



## 3B taşınmaz değerlere yönelik veri standartı eklenisi geliştirilmesi

### Development of data standard extension for 3D property valuation

Doğuş Güler<sup>1,\*</sup> <sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul Türkiye**Öz**

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında etkili arazi yönetimi oldukça önemlidir. Bu anlamda arazi idaresinin etkin bir şekilde uygulanabilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Büyücül arazi idaresi yaklaşımındaki temel bileşenlerden birisi taşınmaz değerlemesidir. Değerin belirlerken çok sayıda faktörün dikkate alınması gereği göz önüne alındığında, günümüzde yapılmış çevrenin karmaşıklığıyla birlikte taşınmazların değerlemesi için iki boyutlu (2B) mekânsal verilerin yanı sıra üç boyutlu (3B) dijital modellerden faydalananmasına yönelik bir eğilim görülmektedir. 3B mekânsal verilerin üretilmesinde Açık Mekânsal Veri Konsorsiyumu (Open Geospatial Consortium-OGC) standartları sıkılıkla kullanılmaktadır. Arazi idaresi için ise Arazi İdare Alan Modeli (Land Administration Domain Model-LADM) temel kavramsal modeli sağlamaktadır. Bu çalışmada 3B şehir modellerinin oluşturulmasında yararlanılan CityJSON standartının taşınmaz değerlendirme uygulamalarında kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla temel veri şeması LADM standardındaki değerlendirme bölümune bağlı olarak genişletilmiştir. Yaklaşımın kullanılabilirliğinin gösterilmesi amacıyla üretilen ekleniye dayalı olarak veri seti üretilmiş, doğrulaması gerçekleştirilmiş ve 3B görselleştirmeler sunulmuştur. Sonuçların 3B taşınmaz değerlendirme bağlamında birlikte çalışabilir mekânsal veri setleri üretilmesine katkı vermesi beklenmektedir.

**Anahtar kelimeler:** CityJSON, 3B şehir modeli, LADM

**1 Giriş**

Etkili arazi piyasası ve etkili arazi kullanımı yönetiminin içeren birleşiminin ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilir kalkınmayı desteklemesi gerekmektedir [1]. Bununla ilişkili olarak arazi idaresi, arazi ve ilişkili olan kaynakların mülkiyeti, değeri ve kullanımına ilişkin bilgilerin kaydedilmesi ve dağıtımına ilişkin işlemleri kapsamaktadır [2]. Arazi İdare Sistemleri (AİS) gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki arazi politikalarının uygulanmasını kolaylaştıracak sosyal, hukuki, ekonomik ve teknik iş akışlarıyla ilgilenmektedir. Bu bağlamda arazi idaresinin temel bileşenleri olan arazi mülkiyeti, arazi değeri, arazi kullanımı ve arazi kalkınması AİS ile operasyonel anlamda uygulanabilmektedir [3]. Vergilendirme, arazi toplulaştırması, arsa arazi düzenlemeleri ve kentsel dönüşüm gibi uygulamalar göz önüne alındığında taşınmazlara ait

**Abstract**

Effective land management is very important in achieving sustainable development goals. In this sense, there is a need for efficient implementation of land administration. One of the main components of the holistic land administration approach is immovable property valuation. Given that many factors should be considered when determining the value, there is an increasing tendency to utilize three-dimensional (3D) digital models in addition to two-dimensional (2D) spatial data for the valuation of real estates with the complexity of the built environment today. Standards published by the Open Geospatial Consortium (OGC) are frequently used in the production of 3D spatial data. For land administration, the Land Administration Domain Model (LADM) provides the basic conceptual model. In this study, the basic data schema is extended depending on the valuation section in the LADM standard so as to ensure the usability of the CityJSON standard that is used in the creation of 3D city models in real estate valuation applications. In order to demonstrate the usability of the approach, a dataset is generated based on the extension. Then, it is validated and 3D visualizations are also presented. The results are expected to contribute to the production of interoperable spatial datasets in the context of 3D real estate valuation.

**Keywords:** CityJSON, 3D city model, LADM

değer bilgisi AİS için oldukça önemlidir [4]. Taşınmaz değer bilgileriyle birlikte değerlermenin nasıl gerçekleştirildiğine ilişkin bilgilerin güncel ve etkili bir şekilde kamusal anlamda paylaşılması şeffaf ve etkin değerlendirme sistemlerinin olmazsa olmaz bir parçasıdır [5]. Dünya genelindeki gayrimenkullerin değerinin 2022 yılı sonu itibarıyle 379 trilyon dolara ulaştığı göz önüne alındığında gayrimenkullerin işlevsellğini etkileyen en önemli faktörlerden birisi olan taşınmaz değerlermenin önemini de altı çizilebilir [6]. AİS yaygın olarak iki boyutlu (2B) verilerin kullanımına dayalı olarak uygulanmaktadır [7]. Ancak günümüzde kentlere göç hızının oldukça yükselmesiyle birlikte vatandaşların gereksinimlerinin karşılanması amacıyla çok katlı yapıların sayısında da oldukça hızlı bir artış gerçekleşmekte ve şehirler oldukça karmaşıklaşmaktadır [8]. Bu anlamda kentlerin

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: gulerdo@itu.edu.tr (D. Güler)

Geliş / Received: 16.04.2024 Kabul / Accepted: 04.07.2024 Yayımlanma / Published: 15.07.2024  
doi: 10.28948/ngumuh.1469376

sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için AİS üç boyutlu (3B) verileri saklayabilecek, analiz edebilecek ve paylaşabilecek şekilde geliştirilmeye ihtiyaç duymaktadır [9]. Taşınmazların değerlerinin belirlenmesinde karakteristik özellikler ile birlikte çok sayıda faktör dikkate alınmaktadır [10–12]. Bununla ilişkili olarak taşınmaz değerlendirmeye konu olan kat mülkiyeti birimleri ile bahsedilen yapıların değerlerinin belirlenmesi ve belirlenen değer bilgisinin paylaşılmasında 2B mekânsal verilerin yetersiz kalabildiği görülmüştür [13]. Bu nedenle farklı araştırmacılar 3B şehir ve yapı modellerinden faydalananarak taşınmaz değerine etki eden faktörlere ilişkin nominal değerlerin elde edilmesine odaklanmıştır [14]. Bu noktada literatürde son yıllarda farklı sektörlerde kullanımı oldukça artış gösteren Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modelling-BIM) konseptinden yararlanan çalışmalar yer almaktadır [15]. Bazı araştırmalar bahsedildiği üzere BIM modellerinden öznitelik çıkarımına odaklanırken bazıları ise Industry Foundation Classes (IFC) [16] standardında yer alan *IfcSpace* konseptiyle taşınmaz değer birimlerinin 3B görselleştirilmesini örneklemişlerdir [17–20]. Bir diğer çalışmada ise IFC ve CityGML standardı kullanılarak üretilen 3B yapı ve şehir modellerinden birlikte faydalananarak taşınmaz değerlendirme için kullanılabilen özniteliklerin elde edilebileceği önerilmiştir [21]. Türkiye'de Tapu ve Kadastro Müdürlüğü (TKGM) tarafından gerçekleştirilen projelerde 3B kadastro bağlamında yapıların 3B CityGML modellerinin üretilmesi gerçekleştirilmektedir ve üretilen bu modellerin taşınmaz değerlendirme uygulamalarında kullanılması planlanmaktadır [22]. Bununla birlikte bütüncül arazi idaresi yaklaşımında yer alan taşınmaz değerlmenin etkili bir şekilde hayatı geçirilebilmesi amacıyla Arazi İdaresi Alan Modeli (Land Administration Domain Model-LADM) standardının ikinci versiyonunda değerlendirme bölümünün yer olması kararlaştırılmıştır [23]. Paylaşılan bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı 3B taşınmaz değerlendirme çalışmalarına katkı vermek amacıyla 3B dijital yapı ve şehir modellerinin etkin bir şekilde üretilmesini ve paylaşılmasını mümkün kıلان CityJSON standardı temel şemasının geliştirilen LADM taşınmaz değerlendirme bölümyle uyumlu olacak şekilde genişletilmesi ve en az elli adet detay içeren örnek bir yapı modeliyle kullanılabilirliğinin gösterilmesidir.

## 2 Materyal ve metod

Çalışmada izlenen metodoloji adımları **Şekil 1**'de gösterilmektedir. Bu bağlamda öncelikle taşınmaz değerlmenin 3B mekânsal veriler yardımcıyla gerçekleştirilebilmesini kolaylaştıracak gerekli olan detay sınıfları ile aralarındaki ilişkileri içeren bir kavramsal model geliştirilmiştir. Sonrasında 3B mekânsal verilerin standartlara bağlı bir şekilde modellenebilmesini sağlayan CityJSON standardının temel şeması bir önceki adımda geliştirilen kavramsal modelin içeriğine bağlı olarak genişletilmiştir ve üretilen CityJSON ekleni dosyası biçimsel olarak doğrulanmıştır. Sonraki aşamada 3B CityJSON verisi üretilmiştir ve ardından üretilen veri hem geliştirilen CityJSON eklenisine göre hem de geometrik

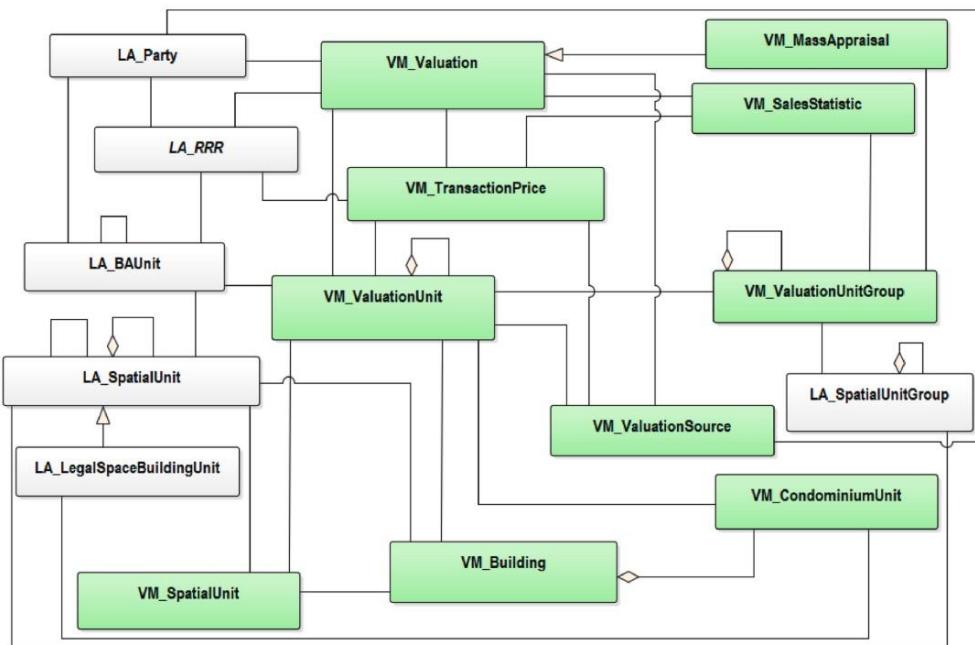
açıdan doğrulanmıştır. Son aşamada ise üretilen CityJSON verisi kullanılarak 3B görselleştirmeler gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1.** Çalışmanın metodolojisi

### 2.1 LADM Valuation Information Model

LADM arazi idaresinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için yaygın bir terminoloji oluşturarak ortak bir ontoloji sağlamayı amaçlamaktadır. Uluslararası Ölçmeçiler Birliği (FIG) tarafından önerilen LADM 2012 yılında ilk versiyonuyla resmi şekilde bir Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization-ISO) standardı olarak yayımlanmıştır. Standard, arazi idaresi bağlamındaki işlemlerin yasal, geometrik ve yönetimsel anlamda modellenmesine odaklanmıştır. Bununla ilişkili olarak farklı detay sınıfları, öznitelikleri ve aralarındaki ilişkileri içeren kavramsal bir model sağlamaktadır. Standardın ilk versiyonu *Party*, *Administrative* ve *Spatial Unit* olmak üzere üç ana paket içermektedir. Bununla birlikte *Spatial Unit* paketinin alt paketi olarak *Surveying and Representation* paketini de kapsamaktadır. *Party* paketi arazi idaresi kapsamındaki işlemlerde rol oynayan farklı aktör/tarafları temsil eden detay sınıflarını içermektedir. *Administrative* paketindeki detay sınıfları da temel idari birimlerin modellenmesi için kullanılmaktadır.



Şekil 2. LADM VIM modelinin genel çerçevesi [24]

*Spatial Unit* paketindeki detay sınıfları ise konumsal olarak betimlenmesine ihtiyaç duyulan özelleşmiş idari birimlerin modellenmesini mümkün kılmaktadır. *Surveying and Representation* paketindeki detay sınıfları ise *Spatial Unit* paketindeki detay sınıflarının betimlenebilmesi için geometrik açıdan modelleme özelliklerini sağlamaktadır. Bu paket *LA\_BoundaryFaceString*, *LA\_BoundaryFace* ve *LA\_Point* özellik sınıflarının sırasıyla *GM\_MultiCurve*, *GM\_MultiSurface* ve *GM\_Point* geometri tipleriyle modellenmesini içermektedir. Aktarılan geometri tipleri ISO 19107 “Geographic Information—Spatial schema” standardından elde edilmektedir. LADM standartı temel dayanak olarak kabul edilebilecek bir kavramsal model sağlamaktadır. Ülkelerin arazi idaresi yaklaşımı farklılık gösterebildiğinden dolayı birçok araştırmacı standart kullanarak ülke profilleri geliştirmiştir (örn. [25,26]).

Arazi idaresi yaklaşımının önemli bileşenlerinden birisinin taşınmaz değerlendirme olduğu göz önünde bulundurularak LADM standartının ikinci versiyonunun taşınmaz değerlendirme uygulamalarının modellenebilmesini sağlayacak detay sınıfları ve aralarındaki ilişkiler ile ihtiyaç duyulan öznitelikleri içermesi kararlaştırılmış ve çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda LADM Valuation Information Model (Taşınmaz Değerleme Bilgi Modeli-VIM) geliştirilmiştir. Bu modelin amacı kurumlar tarafından yürütülen taşınmaz değerlendirme ile ilişkin kayıtlara dair semantiklerin belirlenmesi ve belirlenen bu semantiklerle arazi idaresi kapsamındaki diğer işlemler ile veri tabanları arasındaki ilişkilerin tespit edilmesidir [24]. Şekil 2 LADM VIM modelinde yer alan detay sınıflarını ve LADM standartındaki diğer detay sınıflarıyla olan ilişkilerini göstermektedir.

Kadastral sistemler genellikle bir veya daha fazla parsel ve bu parsellerle ilişkilendirilmiş binalar veya bağımsız bölgelere konu olan taşınmaz mülkiyetine ilişkin yasal

bilgileri yönetecek şekilde düzenlenmişlerdir. Taşınmaz değerlendirme bağlamında ise bu sistemlerin parseller, binalar, parseller ile birlikte binalar veya bağımsız bölümler olacak şekilde bütüncül bir yapıda organize edilmelerine gereksinim duyulmaktadır çünkü bahsedilen yapılar tek başlarına taşınmaz değerlendirme konu olabilmektedirler. Bu bağlamda Şekil 2’de görülebileceği üzere *VM\_ValuationUnit* detay sınıfı değerlendirme kapsamında kayıt altına alınan temel mekânsal objeleri temsil etmek amacıyla tasarlanmıştır. *valuationUnitType* özniteligiyle değerlendirme ilişkili olduğu birimi tanımlamaktadır. Parsel, bina veya kat mülkiyeti birimleri bahsedilen birimlerdir. Bu birimlerin mekânsal özellikleri *VM\_ValuationUnit* detay sınıfı ile ilişkilendirilmiş *VM\_SpatialUnit*, *VM\_Building*, *VM\_CondominiumUnit* detay sınıfları yardımıyla modellenebilmektedir. *VM\_SpatialUnit* ise kadastral parseller ile taşınmaz değerlendirme kapsamındaki parsellerin modellenmesini sağlamaktadır ve LADM temel şemasındaki *LA\_SpatialUnit* detay sınıfıyla ilişkilendirilmiştir.

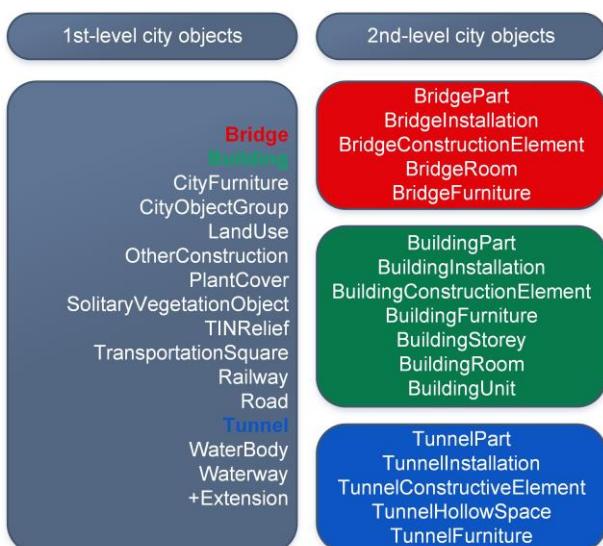
LADM standartı daha çok binalar ve bina bölgelerine ilişkin yasal mekanların (*legal spaces*) modellenmesini kapsamaktadır. Taşınmaz değerlendirme kapsamında fizikal özelliklere de ihtiyaç duyulduğundan dolayı LADM VIM modelinde bina ve bina bölgelerinin bu özellikleri de *VM\_Building* detay sınıfı kapsamında modellenebilmektedir. Bununla birlikte kat mülkiyetine ilişkin olarak oluşan kadastral hakların modellenmesi için *VM\_CondominiumUnit* detay sınıfı da LADM VIM modeline eklenmiştir. Toplu değerlendirme çalışmaları kapsamında benzer çevresel ve ekonomik karakteristikleri taşıyan bölgelerin (örn. idari birimler) birlikte değerlendirilmesi için *VM\_ValuationUnitGroup* detay sınıfı modele dahil edilmiştir.

## 2.2 CityJSON

CityGML şehirlerdeki fiziksel objeleri temsil eden 3B mekânsal verilerin standardize bir şekilde üretilmesi için veri modellerini sağlayan bir Açık Veri Konsorsiyumu (Open Geospatial Consortium-OGC) standartıdır [27]. 2012 yılında CityGML 2.0 versiyonunun yayılmasıyla geniş bir kitle tarafından 3B semantik şehir modellerinin üretilmesi için kullanılmıştır. IFC ve LADM gibi farklı standartlarla uyumun artırılması gibi çeşitli amaçlarla revize edilmiş ve 2021 yılında CityGML 3.0 versiyonu yayımlanmıştır. CityGML standartının Coğrafi İşaretleme Dili (Geography Markup Language-GML) tabanlı olmasından kaynaklanan bazı dezavantajlardan dolayı oluşan durumlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- CityGML veri setlerini okuma, yazma ve düzenlenme olanağı sunan yazılımların sayısının oldukça az olması,
- Üretilen ve depolanan CityGML veri setlerinin sayısının verimli veri değişimini sağlayacak seviyede olmaması,
- CityGML dosyalarının boyutlarının yüksek olabilmesinden dolayı veri setlerinin işlenmesinde zorluklarla karşılaşılabilmesi.

Bahsedilen durumların önüne geçilebilmesi amacıyla CityGML veri modelinin JSON tabanlı olarak modellenmesini kapsayan CityJSON standarı önerilmiştir [27]. Öncelikle CityGML 2.0 veri modeline göre geliştirildikten sonra CityGML 3.0 versiyonunun yayılmasıyla bahsedilen versiyonla da uyumlu olacak şekilde güncellenmiştir. Mevcut durumda en güncel versiyon CityJSON 2.0 versiyonudur. CityJSON kapsamında şehir objeleri (*city objects*) iki farklı seviyede modellenmiştir (**Şekil 3**).



**Şekil 3.** CityJSON standartının temel şemasındaki şehir objeleri ve seviyeleri

Örneğin *Building* şehir objesi birden fazla sayıda *BuildingPart* gibi ikinci seviye şehir objesiyle ilişkilendirilmiştir. Birinci ve ikinci seviye objeler arasındaki

ilişki *children* ve *parent* olarak saklanan özellikler (*properties*) yardımıyla mümkün kılınmaktadır. Örneğin; bir *BuildingPart* örneği (*instance*) zorunlu olarak ilişkili olduğu *Building* örneğini temsil eden veriyi *parent* özelliğinde saklamalıdır. CityJSON standartının temel veri modeli sahip olduğu ekleni (*extension*) olağanı sayesinde farklı uygulama alanlarının ihtiyaçlarını karşılamak üzere genişletilebilmektedir. Standardın geliştiricileri tarafından ekleniler üretilirken izlenmesi gereken kurallar aşağıdaki şekilde paylaşılmıştır [28]:

- Eklentide tanımlanan yeni şehir objeleri “+” işaretileyi başlayarak isimlendirilmelidir,
- Yeni tanımlanan şehir objeleri CityJSON standardındaki kurallarla uyumlu olmalıdır,
- Mevcut şehir objeleri genişletilemez ve *children* olarak yeni türler sahip olamaz,
- Tüm geometriler “*geometry*” özelliğinin bir üyesi olmalıdır,
- Geometri objeleri CityJSON standartında tanımlanan geometri obje türlerinden birisi olmalıdır,
- CityJSON standartında tanımlanan türler yeniden kullanılabilmektedir.

Bununla birlikte CityJSON temel şemasının genişletilmesi için kullanılabilecek farklı yaklaşımlar da aşağıda sıralanmaktadır;

- CityJSON dosyasına yeni özellikler eklenmesi,
- CityJSON temel şemasındaki mevcut şehir objeleri için yeni öznitelikler tanımlanması,
- Yeni bir semantik obje tanımlanması,
- Yeni şehir objeleri üretilmesi ve genişletilmesi.

## 3 Bulgular ve tartışma

### 3.1 Kavramsal model geliştirilmesi

Çalışma kapsamında 3B taşınmaz değerlendirme çalışmalarına katkı sağlama adına geliştirilen kavramsal model **Şekil 1**'de görülmektedir. **Şekil 4**'de yer alan kavramsal model LADM VIM modeline bağlı olarak tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra CityJSON standartının veri modelindeki şehir objeleri ile ekleni geliştirilirken yararlanabilecek durumlar da göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlamda **Şekil 4**'de görülebilen model bünyesinde hem CityJSON veri modelindeki mevcut bazı ilişkili şehir objeleri hem de geliştirilen ekleni kapsamında modellenen ek şehir objeleri yer almaktadır. **Şekil 5**'de ise geliştirilen kavramsal modeldeki detay sınıflarına ait farklı özniteliklerin modellenmesinde yararlanılan kod listeleri görülmektedir. **Şekil 4**'de görüldüğü üzere *+VMBuilding* detay sınıfı CityJSON veri şemasındaki *AbstractBuilding* detay sınıfının alt sınıfı olarak modellenmiştir. Eklenen diğer detay sınıfları ise *AbstractCityObject* detay sınıfının alt sınıfı olarak oluşturulmuştur.

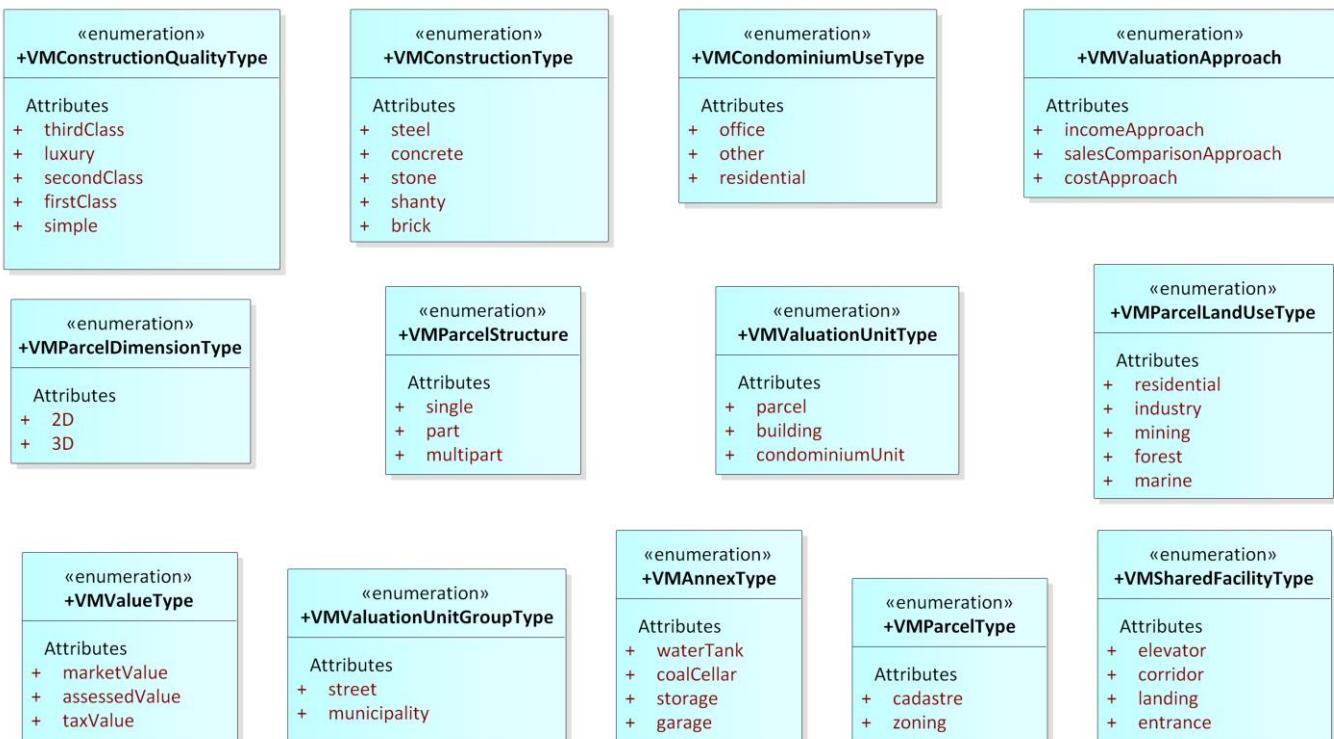
LADM VIM modeline benzer şekilde parsel, bina ve bağımsız bölümler sırasıyla *+VMParse*, *+VMBuilding* ve *+VMCondominiumUnit* ile temsil edilmek üzere tek başlarına değerlendirilebilecek şekilde modellenmişlerdir. Bunun yanı sıra bahsedilen detay sınıfları bünyelerinde

çeşitli öznitelikleri içermektedir. Örneğin; +VMParcel, parsel adı, parsel numarası, parsel sahibi ve ada numarası

gibi parseli tanımlayıcı bilgileri saklamakta kullanılan öznitelikleri içermektedir.



Sekil 4. 3B taşınmaz değerlendirme için geliştirilen kavramsal model



**Şekil 5.** Geliştirilen kavramsal modelde kullanılan kod listeleri

+VMBuilding detay sınıfı da taşınmaz değerlendirme için kullanılabilecek inşaat tarihi ve enerji performans sınıfı gibi özniteliklere sahiptir. Bilindiği üzere yapı bünyesinde kat mülkiyetine konu olan bölümler hem bağımsız bölümler hem de farklı eklentiler üzerinde kullanım hakkına sahip olabilmektedir. Bununla birlikte yapısındaki ortak kullanım alanları üzerinde de ortaklaşa kullanım hakkına ve sorumluluklara sahiptirler. Bu bağlamda bahsedilen bölümlerin modellenmesi için Guler vd. [29] tarafından önerilen yaklaşım kullanılmıştır. Böylelikle +VMCondominiumUnit ile +VMMainUnit, +VMArrange ve +VMSingleFacility arasındaki ilişkiler tanımlanmıştır. +VMCondominiumUnit ile +VMBuilding arasındaki ilişkiden görülebileceği üzere bir +VMCondominiumUnit örneği yalnızca bir +VMBuilding örneği ile ilişkili olabilir. Bunun yanı sıra her bir +VMArrange ve +VMMainUnit örneği en az bir tane +VMCondominiumUnit örneği ile ilişkili olmalıdır. Taşınmaz değerlendirmede yararlanılabilen satış tarihi, bulunduğu kat ve manzara puanı gibi öznitelikler +VMCondominiumUnit detay sınıfı için oluşturulmuştur. Benzer şekilde +VMMainUnit için balkon sayısı ve oda sayısı gibi öznitelikler tanımlanmıştır. +VMArrange detay sınıfı ise ilişkili olduğu bağımsız bölüm numarası ve eklenen kodu gibi öznitelikleri içermektedir.

LADM VIM modelinde de yer aldığı üzere değerlendirme gerçekleştirilen mekânsal objeleri tanımlamak için +VMValuationUnit detay sınıfı kavramsal modele eklenmiştir. Değerlemeye ilgili bilgilerin saklanması için *valuation* isimli bir öznitelijke sahiptir. Bu öznitelijke tanımlamada +VMValuation veri tipi (*data type*) kullanılmıştır. **Şekil 4**'de görüldüğü üzere bahsedilen veri türü değerlendirmeye ilişkin olarak özelleşmiş bilgileri sağlamak

amacıyla değerlendirme tarihi, belirlenen değer, değer kodu ve değer türü özniteliklerini içermektedir. *vuType* özniteligi değerlendirme biriminin türünü belirlemek için kullanılmaktadır. Bu bağlamda +VMValuationUnitType kod listesi parsel, yapı ve kat mülkiyesi birimi seçeneklerini içermektedir. *approachType* özniteligi ise +VMValuationApproach kod listesiyle modellenerek kullanılan değerlendirme yaklaşımı bilgisini kapsamaktadır. Bahsedilen kod listesi gelir yaklaşımı, emsal karşılaştırma yaklaşımı ve maliyet yaklaşımı olmak üzere üç farklı yaklaşımı içermektedir. Bahsedilen yaklaşılara ilişkin ayrıntılı bilgilerin saklanması amacıyla +VMValuationUnit detay sınıfında üç farklı öznitelik tanımlanmıştır. Bu öznitelikler de +VMIIncomeApproach, +VMSalesComparisonApproach ve +VMCostApproach isimli üç farklı veri tipi kullanılarak modellenebilmiştir. Toplu değerlendirme çalışmalarının modellenebilmesi için de +VMValuationUnitGroup detay sınıfı kavramsal modele dahil edilmiştir. Bunun yanı sıra +VMValuationUnit detay sınıfıyla da ilişkisi tanımlanmıştır.

### 3.2 CityJSON eklentisi üretilmesi

Bu aşamada geliştirilen kavramsal modelin içeriğini yansıtacak şekilde bir CityJSON eklenti dosyası üretilmiştir. Bu dosya daha önce deininen eklenti geliştirilirken uyulması gereken kurallar göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Oluşturulan eklenti dosyası “3DValuation.ext.json” olarak adlandırılmıştır. Dosya ismindeki “ext” kısmı JSON dosyasının bir CityJSON eklenti dosyası olduğunu ifade etmektedir. Standardın geliştiricileri tarafından paylaşılan eklenti dosyası şeması kullanılmıştır. Bununla birlikte 3B taşınmaz değerlendirme için üretilen eklenti CityJSON 2.0 versiyonuyla uyumlu olarak geliştirilmiştir.

Kavramsal modelde yer alan ek şehir objeleri eklenti dosyası içerisinde yer alan “extraCityObjects” bölümü içerisinde oluşturulmuştur. [Şekil 6](#)’da üretilen CityJSON eklenti dosyasında `+VMMainUnit` detay sınıfına ait bölüm yer almaktadır. [Şekil 6](#)’da görülebileceği üzere `+VMMainUnit` detay sınıfı CityJSON veri şemasında yer alan `_AbstractCityObject` sınıfının alt sınıfı olarak tanımlanmıştır.

```

"+VMMainUnit":
{
    "allOf": [
        {
            "$ref": "cityobjects.schema.json#/AbstractCityObject"
        },
        {
            "properties":
                {
                    "type": {
                        "enum": [
                            "+VMMainUnit"
                        ]
                    }
                },
            "attributes":
                {
                    "type": "object",
                    "properties":
                        {
                            "unitNumber":
                                {
                                    "type": "integer"
                                },
                            "numberOfBalcony":
                                {
                                    "type": "integer"
                                },
                            "numberOfLivingRoom":
                                {
                                    "type": "integer"
                                },
                            "numberOfOtherRoom":
                                {
                                    "type": "integer"
                                },
                            "mainUnitID":
                                {
                                    "type": "integer"
                                }
                            }
                        },
            "geometry":
                {
                    "type": "array",
                    "items":
                        {
                            "oneOf": [
                                {
                                    "$ref": "geomprimitives.schema.json#/MultiSurface"
                                },
                                {
                                    "$ref": "geomprimitives.schema.json#/CompositeSurface"
                                },
                                {
                                    "$ref": "geomprimitives.schema.json#/Solid"
                                },
                                {
                                    "$ref": "geomprimitives.schema.json#/CompositeSolid"
                                },
                                {
                                    "$ref": "geomprimitives.schema.json#/MultiSolid"
                                }
                            ]
                        }
                }
            },
        "required": [
            "type",
            "geometry",
            "parents"
        ]
    ]
}
    
```

[Şekil 6.](#) Eklenti dosyasının `+VMMainUnit` detay sınıfını içeren kesiti

Bununla birlikte geliştirilen kavramsal modelde yer alan öznitelikler de “`attributes`” kısmında tanımlanmaktadır. Sonraki kısımda da `+VMMainUnit` detay sınıfının sahip olabileceği geometri tiplerinin tanımlaması yer almaktadır.

En son kısım olan “`required`” ise detay sınıfının zorunlu olarak sahip olması gereken özelliklerini tanımlamaktadır. [Şekilden](#) görülebileceği üzere ilişkili olduğu `+VMCondominiumUnit` örneğini temsil eden “`parents`” özelliği `+VMMainUnit` detay sınıfının zorunlu olarak sahip olması gereken özelliklerden birisidir. [Şekil 4](#)’de görülebildiği ve daha önce bahsedildiği üzere bazı öznitelikleri modelleyebilmek için `+VMValuation` gibi farklı veri tipleri oluşturulmuştur. Bu tür veri tipleri CityJSON eklentisi bünyesinde kompleks öznitelikler (*complex attributes*) yardımıyla modellenmiştir. Bu anlamda [Şekil 7](#) geliştirilen eklenti bünyesinde `+VMValuationUnit` detay sınıfındaki `valuation` kompleks özniteligiye ait kısmı göstermektedir. [Şekilden](#) görülebileceği üzere kavramsal modelde `+VMValuation` ile temsil edilen öznitelikler kompleks öznitelik yardımıyla modellenebilmektedir.

```

"valuation":
{
    "type": "object",
    "properties":
        {
            "dateOfValuation":
                {
                    "type": "number"
                },
            "valueType":
                {
                    "type": "string",
                    "enum": ["marketValue", "assessedValue", "taxValue"]
                },
            "assessedValue":
                {
                    "type": "number"
                },
            "vID":
                {
                    "type": "number"
                }
        },
    "required": ["dateOfValuation", "valueType", "assessedValue", "vID"],
    "additionalProperties": false
}
    
```

[Şekil 7.](#) Eklenti dosyasının `valuation` özniteligiini kapsayan kesiti

Eklenti dosyasında `+VMCondominiumUnit` detay sınıfına ait bölüm [Şekil 8](#)’de yer almaktadır. Bahsedilen detay sınıfı için hem `parents` hem de `children` özellikleri zorunlu olarak modellenmiştir. Bunun sebebi de kat mülkiyeti biriminin kavramsal modelde yer aldığı üzere ilişkili olduğu bir adet yapı örneğinin bilgisinin `parents` özelliğiyile, ilişkili olabileceği bağımsız bölüm ve eklenti birimlerine ilişkin bilgilerin de `children` özelliğiyile saklanması gerektidir. Bu kısımda son olarak geliştirilen CityJSON eklenti dosyası standardın geliştiricileri tarafından sağlanan örnek dosyaya istinaden biçimsel olarak doğrulanmıştır.

### 3.3 Örnek CityJSON veri seti üretilmesi

Geliştirilen kavramsal modelin kullanılabilirliğinin gösterilmesi amacıyla bu modelin içeriğiyle uyumlu olarak örnek CityJSON veri seti üretilmiştir. Bu veri seti üretilirken Hollanda’daki kurumlar tarafından paylaşılan açık veri kaynaklarından yararlanılmıştır [30]. Ülkedeki taşınmazların

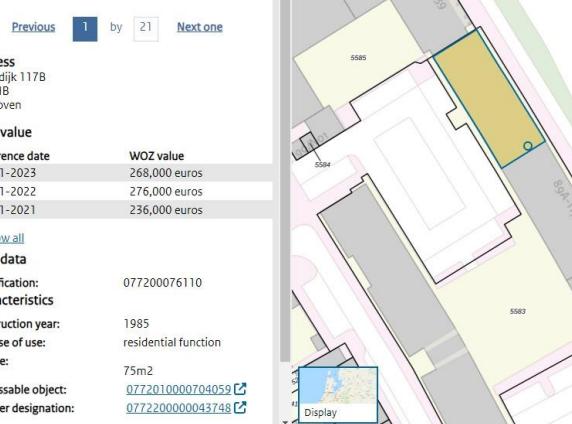
rayıcı değerleri vergilendirme ve farklı idari amaçlarda kullanılmak üzere yıllık olarak belirlenmektedir.

```
"+VMCondominiumUnit":
{
  "allOf": [
    {
      "$ref": "cityobjects.schema.json#/AbstractCityObject"
    },
    {
      "properties": {
        "type": {
          "enum": [
            "+VMCondominiumUnit"
          ]
        },
        "attributes": {
          "type": "object",
          "properties": {
            "dateOfSale": {
              "type": "integer"
            },
            "name": {
              "type": "string"
            },
            "unitID": {
              "type": "integer"
            },
            "storeyNumber": {
              "type": "integer"
            },
            "useType": {
              "enum": [
                "office",
                "other",
                "residential"
              ]
            }
          }
        },
        "landscapeScore": {
          "type": "integer"
        }
      }
    },
    {
      "geometry": {
        "type": "array",
        "items": {
          "oneOf": [
            {
              "$ref": "geomprimitives.schema.json#/MultiSurface"
            },
            {
              "$ref": "geomprimitives.schema.json#/CompositeSurface"
            },
            {
              "$ref": "geomprimitives.schema.json#/Solid"
            },
            {
              "$ref": "geomprimitives.schema.json#/CompositeSolid"
            },
            {
              "$ref": "geomprimitives.schema.json#/MultiSolid"
            }
          ]
        }
      }
    }
  ],
  "required": [
    "type",
    "geometry",
    "parents",
    "children"
  ]
}
```

**Şekil 8.** Eklenti dosyasının *+VMCondominiumUnit* detay sınıfını içeren kesiti

Açık şekilde ulaşılabilen portal üzerinde yapıların taban alanı sınırlarıyla birlikte bağımsız bölümlerin belirlenen değerleri ile inşaat yılı, kullanım tipi ve alanı gibi farklı

öz nitelik bilgileri paylaşmaktadır. Bu çalışmada da **Şekil 9**'da bir örneği görülen bir yapı seçilerek öz nitelik bilgileri üretilen CityJSON örnek veri setinde kullanılmıştır.



**Şekil 9.** Açık veri seti platformundan bir kesit

Örnek yapı seçildikten sonra yapıya ait mekânsal veri yine açık şekilde ulaşılabilen BAG platformundan elde edilmiştir [31]. 2B olarak yapının taban alanını gösteren mekânsal veri oluşturulmuştur. Sonrasında kavramsal model kapsamındaki farklı detay sınıflarını modelleyebilmek amacıyla bağımsız bölüm, eklenti ve ortak alan gibi farklı mekânsal veriler oluşturulmuştur.

Oluşturulan 2B mekânsal veriler Feature Manipulation Engine (FME) yazılımı kullanılarak 3B CityJSON dosyaları olarak yazılmıştır. Bu aşamada süreci otomatikleştiren ve kavramsal modelde tanımlanan detay sınıfları arasındaki ilişkileri kurabilen bir çalışma alanı (*workspace*) oluşturulmuştur. **Şekil 10**'da görülebileceği üzere bahsedilen çalışma alanında yapı, bağımsız bölüm, eklenti ve ortak alanlara ilişkin mekânsal veriler GeoJSON formatında 2B olmak üzere girdi olarak seçilmektedir. Sonrasında *Extruder* aracıyla yükseklik değeri eklenmektedir. Bununla birlikte *AttributeManager* aracı ile farklı detay sınıflarına ilişkin örneklerin öz nitelikleri düzenlenmektedir. Düzenlenen veriler kavramsal modeldeki detay sınıflarına bağlı olarak (örn. *+VMMainUnit*, *+VMAnnex*, *+VMSharedFacility*) CityJSON veri setine yazdırılmaktadır. Bunun yanı sıra *parents* ve *children* özelliklerine sahip olan *+VMCondominiumUnit* gibi detay sınıfları da ilişkili oldukları diğer detay sınıflarına bağlı olarak oluşturulmaktadır.

Çalışma alanı çalıştırıldığında JSON uzantılı tek bir CityJSON dosyası üretilmektedir. Daha önce bahsedildiği üzere bu çalışmada geliştirilen eklenti CityJSON v2.0 ile uyumlu olacak şekilde oluşturulmuştur. Ancak FME yazılımı bünyesinde şu an için sadece CityJSON v1.0 formatlı veriler üretilebilmektedir. Bu nedenle FME yazılımında üretilen CityJSON v1.0 verileri standardın geliştiricileri tarafından paylaşılan *cjio* isimli Python tabanlı program ile CityJSON v2.0 formatına dönüştürülmüştür.

Sonraki aşamada yine standardın geliştiricileri tarafından paylaşılan “CityJSON Schema Validator” aracı kullanılarak üretilen CityJSON dosyasının geliştirilen eklentiye bağlı olarak doğrulanması gerçekleştirilmiştir.

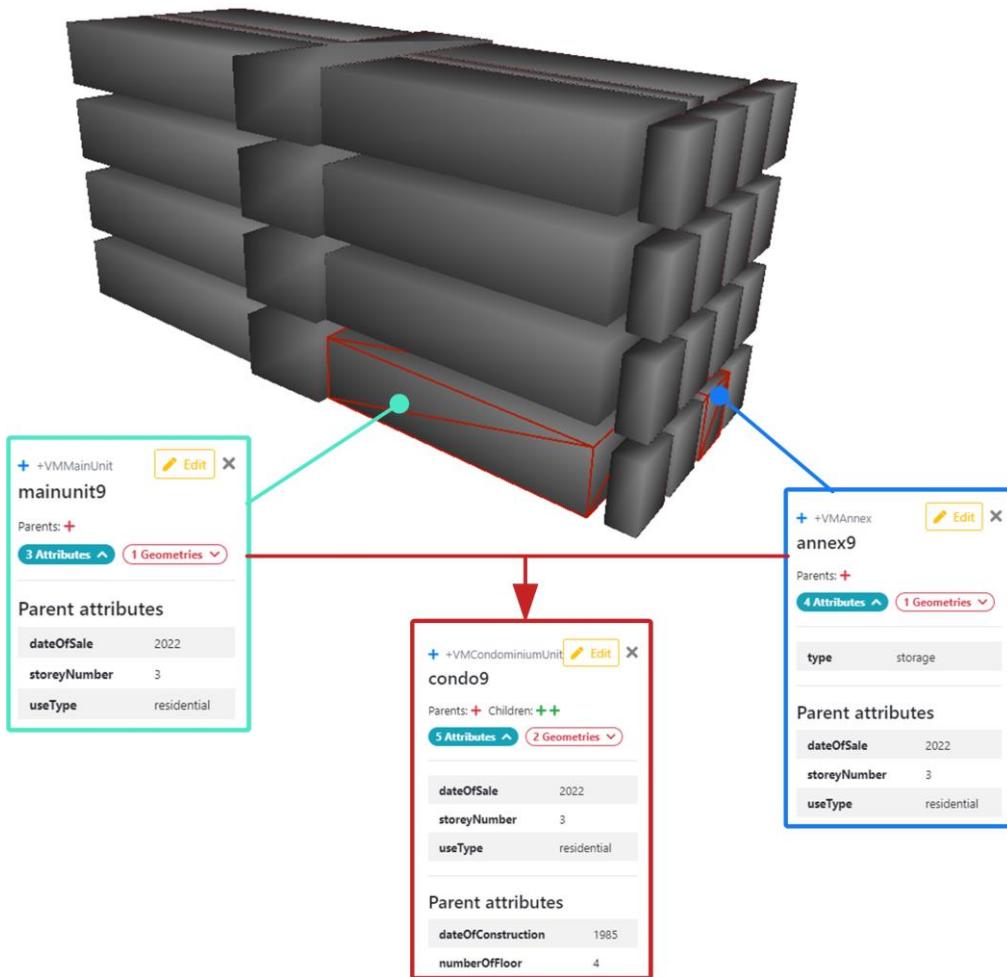


**Şekil 10.** FME yazılımında oluşturulan çalışma alanı

Bahsedilen aracın kullanılabilmesi için üretilen eklenti dosyası oluşturulan GitHub deposunda paylaşılmıştır [32]. Bahsedilen araç CityJSON dosyalarının JSON bakımından biçimsel olarak, CityJSON temel veri şemasına bağlı olarak, eğer bir eklenti içeriyorsa ona bağlı olarak ve *parent* ve *children* açısından tutarlılığa sahip olmak gibi farklı yönlerden doğrulanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada üretilen CityJSON dosyası “3DVAluation\_output.json” ismiyle aynı GitHub deposunda paylaşılmıştır. **Şekil 11’den** görüleceği üzere “CityJSON Schema Validator” aracı kullanılarak üretilen CityJSON dosyasının geliştirilen eklentiye bağlı olarak %100 doğruluğa sahip olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte üretilen CityJSON dosyası *val3dity* aracıyla geometrik olarak ISO19107 standardına göre de doğrulanmıştır [33]. Bu doğrulamaya ilişkin üretilen rapor GitHub deposunda bulunabilmektedir. Üretilen CityJSON veri seti *ninja* adlı tarayıcı tabanlı yazılım aracı kullanılarak görselleştirilmiştir [34].



**Şekil 11.** CityJSON Schema Validator sonuç görüntüsü

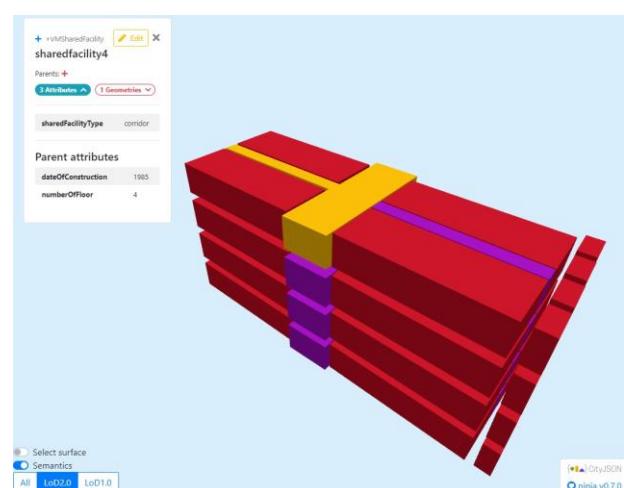


**Şekil 12.** +VMCondominiumUnit örneği

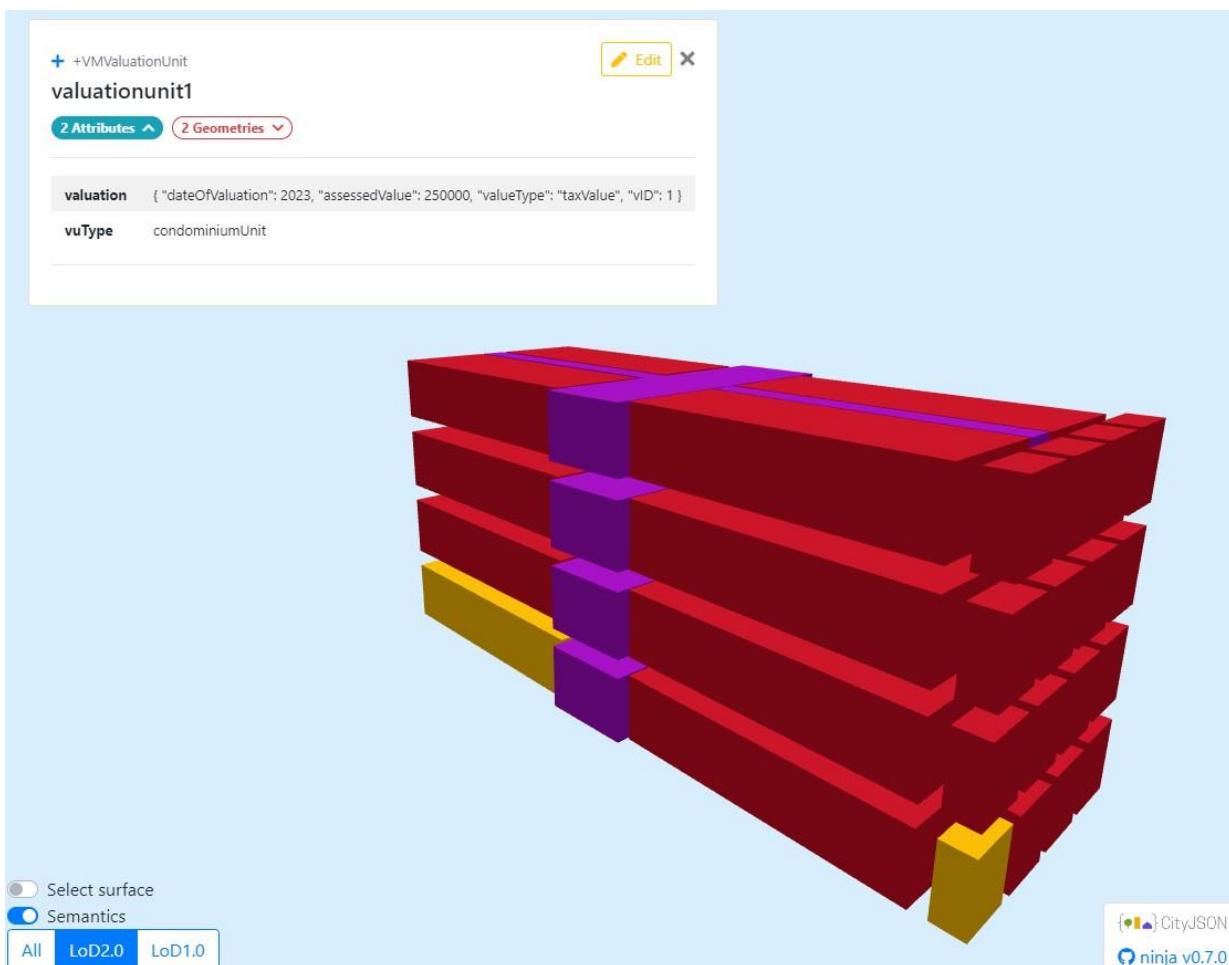
Bu doğrultuda **Şekil 12**'de üretilen CityJSON veri setinde yer alan bir +VMCondominiumUnit örneğinin 3B görseli yer almaktadır. Kavramsal modelde görülebileceği üzere +VMCondominiumUnit detay sınıfı *children* olarak +VMMainUnit ve +VMAannex detay sınıflarıyla ilişkili olabilmektedir. Bu bağlamda şekilde de bir bağımsız bölüm ve bir eklientiden oluşan +VMCondominiumUnit örneği görülebilmektedir. +VMMainUnit ve +VMAannex örneklerinin sahip olduğu *parent attributes* özniteliklerinin de aynı +VMCondominiumUnit örneği ile ilişkili olarak modellendiklerinden dolayı aynı olduğu görülebilmektedir. Bununla birlikte +VMMainUnit ve +VMAannex birer adet *parents* “+” işaretine sahipken +VMCondominiumUnit örneğinin de sözü edilen örnekleri temsil eden iki adet *children* “+” işaretine sahip olduğu görüntülenmektedir. **Şekil 12**'de yer alan gösterme FME Inspector yazılımında gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen CityJSON veri seti görüntülendiğinde +VMCondominiumUnit detay sınıfına dair herhangi bir örnek seçildiğinde ilişkili olan hem +VMMainUnit hem +VMAannex örneklerinin görüntülendiği bu noktada aktarılabilir.

Bununla birlikte **Şekil 12**'de yer alan “annex9” kodlu +VMAannex örneğinin *type* özniteliği olarak *storage* (depo)

bilgisine sahip olduğu görülebilmektedir. CityJSON veri setinde yer alan bir ortak alan örneğinin 3B görselleştirilmesi ve sahip olduğu öznitelik bilgileri **Şekil 13**'de yer almaktadır.



**Şekil 13.** Ortak alan örneği



Şekil 14. +VMValuationUnit örneği

Geliştirilen kavramsal modelde yer aldığı üzere ortak alanları temsil eden +VMSHAREDFacility detay sınıfı *parents* niteliğiyle +VMBuilding detay sınıfıyla arasındaki ilişkiyi sağlamaktadır. Şekilden görülebileceği üzere “parent attributes” kısmında ortak alan örneğinin ilişkili olduğu yapı örneğinin sahip olduğu öznitelikler görülebilmektedir. Aynı zamanda şekilde *parents* kısmında yer alan tekil “+” işaretini görselleştirilen ortak alan örneğinin tek bir yapılarıyla ilişkili olduğunu temsil etmektedir. **Şekil 14’de** ise kavramsal modelde yer aldığı üzere bir +VMValuationUnit örneğinin 3B görseli yer almaktadır. Bahsedilen örnek *vuType* özniteliğiyle tanımladığı üzere kat mülkitei birimi tipindedir. Bununla birlikte daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere *valuation* kompleks özniteliğiyle farklı bilgileri sağlamaktadır. Değerleme tarihi, belirlenen değer, değer kodu ve değer türü sözü edilen bilgilerdir. **Şekil 15’de** ise **Şekil 14’de** yer alan “valuationunit1” kodlu +VMValuationUnit örneğinin üretilen CityJSON dosyasında yer alan kesiti görülebilmektedir. Değinildiği üzere *valuation* ve *vuType* öznitelikleri görselleştirildiği şekilde üretilmiştir. Bununla birlikte şehir objesi olarak “+VMValuationUnit” yazdırılmıştır. **Şekil 14’de** ayrıca bahsedilen örneğe ilişkin geometri bilgisi yer almaktadır. Kat mülkitei birimi hem bağımsız bölüm hem de ekleniyi

dair kullanım hakkına sahip olduğundan dolayı *geometry* niteliği iki farklı objeye ait sınır bilgisini saklamaktadır.

```

1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048

        "valuationunit": [
            "attributes": {
                "valuation": {
                    "dateOfValuation": 2023,
                    "assessedValue": 250000,
                    "valueType": "taxValue",
                    "vID": 1
                },
                "vuType": "condominiumUnit"
            },
            "geometry": [
                {
                    "boundaries": [[[0, 1, 2, 3], [[0, 3, 4, 5], [3, 2, 6, 4]], [[2, 1, 7, 6], [1, 0, 5, 7], [5, 4, 6, 7]]]],
                    "lod": "2.0",
                    "type": "MultiSolid"
                },
                {
                    "boundaries": [[[128, 134, 135, 136], [[128, 136, 137, 138], [[136, 138, 139, 137]], [[135, 134, 140, 139], [[134, 128, 138, 140]]], [[138, 137, 139, 140]]]],
                    "lod": "2.0",
                    "type": "MultiSolid"
                }
            ],
            "type": "+VMValuationUnit"
        ]
    ]
}

```

Şekil 15. +VMValuationUnit örneğine dair CityJSON kesiti

#### 4 Sonuçlar

Çalışmada CityJSON standardının temel şeması LADM VIM modeline bağlı olarak geliştirilen kavramsal modele dayalı olarak genişletilmiştir. Geliştirilen kavramsal modelin kullanılabilirliğinin ortaya konulması amacıyla toplam 116 adet 3B geometrik temel (*primitive*) ve 76 adet detay içeren bir CityJSON veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti 1 adet +VMBuilding, 16'şar adet +VMAnnex, +VMCondominiumUnit ve +VMMainUnit detayını kapsamaktadır. Sonuç CityJSON verisinin üretilmesini sağlayan FME çalışma alanı yaklaşık bir saniyede sonuç üretmektedir. Bu noktada üretilen 3B modellerin doğrulanmalarının büyük önem arz ettiğine deðinilebilir. Öncelikle geometrik açıdan doğrulanmaların sağlanması verilerin farklı uygulamalarda faydalananması açısından oldukça önemlidir. Diğer yandan veri gereksinim analizi sonucunda belirlenecek detay sınıfları ile özniteliklerin modellerde yer aldığı kontrolü de eksiksiz bilgi akışının sağlanması için gereklidir. CityJSON standarı kullanılarak 3B modellerin üretilmesinde modelleme ve doğrulama anlamındaki zahmetsız iş akışlarından faydalanaileceði de bu çalışmada gösterilmektedir.

Makalede önerilen yaklaşımın uygulanması hem şehir hem de yapı ölçüðinde 3B dijital modellerden faydalananlarak taþınmazların değerlerinin daha nitelikli belirlenebilmesine olanak tanıyabilir. Araştırma kapsamında 3B taþınmaz değerlendimenin uygulanabilmesine birlikte çalışabilirliğin sağlanması mümkün kılabilecek açık mekânsal veri standartının kullanılması ile katkı verilmiştir. Bununla birlikte geliştirilen eklentiye bağlı olarak üretilen 3B veri setleri kullanılarak yapıların ve kat mülkiyeti birimlerinin değerine etki eden farklı çevresel faktörlerin etkilerini tespit etmek amacıyla mekânsal analizler gerçekleştirilebilir. Bunun yanı sıra bir önceki bölümde gösterildiği üzere değerleri belirlenen taþınmazların 3B olarak görselleştirilmesi ve paylaşılması için uygulanabilecek bir iş akışı da sağlanarak literatüre katkı verilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen kavramsal modeldeki detay sınıflarının öznitelikleri açık bir şekilde paylaþılan eklenti dosyası kullanılarak kolay bir şekilde zenginleştirilerek farklı çalışma bölgeleri için kullanılabilir. Bununla birlikte taþınmaz değerlendimenin otomatik bir şekilde gerçekleştirilmesi için yapılan çalışmalara 3B analizleri mümkün kılacak dayanak verilerinin üretilmesiyle destek olunmaktadır. 3B arazi idare sistemlerinin hayatı geçirilmesinde önemli bir parça olan taþınmaz değerlemeye ilişkili olan 3B dijital modellerin oluşturulmasıyla katkı verilmektedir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Benzerlik oranı (iThenticate): %10

#### Kaynaklar

- [1] S. Enemark, Managing Rights, Restrictions and Responsibilities in Land, GSDI-11 World Conference, Rotterdam, 2009: ss. 18–23.
- [2] UNECE, Land Administration Guidelines with Special Reference to Countries in Transition, New York and Geneva, 1996. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/land.administration.guidelines.e.pdf>.
- [3] I. Williamson, S. Enemark, J. Wallace, A. Rajabifard, Land Administration for Sustainable Development, ESRI Press Academic, Redlands, CA, 2010.
- [4] UN Habitat, Valuation of Unregistered Land, 2021. <https://unhabitat.org/valuation-of-unregistered-land-a-practice-manual>.
- [5] A. Kara, P. van Oosterom, R. Kathmann, C. Lemmen, Visualisation and dissemination of 3D valuation units and groups – An LADM valuation information compliant prototype, Land Use Policy. 132, 106829, 2023. doi:10.1016/j.landusepol.2023.106829.
- [6] Savills World Research, Total Value of Global Real Estate: Property remains the world's biggest store of wealth, 2023. <https://www.savills.com/impacts/market-trends/the-total-value-of-global-real-estate-property-remains-the-worlds-biggest-store-of-wealth.html>.
- [7] A. Rajabifard, 3D Cadastres and Beyond, 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, 2014.
- [8] UN Habitat, Envisaging the Future of Cities, 2022. [https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr\\_2022.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf).
- [9] E. Kalogianni, P. van Oosterom, E. Dimopoulou, C. Lemmen, 3D Land Administration: A Review and a Future Vision in the Context of the Spatial Development Lifecycle, ISPRS International Journal of Geo-Information. 9, 107, 2020. doi:10.3390/ijgi9020107.
- [10] P. Wyatt, Property Valuation, Second Edi, John Wiley & Sons, Ltd, 2013.
- [11] M.O. Mete, T. Yomralioðlu, A Hybrid Approach for Mass Valuation of Residential Properties through Geographic Information Systems and Machine Learning Integration, Geographical Analysis. 55, 535–559, 2023. doi:10.1111/gean.12350.
- [12] A.C. Aydinoglu, R. Bovkir, I. Colkesen, Implementing a mass valuation application on interoperable land valuation data model designed as an extension of the national GDI, Survey Review. 53, 349–365, 2021. doi:10.1080/00396265.2020.1771967.
- [13] S. El Yamani, R. Hajji, G.-A. Nys, M. Ettarid, R. Billen, 3D Variables Requirements for Property Valuation Modeling Based on the Integration of BIM and CIM, Sustainability. 13, 2814, 2021. doi:10.3390/su13052814.
- [14] P. Jafary, D. Shojaei, A. Rajabifard, T. Ngo, BIM and real estate valuation: challenges, potentials and lessons for future directions, Engineering, Construction and Architectural Management. 31, 1642–1677, 2024. doi:10.1108/ECAM-07-2022-0642.
- [15] T. Su, H. Li, Y. An, A BIM and machine learning integration framework for automated property valuation, Journal of Building Engineering. 44, 102636, 2021. doi:10.1016/j.jobe.2021.102636.
- [16] ISO, ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema, 2018.

- [https://www.iso.org/standard/70303.html.](https://www.iso.org/standard/70303.html)
- [17] A. Radulović, D. Sladić, M. Govđarica, D. Raičević, Using LADM and BIM for property and tourist taxation in the municipality of Bar, Montenegro, Land Use Policy. 131, 106715, 2023. doi:[10.1016/j.landusepol.2023.106715](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106715).
  - [18] M.O. Mete, D. Guler, T. Yomralioğlu, Towards a 3D Real Estate Valuation Model Using BIM and GIS, içinde: M. Ben Ahmed, A.A. Boudhir, I.R. Karas, V. Jain, S. Mellouli (Ed.), Innovations in Smart Cities Applications Volume 5, Springer International Publishing, Cham, ss. 945–962, 2022. doi:[10.1007/978-3-030-94191-8\\_77](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94191-8_77).
  - [19] L. Zhang, N.M. El-Gohary, Automated IFC-based building information modelling and extraction for supporting value analysis of buildings, International Journal of Construction Management. 20, 269–288, 2020. doi:[10.1080/15623599.2018.1484850](https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484850).
  - [20] N. Celik Simsek, B. Uzun, Building Information Modelling (BIM) for property valuation: A new approach for Turkish Condominium Ownership, Survey Review. 1–22, 2021. doi:[10.1080/00396265.2021.1905251](https://doi.org/10.1080/00396265.2021.1905251).
  - [21] S. El Yamani, R. Hajji, R. Billen, IFC-CityGML Data Integration for 3D Property Valuation, ISPRS International Journal of Geo-Information. 12, 351, 2023. doi:[10.3390/ijgi12090351](https://doi.org/10.3390/ijgi12090351).
  - [22] M. Aslan, İ. Cankurt, C. Yıldırım, E. Ayyıldız, İ. Dursun, Türk Arazi Yönetimine Yeni Bir Yaklaşım: Amasya Örneği, Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi. 4, 34–45, 2022. doi:[10.51765/tayod.1078011](https://doi.org/10.51765/tayod.1078011).
  - [23] A. Kara, C. Lemmen, P. van Oosterom, E. Kalogianni, A. Alattas, A. Indrajit, Design of the new structure and capabilities of LADM edition II including 3D aspects, Land Use Policy. 137, 107003, 2024. doi:[10.1016/j.landusepol.2023.107003](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.107003).
  - [24] A. Kara, P. van Oosterom, V. Çağdaş, Ü. Işıkdağ, C. Lemmen, 3 Dimensional data research for property valuation in the context of the LADM Valuation Information Model, Land Use Policy. 98, 104179, 2020. doi:[10.1016/j.landusepol.2019.104179](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104179).
  - [25] M.A. Adad, E.H. Semlali, M. El-Ayachi, F. Ibannain, Supporting land data integration and standardization through the LADM standard: Case of Morocco's country profile MA-LADM, Land Use Policy. 97, 104762, 2020. doi:[10.1016/j.landusepol.2020.104762](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104762).
  - [26] H. Tomić, S.M. Ivić, M. Roić, J. Šiško, Developing an efficient property valuation system using the LADM valuation information model: A Croatian case study, Land Use Policy. 104, 105368, 2021. doi:[10.1016/j.landusepol.2021.105368](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105368).
  - [27] OGC, CityJSON Community Standard, 2023. <https://docs.ogc.org/cs/20-072r5/20-072r5.html>.
  - [28] H. Ledoux, B. Dukai, CityJSON Specifications, 2023. <https://www.cityjson.org/specs/2.0.0/>.
  - [29] D. Guler, P. van Oosterom, T. Yomralioğlu, How to exploit BIM/IFC for 3D registration of ownership rights in multi-storey buildings: an evidence from Turkey, Geocarto International. 37, 18418–18447, 2022. doi:[10.1080/10106049.2022.2142960](https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2142960).
  - [30] Waarderingskamer, Checking your WOZ value, 2024. <https://www.waarderingskamer.nl/en/>.
  - [31] tudelft3d, 3DBAG, 2024. <https://3dbag.nl/en/viewer>.
  - [32] D. Guler, 3D Property Valuation, 2024. <https://github.com/geospatialstudies/3DValuation>.
  - [33] H. Ledoux, val3dity: validation of 3D GIS primitives according to the international standards, Open Geospatial Data, Software and Standards. 3, 2018. doi:[10.1186/s40965-018-0043-x](https://doi.org/10.1186/s40965-018-0043-x).
  - [34] S. Vitalis, A. Labetski, F. Boersma, F. Dahle, X. Li, K. Arroyo Ohori, H. Ledoux, J. Stoter, CITYJSON + WEB = NINJA, içinde: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ss. 167–173, 2020. doi:[10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-167-2020](https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-167-2020).

