KADASTRODA ÜÇ BOYUTLU GÖSTERİM: İMKÂN VE KISITLAMALAR

Fatih DÖNER¹, Samet ŞİRİN²

¹Doç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane, fatihdoner@gumushane.edu.tr

²Müh., Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Adıyaman İl Müdürlüğü, 02000, Adıyaman, samet.sirin@csb.gov.tr

ÖZET

Türkiye’de 2005 yılında Kadastro Kanunu’nda yapılan değişikliklerle kadastroya mekânsal bilgi sisteminin altyapısını oluşturma görevi verilmiştir. Bu tarihten sonra Türkiye’de kadastro nun tamamlanması, kadastro sisteminin otomasyonu ve paftaların yenilenmesi gibi amaçlarla projeler gerçekleştirilmiştir. Bu projeler sayesinde günümüzde tapu ve kadastro faaliyetleri bilgisayar ortamında yürütülebilmekte ve taşınmazlara ait bilgiler yasal mevzuat çerçevesinde ilgililere ve vatandaşlara sunulabilmektedir. Şubat ayında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), ‘3B Kent Modelleri ve Kadastro Projesi’ isimli bir projenin duyurusunu yapmıştır. Öncelikle seçilen pilot bölge üzerinde denenecek ve modelleme çalışmalarının dört yıl süreceği bu proje ile vatandaşların sahibi oldukları bağımsız bölümleri üç boyutlu (3B) olarak ayrıntılı bir şekilde görebilmeleri hedeflenmektedir. Projeyle ayrıca, oluşturulan 3B modeller ile tapu bilgileri ve bağımsız bölümlerin mimari projeleri ilişkilendirilerek birlikte görülebilecektir. Böyle bir projenin hayata geçirilebilmesi ve etkin olarak kullanıcılara kadastro verilerinin 3B olarak sunulabilmesi için 3B verinin modellenmesi ve gösterimi alanlarında alternatiflerin incelenmesine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada kadastro verilerinin 3B gösterimine yönelik olarak kullanılabilecek veri modelleri ve gösterim araçlarının incelenmesi amaçlanmaktadır. CityGML (City Geography Markup Language), IFC (Industry Foundation Classes), IndoorGML ve LADM (Land Administration Domain Model) gibi temel standartlar kullanılabilirlikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışmada oluşturulan örnek 3B modeller, çeşitli gösterim araçlarıyla birlikte bu standartların bağımsız bölümlerin temsilinde kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Ancak aşılması gereken zorluklar da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları üretilen 3B modellerin mevcut kadastro altlıklarıyla entegrasyonu, bağımsız bölümlerin sınırlarının belirlenmesi ve yükseklik için referans alınan yüzeyin belirlenmesi olarak sıralanabilir. Kadastro nun konusunu oluşturan taşınmaz mallar söz konusu olduğunda fiziksel sınırlar ve yasal sınırlar arasındaki farkı dikkate almak gerekmektedir. CityGML, IndoorGML ve IFC gibi veri modelleri yapıların fiziksel temsili hedeflerken LADM gibi veri modelleri sadece fiziksel nesneleri değil taşınmazların yasal sınırlarını da modellemeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: CityGML, 3B kadastro, 3B modelleme

ABSTRACT

3D REPRESENTATION IN CADASTRE: POSSIBILITIES AND RESTRICTIONS

With the amendment made in the Cadastre Law in 2005, in Turkey, the task of establishing the infrastructure of spatial information system was given to cadastre. After this date, projects aiming at completing cadastre, automation of cadastral system and renewing of cadastral maps were realized. Thanks to these projects, today land registry and cadastre activities can be carried out in computer environment and information about real estates can be presented to citizens and related subjects within the frame of legal regulations. In February, General Directorate of Land Registry and Cadastre (GDLRC) made a project announcement named '3D City Modeling and Cadastre Project'. With the project, which will be tested first in a selected pilot area and continue four years for modeling works, it is aiming at representing condominiums in three dimensional (3D) detail belong to citizens. It is also aimed with the project that the 3D models created will be displayed together with the architectural projects of the land registry information and condominiums. In order for such a project to be able to put into practice and effectively present cadastral data as 3D to users it is necessary to examine the alternatives in the area of 3D data modeling and representation.

In this study, it is aimed to examine data models and display tools that can be used for 3D representation of cadastral data. Standards such as CityGML (City Geography Markup Language), IFC (Industry Foundation Classes), IndoorGML and LADM (Land Administration Domain Model) were compared in terms of usability. The exemplary 3D models generated in the study show that these standards, along with a variety of display tools, can be used to represent condominiums. However, there are also difficulties to overcome. Some of them can be listed as integration of the produced 3D models with the existing cadastral bases, determination of the boundaries of the condominiums and determination of the reference surface for height. When it comes to real estates that make up the issue of the cadastre, it is necessary to consider the difference between physical boundaries and legal boundaries. While data models such as CityGML, IndoorGML, and IFC are targeted physical representation of buildings, LADM are intended to model not only physical objects but also legal boundaries of real estates.

Keywords: CityGML, 3D cadastre, 3D modeling

1. GİRİŞ

Kadastroda yasal nesnelerin geometrik durumları haritalar üzerinde iki boyutlu parseller ile gösterilmektedir. Arazi kullanımının yoğun olduğu alanlarda parsel yüzeyinin altını ve üstünü kullanma eğilimi vardır. Birbirleri üstüne binen karmaşık yapılar, yerin altında veya üstünde bulunan altyapı tesisleri, sayıları sürekli artan kablo ve borular bu kullanıma örnek olarak verilebilir. Kadastro nun artan ihtiyaçlara cevap verebilmesi ve mülkiyeti etkili şekilde yasal güvence altına alabilmesi için mülkiyetin düşey boyuttaki konumsal bileşenlerinin de yönetilebilmesi gerekmektedir. Bu gereklilik son yıllarda kadastro sistemlerinin tescil için iki boyutlu yatay bir düzlem yerine düşey boyutu (üçüncü boyut) hatta dördüncü boyutu (zaman) da içeren bir mekânı referans almasını gündeme getirmiştir (Döner vd., 2010; Döner vd., 2011). Öte yandan, üç boyutlu (3B) karmaşık kullanım durumlarının modellenmesini destekleyebilecek birçok konumsal veri modeli geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları CityGML (City Geography Markup Language), IFC (Industry Foundation Classes), IndoorGML ve LADM (Land Administration Domain Model) olarak sıralanabilir (Döner ve Şirin, 2017).

Kadastroda parseller dışında temel nesneler, binalar veya bağımsız bölümlerdir. Bu kadastral nesneler önemli bir ekonomik değere sahip olduğundan tescil bilgileri ayrı bir kütükte tutulur. Son yıllarda binaların bağımsız bölümlerinin kadastroda 3B gösterimine yönelik çalışmalarda bir artış görülmektedir. Bir bina içerisindeki farklı bölümlerin yasal sınırlarını 3B olarak belirgin bir şekilde göstermek kolay değildir. Bununla birlikte, son yıllarda bu sınırların kullanıcılara gösterilebilmesi ve kolayca anlaşılabilmesi için 3B dijital ortamlar daha fazla imkân sunmaya başlamıştır (Atazadeh vd., 2017). Kadastro nun konusunu oluşturan taşınmaz mallar söz konusu olduğunda fiziksel sınırlar ve yasal sınırlar arasındaki farkı dikkate almak gerekmektedir. CityGML, IndoorGML, IFC gibi veri modelleri yapıların fiziksel temsilini hedeflerken LADM gibi veri modelleri sadece fiziksel nesneleri değil taşınmazların yasal sınırlarını da modellemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada, bağımsız bölümlerin kadastroda 3B gösterilmesine yönelik imkân ve kısıtlamalar incelenmektedir. Çeşitli 3B konumsal veri modelleri ile üretilen modeller karşılaştırılarak kadastroda 3B bir gösterim için kullanılabilirlikleri belirlenmeye çalışılmaktadır. İkinci bölümde, 3B kadastro ihtiyacı ve bu ihtiyacı karşılamaya yönelik çalışmalar özetlenmektedir. Üçüncü bölümde, TKGM 3B Kadastro Projesi'ne yer verilmektedir. Dördüncü bölümde, kadastroda bağımsız bölümlerin modellenmesinde kullanılabilecek konumsal veri modelleri incelenmiştir. Beşinci bölümde, örnek uygulama ile üretilen 3B modeller yer almaktadır. Çalışma sonuçlar bölümüyle sona ermektedir.

2. 3B KADASTRO

Modern kadastro sistemlerinden beklenen kamu hak ve kısıtlamalarını da içerecek şekilde arazinin tüm yasal durumunu göstermesidir. Günümüzde arazinin giderek daha yoğun bir şekilde kullanılması neticesinde birçok kullanım türü üst üste çakışmakta, iç içe geçmekte veya daha karmaşık kullanım durumları oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler (UN) ve Uluslararası Haritacılar Birliği (FIG) tarafından hazırlanan çeşitli raporlarda geleneksel kadastro sistemlerinin karmaşık hak ve kısıtlamaları yönetmede yetersiz kaldıkları belirtilmektedir (Kaufmann ve Steudler, 1998; UN ve FIG, 1996). Bu yetersizlik özellikle son yirmi yılda kadastro sistemlerinin üçüncü boyutu da kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmesini gündeme getirmiştir. 3B kadastro konusunun uluslararası düzeyde ilk olarak ele alınması 2001 yılında Hollanda'nın Delft kentinde düzenlenen çalıştayla olmuştur. 2002 yılında, FIG'in üçüncü (Konumsal Bilgi Yönetimi) ve yedinci (Kadastro ve Arazi Yönetimi) komisyonu altında 3B Kadastro (3D Cadastres) isimli bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Bu çalışma grubu 3B bir kadastro oluşturmada farklı ülkelerin çalışmalarını karşılaştırmayı, 3B kadastro için ortak bir kavram ve terminoloji geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu sayede farklı fikir ve uygulamaların verimli bir şekilde paylaşılması amaçlanmıştır. Çalışma gurubu, 3B bir kadastro sistemi için 2012 yılında ISO standardı hâline gelen Arazi İdaresi Veri Modeli'ni (Land Administration Domain Model – LADM – ISO 19152) benimsemiştir (FIG, 2018).

Bugüne kadar pek çok ülke 3B kadastro kapsamında pilot çalışmalar, uygulamalar ve yasal düzenlemeler gerçekleştirmiştir. Örneğin, Kanada ve Avustralya'nın bazı eyaletlerinde zemindeki parsel sınırlarından ayrı olarak hacimsel parsellerin oluşturulmasına imkân verecek yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu ülkelerde hacimsel parsellerin nasıl ölçülüp haritalanacaklarına ilişkin yönetmelikler de bulunmaktadır. Bunun yanında Hollanda'da Medeni Kanun'da yapılan değişikliklerle teknik altyapı tesislerinin taşınmaz olarak kabul edilmesi ve bunların kadastroda tescil edilmesi süreci başlamıştır. Norveç ve İsveç gibi Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilen 3B kadastro ile ilgili düzenlemeler ise bağımsız bölümlerin tescilinde karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik olmuştur. Yasal düzenlemeler dışında çeşitli pilot projeler geliştiren ülkeler de olmuştur. Şekil 1'de bunlara ait örnekler gösterilmektedir. Şekil 1 (a) ve (b)de Avustralya'nın Victoria eyaletinde gerçekleştirilen 3B kadastro pilot projesine ait ekran görüntülerine yer verilmiştir. Bu pilot proje ile binalardaki bağımsız bölümlerin ve ortak kullanım alanlarının öznitelik bilgileriyle birlikte IFC tabanlı olarak gösterilmesi gerçekleştirilmiştir (Atazadeh vd., 2016; Shojaei vd., 2016). Şekil 1 (c)de Çin'de bağımsız bölümlerin 3B gösterimi için geliştirilen pilot çalışma gösterilmiştir (Guo vd., 2012). Şekil 1 (d)de Hollanda'da dijital 3B PDF uzantılı dosyaların tapu senetlerine eklenmesini amaçlayan pilot projeye ait ekran görüntüsü bulunmaktadır (Stoter vd., 2012). Şekil 1 (e)de Polonya'da kent modelleri kullanılarak 3B kadastral parsellerin üretilmesini amaçlayan pilot projeye ait ekran görüntüsüne yer

verilmiştir (Ying vd., 2012). Şekil 1 (f)de Rusya’da 3B kadastral nesnelerin web tabanlı 3B gösterimi ve sorgulanması için geliştirilen pilot projeye ait ekran görüntüsü bulunmaktadır (Vandysheva vd., 2011).

Şekil 1. 3B kadastro için pilot proje geliştiren bazı ülkelere ait örnekler. a ve b: Avustralya, c: Çin, d: Hollanda, e: Polonya ve f: Rusya.

3. TKGM 3B KADASTRO PROJESİ

Türkiye’de 2005 yılında Kadastro Kanunu’nda yapılan değişiklikle kadastroya mekânsal bilgi sisteminin altyapısını oluşturmak görevi verilmiştir. Bu tarihten sonra Türkiye’de kadastro’nun tamamlanması, kadastro sisteminin otomasyonu ve paftaların yenilenmesi gibi amaçlarla projeler gerçekleştirilmiştir. Bu projeler sayesinde günümüzde tapu ve kadastro faaliyetleri bilgisayar ortamında yürütülebilmekte ve taşınmazlara ait bilgiler yasal mevzuat çerçevesinde ilgililere ve vatandaşlara sunulabilmektedir. Örneğin; Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan parsel sorgu sistemi ile bir parselin sınırları uydu görüntüsü üzerinde gösterilebilmektedir. Aynı zamanda, bu parselde ait öznitelik bilgileri de parselin üzerinde tıklandığında görüntülenebilmektedir. Parsel Sorgu Sistemi ile mevcut durumda, kadastrodaki taşınmazlardan sadece arazilerin sınırları iki boyutlu olarak gösterilebilmektedir. Parsel üzerindeki binalara veya parsel yüzeyinin altındaki (veya üstündeki) nesnelere ait konumsal veri bu sistemde gösterilmemektedir. Parsel Sorgu Sistemin yanında kadastro verilerini konumsal olarak görüntülemenin bir yolu da e-devlet kapısını kullanmaktır. Parsel Sorgu Sistemi (PSS) ile sunulan kadastro verileri tüm internet kullanıcılarına açıkken, e-devlet kapısı üzerinden sadece şahsın kendisine ait taşınmaz verilerinin

gösterimi mümkündür. PSS'den farklı olarak e-devlet üzerinden giriş yapıldığında sadece araziler değil, bağımsız bölüm sınıflındaki taşınmazların bilgileri de görülebilmektedir. PSS yanında e-devlet üzerinden sunulan bağımsız bölüm gösterimi de 3B değildir. Gösterimde sadece bağımsız bölümün bulunduğu yapı adasının sınırları zeminde 2B olarak gösterilmektedir. Bu adanın üzerine tıklandığında bağımsız bölümün bulunduğu binanın konumu uydu görüntüsü üzerinde işaretlenmektedir.

Ülkemizde hem ilgililere hem de taşınmaz sahiplerine internet üzerinden sunulan kadastro verilerinin 2B olduğu görülmektedir. 2018 yılı Şubat ayında TKGM, internet üzerinden sunulan verileri 3B hâle getirmek amacıyla '3B Kent Modelleri ve Kadastro Projesi' isimli bir projenin duyurusunu yapmıştır. Duyuruda, öncelikle seçilen pilot bölge üzerinde denenecek ve modelleme çalışmalarının dört yıl süreceği bu projeye vatandaşların kendilerine ait bağımsız bölümleri hatta bu bağımsız bölümlerin odalarını 3B olarak ayrıntılı bir şekilde görebilmelerinin hedeflendiği belirtilmiştir. Bunun yanında, oluşturulan 3B modeller ile tapu bilgileri ve bağımsız bölümlerin mimari projelerinin ilişkilendirilerek birlikte gösterilmesinin sağlanacağı belirtilmiştir (TKGM, 2018a). Bu duyuru dışında projedeki 3B modelleme çalışmaları hakkında ayrıntılı bilgi bulunmamaktadır. Sadece, bu bildirinin tam metninin hazırlandığı günlerde TKGM resmi web sitesinde proje hakkında bir video yayımlayarak bilgilendirme yapmıştır. Bu bilgilendirmede TKGM envanterinde bulunan eğik fotogrametik kamera ile detaylı kat modellerinin oluşturulmaya başlandığı, örnek 3B tapuların hazırlandığı ve Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS) entegrasyonunun çalışmakta olduğu belirtilmektedir (TKGM, 2018b). Şekil 2'de proje kapsamında oluşturulan kat modeline ait ekran görüntüsü verilmektedir.

Şekil 2. TKGM 3B Kadastro Projesi ön çalışmasında üretilen kat modeli (TKGM, 2018b).

4. 3B KONUMSAL VERİ MODELLERİ

Bu bölümde kadastroda bağımsız bölümlerin modellenmesinde kullanılabilecek 3B konumsal veri modelleri incelenmektedir.

4.1 CityGML (City Geography Markup Language)

CityGML uluslararası düzeyde kabul gören 3B kent nesnelerinin temsili için ortak bir bilgi modelidir. CityGML kent nesnelerinin geometrik, topolojik, semantik ve görünüm özelliklerini dikkate alarak sınıf ve ilişkilerini tanımlar. Diğer vektör formatların aksine CityGML, geometri ve grafiklere ilave olarak genel amaçlı zengin bir bilgi modelini temel alır. Bu sayede farklı alanlardaki karmaşık analizler için 3B modellerin kullanılmasını olanaklı kılar. CityGML'in kullanım alanlarından bazıları kent planlama, mimari tasarım, turizm, 3B kadastro, çevresel benzetim, afet yönetimi, yaya navigasyonu olarak sayılabilir. Açık bir model olan CityGML, GML uygulama şeması ile gerçekleştirilir. GML konumsal verinin değişimi için geliştirilebilir bir standart olup OGC (Open Geospatial Consortium) ve ISO TC 211 (International Organization for Standardization- Technical Committee- Geographic information/Geomatics) tarafından yayımlanmıştır (Bilgeci vd., 2015).

4.2 IFC (Industry Foundation Classes)

IFC standardı BIM (Building Information Modeling) modellerinin depolanması ve değişimi için açık ve platform bağımsız bir veri modelidir. Bu standardın amacı BIM modellerinin farklı platformlar arasında birlikte işlerliğini ve değiş tokuşunu sağlamaktır. EXPRESS veri modelleme dili bu açık BIM modelinin temelini oluşturur. IFC’de çok sayıda konumsal ve semantik kavramlar binaların modellenmesi için kullanılır. IFC, arazi yüzünü temsil etmesi yanında coğrafi koordinatları, datum yüksekliklerini, binanın adresi gibi bilgileri öznitelik olarak saklayabilir. IFC’de modeldeki fiziksel elementlerin sadece geometrik ve topolojik yapıları değil bunlar arasındaki semantik bağlantı (duvarlar ve tavanlar gibi) da tanımlanır. IFC, binaların hiyerarşik bölümlenmesi yanında bina elementlerinin birbiriyle hiyerarşik olmayan bağlantısını da destekler. Bu yaklaşım özellikle çeşitli yasal haklar binanın farklı yerlerine dağıldığında kullanışlıdır. Örneğin; bir özel mülkiyet hakkı bağımsız bölüm (daire), otopark ve depo gibi binanın farklı yerlerindeki birimleri kapsıyorsa bu mülkiyet hakkını diğer birimlerle ilişkilendirerek modellemek IFC ile mümkündür (Atazadeh vd., 2017).

4.3 IndoorGML

IndoorGML OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından kapalı mekânlarda ağ analizi yapmak için geliştirilen oldukça yeni bir 3B standarttır. Bu fiziksel veri modeli kapalı mekânlardaki navigasyon faaliyetleri için temel topolojik ve semantik varlıkları içerir. İç mekânın bölümlenmesi ve bu bölümlerin bağlantı, yakınlık ve ilişkileri IndoorGML’de tanımlanır. Bu fiziksel modelin sunduğu ilişkiler sayesinde kapalı mekânlar ve bunların sınırları modellenebilir. Bu sayede yapı içerisindeki kullanım durumlarının yasal sınırlarını temsil etmek mümkün olabilir (Atazadeh vd., 2017).

4.4 LADM (Land Administration Domain Model)

LADM bir ISO (International Organization for Standardization) standardı olup arazi idaresinin bilgi bileşenini kapsayan kavramsal bir model sunmaktadır. Bu model su yüzeylerini de kapsayacak şekilde araziye, arazi üstündeki ve altındaki mekânı içine almaktadır. LADM’nin temel amaçlarından biri arazi idaresi sistemlerinin gelişimi için geliştirilebilir bir temel oluşturmaktır. LADM taraflar, konumsal birimler, idari birimler ve konumsal kaynaklardan oluşur. Taraflar yasal işlemlerdeki kişi ve kurumları temsil eder. Konumsal birimler arazi, binalar veya mülkiyetle ilişkili yasal menfaatlerin temsilini sağlar. Temel konumsal birimler arazi parselleri, binalar veya altyapı tesisleri etrafındaki hacimsel yasal mekânlardır. İdari birimler konumsal birimlerle ilişkili yasal haklar temel alınarak tanımlanır. Örneğin; bir binadaki özel mülkiyet bir bağımsız bölümün yasal mekânı, otopark ve depo gibi üç konumsal birimden oluşan bir idari birim olarak dikkate alınır. Konumsal kaynaklar ise konumsal birimlerin sınırlarını temsil etmek için kullanılan veri elde etme yöntemlerini içermektedir. En yaygın konumsal kaynaklar yersel ölçmeler, fotogrametrik yöntem ve nokta bulutu verisi olarak sıralanabilir. LADM’de konumsal birimlerin sınırlarını tanımlamak için iki yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi 2B-alansal konumsal birimlerin ikincisi ise sınırlandırılmış hacimsel konumsal birimlerin tanımlanması içindir (Lemmen vd., 2015).

5. ÖRNEK UYGULAMA

Bu bölümde bildirinin dördüncü bölümünde incelenen 3B konumsal veri modellerinden bazıları seçilerek bunlar ile bir yapının 3B olarak modellenmesi amaçlanmıştır. Modellenmek üzere seçilen yapı iki kat ve çatıdan oluşmaktadır. Yapıya ait dijital veri CAD tabanlı bir mimari çizim programı formatında elde edilerek çalışmaya başlanmıştır. CAD ortamında yapıya ait dijital veri elde edildikten sonra CityGML ve IFC veri yapılarında modellerin oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Şekil 3 (a) ve (b) sırasıyla CityGML ve IFC veri yapılarında modellenen aynı yapıya ait görünümü bir arada sunmaktadır. Üretilen 3B modellerin Şekil 3’teki görünümü Feature Manipulation Engine (FME) yazılımı ile elde edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen modelleri gösteriminde kullanılabilecek, 3B veriyi depolayabilen bazı yaygın veri formatları araştırılarak Çizelge 1’de açıklamalarıyla birlikte verilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde CityGML ve IFC formatında üretilen model Çizelge 1’de listelenen dosya formatlarından Collada formatına dönüştürülerek Google Earth yazılımıyla görüntülenmiştir (Şekil 3 (c)). Bunun yanında, Şekil 3 (d), Çizelge 1’deki veri formatlarından ayrı olarak, 3B modellerin sunumunda yaygın bir şekilde kullanılan Google SketchUp formatında üretilen modeli göstermektedir. Oluşturulan modeller karşılaştırıldığında CityGML ile üretilen 3B model görünümünün IFC’ye göre daha iyi olduğu, kapı ve pencere gibi detayların seçilebilir olduğu görülmüştür. Buna karşılık dosya boyutu CityGML ile üretilen modelde daha büyük olmuştur. Bu çalışmada kullanılanlar yanında piyasada yaygın olarak bilinen 3B gösterim araçlarından bazıları Adobe Acrobat Reader (3DPDF), ESRI (ArcGlobe), NASA (World Wind), BSContact, TerraExplorer, XNavigator, AutoDesk (Revit), Bentley (MicroStation), WebGL olarak sıralanabilir. Bu yazılımlar kullanılarak üretilen 3B modellerin daha anlaşılabilir ve kullanışlı olması sağlanır. Örneğin; 3B bir bina modelinde duvar, çatı, merdiven gibi model elementlerinin modelden ayrıştırılarak gösterimi (Exploding), farklı katlardaki bağımsız bölümlerin gösteriminde katların basamaklandırılarak gösterimi (Sliding), bir binadaki yasal ve fiziksel nesnelerin karşılaştırılmasında kaydırma (Swiping) özelliklerinin kullanılması mümkündür.

Çizelge 1. 3B veriyi depolayabilen bazı yaygın veri formatları.

Dosya Formatı	Açıklama
KML (KMZ)	Keyhole Markup Language
X3D (VRML)	Virtual Reality Markup Language (ISO/IEC19777)
GML	Geography Markup Language (OGC-Open Geospatial Consortium)
DXF, DWG, DGN	CAD (Computer Aided Design) format
3DS	Autodesk 3ds Max
Shapefile	ESRI konumsal veri formatı
Collada	Digital Asset Scheme Specification for 3D Visualisation (ISO/PAS 17506)
3D PDF	Portable Document Format (ISO 32000)

Şekil 3. (a): CityGML, (b): IFC veri modelinde modellenen 3B yapı, (c): Collada veri formatı kullanılarak üretilen modelin Google Earth yazılımıyla gösterimi, (d): üretilen modelin SketchUp yazılımındaki 3B görünümü.

6. SONUÇLAR

Bu bildiride, kadastro verilerinin 3B gösterimini sağlamada imkân ve kısıtlamalar değerlendirilmiştir. ISO ve OGC standartlarında bağımsız bölümlerin gösterimi için 3B modeller üretilerek üretilen modeller çeşitli gösterim araçlarıyla sunulmuştur. 3B dijital modellerin üretilmesinde ve gösteriminde son yıllarda önemli ilerlemeler olmuştur. Bu modellerin kadastroda kullanımı da mümkündür. Çeşitli ülkelerde özellikle bağımsız bölümleri kadastroda 3B olarak gösterebilmek amacıyla pilot projeler gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de bu amaçla TKGM tarafından başlatılan bir proje bulunmaktadır. Bununla birlikte, gerçek anlamda 3B bir kadastro için 3B gösterim yanında hukuki ve kurumsal meselelerin de ele alınması gerekmektedir. Örneğin; zemindeki sınırdan ayrı olarak düşey boyutta mülkiyet hakkının nasıl sınırlandırılabilceği, taşınmazların 3B verilerinin toplanmasında, güncellenmesinde ve paylaşımında hangi kurumların sorumlu olacağı bu meselelerden bazılarıdır. Teknik altyapı tesisleri ve ulaşım sistemlerine ait 3B nesneler de dikkate alındığında 3B bir kadastro için konumsal veri altyapıları ile uyumlu olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bunlar yanında, aşılması gereken bazı teknik zorluklar da bulunmaktadır. 3B modellerin mevcut CAD verileri kullanılarak üretilmesi durumunda mevcut kadastro altlıklarıyla ilişkilendirilebilmeleri için yerel koordinat sisteminden ulusal koordinat sistemine dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bunun yanında, bağımsız bölümlerin sınırlarının nasıl belirleneceğiyle ilgili düzenlemelere ihtiyaç vardır. Birçok 3B modelde yükseklikler zemin kotu sıfır kabul edilerek bağıl olarak üretilmektedir. Bununla birlikte, mevcut kadastro parselleriyle üretilen modelleri konumsal olarak ilişkilendirebilmek ve arazinin gerçek durumunu modelde temsil edebilmek için mutlak yüksekliklere (ortometrik yükseklik) ihtiyaç bulunmaktadır.

3B modelleme ve gösterim alanında son yıllarda yaşanan ilerlemeler Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) desteğiyle 3B bir kadastroyu teknik açıdan olanaklı hâle getirmiştir. Bununla beraber, akıllı kentlerin altyapısını oluşturacak 3B bir kadastro için bu bölümde değinilen hukuki ve kurumsal boyuttaki konuların, teknik boyutla birlikte bir bütün olarak ele alınarak kadastroğun içeriğinin belirlenmesi en uygun yaklaşım olacaktır.

KAYNAKLAR

Atazadeh B., Kalantari M., Rajabifard A., Ho S., 2017. Modelling building ownership boundaries within BIM environment: A case study in Victoria, Australia, *Computers, Environment and Urban Systems*, 61.

Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., Ho, S., Champion, T., 2016. Extending a BIM based data model to support 3D digital management of complex ownership spaces. *International Journal of Geographical Information Science*. Published Online July 2016.

Biljecki F., Stoter J., Ledoux H., Zlatanova S. ve Çöltekin A., 2015. Applications of 3D City Models: State of the Art Review, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4.

Döner, F., R. Thompson, J. Stoter, C. Lemmen, H. Ploeger, P. van Oosterom and S. Zlatanova, 2011. Solutions For 4D Cadastre – With A Case Study On Utility Networks, *International Journal of Geographical Information Science*, 25(7) 1173-1189 (2011), doi: 10.1080/13658816.2010.520272.

Döner, F., R. Thompson, J. Stoter, C. Lemmen, H. Ploeger, P. van Oosterom and S. Zlatanova, 2010. 4D Cadastres: First Analysis of Legal, Organizational, and Technical Impact-with a Case Study on Utility Networks, *Land Use Policy*, 27 1068-1081 (2010), doi:10.1016/j.landusepol.2010.02.003.

Döner, F., Şirin, S., 2017. Examination of the Usability of Spatial Data Models for a 3D Cadastre, *UCTEA International Geographical Information Systems Congress 2017*, 15-18 November 2017, Adana, Turkey

FIG, 2018. Best Practices 3D Cadastres, FIG publication. International Federation of Surveyors (FIG), ISBN: ISBN 978-87-92853-64-6, 258p. Copenhagen, Denmark, March 2018.

Guo, R., Li, L., He, B., Luo, P. Ying, S., Zhao., Z., Ziang, R., 2012. 3D cadastre in China: a case study in Shenzhen City, In: van Oosterom, P., Fendel, E., Stoter, J., Streilein, A. (Eds.), *2nd International Workshop on 3D Cadastres*, 16-18 November 2011, Delft, the Netherlands, pp. 291-310.

Kaufmann J. Ve Steudler D., Cadastre 2014 – A Vision for a Future Cadastral System, FIG Publication, 1998.

Lemmen, C., Oosterom, P. van ve Bennett, R., 2015. The Land Administration Domain Model, *Land Use Policy*, 49, 2015.

Shojaei, D., Olfat, H., Rajabifard, A., Darvill, A., Briffa, M., 2016. "Assessment of the Australian digital cadastre protocol (ePlan) in terms of supporting 3D building subdivisions.", *Land Use Policy*, Vol. 56, pp. 112-124.

Stoter, J., van Oosterom, P., Ploeger, H., 2012. The phased 3D cadastre implementation in the Netherlands. In: van Oosterom, P., Guo, R., Li, L., Ying, S., Angsüsser, S. (Eds.), *Proceedings 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices*, 25- 26 October 2012, Shenzhen, China, pp. 203 – 218.

Thompson, R. J., Oosterom, van P., Soon, K. H., 2017. LandXML Encoding of Mixed 2D and 3D Survey Plans with Multi-Level Topology, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 6, 171.

TKGM, 2018a. 3B Kent Modelleri ve Kadastro Projesi. <https://www.tkgm.gov.tr/tr/icerik/satin-alinacak-ev-tapuda-uc-boyutlu-gorulebilecek> [Erişim tarihi: 21.02.2018].

TKGM, 2018b. 3B Kadastro Ön Çalışması. <https://www.tkgm.gov.tr/tr/icerik/3-boyutlu-kadastro-projesi> [Erişim tarihi: 02.08.2018].

UN ve FIG, The Bogor Declaration, UN Interregional Meeting of Experts on the Cadastre, Bogor, Indenesia, 1996.
Vandyшева, N., Tikhonov, V., van Oosterom, P., Stoter, J., Ploeger, H., Wouters, R., Penkov, V., 2011. 3D Cadastre Modelling in Russia, In: *FIG Working Week 2011, Marrakech*, pp. 19.

Ying, S., Guo, R., Li, L., He, B., 2012. Application of 3D GIS to 3D Cadastre in Urban Environment. In: van Oosterom, P., Guo, R., Li, L., Ying, S., Angsüsser, S. (Eds.), *Proceedings 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices*, 25- 26 October 2012, Shenzhen, China, pp. 253 – 272.