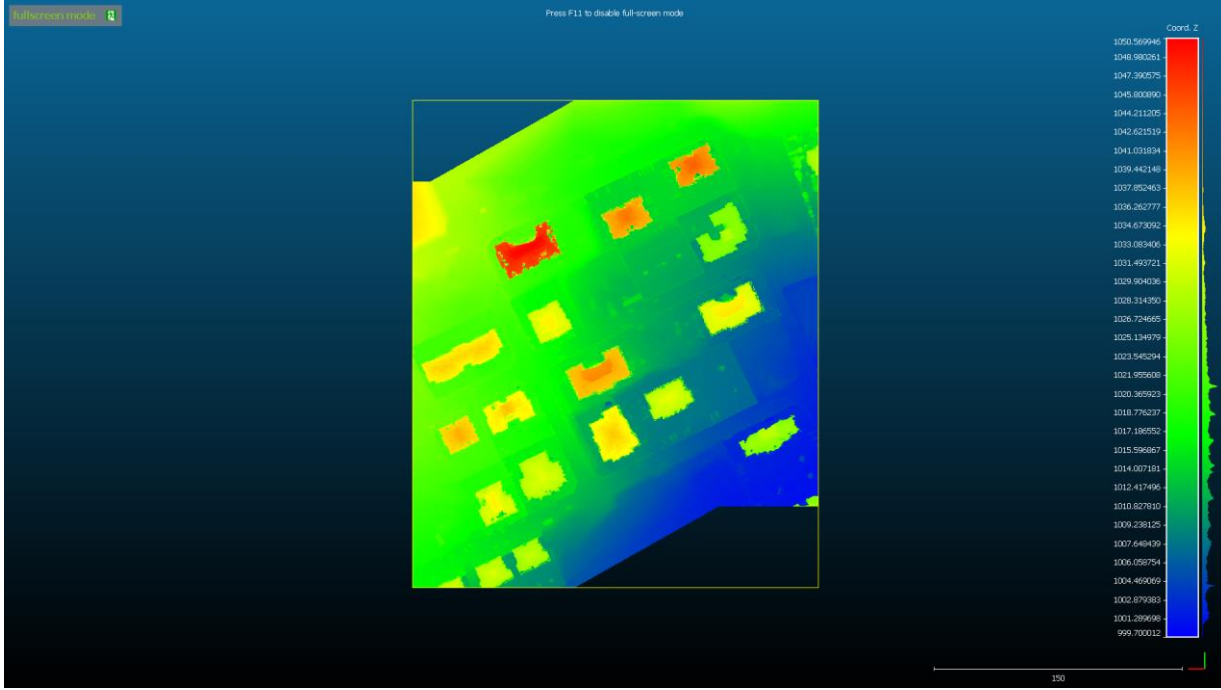
geçilerek SYM, Ortofoto, SYMOrtho ürünlerinin düzenlenmesi ve üretilmesi işlemleri uygulanır. Yapılan çalışmada UltraMap yazılımı kullanılarak 3 boyutlu nokta bulutları, 3 boyutlu mesh modeller ve ortofotolar 1 hafta süre içerisinde üretilmiştir (Şekil 8).

**Şekil 7.** Üretilen sonuç ürünleri

### 5.3. Kent Modeli için Gerekli Verilerin Hazırlanması

3 boyutlu kent modelinin yarı otomatik yöntem ile üretildiği bu çalışmada SYM ve binaların poligon çizimleri girdi verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 9). UltraMap üzerinden üretilen nokta bulutu kullanılarak,

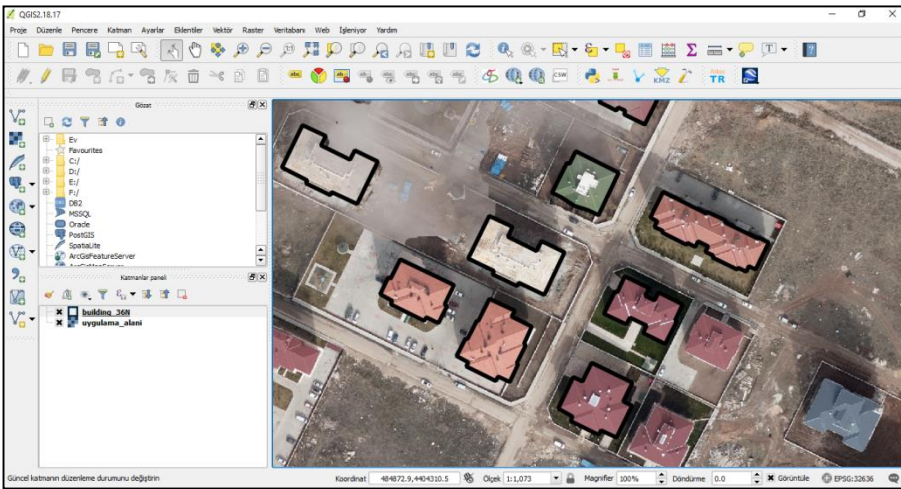
LAStools programında, sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Üretilen nokta bulutunda 16.483.560 nokta bulunmaktadır ve 240 pts/m<sup>2</sup> nokta yoğunluğuna sahiptir. Sayısal yükseklik modeli üretiminde ise ızgara aralığı olarak 25 cm belirlenmiş ve 4 saatlik işlem süresi sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 8. LAStools yazılımı ile üretilen sayısal yükseklik modeli

Takip eden aşamada UltraMap yazılımından parça parça alınan uygulama alanının ortofotosu, FME yazılımı aracılığı ile birkaç dakika içerisinde birleştirilmiş ve mozaiklenmiştir. Oluşturulan yükseklik modeline ek olarak QGIS yazılımında birleştirilmiş ortofoto üzerinden, oluşturulmak istenen

binaların çatıları 2 boyutlu ve koordinatlı şekilde 2 saatlik bir çalışma sonucunda çizilmiştir. Çizim yapılırken, oluşturulan poligonlara çizimi yapılan binanın istenilen öznelikleri girilmiştir (Şekil 10).

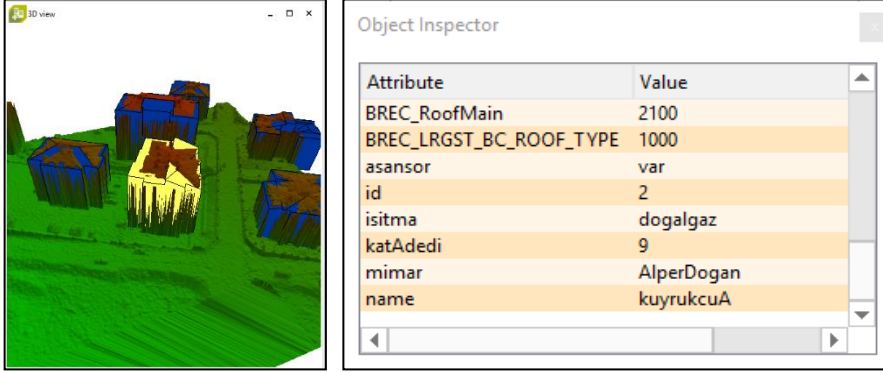


Şekil 9. QGIS ortamında bina çatılarının sayısallaştırılması

#### 5.4. Kent Modeli Üretimi

Kent modeli üretimi için öncelikle elde edilen sayısal yükseklik modeli ve binaların vektör poligon verileri, BuildingReconstruction programına

aktarılmıştır. Yazılım, aktarılan verilerden, çizilen binaların, katı modellerini 12 bina için yaklaşık 10 dakikalık bir sürede oluşturmuştur (Şekil 11). Daha sonra, oluşturulan katı modeller, vektör ve CityGML dosya formatında kaydedilmiştir.

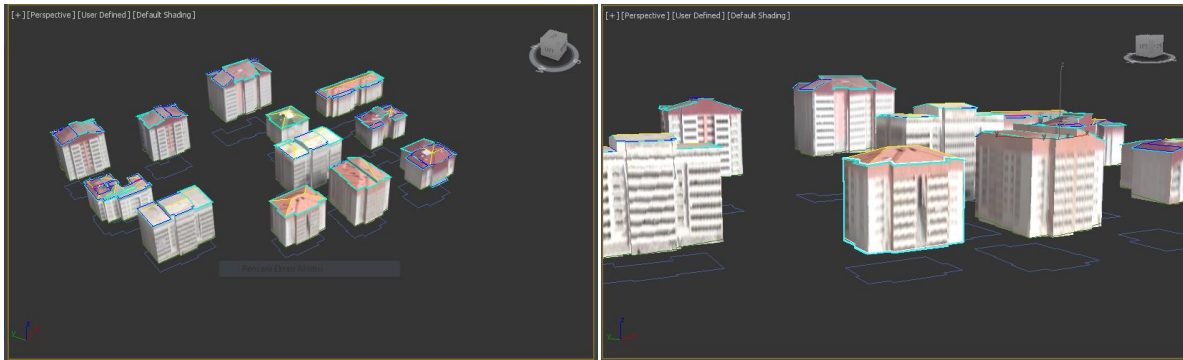


Şekil 10. Oluşturulan katı modeller ve öznelik bilgileri

Üretilen katı modeller, FME yazılımında dönüşümler gerçekleştirilerek otomatik kaplama yazılımına hazır hale getirilmiştir. FME yazılımında bina saçaklarını göstermek amaçlı, çatı kenarlarından 50 santimetre daha içeride olacak şekilde taban izi poligonları oluşturulmuştur. İşlemlerin devamında modeller, otomatik kaplamada kullanılacak CityGRID yazılımının işlem formatına dönüştürülmüştür. CityGRID yazılımı kendi XML formatına sahiptir ve binaların yüzey oluşumları yerine çizgi oluşumlarını

kullanmaktadır. CityGML formatındaki bina modelleri otomatik kaplama için CityGRID yazılımında kullanılmak üzere CityGRIDXML formatına çevrilmiştir.

Bu aşamada son olarak CityGRID yazılımında, oluşturulan 3 boyutlu bina modelleri, eğik görüntüler, Sayısal Arazi Modeli ve binaların CBS verileri, girdi olarak kullanılmış ve görüntülerden modellerin otomatik kaplaması sağlanmış (Şekil 12), bu süreç 12 bina için yaklaşık 1 saatlik bir çalışma sonucunda tamamlanmıştır.



Şekil 11. 3dsMax ortamında uygulama alanına ait eğik görüntülerle kaplanmış binalar

Ürünlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla 12 binadan 1'inin resmi mimari projesi elde edilmiş, mimari proje ve 3 boyutlu modeller üzerinde, binanın

yan yüzeylerinden ve çatısından toplam 5 adet uzunluk ölçülmüştür. Yapılan yatay ve düşey uzunluk ölçümleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Ölçülen yatay ve düşey uzunluklar

	Model üzerinden Ölçülen Uzunluk (cm)	Mimari Proje üzerinden Ölçülen Uzunluk (cm)	Farklar (cm)
Yatay Uzunluklar			
A Blok Ön Yüzey üzerindeki Uzunluk (Düşey)	2131 cm	2130 cm	1 cm
A Blok 1. Yan Yüzey üzerindeki Uzunluk (Yatay)	646 cm	710 cm	64 cm
A Blok 2. Yan Yüzey üzerindeki Uzunluk (Yatay)	599 cm	645 cm	46 cm
A Blok Çatı üzerindeki 1. Uzunluk (Yatay)	812 cm	810 cm	2 cm
A Blok Çatı üzerindeki 2. Uzunluk (Yatay)	2587 cm	2580 cm	7 cm



## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada bütün dünyada kent yönetimi ve planlaması için aktif olarak kullanılan ve gelişime açık olan 3B kent modelleri, son yıllarda çok sık kullanılmaya başlanan eğik görüntülerle beraber değerlendirilmiş ve seçilen alanında uygulama aşaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama ile eğik görüntüler, iki ve üç boyutlu sayısal fotogrametrik haritalar ve mevcut veriler kullanılarak LoD2.3 detay seviyesinde, binalara gerekli öznetelik bilgileri eklenmiş, otomatik olarak doku giydirilmesi yapılarak 3B model oluşturulmuştur. İşlem aşamaları ve üretilen değerler hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

Bu kapsamda, eğik görüntülerle üretilen 3B modellerin detay yakalama kapasitesinin yüksek olduğu görülmüştür. Eğik görüntülerin bina cephelerini çok daha iyi temsil ettiği düşünüldüğünde kısa zamanda binalar hakkında toplanılacak envanter bilgileri noktasında diğer yöntemlerle üretilen modellere nazaran daha avantajlı olduğu müşahade edilmiştir. Ayrıca günümüzde 2B kadastro çalışmalarına ek olarak sürdürülen 3B kadastro çalışmalarına çok olumlu katkılar sağlayacağı ayrı bir araştırma konusudur.

Günümüz insanının gelişen teknoloji ile birlikte artan ihtiyaçlarının karşılanması konusunda eğik fotoğraflarla üretilen bu 3B kent modellerinin, kat mülkiyetinin 3B olarak sunulması, gayrimenkullerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi, görüş, güvenlik ve değerlendirme analizlerinin yapılması gibi kriterlerle ele alınmasında sağlayacağı katkıların ciddi boyutlara ulaşacağı kanaatine varılmıştır.

Bu gibi çalışmalarda bir çok veri, yazılım, kısıtlı kullanım ve veri formatı kullanıldığı için çalışma sırasında bazı işlemlerin defaatle yapılması, veri uyumsuzluğu gibi yaşanan aksaklıklarda zaman kaybı yaşanabilmektedir. Bu çalışmada aynı sorunlarla karşılaşmıştır. Özellikle eğik verinin elde edilmesi başlı başına bir sorun olmakla birlikte, ilave bir problem de verinin aynı misyonun ürettiği yazılımla işlenebilmesi zorunluluğudur. Bu aşama yapılan çalışmanın sıkıntılı aşamalarında birini teşkil etmiştir.

Bu çalışma ile, üç boyutlu modellerin üretimi ve geliştirilmesinin öne çok açık bir konu olduğu sonucuna varılmıştır. Yeni formatlar, yazılım kabiliyetleri ve kullanıcı istekleri de göz önünde bulundurulduğunda 3B kent modellerinin ve özelde bu çalışmanın konusu olan eğik görüntülerle üretilen modellerin geliştirilmesi, modellerin iyileştirme alanlarının incelenmesi, 3 boyutlu mimari projeler kullanılarak detay seviyesinin arttırılması, bina bağımsız bölümlerinin modellere eklenmesi bir konularda akademik camiada teşvik edici çalışmalar yapılması ve yaptırılmasının faydalı olacağı görüşüne ulaşılmıştır.

## TEŞEKKÜR

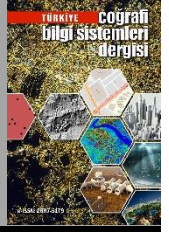
Bu çalışma için eğik fotoğrafları temin ettiğimiz Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü 'ne ve Bilgi Teknolojileri Daire Başkanı Sedat Bakıcı 'ya , kamera yazılım lisansını sağlayan Atay Mühendislik Firması 'na ve üç boyutlu modelleme ve kaplama kapsamında destek aldığımız UVM Systems ve Alpaslan Tütüneken 'e teşekkürlerimizi bir borç biliriz.

## KAYNAKÇA

- Amado, M., Poggi, F. ve Amado, A. (2016). Energy Efficient City: A Model for Urban Planning. *Sustainable Cities and Society*. 26. 476-485.
- Aydın, C. C. (2014). Designing Building Façades for the Urban Rebuilt Environment with Integration of Digital Close-Range Photogrammetry and Geographical Information Systems. *Automation in Construction*, 43, 38-48.
- Aydın, C. C. (2008). Usage of Underground Space for 3D Cadastre Purposes and Related Problems in Turkey. *Sensors*. 8, 11, 6972-6983.
- Ayyıldız, E. (2016). Eğik Resim Fotogrametri İle Veri Üretimi. *Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu, 5-7 Ekim 2016, Adana*.
- Bakıcı, S., Erkek, B., Ayyıldız, E. ve Özmüş, L. (2017). The Use of 3D City Models Form Oblique Images on Land Administration. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. IV-4/W4. 117-121*.
- Balsa-Barreiro, J. ve Fritsch, D. (2018). Generation of Visually Aesthetic and Detailed 3D Models of Historical Cities by Using Laser Scanning and Digital Photogrammetry. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Volume 8, Pages 57-64, ISSN 2212-0548*.
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S. ve Çöltekin, A. (2015). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*. 2015, 4, 2842-2889.
- Buhur, S., Ross, L., Büyüksalih, G. ve Baz, I. (2009). Planlama Aktiviteleri için 3-Boyutlu Kent Modeli Örnek Uygulaması: Haydarpaşa Tren İstasyonu, Haydarpaşa Limanı ve Geri Sahası. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım 2009, İzmir*.
- Büyükdemircioğlu, M., Kocaman, S. ve Isikdag, U. (2018). Semi-Automatic 3D City Model Generation from Large-Format Aerial Images. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 7. 339.
- Chen, R. (2011). The Development of 3D City Model and Its Applications in Urban Planning. *Proceedings - 2011 19th International*

Conference on Geoinformatics,  
Geoinformatics 2011. 1-5.

- CityGML Anasayfası, <https://www.citygml.org/>. Erişildi 23.11.2018.
- Doğru, A. Ö. ve Şeker, D. Z. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde 3B Kent Modelleme Olanaklarının İrdelenmesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım 2009, İzmir*.
- Döner, F., Bıyık, C., ve Demir, O. (2011). Dünyada Üç Boyutlu Kadastro Uygulamaları. *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1822, Nisan, Ankara*.
- Grenzdörffer, G. J., Guretzki, M., ve Friedlander, I. (2008). Photogrammetric Image Acquisition and Image Analysis of Oblique Imagery. *The Photogrammetric Record* 23(124):372 – 386.
- Heo, J., Jeong, S., Park, H., Jung, J., Han, S., Hong, S. ve Sohn, H. (2013). Productive High-Complexity 3D City Modeling with Point Clouds Collected From Terrestrial Lidar. *Computers, Environment and Urban Systems*. 41. 26–38.
- Khoo, V. H. S. (2011). 3D Cadastre in Singapore. *2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16-18 November 2011, Delft, the Netherlands*.
- Liang, J., Shen, S., Gong, J., Liu, J. ve Zhang, J. (2016). Embedding User-Generated Content into Oblique Airborne Photogrammetry-Based 3D City Model. *International Journal of Geographical Information Science*. 31. 1-16.
- Lisec, A., Ferlan, M. ve Tekavec, J. (2017). Towards a 3D Cadastre in Slovenia, 3D Modelling of a Cadastral Treasure in Slovenia. *GIM International*, 31(4):35-37, April 2017.
- Mahdjoubi, L., Moobela, C., ve Laing, R. (2013). Providing Real-Estate Services through the Integration of 3D Laser Scanning and Building Information Modelling. *Computers in Industry, Volume 64, Issue 9, December, Pages 1272-1281*.
- Oosterom, P. (2013). Research and Development in 3D Cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*. 40. 1–6.
- Özmüş, L., Erkek, B., Ateş, H. B., Özer, E., ve Bakıcı, S. (2013). Eğik Resim Fotogrametrisi ve Arazi Yönetiminde Kullanım Alanları. *TUFUAB2013 VII. Teknik Sempozyumu, Trabzon*.
- Qin, J., Fang, C., Wang, Y., Li, G. ve Wang, S. (2015). Evaluation of Three-Dimensional Urban Expansion: A Case Study of Yangzhou City, Jiangsu Province, China. *Chinese Geographical Science*, 25, 224-236.
- Schubiger-Banz, S., Arisona, S. M. ve Zhong, C. (2014). Enhancing Photogrammetric 3D City Models with Procedural Modeling Techniques for Urban Planning Support. *Earth and Environmental Science* 18.
- Stoter, J., Ploeger, H. ve Oosterom, P. (2013). 3D Cadastre in the Netherlands: Developments and International Applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*. 40. 56–67.
- Sun, Y., Sun, H., Yan, L., Fan, S. ve Chen, R. (2016). RBA: Reduced Bundle Adjustment for Oblique Aerial Photogrammetry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 121, Pages 128-142, ISSN 0924-2716*.
- Wu, B., Xie, L., Hu, H., Zhu, Q. ve Yau, E. (2018). Integration of Aerial Oblique Imagery and Terrestrial Imagery for Optimized 3D Modeling in Urban Areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 139, Pages 119-132, ISSN 0924-2716*.
- Xi, W., Li, G., Li, D., Zhao, Z. ve Song, J. (2017). Application of Oblique Photogrammetry in Real Estate Surveying and Mapping. *2017 International Conference on Electronic, Control, Automation and Mechanical Engineering ISBN: 978-1-60595-523-0*.
- Xia, Z. ve Zhu Qing, B. (2004). Applications of 3D City Models Based Spatial Analysis to Urban Design. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*
- Xiao, J., Gerke, M. ve Vosselman, G. (2012). Building Extraction From Oblique Airborne Imagery Based on Robust Façade Detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 68, 2012, Pages 56-68, ISSN 0924-2716*.
- Yalçın, G. ve Selcuk, O. (2015). 3D City Modelling with Oblique Photogrammetry Method. *Procedia Technology*, 19, 424 – 431.
- Yan, J., Jaw, S. W., Son, R. V., Soon, K. H. ve Schrotter, G. (2018). Three-Dimensional Data Modelling for Underground Utility Network Mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4*.
- Yastıklı, N., Çetin, Z., Üçok, U. ve Koçdemir, K. H. (2017). Fotogrametrik Harita ve LiDAR Verileri ile 3B Kent Modeli Üretimi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*.
- Yomralıoğlu, T. (2011). Dünya’da Arazi Yönetimi. *Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul*.
- Zheng, Z. (2018). The Application Research of Oblique Photogrammetry Technology in Road Planning. *Earth and Environmental Science* 192, 01207.



## Araştırma Makalesi

### Türkiye Topoğrafik Vektör Veritabanı'nın (TOPOVT) Farklı Ölçek ve Alanlardaki Kullanımı İçin Veri Modeli Değişikliği Yaklaşımının Belirlenmesi: Karayolu Şeması Örneği

Bekir Yüksel<sup>1</sup>, Mustafa Canıberk<sup>1</sup>, Altan Yılmaz\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harita Genel Müdürlüğü, Fotogrametri Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

#### ÖZ

#### Anahtar Kelimeler:

TOPOVT  
Model Değişikliği Topoğrafik  
Vektör Veritabanı  
Veri Yapısı

Türkiye Topoğrafik Vektör Veri Tabanı (TOPOVT), 1:25,000 ölçekli standart topoğrafik haritaların üretilmesi amacıyla hazırlanan detay tanımlarına göre üretilmiş topoğrafik detaylar ile eş yükselti eğrileri, mevki ve yerleşim yeri isimlerini içeren, üretim indeksi sınırlarındaki sürekliliği sağlanmış üç boyutlu topolojik bir coğrafi vektör veri tabanıdır. TOPOVT ilk sayısal veri kümesinin üretilmeye başlanması ile beraber detay sınıfları ve alttıplerinin belirlenmesinde; öznitelik değerlerinin ifadesini mümkün kılacak olan tanımların yapılması, çalışma ortamının imkân ve kabiliyetleri çerçevesinde bir gereklilik olarak ortaya çıkmıştır. TOPOVT verilerinin farklı alanlarda kullanılmaya başlanması ve de farklı ölçeklerdeki harita üretimine altlık teşkil etmeye başlaması ile TOPOVT'den türetilen coğrafi verilerde çoğu işlemin veri yapısında yapılacak değişikliklerle azaltılabileceği, farklı ölçeklerdeki kullanım için gerekli olan genelleştirmenin daha az maliyetle yapılabileceği, daha basit, sade ve anlaşılır bir veri yapısı ile ifade edilebileceği görülmüştür. TOPOVT verilerinin bu yeni veri yapısına aktarılması durumunda, kurum içi ve kurum dışı mükerrer veri üretiminin azaltılmasında fayda sağlanacağı, farklı kullanım alanlarında veri paylaşımını hızlandıracağı, daha küçük ölçeklerde harita üretimini kolaylaştıracağı, anlık olarak gerçekleştirilen coğrafi model genelleştirmesi tutarlılığını artıracacağı ve veri üretim maliyetini azalacağı öngörülmektedir. Bu amaçla, standart bir yaklaşımın ve tasarım kriterlerinin belirlenmesi ulaşım detay sınıfı üzerinde gerçekleştirilmeye çalışılmış, tüm sınıfların dönüşümü için ihtiyaç duyulacak zaman, işgücü ve kriterler öngörülmeye çalışılmıştır.

### Turkey Topographic Vector Database's (TOPOVT) Determination of Data Model Change Approach for Using in Different Scales and Areas: Road Data Example

#### ABSTRACT

#### Keywords:

TOPOVT  
Data Model Change  
Topographic Vector Database  
Data Structure

Turkey Topographic Vector Database (TOPOVT) is a topological three-dimensional geospatial vector database which is created for producing 1: 25,000 scale standard topographic maps according to the detailed data descriptions, containing topographic features, contours and place names, having continuities in the boundary of production index. When TOPOVT was set up with detailed classes and subtypes, the attribute definition values made it a necessity in the framework of the possibilities and capabilities of the working environment. By the time TOPOVT data is started to be used in different fields and starting to form the basis for map production in different scales, it has been seen that it can be done with less cost, can be expressed with a simpler, plain and clearer data structure in these purposes. In the case of converting TOPOVT data to this new data structure, It will be beneficial to reduce the repeated production of same data in the institution or out of the institution, to accelerate data sharing in different usage areas, to simplify the production of maps in smaller scales, to increase the consistency of the model generalization in the instantaneous geographic publications, and to decrease the data production cost in total. In this context, the determination of a standard approach and design criteria for TOPOVT data model was tried to be carried out with the example on transportation feature class, and the time, labor force and criteria required for transformation of all classes were tried to be foreseen.

#### \*Sorumlu Yazar

(bekir.yuksel@harita.gov.tr) ORCID ID 0000-0002-3384-2103  
(mustafa.caniberk@harita.gov.tr) ORCID ID 0000-0003-3235-8069  
(altan.yilmaz@harita.gov.tr) ORCID ID 0000-0002-1926-0633

## 1. GİRİŞ

Harita Genel Müdürlüğünün ana görevlerinden biri olan 1:25,000 ölçekli topoğrafik haritalar, 2003 yılından itibaren sayısal coğrafi vektör veriler ile yapılmaya başlanmıştır. Sayısal coğrafi vektör veri üretimine geçilmesi ile beraber temel harita üretiminde kullanılan bu verilerin, kamu kurum ve kuruluşları tarafından birçok farklı alanda, farklı şekillerde ve ölçeklerde yeni haritaların ve coğrafi bilgilerin üretiminde kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Temel harita üretimi için yaratılan bu veriler aslında kamu, kurum, kuruluşlarının kalkınma veya savunma maksatlı birçok projesine altlık teşkil etmeye başlamıştır.

Bu verilerin farklı amaçlarla kullanılabilir olmasını sağlayan bazı özellikler bulunmaktadır. Bunların başında tüm ülke ölçeğindeki verilerin, detay tanımlarına uygun bir şekilde üretilmesi ve bu üretimin kontrol edilerek standart veri kümesinin oluşturulması gelmektedir. Bu maksatla tüm verilerin belirlenmiş olan topolojik kurallara göre kontrolleri yapılmakta, tespit edilen hataların hem baskı hem de farklı yayınlarda sunumundan önce düzeltilmesi sağlanmaktadır. Bu vektör coğrafi veri kümesinin öne çıkan özellikleri şu şekilde sıralanabilir: verinin kapsamının genişliği, detay tanımlarına uygunluk, veri üretim kaynaklarının ve yönteminin büyük ölçüde benzer olması, veri sözlüklerine uygunluk, topolojik kurallara göre kontrollü olması, verilerin kurumsal veritabanında üretim indeksinden bağımsız bir şekilde tutulması, yüksek konumsal doğruluk, büyük oranda 3 boyutlu olması.

Bütün bunların yanında, TOPOVT veritabanında tutulan bu verilerin standart basılı harita üretimi dışındaki alanlarda kullanımı yeterli görülmemektedir. Bunun temel sebebinin, sayısal coğrafi veri üretimine geçilmesi ile beraber, ilk üretimin hızlı ve doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacak olan üretim yazılımlarının seçeneklerinin kısıtlı olması değerlendirilmektedir. Dolayısıyla detay tanımları ve veri sözlükleri, seçilen yazılımın yetenekleri ve mevcut şartların izin verdiği ölçüde tasarım yapılmıştır. Bu durum, klasik basılı harita üretimi için yeterli olsa da, farklı ölçeklerde gösterime sahip coğrafi yayınların veya haritaların üretilerek en hızlı şekilde karar vericilere ulaştırılmasında mevcut veri yapısı ile yeterli olmayacaktır.

Tespitleri yapılan bu hususlar doğrultusunda Karayolları Genel Müdürlüğü ile "KARAYOLU" detay sınıfı ve sanat yapılarını içeren ve verilerin paylaşımını da kolaylaştırması amaçlanan örnek bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın, veri modeli değişikliğinin tüm ülke ölçeğindeki verilere uygulanmasının maliyetini ortaya koyması ve veri yapısı değişikliği esaslarının belirlenmesi açısından yol gösterici olacağı düşünülmüştür. Bu sınıfın tasarımının bir kısmı iki kurum arasındaki çalışmalarla, bir kısmı ise 2018 yılında gerçekleştirilen Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi

Projesi (TUCBS) kapsamında yapılan çalışmalarla geliştirilmiştir. Çalışma ile beraber topoğrafik verilerin farklı ölçek ve kullanım alanlarında ihtiyaç duyulabilecek konumsal veya özniteliksiz sorgulara büyük ölçüde cevap verilebilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma ile bugüne kadar edinilen tecrübeler ışığında bir kısmı belirlenen veri modeli değişikliği esaslarının geliştirilmesi, doğru bir güncelleme yaklaşımının belirlenmesi hedeflenmektedir.

## 2. TOPOVT VERİLERİNİN MEVCUT ÜRETİMİ SİSTEMİ

Tüm ülke sınırları içerisindeki alanda yüzde 99'u tamamlanmış bulunan TOPOVT vektör verileri üretimi; Kıymetlendirme, Veri Öndüzenleme, Bütünleme (Büroda veya Araziye), Veri Yapılandırma ve Veritabanı işlemleri olmak üzere 5 ana işlem adımı içerisinde gerçekleştirilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. TOPOVT üretim sürecinin aşamaları

Kıymetlendirme, stereo hava fotoğrafları ile bunların kullanılmadığı bölgelerde hava fotoğrafı veya uydu görüntülerinden üretilen ortofotolar kullanılarak yapılmaktadır.

Veri öndüzenleme adımı ise kısaca format ve veri yapısı değişimi olarak isimlendirilebilir. Format değişimine, kıymetlendirmenin CAD tabanlı DGN veri formatında yapılması nedeniyle ihtiyaç duyulmaktadır. CAD tabanlı yazılımlar çoğunlukla kadastro, inşaat mühendisliği, mimarlık, peyzaj mimarlığı, şehir ve bölge planlama kısaca daha büyük ölçekli çalışmalarda kullanılmaktadır (ESRI Türkiye, 2019). Bu yapının geometri ve öznitelik saklama biçiminin farklı olmasından dolayı bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. Üretimi yapılacak paftanın önceki üretimi mevcutsa, başka bir ifadeyle TOPOVT'de mevcut bir veri güncellenecekse bu işleme adımına ihtiyaç duyulmamaktadır. TOPOVT'nin ilk sürüm sayısal coğrafi veri üretiminin 2019 yılında tamamlanması ile beraber öndüzenleme ihtiyacı kalmayacaktır.

Kısaca bu işlem adımı CAD veri yapısında üretilen nokta ve çizgilerin kişisel veritabanı formatlarındaki nokta, çizgi ve alan geometri tiplerine dönüşmesi, uygun detay sınıflarında ve doğru öznitelikler ile aktarılması sağlanmaktadır. CAD ortamında çizgi olarak toplanan detaylardan alan geometri tipinde ifade edilmesi gereken detayların alan geometriye dönüştürülmesi hazırlanan programlar ile sağlanmakta, ayrıca



kiymetlendirme kontrolleri esnasında alan detayların kapalılık kontrolü yapılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. CAD çizgi-alan geometri dönüşümü

Bütünleme işlem adımında, büroda detayların önceki üretimlerinden köy, mahalle gibi yerleşim yeri isimleri, dağ, tepe, mevkii gibi yer isimleri, dere, çeşme, pınar gibi detay isimleri ya da okul cami, sağlık ocağı gibi detay tipleri TOPOVT'de girilmektedir. Ayrıca, kamu kurum ve kuruluşlarından yapılan protokoller ya da başka vasıtalar ile temin edilen özniteliksel ya da geometrik bilgiler de güncellik durumlarına göre aktarılmaktadır.

Kiymetlendirme ile topoğrafik detaylar geometrik olarak yüzde 99 toplanabilir olsa da bir haritanın basımında ihtiyaç duyulacak özel isimler ve özniteliklerin büyük kısmı eksik kalmaktadır. Geometrik olarak toplanması yeterli olmayan detaylar ise modelden veya mono görüntüden tespiti zor olan enerji nakil hattı ve direkleri, bitki örtüsü altında kalan veya boyutları nedeniyle tespiti zor olan fakat buldukları yerde önem teşkil eden çeşme, depo gibi detaylar olmaktadır (Şekil 3). Bu maksatla, kiymetlendirilen detayların arazide bütünlemesi yapılmaktadır (HGK, 2018b).



Şekil 3. Kiymetlendirmede tespit edilemeyen bir çeşmenin bütünleme ile toplanması

Büroda veya arazide bütünlemesi yapılan verilerin detay tanımlarına uygunluğu, veri sözlüklerinin doğruluğu, komşu paftaları ile kenarlaşmaları kontrol edilmekte, verilerin mantıksal tutarlılığı ve tamlıkları kontrol edilerek düzeltilmektedir. Bu aşamamada detayların

birbirleri ile olan ilişkilerinde belli kuralları içeren topoloji kontrolleri de yapılmaktadır. Tablo 1'de topolojik kurallarından olan, biri diğerinin üzerinde olabilecek alanların örnekleri gösterilmektedir.

Tablo 1. İç içe bulunabilecek alanlara örnek

TopoDetayİsmi	TopoDetay AltTiplsmi	Ortak Alan TopoDetay İsmi	Ortak Alan TopoDetay AltTiplsmi
DENİZ	-	BUBAUHA	-
GOL	GECICIGOL	BUBAUHA	-
GOL	DEGISKENKIYILIGOL	BUBAUHA	-
GOL	DAIMIGOL	BUBAUHA	-
GOL	GOLET	BUBAUHA	-
GOL	BARAJGOLU	BUBAUHA	-
GENISDERE	KUMLUKCAKILLIK	CALILIK	-
ZEMINYUZEYELEMANI	CAKILLIK	CALILIK	-
ZEMINYUZEYELEMAN I	KUMLUK	CALILIK	-
ZEMINYUZEYELEMAN I	TASLIK	CALILIK	-
		ORMAN	IGNEYAPRAKLIORMAN
		ORMAN	GENISYAPRAKLIORMAN
		ORMAN	GEYAPORCA
		ORMAN	IGYAPORCA
		ORMAN	GEIGYAPORCA
		ORMAN	GEIGYAPOR
		ORMAN	KESILMISORMAN
		ORMAN	YANMISORMAN
		ORMAN	AGACLANDIRMASAHASI

Bütünleme faaliyetlerinden sonra yukarıda bahsedilen işlemlerin tamamı PostGIS geometri tipine sahip PostgreSQL veritabanı üzerinde geliştirilen bir veri üretim yönetim sistemi üzerinden yapılmaktadır. Böylelikle kartografik işlemlerin tamamlanması beklenmeden web servisleri üzerinden farklı Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarında kullanılmak üzere yayımlanmış olmaktadır (Şekil 4). Yalnız bu yayın, kartografik aşamada ilgili bakanlıktan temin edilen resmi yerleşim yeri isimleri ile bütünlemede temin edilen yerleşim yeri isimleri karşılaştırmasını içermemektedir. Bu eksikliği gidermek için basılı haritalar üretildikten sonra, yapılmış ilave bir yer ismi değişikliği varsa bu tekrar TOPOVT veri kümesine aktarılmaktadır.



Şekil 4. TOPOVT WMS yayını

Ayrıca, TOPOVT'nin web ortamında güncellenebilmesi amacıyla TOPOVT Gerçek zamanlı güncelleme sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem ile kullanıcılar, herhangi bir yazılıma gerek kalmaksızın web tarayıcısı aracılığıyla güncelleme, veri yükleme gibi işlemleri yapabilmekte ve veriler kontrol işlemi ve onay sonrasında TOPOVT'de yer almaktadır (Yılmaz ve Camberk, 2018).

### 3. TOPOVT VERİLERİNİN ÖNE ÇIKAN ÖZELLİKLERİ

TOPOVT verileri temel ölçekli harita üretimi amacıyla oluşturulmuş olan bir veri kümesi olması sebebiyle yollar, ormanlar, çalılık alanlar, meralar, enerji nakil hatları, binalar, tesisler, toprak kazıntı alanları, yarmalar, dolmalar, göller, denizler, dereler gibi detaylardan oluşmaktadır. Genellikle 30 cm yer örnekleme aralığında çekilen hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modelden veya ortofotolardan tespit edilebilen tüm topoğrafik detaylar veri kümesi içerisinde klasik basılı harita üretimi çerçevesinde anlamlandırılmaktadır. Buradaki anlamlandırmada, daha doğrusu sınıflandırmada detayların görünen belirgin dış özellikleri esastır. Örneğin yollar, asfalt, stabilize ve toprak gibi kaplama türleriyle, ya da ormanlar, iğne yapraklı ve geniş yapraklı gibi yaprak türlerine göre sınıflandırılmıştır.

Tüm detay sınıflarının ve bahsedilen sınıflandırma esaslarına göre oluşturulan alttıplerin tanımları mevcuttur. Tanımlanan detayların kıymetlendirme kuralları yani çizim esnasında dikkat edilecek hususları ayrıca belirtilmiştir (Şekil 5). Detaylar yine tanımlara uygun şekilde hazırlanmış olan veri sözlüklerine göre üretilmekte, dağıtılmakta ve saklanmaktadır. Ayrıca detay tanımlarına uygun bir şekilde değerlendirilmiş hava fotoğraflarından elde edilen bu verilerin tamlik kontrolü hem büroda hem de arazide de yapılmaktadır.

S.NO	TOPODETAYISMI	ALTTIPISMI	DETAY S.NO	ALT TIP NO	TİPİ
181	MEZARLIK	ISLAM	68	0	A
<b>DETAY TANIMI</b>					
İslam dinine mensup ölümlerin gömüldüğü yer.					
<b>KIYMETLENDİRME KURALI</b>					
İslam mezarlık alanları, alan tipinde ve kesiksiz (süreklili) olarak kenarlarından kıymetlendirilir. Pafta sınırları taşan detaylar pafta sınırlarına dayanır. Mezarlık sınırları olmayan detay "DUVAR" veya "CIT" detaylarının alt tiplerinden biri ile kıymetlendirilir. Mezarlığın sınırlı belirsiz ise mezarlık sınırları "SİBEME" detayı olarak kıymetlendirilir. Mezarlığın özel adı varsa, "İSİM" öznelik alanına topograf tarafından girilir (Örn: "Cebeci Mezarlığı" ise sadece "Cebeci" yazılır).					

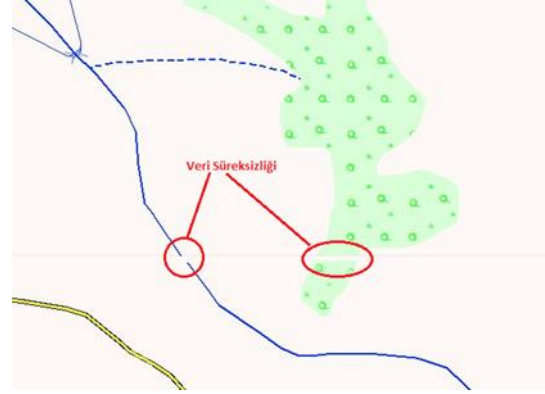
**Şekil 5.** Örnek detay tanımı ve kıymetlendirme kuralı

TOPOVT verileri üretiminde kullanılan veri kaynakları büyük ölçüde benzerdir. Mevcut detayların büyük çoğunluğu belli çözünürlükteki hava fotoğraflarından toplanmıştır. Bu veriler içerisinde mono görüntülerden toplanan veriler sadece ülke sınırına yakın bölgelerde bulunmaktadır.

Her ne kadar detayların toplanması esnasında da dikkat edilen topolojik kurallar bulunsa da

verinin tüm süreçlerden geçmeden topolojik kurallara göre kontrollerinin yapılması hataların net olarak tespit edilmesini sağlamamaktadır. Bu yüzden veri toplama süreçleri bittikten sonra belirlenen topolojik kurallara göre detayların kontrolleri tekrar yapılmaktadır. Bu kuralların bir kısmını içi içe alanların tespiti oluşturmaktadır.

TOPOVT verileri kurumsal veritabanında üretim indeksinden bağımsız bir şekilde tutulmaktadır. Tüm detay sınıflarında üretim indeksinden kaynaklanan kenarlaşma problemleri ve öznitelikleri değişmeden detayların süreksizlikleri giderilmektedir (Şekil 6).



**Şekil 6.** Veri sürekliliği

TOPOVT verilerinin konumsal doğrulukları büyük oranda iki hususa bağlıdır. Bunlar, fotogrametrik nirengi sonucu ortaya çıkan hava fotoğraflarının yöneltme doğruluğu ve stereo-mono görüntülerde operatörün kıymetlendirme doğruluğudur. Hava fotoğraflarının fotogrametrik nirengi sonucu yatay ve düşey yöneltme konum doğrulukları  $\pm 1$  metre ve aynı şekilde kıymetlendirme esnasındaki konum doğrulukları da  $\pm 2$  olarak tespit edilmiştir. Bu bilgiler ve her yıl yapılan doğruluk araştırmaları neticesinde tespit edilmiş olup, kıymetlendirilen detayların yatay ve düşey konum doğrulukları  $\pm 3$  m olarak belirlenmiştir. TOPOVT veri kümesi içerisinde arazi bütünlemesi esnasında toplanan detayların konum doğrulukları da bu sınırlar içerisinde kalmaktadır (Topoğrafik Vektör Veri Doğruluk Araştırmaları, 2019). Arazi bütünlemesi esnasında toplanan verilerin konum doğrulukları daha düşük olsa da büyük çoğunluğunun öznitelik bilgisi olduğu düşünüldüğünde toplamda konum doğruluğuna etkisi çok küçüktür.

TOPOVT verilerinin büyük çoğunluğu üç boyutludur. Bu özellik her ne kadar üretim esnasında ek bir maliyet yaratıyor olsa da mevcut kullanım alanları ve gelecekte öngörülen kullanım alanları düşünüldüğünde veriye önemli bir değer kattığı değerlendirilmektedir. Örneğin tüm ülke sınırlarını kapsayan bir alandaki sayısal arazi modeli veya yüzey modeli, bu modelin oluşturulduğu vektör veri boyutundan en az 10 kat büyüktür. Bu, birçok

sayısal sistemde depolama alanı kısıtlamasını ortadan kaldıracak bir niteliktir.

#### 4. TOPOVT VERİLERİNİN KULLANIM ALANLARI

İlk sayısal üretimin büyük oranda tamamlanmaya başlanması ile beraber TOPOVT verileri farklı kamu kurum ve kuruluşları tarafından da kullanılmaya başlanmıştır. Bu kullanımlar savunma, kalkınma, araştırma maksatlı olarak sınıflandırılabilir. Talep edilen verilerin genellikle teslim alınan kurum tarafından başka bir sorgulanabilir ürünün hızlı etkin bir şekilde üretilmesini sağlamak ya da bir sistemde altık teşkil etmesi maksadıyla kullanıldığı söylenebilir. Bunlar arasında belediyelerden gelen talepler dışında genel kullanım maksatlı harita üretiminin olmadığı bilinmektedir.

Veri taleplerinin içerikleri ve sıklıkları dikkate alındığında doğal ya da beşeri yapılar olmak üzere birçok farklı detay sınıfı barındıran TOPOVT verilerinin farklı alanlarda daha etkin kullanılabilir olmasını sağlayacak olan hususların neler olabileceği konusunda bazı fikirler elde edilmiştir. Bu fikirler üzerinden tasarlanması hedeflenen yeni veri yapısına girdi sağlanmaya çalışılmıştır. Bunlar şöyle sıralanabilir: alan detayların arazi kullanımı ve örtüsünü ifade edebilecek ya da bunlara dönüştürülebilecek bir veri yapısında olmasının faydalı olabileceği, çizgi detayların alanla ifade edilen kısımları da dahil olmak üzere her zaman sürekliliğinin sağlanması gerektiği, hızlı değişen yol ve bina gibi detay sınıflarından bazılarının alan detay olarak ifade edilmesinin faydalı olabileceğidir. Tüm bunların yanında veri tamlığı, öznitelik ve geometrik doğruluk yanında güncelleme periyodu verinin kullanılabilir olmasında çok önemli bir etken olarak daha da fazla öne çıkmaktadır.

#### 5. TOPOVT VE ULUSLARARASI VERİ MODELLERİNDEKİ VERİ MODELİ TASARIM YAKLAŞIMLARI

Model kelimesi CBS kapsamında temel olarak iki farklı anlam taşımaktadır. Bunlardan ilki, veri modelleridir. Öznitelik bilgisinin yer aldığı bir tablo veri modellerine basit bir örnektir. CBS'de tablolar, gerçek dünyadaki coğrafi varlıklara ait özelliklerin belirli bir gruptandırma sistemiyle farklı sütunlarla gösterilmiş, gerçek dünyadan soyutlanmış hallerine denir. Veri modelleri kullanıcıya somut yeryüzünün, gerçek dünyadan soyutlanarak bilgisayar ortamında gösterilmesine imkân tanımaktadır. Veri modelleri gerçek dünyanın nasıl sunulacağı ile ilgiliyken CBS'de bir diğer anlamda modeller gerçek dünyanın nasıl işlediğiyle ilgilidir. Model, gerçek dünyada meydana gelen bir ya da daha fazla sürecin soyutlanarak CBS yardımı ile sunulmasıdır (Goodchild, 2005).

Berry (2005) CBS kapsamında modelleri, klasik kartografya kurallarına uygun olarak, coğrafi bilgilerin görselleştirilmesi sürecini kapsayan

kartografik ve mekânsal modeller olarak iki temel gruba ayırmıştır. Mekânsal modeller de kendi içerisinde ölçek, zaman, inceleme alanı, amaç, metot gibi farklı karakteristik özelliklere bağlı olarak alt sınıflara ayrılmaktadır.

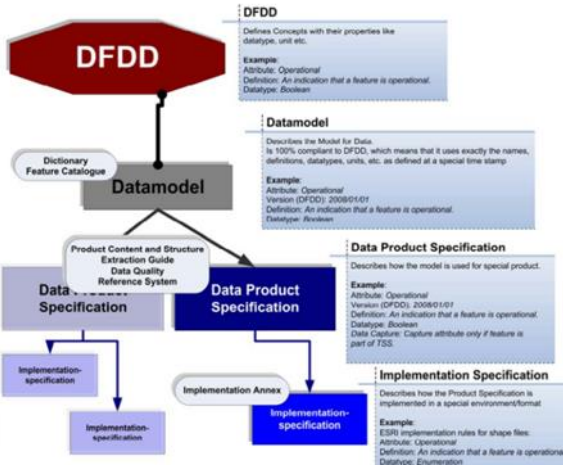
Ulusal topoğrafik veritabanları içerisinde tutarlı bir semantik, kavramsal ve mantıksal veri modelinin var olmasını gerektirmektedir. Bu hiyerarşik tanımlamaların ardından mantıksal veri modelinin bir teknoloji yardımıyla veritabanı bütünlüğü, tutarlılığı ve koşullarını da içeren fiziksel veritabanı modeline dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Topoğrafik veritabanının doldurulması olarak da tanımlanan topoğrafik veri üretimi, söz edilen hiyerarşik modellere uygun olarak belirlenen kaynaklardan veri çıkarımı, bütünlüğünün sağlanması ve kalite kontrol süreçlerini içermektedir.

Veri modelleri arasındaki dönüşüm genellikle tek işlemde gerçekleştirilememekte ve çoğunlukla geri besleme ile dönüşümün yeniden modellenmesini gerektirmektedir. Uygulamada veri dönüşümleri genellikle spiral geliştirme yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Spiral tekniğe; model dönüşümünün tasarlanması, planlanması, uygulanması, geri besleme alınarak yapılan iş paketlerinin güçlendirilerek tutarlılığının artırılması şeklinde bir yaklaşım benimsenmektedir. İlk döngüde genellikle alınan bir küçük küme için başarımlar sağlanmakta ve protip oluşturulmakta, kazanılan deneyim ile uygulama genişletilmektedir. Bu çalışmada da KARAYOLU detay sınıfının model dönüşümü öncelikle ele alınmaktadır. Böylelikle TOPOVT veri modeli dönüşümü için gerçekçi bir yaklaşım ortaya çıkarılmaya çalışılacaktır.

Gerçekçi bir veri modeli yaklaşımının belirlenebilmesinde önemli hususlardan biri de uluslararası veri modellerinin ve yaklaşımlarının incelenmesidir. Bu veri modellerinin tasarımı konusunda çalışma yapan DGIWG (Digital Geospatial Information Working Group-Sayısal Konumsal Veri Çalışma Grubu), üye ülkeler arasında sayısal coğrafi verinin standardizasyonunu sağlamak amacı ile 1985 yılında oluşturulan çok uluslu bir gruptur. Coğrafi veri üretimindeki özellikleri ve bileşenleri tanımlar. DFDD (Feature Data Dictionary- DGIWG Detay Veri Sözlüğü), DGIWG tarafından standartları belirlenmiş, detaylar, öznitelikler ve öznitelikler için değerlerden oluşan veri sözlüğüdür. Bu sözlüğün tanımlanmasındaki amaç, sayısal coğrafi verinin üretiminde, değişiminde ve dağıtımında maksimum düzeyde ortak çalışabilirliği sağlamaktır. DFDD bir havuzdur. Ölçekten bağımsızdır. Üretilen ölçeğe ve amaca göre bu havuzun içinden ilgili detaylar, öznitelikler ve öznitelik değerleri alınarak ürün teknik dokümanı hazırlanır. Sözlükte her bir detay, sayı ve harflerden oluşan 5 karakterli bir numaralandırma sistemi ile temsil edilir. Böylece her bir detayın tek anlamlı tanımlanması sağlanmıştır. Öznitelikler 3 karakterli harflerle temsil edilir. Öznitelik değerleri ise 0-999 arasında değişen tanımlı değerlerden ya da formatı tanımlı gerçek

değerlerden oluşabilir. Şekil 8'de DFDD veri modeli ve hiyerarşisi sunulmuştur (DGIWG, 2019).

VMAP (Vector Map) ise, VPF (Vector Product Format-NATO bünyesindeki bir çalışma grubu tarafından geliştirilmiş coğrafi veri formatı) standardında mekânsal veri tabanıdır. Çeşitli ölçeklerdeki basılı standart topoğrafik haritalara karşılık olarak, çeşitli düzeylerde VMAP ürünleri vardır. Amerika Birleşik Devletleri tarafından tüm dünyaya ilişkin VMAP verilerinin üretimi amacıyla uluslararası düzeyde bir proje başlatılmış ve bu projeye Türkiye adına Harita Genel Müdürlüğü aktif olarak katılmıştır.



Şekil 7. DFDD veri modeli ve hiyerarşisi

VMAP projesi kapsamında aşağıda belirtilen dört tür VMAP verisi şeması tanımlanmıştır;

- VMAP0: 0 ncı düzey (1:1.000.000)
- VMAP1: 1 inci düzey (1:250,000)
- VMAP2: 2 nci düzey (1:50,000)
- UVMAP: 3 üncü düzey (1:5,000)

Şekil 8'de VMAP Bitki Örtüsü şemasından bir örnek sunulmuştur.

VMap data is stored in a Feature Dataset called Vegetation.

TEMPLATE\_VMap\_v12\_R1ALB.gdb  
Vegetation  
VMap\_Base  
VMap\_Mid

Field	Type	Domain
OBJECTID	ObjectID	
SHAPE	Geometry	
FOREST_ID	Text-15	
ACRES	Float	
LIFFORM	Short Integer	LIFFORM
DOM_MID_40	Short Integer	DOM_MID_40
DOM_MID_60	Short Integer	DOM_MID_60
DOM_GRP_6040	Short Integer	DOM_GRP_6040
TREECANOPY	Short Integer	TREECANOPY
TREESIZE	Short Integer	TREESIZE
*NONFORLITTER	Short Integer	NONFORLITT
*SHRUBCANOPY	Short Integer	SHRUBCANOPY
ELEV	Short Integer	
ASP_CLS	Short Integer	ASP_CLS
SLOPE	Float	
SHAPE_Length	Double	
SHAPE_Area	Double	

Şekil 8. VMAP bitki örtüsü

Harita Genel Müdürlüğünde topoğrafik harita üretim aşamalarında MGCP (Multinational Geospatial Coproduction Program-Çok Uluslu Coğrafi Veri Ortak Üretim Programı) ve TOPOVT veri modelleri kullanılmaktadır. MGCP veri modeli DFDD veri modeli esas alınarak, TOPOVT veri modeli ise VMAP veri modeli esas alınarak oluşturulmuştur. Her ne kadar farklı üretim bantlarına hizmet ediyor olsalar da MGCP ve TOPOVT veri şemaları arasında bir dönüşüm söz konusu olduğunda aslında DFDD ve VMAP veri modelleri arasındaki dönüşümden söz edilebilir.

MGCP veri modelinde detayların farklı ölçeklerde gösterimine kolaylık sağlayacak şekilde detayların nokta, çizgi ve alan geometri tiplerinde istenilen özneliklerde toplanmasına olarak tanınmıştır. Örnek olarak, 1:50,000 ölçekli harita üretiminde kullanılan veri seti çalışılan bölgede çöl, bozkır gibi fazla detayın olmadığı bir yer ise 1:100,000 ölçekli detay standartları kullanılarak üretim yapılabilir. Bu MGCP (DFDD'yi esas alan veri modeli) veri modeli ve VMAP veri modeli arasındaki temel yaklaşım farkı olarak ifade edilebilir.

Başlangıçta TOPOVT veri modelinin tasarımında kullanılan VMAP veri modeli ise farklı ölçeklerde ayrı veritabanları üzerinde çalışmayı gerektiren bir yapıya sahiptir. Örneğin 1:100,000 ölçekli harita basımında kullanılacak detaylar 1:50,000 ölçekli veri tabanında yaratılamaz, bir arada bulunamaz, topolojik ilişkisi yoktur, ayrı bir veri seti olmak zorundadır. Başlangıçta yine bir NATO standardı olan VMAP, bu temel farklılık ile MGCP veri modelinden ayrılmaktadır.

İrlanda Haritacılık Kuruluşu (Ordnance Survey Ireland -OSi) tarafından 2007 yılında "PRIME2" olarak isimlendirilmiş yeni bir vektör veri üretim çalışmasına başlanmıştır. Bu yeni üretim şekli veya iş akışında 1:1.000 ölçekli (1:1.000 ölçekli haritanın gerektirdiği konumsal doğruluk ve detay sıklığına sahip) veritabanından 1:1.000.000 ölçeğine kadar ki tüm harita üretimlerinin otomatik olarak yapılmasını sağlayacak bir yapı kurulduğu ifade edilmektedir (Bray, 2016).

Veri üretimine yeni bir yaklaşım getiren bu çalışma ile elde edilen veri üretimi temelde iki ana aşamada gerçekleştirilmektedir. Birincisi veri toplama, diğeri ise toplanan verinin veri tabanına yüklenme aşamasıdır. Veri toplama aşamasında daha önce belirlenmiş 200 kural çalışmakta, yükleme aşamasında ise 400 ayrı kural çalışarak, verilerin otomatik genelleştirilip farklı seviye kullanım için yine farklı veri tabanlarına kaydı yapılmaktadır. Tüm bu işlemlerin saniyeler içerisinde gerçekleştirilebilmesi sağlanmıştır (Bray, 2016).

OSi tarafından yapılan bu çalışma ile kartografik işlemlerin de farklı bir yöne evrileceği düşünülmektedir. Bu yeni üretim şeklinde kartografik çalışmalar daha çok tanımlanan kuralların doğru çalışmasının sağlanması, iş akışını yöneterek yeni servisler yaratılması işlemlerine



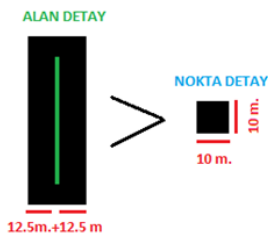
dönüşmüştür. Sonraki süreçlerde bu veri yapısının bina model bilgileri (Building Information Model - BIM) ile de benzer bir şekilde ilişkisinin sağlanması yeni üretim yaklaşımının bir sonraki safhası olarak hedeflenmiştir (Bray, 2017).

## 6. TOPOVT VERİ YAPISI DEĞİŞİKLİĞİNDE DİKKATE ALINMASI HEDEFLENEN ESASLAR

Dikkate alınması düşünülen ve uygulamaya çalışılan esaslar kısaca şu şekilde özetlenebilir: farklı ölçek ve kullanım alanlarında ihtiyaç duyulabilecek konumsal veya özniteliksel sorgulara büyük ölçüde cevap verilebilme, model genelleştirmesine uygunluk, sadece basım amaçlı harita üretiminden kaynaklı, artık sayısal coğrafi veri üretiminde yer almaması gerektiği düşünülen kısıtların tespiti, ek üretim maliyeti yanında katkısı büyük olabilecek değişiklikler, detay sınıfları güncelleme önceliklerinin ve sürelerinin belirlenmesi, veri sözlüğünde okunurluk, kıyımlandırma kolaylığı sağlayabilecek değişiklikler, sadece kartografik gösterim amaçlı olan detay sınıflarının farklı yöntemlerle ifadesinin sağlanması.

Farklı ölçek ve kullanım alanlarında ihtiyaç duyulabilecek konumsal veya özniteliksel sorgulara büyük ölçüde cevap verilebilme bu veri kümesini kullanabilecek ya da benzer doğrulukta veri üreten kurumların özniteliksel, geometrik ve veri tamlığı açısından veriden beklentilerinin anlaşılması ile uygulama başarısı sağlanabilecek bir husus olarak görülebilir. Bu konuda oluşturulan fikirler, bugüne kadarki TOPOVT vektör veri talepleri, kurumlarla protokol kapsamında yapılan ortak çalışmalar ve TOPOVT verilerini kullanarak üniversitelerin yapmış olduğu araştırma çalışmaları ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından organize edilen TUCBS çalışmalarından elde edilen bilgilere ve gözlemlere dayanmaktadır.

Sayısal vektör veri üretimi yukarıda da belirtildiği gibi 2003 yılından itibaren başlamıştır. Bundan önceki klasik basılı harita üretimi doğrudan kâğıda ya da belli kalıplara çizim şeklinde yapılmaktaydı. Bu çizimin hassasiyeti, kullanılan kalem ucunun kalınlığı ve çizim esnasında o detayın belli bir yaklaşma seviyesinde görüntülenebilme becerisine bağlıydı. Bir kalem ucu yaklaşık olarak 0,5 mm kabul edildiğinde bu 1:25,000 ölçekli bir haritada 12,5 metreye karşılık gelmektedir. Dolayısıyla içi boş bir alanın çizgilerle ifade edilebilmesi için 25 metreden büyük bir kenara sahip olmaması gerektiği ortaya çıkar (Şekil 9).



Şekil 9. Kâğıtta Çizilemeyen Bir Alan

Bu teknik bilgi göz önünde bulundurulduğu zaman hangi detayların alan geometrisi ile gösterilebileceği ortaya çıkar. Bir detayın alan olarak çizilebilmesi için bir kenarının en az 25 metreden büyük olması gerekir. Küçük olması durumunda bu detayın alan olarak ifadesi 1 mm.lik kalın bir çizgi olarak anlamsız olacaktır (Şekil 9). TOPOVT mevcut detay tanımları incelendiğinde bu kısıt kendini net bir şekilde göstermektedir (Şekil 10).

163	BUYUKBINA	BINA	66	4	A
<b>DETAY TANIMI</b>					
İçinde oturulan veya çalışılan resmi olmayan ve önemi olmayan yapı.					
<b>KIYMETLENDİRME KURALI</b>					
Uzunluğu veya genişliği <b>25 m</b> den büyük olan özel binalar, çatısızdan, alan tipinde ve kesiksiz (strekli) olarak çatı kenarlarından kıyımlandırılır. Pafta sınırı taşın detaylar pafta sınırına dayanır. Eğer binanın yüksekliği metre cinsinden, yerleşim yerleri içinde 60 m den fazla ya da yerleşim yerleri dışından 30 m den fazla ise "YUKSEKLİK" öznitelik alanına (Örn: "80m." ise sadece "80" yazılır) topograf tarafından girilir.					

Şekil 10. 25 m genişliğinde alan detay tanımı

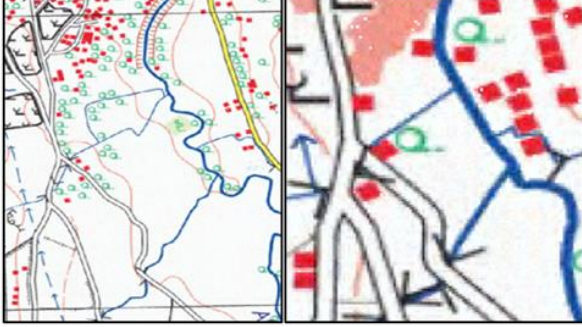
Burada altı çizilmesi gereken ve çoğu zaman da karıştırıldığı düşünülen nokta şudur: Bu sadece bir gösterim, diğer bir ifadeyle baskı kısıtlamasıdır. Sayısal sistemler kullanılmaya başlanması ile beraber artık hassasiyet 12,5 metreden 1 milimetrenin yüzde birine kadar düşmüştür. Özetle artık böyle bir çizim kısıtlaması kalmamıştır. Aynı şekilde bu baskı için de rahatlıkla söylenebilir. Bugün çıktı cihazları bile 1 mm'nin çok altında hassasiyet gerektiren baskıları yapabilmektedir. Özellikle gelişmiş baskı sistemlerinde bu değer çok daha küçüktür. Birçok detayın aslında rahatlıkla alan olarak ifade edilebilir olduğuna ve baskıda kolaylıkla gösterilebileceğine dair küçük bir örnek harita Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 11. Barselona 1:25,000 ölçekli haritası

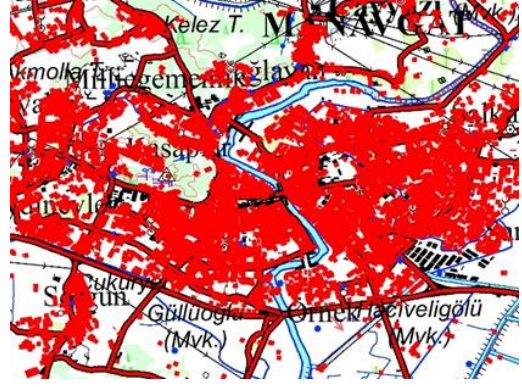
Harita Genel Müdürlüğünde 1:50,000 ve 1:100,000 ölçekli haritalar 1:25,000 ölçekli harita üretiminde kullanılan verilerin genelleştirmesi yoluyla üretilmektedir. Bu genelleştirme işlemleri kısaca şöyle özetlenebilir: bazı detay sınıfı ve alttıplerini göstermeme, öznitelik değerlerine göre seyreltme, birbirine çok yakın detayların yakınlık miktarına göre seyreltilmesi, sadece önemli

detayların gösterilmesi (HGK, 2018a). Kartografik aşamada gerçekleştirilen bu ve benzeri genelleştirme işlemlerinin önemli bir kısmının, veri yapısı tasarımında yapılacak değişikliklerle büyük oranda model genelleştirme teknikleri dahilinde yapılabileceği değerlendirilmektedir. Bu maksatla genelleştirme esnasında her detay sınıfında yapılan işlemler incelenmiş ve haritaların görsel karşılaştırmaları yapılmıştır (Şekil 12).



**Şekil 12.** 1:25,000-100,000 ölçekli haritaların karşılaştırması

Bu karşılaştırma ve inceleme sonucunda; belirlenmiş aralıklardaki detayların, nokta detay geometri tipinde çizilmesi farklı ölçeklerde gösterim için bir zorluk oluşturmaktadır. Nokta detayları genelleştirmenin tek yolu seyreltmektir. Alan geometri tipli detaylar ise boyutlarında göre otomatik seyreltme imkanına sahiptir. Ayrıca detayların alan geometri tipinde olması onlara verilecek kartografik sembollerin üst üste binmesini de engellemektedir. Bina gibi birbirine yakın ve sık olabilen detaylarda farklı ölçeklerde seyreltme olmadan üst üste binme miktarı artmaktadır (Şekil 13). Birkaç kilometrede bir var olan bir detay ise böyle bir sorun yaratamaz. Nokta detaylarda bahsedilen bu sembollerinin üst üste binme durumu sembollerin küçültülmesi ile aşılabile de bu sefer de detayların gerçek dünyayı temsil kabiliyetinden uzaklaşmaktadır (Şekil 14). Sembol ne kadar küçültülürse küçültülsün yine de üst üste binmeleri engellemek seyreltme yapmadan mümkün gözükmemektedir. Kısaca sık noktaların alan ile ifadesi olarak özetlenebilecek bu hususun, model genelleştirmesine uygun bir veri modeli tasarlanmasında dikkat edilmesi gereken önemli bir kural olabileceği değerlendirilmektedir.



**Şekil 13.** Sembolleri üst üste binen binalar



**Şekil 14.** Sembolleri küçültülmüş üst üste binen binalar

Yukarıda bahsedilen şekilde bir tasarım yapılması durumunda en büyük ölçekten en küçük ölçeğe doğru giderken yapılan birçok genelleştirme işleminin otomatik yapılabileceğine bir örnek olarak İrlanda Ulusal Haritacılık Kuruluşu (Ordnance Survey Ireland-OSi) tarafından tasarlanan veri yapısı gösterilebilir. Bu çalışmada 1:1.000 ölçeğindeki veriler kullanılarak 1:1.000.000 ölçeğine kadarki haritaların nasıl otomatik üretilebildiğine dair etkili bir örnek oluşturulmuştur (Bray, 2017).

Detay tanımında yapılacak değişiklikler, üretimde ek bir maliyet yaratıyor olsa da üretilen coğrafi verinin daha çok kullanıcı ihtiyacını karşıladığı ve farklı ölçeklerde üretilen veri ile paylaşımı kolaylaştırdığı için harita baskısında olmasa bile toplam faydayı arttırabilir. Örnek çalışmada yapılan değişiklikle bu görülebilir (Bölüm 7.KARAYOLU detay sınıf örneği).

Detay sınıfları, alttipleri özneliklerinin isimlendirilmesinde veri sözlüğü dokümanına en az şekilde başvurulmasını gerektirecek isimler kullanılması veri okunurluğunu arttıracaktır.

Kıymetlendirme kolaylığı sağlayabilecek değişikliklere şöyle bir örnek verilebilir: detayların kıymetlendirilmesi esnasında öznelik girişlerinin oluşturulan üç boyutlu modelden uzaklaşmadan belli bir yakınlık seviyesinden kolaylıkla anlaşılabilir şekilde olmalıdır. Süreklilik arz eden detayların çizilmesinde bütünü görme ihtiyacının yaratılmamasının çizim süresine katkısı olacağı



düşünülmektedir. Bu husus "KARAYOLU" örneğinde gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Kıymetlendirme operatörlerinden sadece yolun kaplama cins, kullanım tipi ve şerit sayısının girilmesi istenmiştir. Karayolunun, illeri birbirine bağlayan bir "DEVLETYOLU" mu, yoksa ilçeleri birbirine bağlayan bir "İLYOLU" mu olduğu genel bir değerlendirme ve aynı zamanda bütünleme bilgisi gerektiren veri yapılandırma aşamasına bırakılmıştır.

Bunların yanında kartografik amaçlı oluşturulan detayların doğru bir şekilde tespit edilip, eğer bir öznelik değeri barındırıyorsa ilgili detay sınıfına veya öznelik alanına aktarılması hedeflenmektedir (Şekil 15). Bunun dışında nokta olarak ifade edilen fakat başka bir detayı tamamlayıcı niteliği olan detayların ilgili detayda öznelik olarak ifade edilmesi de sağlanabilir (Örnek: "TARAMAYONOKU": "TOPRAKKAZINTI" alan detayındaki tarama yönünü ifade eder.)

212	DEESEM	-	83	-1	P
<b>DETAY TANIMI</b>					
Elektrik güçli demiryolu ulaşım araçlarının çalıştığı hatı belirten kartografik detay.					
<b>KIYMETLENDİRME KURALI</b>					
Fotogrametri operatörü tarafından tespit edilebilir ise yönlü nokta tipinde kıymetlenir ve topograf tarafından kontrol edilir.					

Şekil 15. Kartografik detay tanımları örneği

## 7. TOPOVT VERİ YAPISI DEĞİŞİKLİĞİNDE DİKKATE ALINMASI HEDEFLENEN ESASLAR

Bir veri modeli değişikliği olan "KARAYOLU" detay sınıfında yapılan işlemler ile, ileride TOPOVT veri yapısında yapılacak değişiklikler için dikkate edilmesi düşünülen esasların uygulanabilirliğini ortaya çıkaracak ve bu esasların geliştirilip genişletilmesini sağlayacak bilgi ve tecrübelerin kazanılması hedeflenmiştir.

Veri yapısındaki değişikliğe detay alt sınıflarını belirlenmesi ile başlanmıştır. Bu sınıflandırmanın kriteri olarak detayların ulaşım ağındaki yeri dikkate alınmıştır. Başlangıç olarak Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan detay alttipleri ("OTOYOL", "DEVLETYOLU", "İLYOLU" gibi) üzerinden geliştirme yapılarak değiştirilmiştir (Şekil 16).

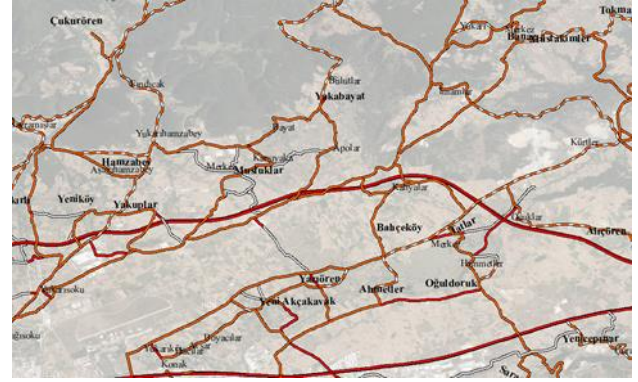
YOL DETAY SINIFI ALTTİPLERİ	
OTOYOL	ANAARTER
DEVLETYOLU	SOKAK
İLYOLU	ICYOL
KOYYOLU	DIGERYOLLAR
BULVAR	FERIBOTHATTI
CADDE	

Şekil 16. "YOL" detay sınıfı Alttipleri

Alttiplerin belirlenmesinde yolun ulaşım ağı içinde yerleşim yerlerini birbirine bağlamadaki rolü

belirleyici olmuştur. İlleri birbirine bağlayan yollar "OTOYOL" veya "DEVLETYOLU" şeklinde, ilçeleri birbirine bağlayan yollar "İLYOLU", köy ve kırsal mahalleleri birbirine bağlayan yollar "KÖYYOLU" şeklinde ifade edilmiştir.

Alttipler farklı ölçeklerde (1:50,000, 1:100,000 vb.) gösterime uygun olarak tasarlanmıştır. Örneğin; 1:100,000 ölçekli bir haritada "OTOYOL", "DEVLETYOLU", "İLYOLU" alttiplerinin gösterilmesinde genelleştirme faaliyetine gerek kalmadan ulaşım ağının sürekli bir halde gösterilmesi hedeflenmiştir (Şekil 17). Burada hem bahsedilen bu gösterim kaygısı açısından hem de yolların sorgusal bütünlüğü açısından alttipi kendisinden küçük bir yerleşim yeri içerisinde geçen detaylar bozulmamıştır. Örneğin Eskişehir-Ankara karayolu Ankara kent merkezi içerisinde geçen yine "DEVLETYOLU" olarak kalmıştır.



Şekil 17. 1:100,000 ölçeğinde genelleştirilmiş yollar (Digeryollar ve icyollar hariç tüm yollar)

Farklı kamu, kurum ve kuruluşlarının kendi ilgi alanlarındaki yolları sorgulayarak bulmasına izin verecek şekilde öznelik alanları ve değerleri belirlenmiştir. Örneğin yerleşim yerleri (iller, ilçeler, köyler, mahalleler) arasındaki ulaşımı sağlayan yollar dışında kırsalda tarlalara, ormanlara veya yerleşim yeri dışındaki herhangi bir tesise giden yollar "DIGERYOLLAR" alt sınıfı içerisinde toplanmıştır. Ayrıca ulaşım ağının bir parçası olan deniz ulaşımı yolları "FERIBOTHATTI" alttipi içerisinde ifade edilmiştir.

Yerleşim yerleri içerisindeki yol sınıflandırmasında bulvar, cadde, ana arter ve sokak sıralamasında alttipler belirlenmiştir. İki caddeyi birbirine bağlayan ya da konumu itibarıyla ana taşıt trafiğinin önemli bir parçası olan bulvar ve caddelerin tamamlayıcı parçaları olan sokaklar "ANAARTER" olarak ifade edilmiştir.

Bölünmüş ayrılmış refüjlü yolların öznelikleriyle sorgulanıp bulunmasının sağlanması için kullanım tipi öznelik alanında "Bölünmüş Taşıt Trafiği Yolu" değeri eklenmiştir. Bu alanın alabileceği değerler Şekil 18'de görülmektedir. Yolların yön durumu ayrıca "Tek Yön", "Çift Yön", "Ters Tek Yön" değerleri ile ifade edilmiş ve özellikle

şehir içi yollardaki yönlerin doğru bir şekilde gösterilmesini sağlayacak alanlar tasarlanmıştır.

«CodedValueDomain» KULLANIMTIPIKAT	
«DomainCodedValue»	
+	Bölünmemiş Taşıt Trafik Yolu = 0
+	Patika = 1
+	Bisiklet Yolu = 2
+	Yaya Yolu = 3
+	Park İçi Yol = 4
+	Toplu Taşımacıya Tahsisli = 5
+	Bölünmüş Taşıt Trafik Yolu = 6

**Şekil 18.** YOL Kullanım tipi alanı değerleri

Gerçekleştirilen önemli değişikliklerden biri de bölünmüş ayrılmış yolların ayrı ayrı çizilecek olmasıdır. Genişlikleri 50-60 metreyi bulabilen yolların geometrik olarak daha doğru ifade edilebilmesi, farklı kurumların kullanımı için uygun olması, öznitelik değerlerin doğru bir şekilde girilebilmesi, navigasyon maksatlı yapılacak çalışmalarda az bir maliyetle kullanılabilir olabilmesi için fiziksel bir engelle birbirinden ayrılmış (refüj vb.) tüm yolların çift çizilmesine karar verilmiştir. Bu değişikliğin veri üretimine getireceği ek üretim maliyetinin öngörülebilmesi için bazı paftalarda test çalışmaları yapılmıştır. TOPOVT’de yapılan sorgulamalarda yaklaşık 3 milyon yol verisinin sadece yüzde 0,5’inin bölünmüş yollar olduğu tespit edilmiştir. Bu verinin bir milyonunun “PATİKA” olduğu düşünüldüğünde bölünmüş yolların en fazla yüzde 1’lik bir dilimi temsil ettiği gözükmemektedir. Bu bilgiler ve yapılan test çalışmaları neticesinde yolların çift çizilmesinin sanılanın aksine büyük bir üretim maliyeti getirmediği belirlenmiştir (Yüksel ve Kiracı, 2018).

Detayların fonksiyonel kategorileri kartografik gösterimde esas teşkil etmesi açısından 3 öznitelik alanı ile sınırlandırılmaya çalışılmıştır. Bu öznitelik alanları “kullanım tipi”, “kaplama”, “seritsay”dır. Bu üç alan ile kartografik gösterime esas teşkil eden yol kalite bilgisinin görselleştirilmesi kolaylaştırılmıştır (Şekil 19).

Eski Yol Adı	Seritsay	Kullanım Tipi	Kaplama	Eski Yol Adı	Seritsay	Kullanım Tipi	Kaplama
YOL_BOLLURAMUS	2	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_55	1	Bölünmemiş T.T.Y.	Sahil
YOL_BOLLURAMUS	3	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_51	1	Bölünmemiş T.T.Y.	Park
YOL_BOLLURAMUS	4	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_01	1	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_BOLLURAMUS	5	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_03	2	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_BOLLURAMUS	6	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_02	3	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_BOLLURAMUS	7	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_01	4	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_BOLLURAMUS	8	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_01	5	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_BOLLURAMUS	9	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_01	6	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_BOLLURAMUS	10	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_01	7	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_51	4	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_01	8	Bölünmemiş T.T.Y.	Satılma
YOL_51	3	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_PARKCI	0	Park İçi Yol	Asfalt
YOL_51	3	Bölünmemiş T.T.Y.	Beton	YOL_PARKCI	0	Park İçi Yol	Beton
YOL_51	3	Bölünmemiş T.T.Y.	Sahil	YOL_PARKCI	0	Park İçi Yol	Park
YOL_51	2	Bölünmemiş T.T.Y.	Park	YOL_PARKCI	0	Park İçi Yol	Toprak
YOL_55	2	Bölünmemiş T.T.Y.	Sahil	YOL_RAY	1	Bölünmemiş T.T.Y.	Toprak
YOL_52	2	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_DAV	2	Bölünmemiş T.T.Y.	Toprak
YOL_52	2	Bölünmemiş T.T.Y.	Beton	YOL_PATKA	0	Patika	Toprak
YOL_55	1	Bölünmemiş T.T.Y.	Asfalt	YOL_FERBOHATHI	0	Bölünmemiş T.T.Y.	Yol Yok
YOL_55	1	Bölünmemiş T.T.Y.	Beton				

**Şekil 19.** YOL fonksiyonel kategorileri tablo görüntüsü

Ana hatları ile bahsedilen bu bilgiler ile YOL detay sınıfının tasarım aşaması tamamlanmıştır.

Bundan sonra eski ismiyle “KARAYOLU” detay sınıfının yeni tasarımı “YOL” detay sınıfına dönüştürülmesine başlanmıştır. Sırasıyla şu aşamalar uygulanmıştır: Veritabanından eski detay sınıfının çıkarılması, “KARAYOLU” detay sınıfındaki tüm alttiplerin “YOL” alttiplerine dönüşümü, yeni öznitelik alanlarına uygun değerlerin atanması, yeni sınıfın veritabanına yüklenmesi, yeni “YOL” sınıfındaki alttiplerin ve özniteliklerinin tanımlarına uygun şekilde tekrar yapılandırılması, yeni sınıfa kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilen verilerin aktarılması. Tüm verilerin veritabanından çıkarma ve tekrar yükleme esnasında geçen işlemlerinin süresi yaklaşık olarak 2 hafta sürmüştür. Sonraki süreçte yapılan işlemler ise 1:100,000 ölçeğindeki bir alanda ortalama bir hafta sürede tamamlanabilmektedir. Farklı kaynaklardan temin edilen 3 boyutlu bu bölünmüş ayrılmış yolların 3. boyut değerlerinin mevcut TOPOVT verilerinden alınması için ArcGIS yazılımı üzerinde çalışan bir program geliştirilmiştir. Bu program ile farklı kaynaklardan temin edilen çift yolların TOPOVT veri kümesine aktarılmasında 50 metre çapındaki bir alanda en yakın yükseklik değerinin alınması sağlanmıştır (Şekil 20). Böylelikle tüm yolların sahip olduğu 3 boyut özelliği korunmuştur.



**Şekil 20.** Yollara üçüncü boyutun atanması

Bu sürecin tamamlanmasından sonra yeni “YOL” detay sınıfının anlamsal dönüşümü tamamlanmış olacak ve navigasyon maksatlı kullanım için yolların kesişim yerlerinden parçalanması, yön bilgilerinin girilmesi, kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilen verilerle cadde sokak isimlerinin aktarılması işlemlerine başlanması hedeflenmektedir.

Ulaşım ağının en önemli parçalarından biri olan yol detay sınıfı kent içi ve kent dışı alanlardan geçen yollar olarak basit bir şekilde ikiye bölünebilir. Bu şekilde bölünen yollar hizmet ettiği trafik tipi olarak da farklılığa sahiptir. Kent içi yolların etrafı büyük oranda yerleşim yeri yapıları ile çevrilidir. Bu yollar çoğunlukla yerel yönetimlerin yapım ve bakım sorumluluğunda iken, kent dışındaki yollar ise çoğunlukla ulusal kuruluşların yapım ve bakım sorumluluğundadır. Bu sorumluluk alanlarından bağımsız olarak yollar yeni veri yapısında kent içi ve



kent dışı olarak da ayrılmış bulunmaktadır. Kent dışı yollar Şekil 18’de ifade edilen ilk “OTOYOL”, “DEVLETYOLU”, “İLYOLU”, “KOYYOLU” iken, kent içi yollar “BULVAR”, “CADDE”, “ANAARTER”, “SOKAK” alt sınıfları ile ifade edilmektedir.

Bahsedilen bu yollar dışında “İCYOL” olarak tanımlanan yollar ise özel amaçlı olarak inşa edilmiş genel taşıt trafiğine açık olmayan yollardır. Örneğin üniversite içerisindeki taşıt trafiği yolları genel ulaşım ağı içerisinde olmadığı için iç yol olarak tanımlanmaktadır. Başka bir örnek ise hava alanları içerisindeki taşıt yollarıdır. Bu yollar kamusal yollar olmak zorunda değildir. Özel mülk bir arazi içerisindeki taşıt yolları da bu gruba dahildir.

Bilindiği üzere yol detay sınıfı üzerindeki birçok sanat yapısı olarak da ifade edilen detaylarla bir bütün olarak ulaşım ağında ifade edilebilir. Bu maksatla yol detay sınıfı tasarımı ile beraber bu sanat yapılarının da tasarımlarının yeni yapıya uygun hale getirilmesine gerek duyulmaktadır. Bu maksatla “KOPRUGECIT”, “GECIT”, “TUNEL”, “MENFEZ” detay sınıfları tasarlanmıştır. Bu sınıflardan “KOPRUGECIT” detay sınıfı, ulaşım ağı üzerinde karayolu veya demiryolu araçlarının yapay veya doğal bir engeli üzerinden geçerek aşması maksadıyla yapılmış sanat yapıları olarak tanımlanmıştır (Şekil 21). “GECIT” ise bu yapıların altındaki veya ulaşım ağı üzerindeki herhangi başka bir engelin altındaki geçiş yapılabilecek alanlardır (Şekil 21). “TUNEL” doğal bir yapıyı delip geçmek suretiyle yapılan üstü kapalı yapılardır. “MENFEZ” detayları ise ulaşım ağını korumak için yapılmış ulaşım ağı altından su akışı sağlamak için yapılmış küçük yapılar olarak tanımlanmıştır.



Şekil 21. Köprü ve Geçit Arasındaki Farklar

Tasarlanan bu yapılarda öncelikle farklı ulaşım ağları üzerindeki sanat yapılarının anlamsal bütünlüğünü sağlamak ana hedef olarak belirlenmiştir. Bu hedefin belirlenmesinde şu problem belirleyici olmuştur: Karayolu için köprü olarak nitelendirilen bir yapı demiryolu ağı için bir geçit niteliğindedir. Bu örnek tam tersi olarak da ifade edilebilir: Demiryolu ağı için köprü olan bir yapı karayolu ağı için bir geçit niteliğindedir. Bu durum farklı veri gruplarından veri alışverişine engel olabilecek ve verilerin tek bir anlamda birleştirilmesini zorlaştıracak bir husustur. Her

köprüünün altında bir ulaşım ağı için geçit oluşturduğu durumlarda, bu alanların köprüye dik olacak şekilde “GECIT” olarak ifade edilmesi düşünülmüştür (Şekil 22).



Şekil 22. Köprü ve Geçit Tanımı Örnekleri

## 8. SONUÇLAR

TOPOVT'nin günümüze kadar artan kullanımı göz önüne alındığında, verinin kullanılabilirliğinin artırılması ve iyileştirilmesinin en iyi yollarından birinin, veri yapısındaki bazı detay sınıfı tanımlarının, daha büyük ve küçük ölçeklerde yapılan çalışmalarda kullanılabilirliğinin artırılması olabileceği görülebilir. Bunun en açık örneklerini ulaşım ağı ve bina detayları oluşturmaktadır. Bu sınıflar birçok büyük ölçekli çalışmalarda ve kent modellerinde ana veri kümesini oluşturmaktadır. Bu sınıfların veri yapılarının genişletilmesi her ne kadar ek bir maliyet yaratıyor gibi gözükse de kullanılabilir veri kaynakları artacağı için bunun toplam üretim süresini kısaltacak, kaynakları da beraberinde getireceği görülebilir. Bugün itibari ile bile bazı büyükşehir belediyelerinden tüm bina alanlarını temin etmek mümkündür. Gerek yapılaşma tespiti, mülkiyet, adres maksatlı olsun ve gerekse kent planlaması maksatlı olsun birçok alanda ana veri kümesi olan binalar bugün itibariyle üç boyutlu kent modellerinde de aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Farklı seviyelerdeki bu kent modellerinin oluşturulmasında bina alanları üç boyutlu kent modellerinin düzenlenmesinin bir yan ürünü olarak oluşturulmaktadır. Üç boyutlu kent modelleri de bina veri kümelerine yeni bir kaynak olarak ortaya çıkmıştır. Üretim maliyetini arttıracak düşüncesi “KARAYOLU” detay sınıfında yolların çift olarak çizilmesinde de düşünülmüş olsa da yapılan test çalışmaları ve artan veri kaynakları bunun böyle olmadığını göstermiştir. Tüm bu gelişen kullanım alanları düşünüldüğünde bina detaylarının alan olarak gösterilmesinin üretim maliyetini sanıldığı kadar aksine çok büyük miktarda artırmayacağı toplam faydayı geliştireceği değerlendirilmektedir.

Bugüne kadar elde edilen birçok tecrübeden çıkarılan bir sonuç olarak şu da söylenebilir: Veri kullanımı artmadan veri yapısından ne tür beklentilerin olduğunun ortaya çıkarılması zorlaşmaktadır. Veri yapısının, kullanım alanı ile

birlikte gelişebilen bir husus olarak düşünülmesinin faydalı olduğu ve bu maksatla kullanım alanlarının artıracak, başka bir deyişle daha çok kullanıcıya ulaştıracak hususlara daha fazla önem verilmesinin veri yapısının gelişimine de olumlu katkılar sunacağı değerlendirilmektedir.

Burada kullanım alanlarının artırılabilmesini sağlayacak olan hususların doğru bir şekilde belirlenmesinin metodunun; büyük oranda büyük ölçekli harita ve 3 boyutlu kent modeli üretiminde ihtiyaç duyulan veri yapılarının incelenerek örnek alınması olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, büyük ölçekli coğrafi veri yapılarında yol ve bina modellerinin ana iskeleti oluşturduğu düşünüldüğünde bu sınıfların tanımlarının genişletilmesinin veri yapısının geliştirilmesinde önemli bir unsur olduğu düşünülmektedir.

Sayısal sistemlerin olmadığı klasik harita üretiminden kalan ve veri yapısı tasarımında belirleyici olan kalem ucu kalınlığı gibi hususların detay tanımında artık bir kısıt olmadığı görülmüştür.

Güncellenmesi öncelikli olduğu düşünülen detay sınıflarının belirlenmesi daha net belirlenebilmesi için tüm veri yapısındaki sınıfları önceliklendirilebilecek bir metodun belirlenmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

İrlanda Ulusal Haritacılık Kuruluşu (Ordnance Survey Ireland-OSi) tarafından yapılan çalışmanın, büyük ölçekli harita verisi üretiminin daha küçük ölçekli harita ve coğrafi yayınlarının oluşturulmasında kullanılabilirliği yöntemlerini göstermesi açısından faydalı bilgiler verdiği görülmüştür (Bray, 2016). Özellikle bazı detay sınıflarının farklı ölçeklerde kullanılarak toplam veri üretim maliyetlerinin düşürülebilmesi için detayların tasarımında kendisinden daha büyük ölçekte veya küçük ölçekte kullanımda dönüşümü kolaylaştıracak hususların da dikkate alınmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

"KARAYOLU" detay sınıfında yapılan veri yapısı güncelleme çalışmasında tanımlarda yapılan değişikliklerin, verilerin yeni tanımlanan sınıf ve alttiplere otomatik dönüşümü zorlaştırdığı tespit edilmiştir. Veri yapısı değişikliklerinde bu hususun göz önünde bulundurulması gereken önemli bir nokta olduğu ortaya çıkmıştır.

Vektör veri yapısı tasarımında hedeflenen avantajların doğru bir şekilde belirlenmesi, veriden sağlanacak faydayı belirleyici en önemli husus olarak görülmektedir. Bu nedenle, model değişiminde sağlanmak istenen avantajların neler olduğu doğru bir şekilde ortaya konulmalıdır. Buna iyi bir örnek olan İrlanda standart topoğrafik harita verisi üretiminde büyük ölçekli haritalar için tasarlanan verinin nasıl otomatik küçük ölçekli harita üretimi için de kullanılabilirdiği görülmüştür.

Artan hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü kaynakları düşünüldüğünde, standart harita üretiminin bu koordinatlı görüntülerin hızlı ve daha doğru okunmasını sağlamanı hususunun detay sınıflarına öncelik verilmesinde önemli bir ölçüt olduğu düşünülmektedir.

Sayısal vektör verilerin en önemli niteliklerinden birisi de 3. boyut barındırabilmesidir. 3 boyutlu üretilen vektör verilerin büyük oranda sayısal arazi ve sayısal yüzey modellerini temsil ettiği görülmektedir. Detay tanımlarının güncellenmesinde bu modellerin üretilmesini kolaylaştıracak ve kalitesini arttıracak özelliklerin göz önünde bulundurulmasının, yeni veri yapısının kullanım alanlarını önemli oranda arttıracığı değerlendirilmektedir.

Belirtilen hususlar dikkate alındığında, topoğrafik verinin detay sınıflarının, tanımlarının ve özneliklerinin belirlenmesinde dikkat edilmesinde fayda görülen hususlar şöyle sıralanabilir: farklı ölçeklerde kullanım için model genelleştirmesine uygunluk, basılı harita çiziminden kalan, artık sayısal teknolojilerde bir anlam ifade etmeyen kısıtların çıkarılması, ek üretim maliyetinin yanında katkısı büyük olabilecek ortak kullanıma temel teşkil eden öznelikselsel ve geometrik değişiklikler ("KARAYOLU" örneğinde yolların çift olarak çizilmesi), detay sınıfı isimlerinden öznelik isimlendirmesine kadar okunurluk, geometri tipinin belirlenmesinde çizim kolaylığı sağlayabilecek hususlar, sadece kartografik amaçlı yaratılan detay sınıfları, daha hızlı güncelleme periyodu gerektiren sınıfların ve öncelikli sınıfların tespiti.

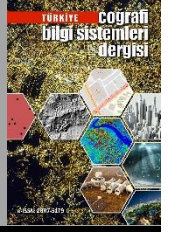
## BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Burada yazılan konular Türk Silahlı Kuvvetlerinin görüşlerini yansıtmamaktadır.

## KAYNAKÇA

- Berry, J.K. (2005). Analyzing Geo-Spatial Resource Data. Colorado: John Wiley Publishers.
- Bray, C. (2016). Ordnance Survey Ireland Shows New Perspectives. *GIM International*, December 2016, Issue 12, Volume 30, <https://data.gov.ie>, pp.27-29.
- Bray, C. (2017). Ordnance Survey Ireland Shows New Perspectives. *GIM International*, January 2017, Issue 1, Volume 31, <https://data.gov.ie>, pp.31-33.
- Canberk M., Okul A., Saygılı A. ve Yüksel B. (2014). Topoğrafik Verilerin Hazırlanması ve Sunumu. *Harita Dergisi*, Ocak 2014, Sayı 151, Sayfa 33-38 ISSN:1300-5790.
- Goodchild, M.F. (2005). GIS, Spatial Analysis, and Modeling Overview. In D. J. Maguire, M. Batty & M. F. Goodchild (Eds.), (pp. 1-17). California: ESRI press.
- Harita Genel Komutanlığı (HGK). (2018a). Kartografik Gösterim Yönergesi, HGKY 125-03 (A).
- Harita Genel Komutanlığı (HGK). (2018b). Harita Genel Komutanlığı Fotogrametri Dairesi Başkanlığı Topoğrafik Vektör Veritabanı

- (TOPOVT) Arazi Bütünlemesi Yönergesi, HGKY 125-7.
- Yüksel B., Saygılı A. ve Okul A. (2013). HGK 1:25,000 Ölçekli Topoğrafik Veritabanı. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.
- Yüksel B. ve Kiracı A.C. (2018). Karayolu Detayların Çift Çizilmesine Dair Teknik İnceleme Raporu (Yayımlanmadı).
- Topoğrafik Vektör Veri Doğruluk Araştırmaları. (2019). 2007-2019 Yılları Arası Topoğrafik Vektör Veri Doğruluk Araştırmaları (Yayımlanmadı).
- Defence Geospatial Information Working Group (DGIWG). (2019, Nisan 13). <http://www.dgiwg.org/dgiwg/>
- ESRI Türkiye. (2019, Nisan 13). <https://blog.esriturkey.com.tr/2018/08/11/ar-cgis-desktop-da-cad-verisi-ile-calismak/>
- Yılmaz, A. ve Canıberk, M. (2018). Real Time Vector Database Updating System: A Case Study for Turkish Topographic Vector Database (TOPOVT). *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 73-79. DOI: 10.26833/ijeg.383054.



## Araştırma Makalesi

### Altyapı Bilgi Sistemleri Tasarımı Ve Uygulaması

Mehmet Alkan\*<sup>1</sup>, Özkan Filiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, İZSU Genel Müdürlüğü

#### Anahtar Kelimeler:

Altyapı Bilgi Sistemleri,  
Coğrafi Bilgi Sistemleri,  
Altyapı Hatları,  
Konumsal Analizler

#### ÖZ

Ülkemizde son otuz yılda kentleşmenin hızlanarak artması ile birlikte şehrin altyapısının klasik yöntemlerle yönetilmesinin oldukça güç bir hal aldığı görülmüştür. Altyapı tesislerinin geçmişten günümüze kadar birçok kurum ve kuruluş tarafından çeşitli yollarla, değişik standartlar çerçevesinde yapılmış olduğu tespit edilmiştir. Altyapı hatlarının uzunluğu göz önüne alındığında önümüze özellikle büyük kentlerde hacimli ve bir o kadar da karışık bir yapı çıkmaktadır. Bu yapının zaman içerisinde klasik yöntemler ile yönetilemediği, günümüz teknolojisine uygun hareket ederek daha hızlı ve etkili bir şekilde yönetilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisinin kullanılması önemli bir argüman olarak ortaya çıkmaktadır. Şehirlerdeki altyapı sistemlerinin belirli bir bilgi sistemi çerçevesinde modellenmesi ve işletilmesi özellikle belirli büyüklükteki şehirler açısından büyük önem arz etmektedir.

Belediyeler açısından yüklü miktarda maliyetler ile tesis edilen altyapılara ait bilgiler yerin altına gömülü kalmayıp, model proje ile dijital platformda veri toplama ve depolama ile bilginin saklanması ve güncellenmesi bu çalışmada hedeflenmiştir. Bu bağlamda, gereksinim analizi ile birlikte bir konumsal veritabanı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Böylece, altyapı hatlarına konumsal olarak ulaşmak daha hızlı ve güvenilir hale gelmiştir.

## Design and Applications of Infrastructure Information Systems

#### Keywords:

ISS  
GIS  
Infrastructure Lines  
Spatial Analysis

#### ABSTRACT

It has been seen that in the last thirty years, the urbanization has accelerated and increased, and it has become challenging to manage the infrastructure of the city with classical methods. It has been determined that various institutions and organizations have built infrastructure facilities. They are in various ways and within the framework of different standards from past to present. Considering the length of the infrastructure lines, we see a large and complicated structure, especially in big cities. It has emerged that classical methods cannot manage this structure over time, and the need to manage it faster and more effectively by acting following today's technology. In this context, the use of Geographic Information Systems (GIS) technology emerges as an essential argument. Modelling and operating of infrastructure systems in cities within the framework of a specific information system is of great importance, especially for cities of a specific size.

In this study, it is aimed to collect and store data on the digital platform with the model project and to keep and update the information. In this context, a spatial database design was carried out with requirement analysis. Thus, it has become faster and more reliable to reach infrastructure lines positively.

#### \*Sorumlu Yazar

\*(e-mail) ORCID ID 0000-0002-7542-5455

(e-mail) ORCID ID xxxx - xxxx - xxxx - xxxx



## 1. GİRİŞ

Dünyadaki altyapı işlemleri belediyeler için büyük önem taşımaktadır. Özellikle temiz su ve atık su hizmetleri, gelişmekte olan ülkeler ve geri kalmış ülkelerde önemli sorunlar göstermektedir (Masood ve diğerleri, 2016; Ogie ve diğerleri, 2017). Genel olarak, "kamu hizmetleri" ifadesiyle tanımlanan altyapı hizmetleri genellikle içme suyu, atık su ve yağmursuyu yönetimi, atık yönetimi, ulaşım, fiziksel yapılar ve tesisler gibi yerel yönetimler tarafından verilmektedir. Planlanmamış inşaatlar sonucu Türkiye'de altyapı ihmal ediliyor. Bu can ve mal kaybını ihmali sonucu ödenmiştir. Hızlı ve beklenmedik büyüme, altyapıdaki karmaşıklığın temelidir. Gelişmiş ülkelerde, yerleşim tamamlanan alanlara doğru yapılır, gelişmekte olan ülkelerde ise bunun tam tersi doğrudur. Gelişmekte olan ülkelerdeki anlaşma alanlarına altyapı hizmetleri sağlama çabaları sürdürülmektedir. Özetle, gelişmiş ülkeler kendi altyapılarını yerleşmişken, gelişmekte olan ülkelerdeki düzenlemelere ilişkin altyapıya karar verilmiştir. Hızla genişleyen alanlara altyapı hizmeti vermeye çalışan yerel yönetimler bu noktada güçlük çekmekte ve yürüttükleri hizmetlerin kalitesi de düşmektedir (Alegre vd., 2012; Moloney, McKenna ve Fitzgibbon, 2017).

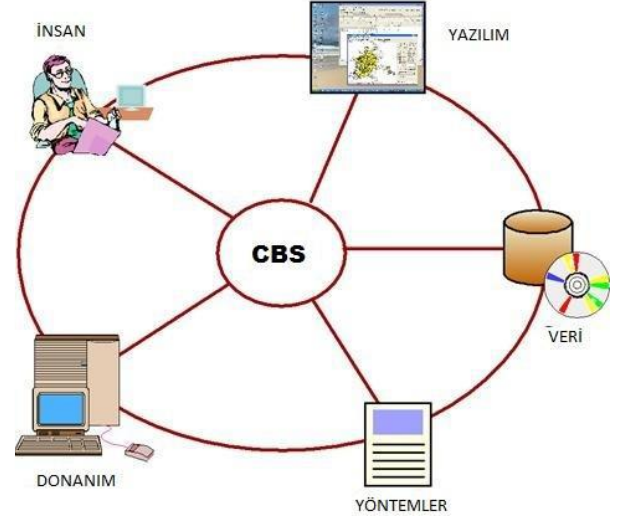
Altyapı haritası üretim anlayışı gelişmekte olan ülkelerde yanı sıra ülkemizde doğal gaz hatlarının inşası için geliştirilmiştir, ancak çok önemli bir öneme sahip değildir. Ancak, doğal gaz boru hatları için harita üretimi, diğer altyapı şirketlerinin bu noktada harekete geçmesini sağlamıştır. Ülkemizde son yıllarda yoğun bir şekilde devam eden altyapı çalışmaları diğer altyapı kurumlarının çizgisine zarar veriyor ve bu kayıplar can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bu kayıpların nedenlerinden bazılarını listelemek mümkündür. Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin altyapı yönetiminde kullanılması da günümüzde yararlı bir araç olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, Altyapı Bilgi Sisteminin en güncel verilerin en doğru ve en güncel verileri konusunda sunduğu imkanlar, maliyet analizi, istatistiksel verilerin sunumu, kayıp ve sızıntıya karşı mücadelede aktif rol oynamakta olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, Altyapı Bilgi Sistemi için gerekli konumsal veritabanı tasarımı ve uygulaması amacıyla bileşenler gerçekleştirilmiş ve sırasıyla açıklanmıştır.

## 2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)

İçerik Günümüzde hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) ile insanların yaşam tarzlarında birçok değişiklikler meydana getirmiştir. Modern çağımızda toplumlar bilgi çağının getirilerinden mümkün olduğunca yararlanmak zorundadırlar. Bu bağlamda hem yaşam kalitesinin yükseltilmesi, hem de veriye daha hızlı ulaşım sağlamak önemlidir. Bunlara ilaveten verilerin analizi ile navigasyon, konum bulma vb. birçok web tabanlı CBS uygulamalarının gerçekleştirilmesi, emlak vergisi,

altyapı hizmetleri gibi birçok kamusal hizmetin takibinin de CBS yordamıyla yapılması mümkündür. CBS nin ana bileşenleri Şekil 1. de verilmiştir. Bu çalışmada da uygulama bölümünde aktif olarak CBS kullanımı açıklanmıştır.



Şekil 1. CBS nin Temel Bileşenleri (Filiz, 2017)

Konumsal CBS tasarımlarında ilk aşama gereksinim analizi aşamasıdır. Gereksinim analizinde sistemde yer alacak veri, veri tipleri ve analizler belirlenmelidir (Alkan ve Bulut, 2010; Alkan ve Polat, 2017; Alkan ve Surmeneli, 2018; Alkan ve Polat, 2018). Bu bağlamda bu çalışmada yapılan gereksinim analizi işlemleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- İçme suyu ve atık su hatlarının çap, malzeme cinsi ve diğer bilgilerinin verileri,
- Yağmursuyu ve gri su hatlarının çap, malzeme cinsleri ve diğer bilgilerinin verileri,
- İçme suyu depolarının hacim ve diğer bilgilerinin verileri,
- Atık su terfi istasyonlarının kapasite ve diğer bilgilerinin verileri,
- Atık su arıtma tesislerinin kapasite ve diğer bilgilerinin verileri,
- İçme suyu ve gri su hatlarındaki vana bilgilerinin verileri,

Sistemde gerçekleştirilecek bazı sorgulamalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Konumsal veritabanında altyapı hatlarının öznitelik bilgilerinin sorgulanması,
- Konumsal veritabanında İçmesuyu depolarının besleme alanlarının sorgulanması,
- Konumsal veritabanında hangi atık su hatlarının hangi terfi merkezine ve arıtma tesisine bağlı olduğunun belirlenmesi gibi sorgulamaların gerçekleştirilmesidir.

## 3. ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI

Konumsal CBS tasarımlarında ilk aşama gereksinim analizi aşamasıdır. Gereksinim analizinde

sistemde yer alacak veri, veri tipleri ve analizler belirlenmelidir (Alkan ve Bulut, 2010; Alkan ve Polat, 2017; Alkan ve Surmeneli, 2018; Alkan ve Polat, 2018). Bu bağlamda bu çalışmada yapılan gereksinim analizi işlemleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- İçme suyu ve atık su hatlarının çap, malzeme cinsi ve diğer bilgilerinin verileri,
- Yağmursuyu ve gri su hatlarının çap, malzeme cinsleri ve diğer bilgilerinin verileri,
- İçme suyu depolarının hacim ve diğer bilgilerinin verileri,
- Atık su terfi istasyonlarının kapasite ve diğer bilgilerinin verileri,
- Atık su arıtma tesislerinin kapasite ve diğer bilgilerinin verileri,
- İçme suyu ve gri su hatlarındaki vana bilgilerinin verileri,

Sistemde gerçekleştirilecek bazı sorgulamalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Konumsal veritabanında altyapı hatlarının öznelik bilgilerinin sorgulanması,
- Konumsal veritabanında İçmesuyu depolarının besleme alanlarının sorgulanması,
- Konumsal veritabanında hangi atık su hatlarının hangi terfi merkezine ve arıtma tesisine bağlı olduğunun belirlenmesi gibi sorgulamaların gerçekleştirilmesidir.

#### 4. KONUMSAL VERİ TABANI ŞEMALARININ TASARLANMASI ve SİSTEMDE ANALİZLER

Çalışma kapsamında veri modeli tasarımının oluşturulmasında Varlık-İlişki (Vİ) modeli kullanılmıştır. Yapılan gereksinim analizi sonucunda ihtiyaç duyulan veriler ve sorunlar belirlenmiştir. Bu doğrultuda aşağıdaki işlem adımları gerçekleştirilmiştir.

Tasarımı oluşturan Temizsu Hat, Temizsu Depo, Temizsu Vana, Altyapı Veri, Kaynakları, Altyapı Hat Tipleri, Altyapı Malzemeleri, Altyapı Projeleri, Atıksu Hat, Atıksu Arıtma Tesisi, Atıksu Terfi, Yağmursuyu Hat, Yağmursuyu Terfi, Yağmursuyu Tesis, Grisu Hat, Grisu Tesis, Grisu Vana Vİ tasarımında ana varlıklar olarak belirlenmiştir.

İhtiyaç duyulan veriler ve ana varlıklar belirlendikten sonra ilişki tipleri ve anahtar kelimeler belirlenmiştir. Temizsu hat - Vana ile olan ilişki tipi bire-çok (1-M) dur. Bir vana bir ya da daha fazla temizsu hattını yönetebilir. Ama bir temizsu hat bir tane vana ile yönetilebilir. Anahtar kelime olarak HATID seçilmiştir. Aşağıda gereksinim analizine göre gerçekleştirilen ana Varlık İlişki Şemaları verilmiştir.

##### Örnek-1: İçmesuyu Depo Analizi

Bu örnek analizde içme suyuna ait deponun beslemekte olduğu alan, bu alan içerisindeki içmesuyu hatları ve metraj bilgileri, alt izole bölge sayısı, bina sayısı, nüfus verisi görüntülenebilmektedir. Söz konusu bölge yeni

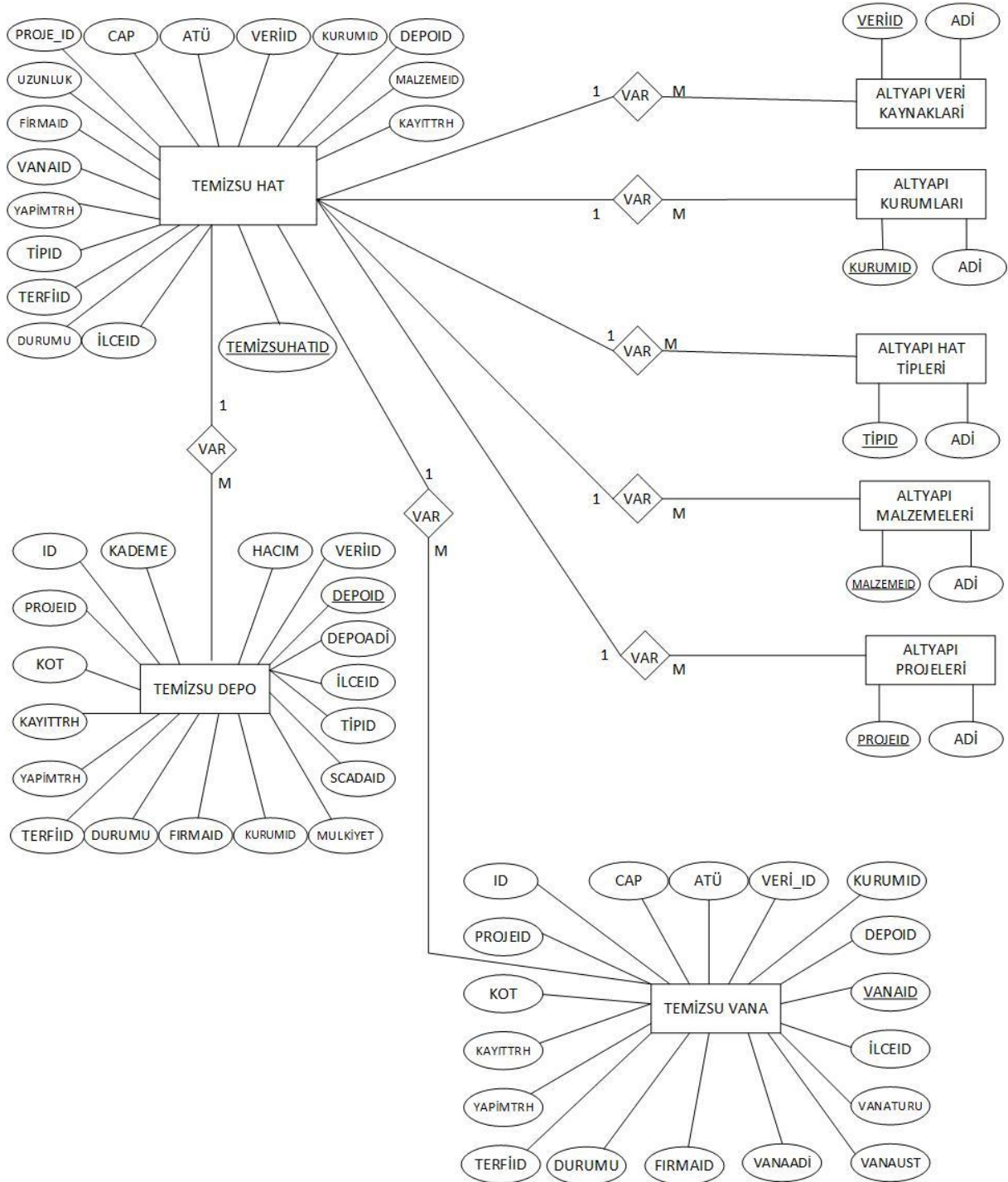
yerleşim yerlerinin eklenmesi ile birlikte mevcut içmesuyu depolarının yeni nüfus projeksiyonuna göre yeterli olup olmadığı ve hangi bölgelerde hangi hacimlerde depolar yapılması gerektiği hususunda gerekli çalışmaların yapılabilmesi hususunda gerekli verilerin sağlanabileceği bir modül olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.).

##### Örnek -2: İçmesuyu ve Kanalizasyon Durum Belgesi

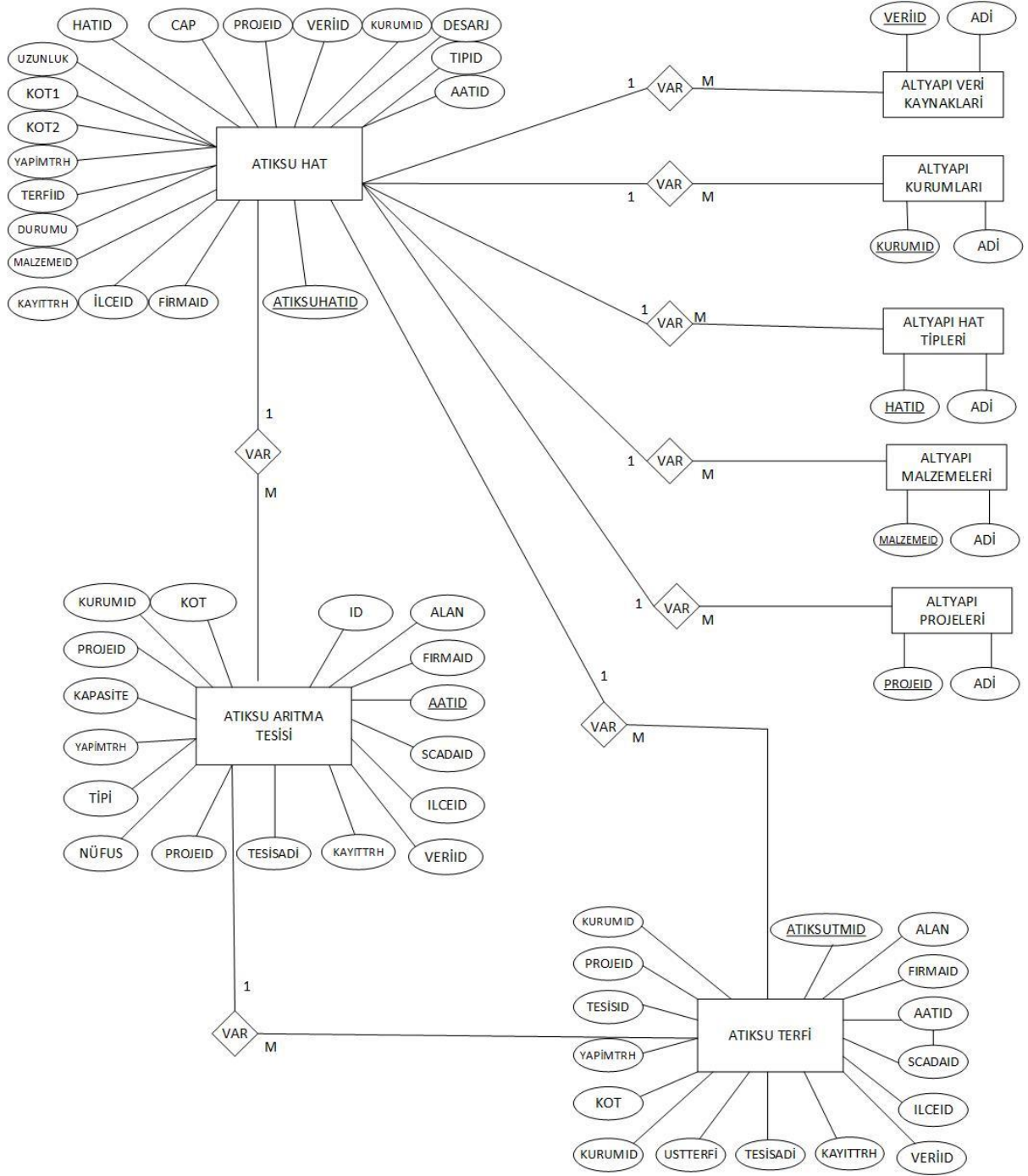
Uygulama kapsamında gerçekleştirilen yazılım ile içme suyu ve kanalizasyon aboneliği talep edilen yapıların mevcut durumları tasarlanan model vasıtasıyla tespit edilebilmektedir. Bu örnekte hazırlanan belge ile talep edilen adres bilgileri veya ada/parsel bilgileri sisteme girilmek suretiyle aboneye ait bilgiler ekrana getirilmektedir. (Şekil 5.).

#### 5. SONUÇLAR

Ülkemizde hızlı kentleşme artışı, çarpık kentleşmeyle beraber çarpık altyapıyı da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda şehrin altyapısının klasik yöntemlerle yönetilmesinin oldukça güç bir hal aldığı tespit edilmiştir. Tüm bu sebeplerle, herhangi bir şehre ait içmesuyu, atıksu ve bunlara ilişkin tesislerin konumsal sorgulamalarının, şebeke analizlerinin ve yönetiminin yapılabilmesi için hızlı ve sağlıklı çalışan bir Coğrafi Bilgi Sistemi uygulaması olan Altyapı Bilgi Sisteminin oluşturulmasının elzem olduğu bu çalışma neticesinde ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada İSU Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan altyapı çalışmaları detaylı bir şekilde incelenmiştir. İncelemeler sonucunda sistemdeki mevcut ihtiyaçlar ve sorunlar belirlenmiştir. Belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda konumsal veritabanı tasarımı ve tasarlanan bu sistemde yapılabilecek analizler belirlenmiştir. Bu bağlamda bu analizler gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan sistemin getireceği bir takım faydalarda sonuçlar olarak aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

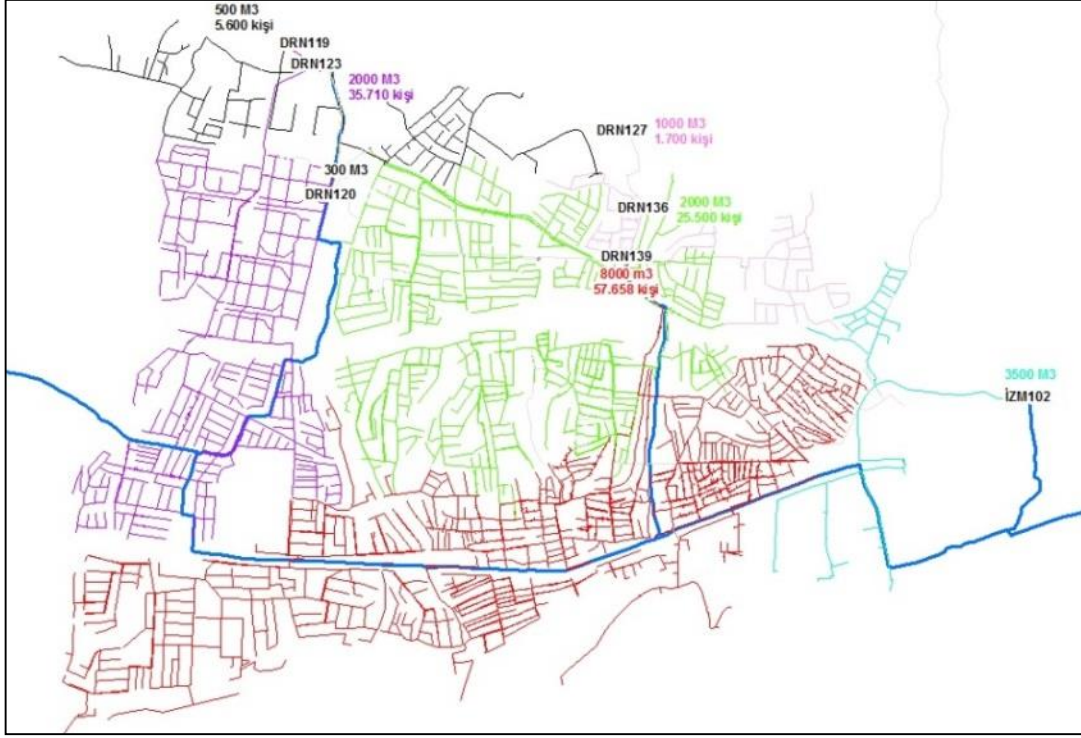


Şekil 2. Temizsu Hattı'nın Temizsuhat, Temizsudepo, Temizsuvana, Altyapıverikaynakları, Altyapıkurumları, Altyapıhattipleri, Altyapımalzemeleri, Altyapıprojeleri ile Vİ Diyagramı



**Şekil 3.** Atıksu Hattı'nın Atıksuhat, Atıksuterfi, Atıksuarıtmatesisisi, Altyapıverikaynakları, Altyapıkurumları, Altyapıhattipleri, Altyapımalzemeleri, Altyapıprojeleri ile Vİ Diyagramı





Şekil 4. İçmesuyu Depo Analizi ekranı

Müşteri Bilgileri	Bina/Parsel Bilgileri	İçmesuyu Hat Bilgileri	Atıksu Hat Bilgileri
Yapı Sahibi: Yapı Sahibi	MAKS NO: 144823960	Durum: Mevcut	Durumu: Mevcut
T.C. Kimlik No: T.C. Kimlik No	Bina Türü: Mesken	Derinlik: 1.00 m	Derinlik: 1.50 m
Vergi No: Vergi No	Ada: 2430	Çap: 150	Çap: 200
Dilekçe Sayısı: Dilekçe Sayısı	Parsel: 13	Cins: DUKTİLFONT	Cins: BETON
Dilekçe Tarihi: Dilekçe Tarihi	Pafta: -	Basınç: 0	Eğim: 1.75
Adresi: Gebze Osman		Yol Kaplaması: Asfalt	Yol Kaplaması: Asfalt

Şekil 5. Adres bilgisi girerek abone yapılacak binanın bilgilerini gösteren ekran

- Altyapı Bilgi Sistemleri ile altyapı hatlarının verilerinin sisteme girilmesi, sistemin anlık ve zamansal takibinin yapılabilmesinin mümkün olduğu, bu sayede aktif olarak altyapı yönetimi sağlanabileceği tespit edilmiştir.
- Bu çalışma ile birlikte, altyapı verilerinin yönetilebilir hale getirildiği, kayıp-kaçak ile etkili bir mücadele yöntemi sunan, maliyet analizlerinin hızlı bir şekilde yapılabildiği, raporlamalar ile bütçe çalışmalarına önemli katkılar sunulabildiği, ileri düzeyde ise mobil cihazlarda kullanılabilir olması bağlamında CBS'nin en önemli argümanlarından güncelleme işlemlerinde kullanılabilmesini de mümkün hale getirmiştir.
- Tasarlanan sistem ile içme suyu hatları ile ilişkili depo ve vana bilgileri, bunlara ait debimetre bilgileri, vanaların yönettikleri hatların cinsi, imalat yılı, çapının tespiti ve izlenilmesi, vb. veriler ile içme suyu hatlarında meydana gelen kayıp-kaçak oranının düşürülmesine yönelik önemli bir katkı sunulması hedeflenmektedir.
- Oluşturulan raporlama modülü ile bilgi sisteminde bulunan mevcut atık su, içme suyu ve yağmursuyu altyapı bilgilerinin cins, imalat yılı, çap ve metraj bilgilerinin sistem üzerinden sorgulanarak çok kısa zamanda istatistiksel veriler haline dönüştürülmesi gerçekleştirilmiştir.
- Altyapı Bilgi Sistemi sayesinde, arıza nedeniyle bir bölgenin içme suyu kesilmek istenildiğinde, hangi vananın kapatılacağı ve ne kadarlık bölgeyi ve nüfusu etkileyeceği gibi tespitler yapmakta mümkündür.

#### KAYNAKÇA

- Alegre, H., Covas, D.I.C., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2012). An integrated approach for infrastructure asset management of urban water systems. *Water Asset Management International* 8.2 (2012) 10-14.
- Alkan M. and Bulut G., (2010). GIS and remote-sensing-based urban-information system design and development: A case study for Kozlu, Zonguldak. *Scientific Research and Essays* 5(19): 2889-2899.
- Alkan M. and Polat Z.A., (2017). Design and development of LADM-based infrastructure for Turkey. *Survey Review* 49, 370-385.
- Alkan M. and Polat Z.A., (2017). Design and implementation of a LADM-based external archive data model for land registry and cadastre transactions in Turkey: A case study of municipality. *Land Use Policy* 77, 249-266.
- Alkan M. and Surmeneli G. H., (2018). Development of an advertisement tax system based on a geographic information system.

*Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer* 171(2): 93-104.

- Filiz, (2017). Design and implementation of infrastructure information systems: a case study of Kocaeli. , MSc thesis, Yıldız Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Istanbul Turkey (in Turkish).
- Masood T., McFarlane D., Parlikad A.K., Dora J., Ellis A., and Schooling J., 2017. Towards the future-proofing of UK infrastructure. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Infrastructure Asset Management* 3(1), 28-41.
- Moloney M., McKenna T., and Fitzgibbon K., 2017. Quality data for strategic infrastructure decisions in Ireland. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Infrastructure Asset Management* 4(2), 40-49.
- Ogie R.I., Perez P., and Dinum V., 2017. Smart infrastructure: an emerging frontier for multidisciplinary research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Smart Infrastructure and Construction* 170, 8-16.