

[1067]

## 3B MODELLEMEDE GENELLEŞTİRME PROBLEMLERİ VE LOD KAVRAMI

Azize UYAR<sup>1</sup>, Necla ULUĞTEKİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Araş. Gör. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Atakum, Samsun, [azize.uyar@omu.edu.tr](mailto:azize.uyar@omu.edu.tr)

<sup>2</sup>Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, [ulugtek@itu.edu.tr](mailto:ulugtek@itu.edu.tr)

### ÖZET

Yeryüzünün küçültülmüş modeli iki ya da üç boyutlu olarak ölçekli gösterimi haritalar aracılığıyla sağlanmaktadır. Haritaların anlaşılması ve üzerinden bilgi elde edilmesi için haritaların doğru ve belirli kurallara göre yapılması gerekmektedir, bu nedenle tasarım aşaması önem kazanmaktadır. Tasarım aşamasında genelleştirme işlemi; haritanın kullanım amacı, konu ve ölçeğine göre en önemli yanları ile yansıtabilmek için olmayan bilgilerin gösteriminin göz ardı edilirken bazı bilgilerin vurgulanarak ön plana çıkarılmasıdır. Dijital haritalarla birlikte yeryüzünün 3B modellenmesi kolaylaşmıştır ve 3B kent modelleme kavramı ortaya çıkmıştır. 3B kent modelleri; kentsel alanların geometrik bir temsilinden öte mekansal detayların hem geometrik hem de tematik (semantik) özelliklerini aynı ortamda birleştiren ve mekansal analiz yapabilen modeller olarak tanımlanabilir. 3B kent modelleri için oldukça önemli bir kavram olan ayrıntı düzeyi (Level of Detail- LoD); gerçek dünyadaki objelerin özetlenme derecesi veya öncelikli gösterimi olarak tanımlanabilir. 3B kent modellemede çok ölçekli gösteriminin oluşmasında talepleri otomatik olarak yerine getirmek genelleştirme işleminin problemidir. Şehir Coğrafyası Biçimleme Dili (CityGML) Açık Kodlu Coğrafi Birliği'nin (OGC) standartlarına göre farklı ayrıntı düzeyinde modelleme yapabilen bir araçtır. Ayrıca semantik, coğrafi referanslandırma ve web kullanımı desteği nedeniyle CityGML 3B mekansal veri altyapısı çalışmalarında genel bir standart olarak tercih edilmektedir. Bu çalışmada ilk olarak kartografyanın önemli çalışma ve araştırma alanlarından biri olan genelleştirme konusu, 3B modelleme ve 3B modellerin genelleştirilmesi incelenecektir. Ayrıca 3B modellerde LoD kavramı, CityGML standartları ve 3B modellemede karşılaşılan problemlerden bahsedilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** 3B modelleme, CityGML, kartografik genelleştirme, LoD

### ABSTRACT

### 3D MODELLING GENERALIZATIONS PROBLEMS AND LoD SPECIFICATION

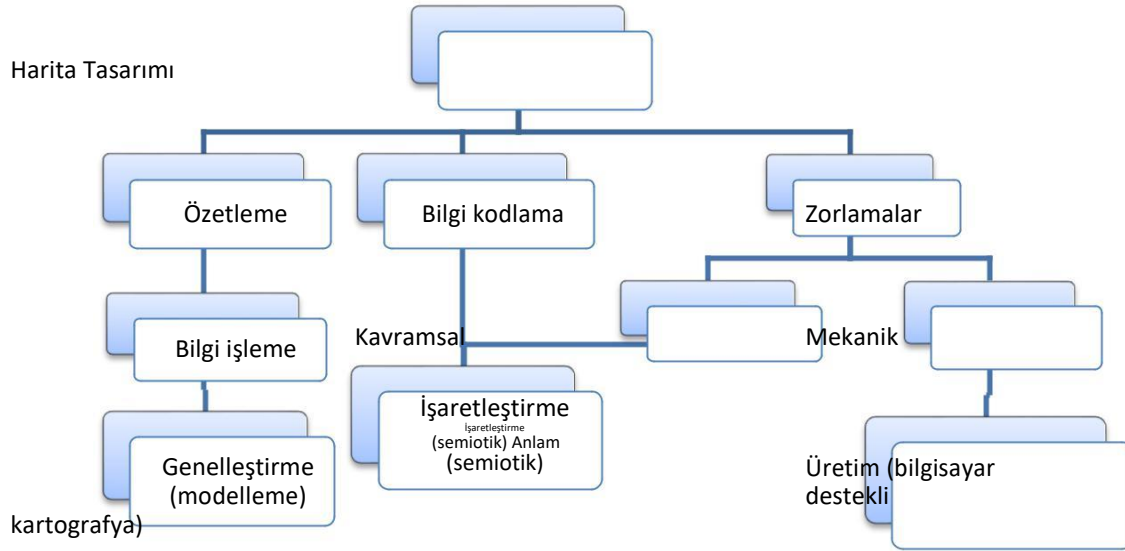
Earth's minimized model representation is provided through maps as two or three dimensional. To understand maps and extraction information of them, maps must be right and made according to certain rule, therefore, design stage is significant. Generalization process is to fall within design stage. The purpose of the map generalization process, the information is not necessary in order to reflect the most important aspects of the subject, and according to the scale of the display of ignored while emphasizing some of the information is brought to the fore. Generalization may be defined as the selection and simplified representation of detail appropriate to the scale and/or purpose of a map. 3D modeling has become easier with digital maps and 3D modeling term has emerged. 3D city models are not only geometrically representation of urban areas but also compound geometric a land thematic features of spatial details. Also 3D city models can be used for spatial analyses. Level of Details (LoD) which is an important concept for 3D modelling can be defined as outlined degree or prior representation of real-world objects. To fulfill the demand for the formation of multi-scale representation of 3D urban modeling is the problem of generalization process. City Geography Markup Language (CityGML) is a tool capable of modeling different levels of detail according to Open Geospatial Consortium's standards. Also CityGML is preferred as a general Standard in 3D spatial data infrastructure work due to semantic, geo-referencing and the support web usage. In this study firstly generalization which is major study and research concerned of cartography, 3D modeling and 3D model generalization will be examined. Also LoD concept in 3D modeling, CityGML standards and problems that is involved in 3D models will be discussed.

**Keywords:** 3D modelling, CityGML, cartographic generalization, LoD

### 1.GİRİŞ

Yeryüzü şekilleri ve objelerinin iki ya da üç boyutlu olarak ölçekli gösterimi haritalar aracılığıyla sağlanmaktadır. Harita yeryüzündeki şekillerin, yapay ve doğal objelerin tamamının veya bir kısmının fiziksel biçimleri, büyüklükleri, konumları, yükseklikleri gibi detayların ve bu detaylara ait bilgilerin ölçekli olarak gösterimidir. Haritalar, yeryüzü gerçeğinin aynısı olmayıp, yeryüzü gerçeğinin özetlenmiş halidirler bu nedenle, haritalarda belirli işaretler kullanılmaktadır. Bu işaretler yardımıyla haritaların genel özellikleri olan doğruluk, tamlık, amaca uygunluk, açıklık ve anlaşılabilirliği sağlaması gerekmektedir (Uluğtekin ve İpbüker, 1996; Uluğtekin ve Doğru, 2005).

Haritaların kolay ve hızlı anlaşılması ve üzerinden bilgi elde edilmesi için harita tasarımlarının belirli kurallara göre yapılması gerekmektedir, bu nedenle tasarım işlemi harita yapımında önem kazanmaktadır. Harita tasarımının birbiri ile ilişkili üç temel birleşeni bulunmaktadır, şekil 1'de şemada gösterilen üç bileşen genelleştirme, işaretleme ve üretimdir.



Şekil 1. Harita tasarımı (Buttenfield ve Mark, 1990; Uluğtekin ve Doğru, 2005).

İşaretleştirme haritadan elde edilecek bilgilerin belirli standartlara göre görselleştirilmesidir ve haritadan anlam (knowledge) çıkarılmasını sağlar. Üretilecek harita ortamına bağlı olarak kartografik teori kullanılarak, estetik kaygılar da dikkate alınarak üretim aşamasına geçilir. Genelleştirme işlemi haritanın yapım amacına ve ölçeğine bağlı olarak değişmektedir ve kullanıcıların bilgi (information) elde etmesini sağlar. Genelleştirme, harita üretim sürecinin tüm aşamalarında (mekansal bilginin toplanması, modellenmesi, sunumu ve kullanımı) etkin olarak kullanılan bir yöntemdir. Harita, coğrafi gerçeklerin bir alt kümesi veya özetlenmesi olması nedeniyle genelleştirme ihtiyacının kaçınılmaz bir süreç olduğu anlaşılmaktadır.

Kartografya; bilimsel dokümanlar ve sanatsal çalışmalarla birlikte harita yapma sanatı, bilimi ve teknolojisidir. Kartografik görselleştirme kuralları ise teknolojiyle birlikte gelişmektedir. Kartografyanın konusu çevre ile ilgili bilgilerin aktarımını en iyi biçimde yapan harita ve harita benzeri kartografik ifade şekilleridir, bu sebeple çevreye ilişkin bilgiler iletişim aracı olan harita ile aktarılmaktadır (Uluğtekin ve Doğru, 2005; Uluğtekin ve İpbüker, 1996). Şekil 2'de gösterildiği gibi iletişim teorisine göre uzman verici, harita kanal ve kullanıcıda alıcı görevi üstlenmektedir (Uluğtekin ve Doğru, 2013; Uluğtekin ve Doğru, 2005; Bildirici ve Uçar, 2000).



Şekil 2. İletişim aracı olarak harita (Uluğtekin ve Doğru, 2013).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); karmaşık yönetim ve planlama problemlerini çözmek için mekansal referanslı verilerin toplanması, yönetimi, islenmesi, analizi, modellenmesi ve görüntülenmesini desteklemek amacıyla tasarlanmış donanım, yazılım ve işlemler bütünüdür. CBS, mekansal verilerin kullanıldığı her alanda uygulanabilir bir yapı sunmaktadır. CBS son derece kapsamlı ve çok büyük miktarda mekansal veriyi toplamak, depolamak, yönetebilmek ve bu veri bütününden anlamlı ürünler elde edebilmeyi hedeflemektedir (Yılankıran, 2012).

Kentlerin gittikçe büyüyen ve karmaşıklaşan yapısı nedeniyle, yerel yönetimler, kentlerin etkin yönetimi için topografik haritaların yanında 3B kent modelleri de oluşturma gereksinimi duymaktadır. Bu nedenle konumsal planlama çalışmalarında, klasik basılı haritaların yanı sıra yeryüzünü gerçek şekliyle ifade eden, üç boyutta görselleştirilmiş, sayısal ve sözel sorgulamalara imkan tanıyan 3B kent modelleri kullanılmaya başlamıştır.

Bu çalışma kapsamında olan genelleştirme konusu, 3B modelleme ve 3B modellerin genelleştirilmesi incelenecektir. Ayrıca 3B modellerde LoD kavramı, CityGML standartlarından bahsedilecektir.

## 2.3B MEKANSAL VERİ VE MODELLEME YÖNTEMLERİ

Mekansal veriler ise doğal veya yapay objelerin coğrafi konumlarını, nitelik ve niceliklerini tanımlayan bilgidir. Mekansal veriler; genel olarak çözünürlüğe/ölçeğe bağımlıdır ve modellenen objeler ile işlemlerin en iyi anlaşıldığı çözünürlükte/ölçekte analiz edilmeli ve sunulmalıdır. Günümüzde kullanımı yaygınlaşan 3B Mekansal Bilgi Sistemleri ((Geo) Spatial Information System, GIS/SIS), 2B sistemlerin devamıdır (Güney ve Çelik, 2009). Mekansal bilgilerin 3B olarak gösterilmesi ile mekansal içeriği kavrama ve algılama daha kolaylaşmaktadır. 3B kent modelleri; kentsel alanların geometrik bir temsilinden öte mekansal detayların topolojik özelliklerini aynı ortamda birleştiren ve ileri düzey mekansal analizlere olanak tanıyan modeller olarak tanımlanabilir. 3B kent modellemede kadastral veriler, sayısal arazi modelleri, hava fotoğrafları ve 3B bina modelleri kullanılır (Döllner vd., 2006).

3B modellerin kullanım alanları;

Afet yönetimi (sel, deprem)  
Mekansal planlama ve kaynak yönetimi  
Haberleşme ve navigasyon  
Turizm ve eğlence  
Rüzgar ve sıcaklık değişim simülasyonları  
Şehir planlarının görselleştirilmesi  
Emlak bedellerinin hesaplanması

olarak sınıflandırılabilir ve bu liste çoğaltılabilir. 3B model oluşturmak için üç yöntem kullanılmaktadır; fotorealistik, tematik ve tasvirsel görselleştirme.

### 2.1.Fotorealistik Görselleştirme

Gerçekçi gösterimlerin önemli olduğu uygulamalarda yüksek derecede fotorealizm gerekmektedir. Fotorealistik görselleştirmede detaylı gösterimlerin kullanılması önemlidir. Detay miktarı arttıkça modelin cazibesi de artmaktadır. Büyük bölgeleri içeren 3Bkent modellerinde yüksek çözünürlüklü ve sürekli görüntü sağlanması gerekmektedir. Örneğin turistik bir bölgenin 3B modeli oluşturulurken tarihi binalar gerçeğe en yakın görünümde modellenmeli ve fotoğraflarla desteklenmelidir böylece burayı gezmek isteyen bir turist model üzerinde inceleme olanağı sunulacak ve bölgeye gitme isteği uyanacaktır. Şekil 3'de fotorealistik 3B modele bir örnek verilmiştir (Yücel ve Selçuk, 2009; Yücel, 2009).



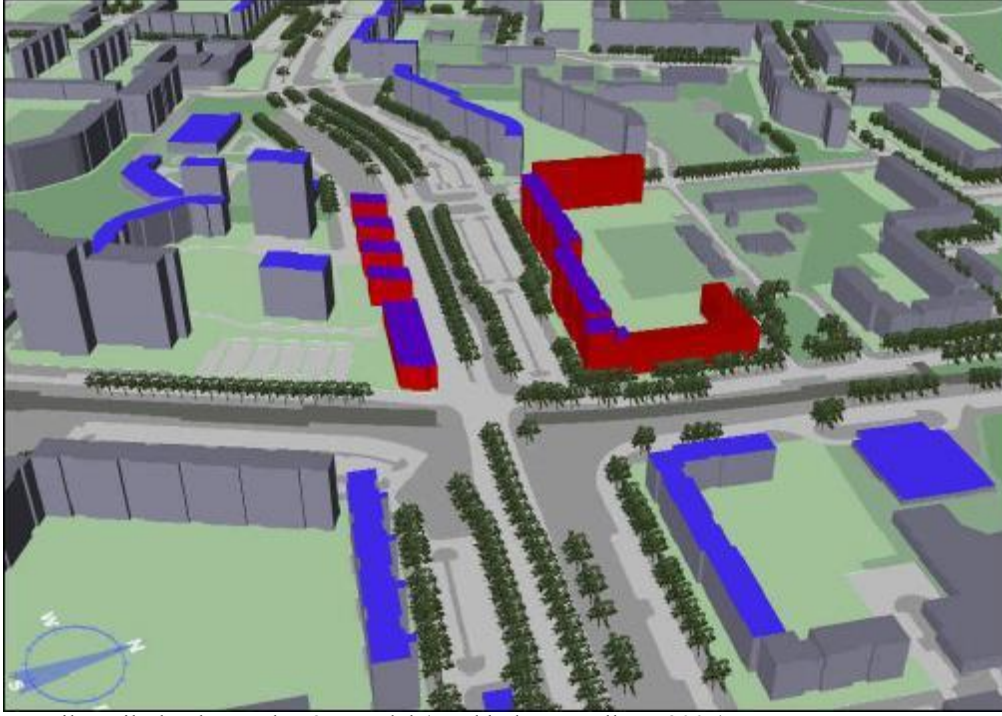
Şekil 3. Fotorealistik 3B modele örnek (Yücel, 2009)

Doku kaplama işlemi dijital resim, düz renk, gölge rengi ile yapılmaktadır. Cephe fotoğraflarını almak ve bina içi detayları elde edebilmek için yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraf kamerası gerekmektedir. Fotorealistik bina modellemesinde her bir binanın her cephesinin kaplamasının yapılması gerekmektedir. Çatı kaplaması için hava fotoğraflarından yararlanılırken, cephe doku kaplaması için de araziden kameralarla çekilen cephe fotoğraflarıyla yapılmaktadır (Kolbe vd., 2005; Behnam vd., 2009; Kahraman vd., 2013a, 2013b).

### 2.2.Tematik Görselleştirme

Tematik bilgilerin 3B gösterimi 3B mekansal görselleştirmeye geniş ve kapsamlı bir araç ve ortam sağlamıştır.

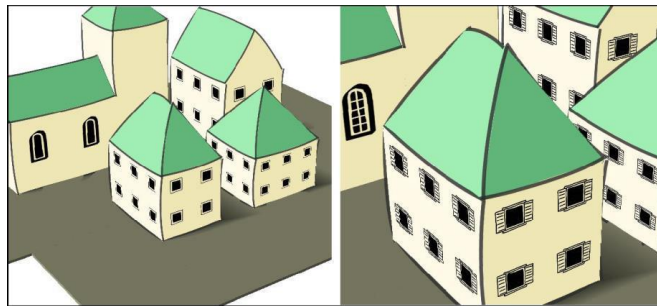
Tematik verilerin gösterimi ile ilgili uygulamalarında binaların detaylı olarak gösterimi gerekli değildir. Bu nedenle tematik verilerin 3B modellenmesinde mekansal veriler basit 3B geometrik şekiller ile gösterilir. Tematik görselleştirmeye doğal gaz, elektrik, su kullanımı, bina kat adetlerinin kent modeli üzerinde gösterimi gibi uygulamalar verilebilir. Şekil 4’de tematik verilerle oluşturulmuş 3B model örneği verilmiştir. Tematik verilerin gösteriminde tematik kartografya ile ilgili kurallara uyulmalıdır. 3B gösterimler aracılığıyla iletilecek olan bina türü, kat adedi ya da kullanım amacı gibi tematik bilgilerin aktarımıdır (Doğru ve Şeker, 2009; Yücel ve Selçuk 2009; Yücel 2009).



Şekil 4. Tematik verilerle oluşturulan 3B model (Buchholz ve Döllner, 2005)

### 2.3. Tasvirsel Görselleştirme

Tasvirsel görselleştirme fotorealistik olmayan görselleştirme olarak da adlandırılmaktadır ve fotorealistik olmayan 3B kent modellemesi, fotorealistik yöntemde problem olan bazı özelliklere yeni çözümler getirmektedir. Bu yöntem fotoğraflardaki ayırt edilemeyen veya gereksiz olan detayların ayıklanmasına olanak sağlamaktadır. Kentsel analitik karar verme, kent bilgi sistemleri, kent ve peyzaj planlama gibi çalışmalarda kullanılmaktadır (Yücel ve Selçuk, 2009).



Şekil 5. Tasvirsel 3B model (Jobst vd., 2008)

Tasvirsel görselleştirmenin genel özelliği obje geometrilerinin kartografik ve sanatsal çizim kuralları çerçevesinde vektörel olarak görselleştirilmesidir. Tasvirsel görselleştirme, görsel gerçekliğin algılanmasını kolaylaştıran biçim, doku, renk, ışık, tonlama ve gölgelendirme gibi unsurları kullanır. Bu yöntem kartografya, coğrafi bilgi sistemleri, görselleştirme ve görsellik ilkeleri doğrultusunda haritalar, perspektif haritalar, 3B mekansal modeller ve bunların bütünleştirilmesi ile geliştirilmiştir (Maass vd., 2008).

Gerçek dünyaya ilişkin sayısal mekansal model (SMM) ve sayısal kartografik model (SKM) olmak üzere iki tür modelden söz edilebilir. Sayısal mekansal model geometrik ve semantik mekansal modeli, sayısal kartografik model ise grafik mekansal modeli temsil etmektedir ve ikisi de sırasıyla coğrafi (mekansal) ve kartografik veri tabanını oluştururlar. Coğrafi veri tabanı ile ilgili başlıca konular obje sınıflandırması, ayrıntı düzeyi, geometrik ve semantik ilişkilerdir. Kartografik veri tabanı ise gerçekliğin soyutlanmış (genelleştirilmiş), işaretleştirilmiş modelidir (Başaraner, 2009).

### 3.3B MODELLEMEDE AYRINTI DÜZEYİ KAVRAMI

Büyük bölgeler için 3B kent modellerinin oluşturulması ve gösterimi zordur. Verilerin artması, veriler üzerinde düzenleme yapmayı ve gösteriminin hızlı olmasını engellemektedir. Günümüzde bu sorun, modellemenin amaca yönelik olarak farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD: Level of Detail) yapılması ile giderilmektedir. 3B kent modelleri için oldukça önemli bir kavram olan ayrıntı düzeyi ; gerçek dünyadaki objelerin özetlenme derecesi veya optimum detay düzeyinde öncelikli gösterimi olarak tanımlanabilir (Biljecki, 2013).

Ayrıntı düzeyleri, veri azaltımı (reduction) ve acil bilginin desteklenmesine (support of immediate cognition) göre görselleştirilir ve tanımlanabilir. Ayrıntı düzeyleri ile karmaşık yapılı ve büyük kapasiteli olan 3B kent modelleri arasında iletişim, paylaşım ve gösterim daha hızlı yapılabilir. 3B binalar için ölçek kavramı, ayrıntı düzeyleriyle (LoD) ifade edilmektedir ve her bir ayrıntı düzeyi belirli bir genelleştirme düzeyini gösterir (Sester, 2007; Yücel, 2009). Ayrıntı düzeyi 3B görselleştirmenin performansını ve kalitesini arttırmak için kullanılır, temel olarak 3B görüntü işlendiğinde optik olarak yeterli ve sayısal olarak etkili küçük, uzak ya da görüntüde gerekli olmayan parçalar için daha az detay görselleştirmek anlayışı ile çalışır (Luebke ve d., 2003).

3B kent modellerinde, modelin oluşturulması ve sürdürülmesi, birbirinden bağımsız veri kaynaklarından elde edilen verilerle yapılabilmektedir. Bu da veritabanları arasındaki güçlü bağlantılar ile sağlanabilmektedir ve bu sebeple verilerin sistematik ve doğru olarak birleştirilmesi önemlidir. Ayrıntı düzeyleri, bağımsız toplanan farklı verilerin aynı ortamda depolanması için tasarlanmıştır. Aynı zamanda veri analizi ve görselleştirilmesi işlemlerinin kolay ve etkin olmasını da sağlamaktadır.

Bir kent modelinde temsil edilecek objelerin (bina, köprü, tünel, yeşil alan, yol vb.) ne kadar detaylı gösterileceği modelinin kullanım amacına bağlıdır. Ayrıntı düzeyi için farklı sınıflandırmalar mevcuttur ve bu ayrıntı düzeyleri genellikle veri, semantik bilgi ve uygulamalara bağlı olarak belirlenmiştir, aşağıda önerilen LoD düzeyleri özetlenmiştir:

Gröger vd. (2004) sayısal arazi modellerini de içeren 5 LoD önermiştir:

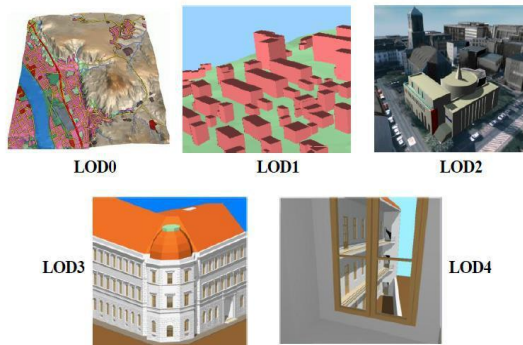
LoD0 = Uydu görüntüsü, ortofoto vb. görüntülerin sayısal yükseklik modeli yüzeyine giydirilmesi,

LoD1 = Binayı haritalardaki sınırlarından mevcut yüksekliği kadar yükseltme,

LoD2 = Çatı türleri, çatı elemanları ve önemli ağaçlar ile zenginleştirilmiş LoD1,

LoD3 = Bitki örtüsü, sokak objeleri (sokak lambaları, elektrik direkleri vb.) ve mimari özellikleri ile modellenmiş binalar,

LoD4 = LoD3'e ek olarak bina içi ayrıntıların da modele eklenmesi.



Şekil 6. Gröger vd. (2004) ayrıntı düzeyleri

Kolbe (2004), yerleşim yerleri ve binalar için üç ayrıntı düzeyi önermiştir:

LoD1 = Binayı haritalardaki sınırlarından mevcut yüksekliği kadar yükseltme,

LoD2 = Düz çatılı ve duvar dokusu ile zenginleştirilmiş LoD1,

LoD3 = Ayrıntılı çatılar, bina yüzeyindeki çıkıntılarını gösterildiği ve fotoğraflarla zenginleştirilmiş LoD2.

Schilcher vd. (1998)'de binalar için 3 LoD önermiştir:

LoD1 = Binayı haritalardaki sınırlarından mevcut yüksekliği kadar yükseltme,

LoD2 = LoD1'e ek olarak düz çatılı binalar,

LoD3 = LoD2'ye ek olarak cephe fotoğraflarının bina cephelerine yerleştirilmesi.

Thieman (2004) yerleşim yerleri ve binalar için üç LOD önermiştir:

LoD1 = Aynı yükseklikteki binaları belirli ölçütlere göre birleştirme,

LoD2 = Çatı tiplerini içermeyen tek binalar,

LoD3 = Basitleştirilmiş çatılı binalar.

3B modelleme konusunda standartlarıyla öne çıkan CityGML göre LOD kavramı dörde

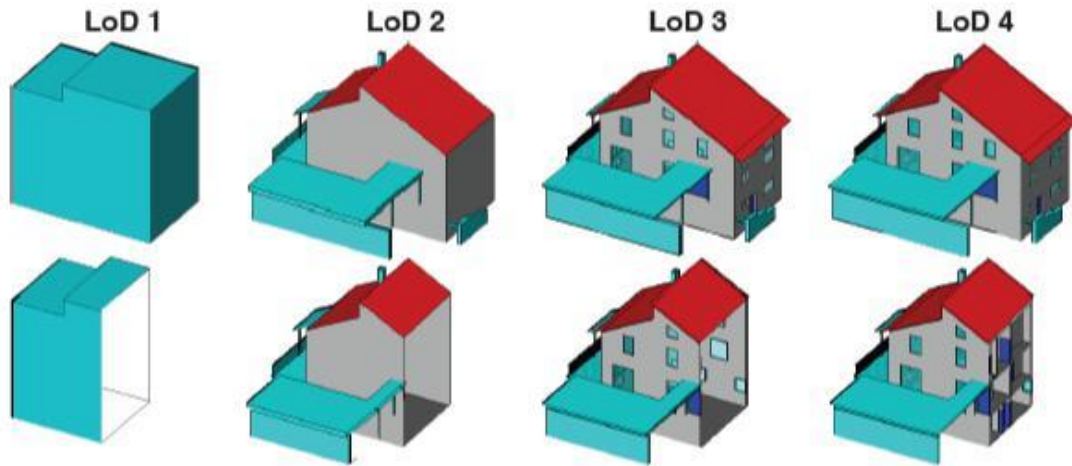
ayrılır; LOD0 = 2.5 boyutlu sayısal arazi modelidir, bölgesel ve düzlem haritalarında

kullanılır. LOD1 = Düz çatı yapılı, prizmatik binaları kapsayan blok modeldir.

LOD2 = Binaların çatı yapısı ayırt edilir ve tematik olarak binaların sınır yüzeyleri ayırt edilebilir.

LOD3 = Mimari modelleri detaylı duvarlar, çatı yapısı, kapı ve pencerelerin dahil olmasıdır.

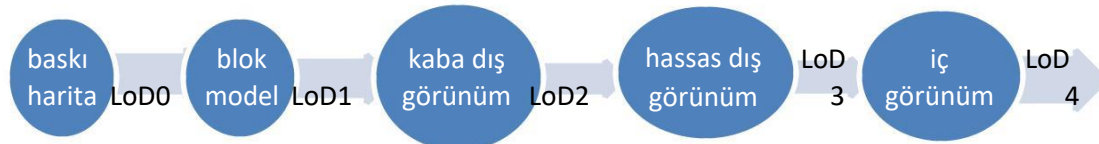
LOD4 = LOD3 iç yapıların eklenmesiyle tamamlanır.



Şekil 7. CityGML'e göre LOD kavramı (Biljeck, 2013)

Bu tanımlamalar karşılaştırıldığında, aralarındaki bazı farklılıklara karşın hepsinin düşük çözünürlüklü alt düzey ayrıntı düzeylerinden (LoD), daha yüksek çözünürlüklü daha üst düzey LoD'lere doğru bir geçiş içermektedir.

Tüm bu yaklaşımlar LoD kavramında genel olarak aşağıdaki şemayı temel almaktadır



Şekil 8. LoD kavram şeması (Biljeck, 2013)

Ayrıntı düzeyleri, farklı kaynaklardan toplanan farklı verilerin aynı ortamda depolanması için tasarlanmıştır. Aynı zamanda veri analizi ve görselleştirilmesi işlemlerinin kolay ve etkin olmasını da sağlamaktadır. Farklı ayrıntı düzeylerinde modelleme ile karmaşık yapılı ve büyük kapasiteli olan 3B kent modellerin bilgi iletişimi, paylaşımı, sunumu ve kullanımı daha verimli bir biçimde sağlanabilmektedir.

### 4.3B MODELLEME STANDARDI CityGML

Şehir Coğrafyası Biçimleme Dili (CityGML) Açık Kodlu Coğrafi Birliği'nin (OGC) standartlarına göre farklı ayrıntı düzeyinde binanın dış yüzeyleri, açıklıkları (pencere, kapı) iç mekan eşyaları (masa, sandalye vb) gibi bina birleşenlerini modelleme ve göstermek için kullanılan modelleme aracıdır (Baig ve Rahman, 2013).

3B kent modelleri için CityGML ile aşağıda belirtilen veri standartları getirilmiştir:

Ayrıntı düzeyleri ile oluşturulacak 3B bina modelleri için CityGML dilinin kullanılması, 3B mimari

bina modelleri için 3D-Studio MAX ve VRML dosya biçiminin kullanılması,

2B CBS verileri (2B parsel ve 2B bina sınırlarını ve binaların yükseklik bilgilerini içeren) için ESRI Shape dosya biçiminin kullanılması,

Bina sınırları arasındaki geometrik ilişkileri (topoloji) içeren veriler için ESRI shape dosya biçimini kullanılması.

Semantik, coğrafi referanslama ve web kullanımı desteği nedeniyle CityGML 3B mekansal veri altyapısı çalışmalarında genel bir standart olarak tercih edilmektedir. CityGML formatı şehirlerdeki tüm topografik nesnelere için nesne sınıfları ve ilişkileri pek çok benzer formatta olduğu gibi yalnız geometrik açıdan değil, aynı zamanda semantik, topolojik ve görünüm kapsamında da ele almaktadır (Van Den Brink ve diğerleri, 2013; Yılmaz ve Çakır, 2015).

Farklı kullanıcı ve uygulamalara yönelik ortak bir bilgi modeli oluşturulması gereklidir. Bu bağlamda geliştirilen CityGML ile 3B kent modeli içindeki temel varlıklar, öznitelikler ve ilişkilere yönelik ortak tanımlama ve anlayışa ulaşılması amaçlanmaktadır (Kolbe, 2009). CityGML standardı ile farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmiş 3B kent modellerinde, farklı LoD'lerdeki sayısal arazi modelleri (SAM) ve 3B bina modelleri eş zamanlı olarak aynı model üzerinde birleştirilebilmektedir. Tablo 1'de CityGML'in standart olarak kabul ettiği ayrıntı düzeylerinde kullanılan veri çözünürlükleri özetlenmiştir.

	LoD0	LoD1	LoD2	LoD3	LoD4
Modelin kullandığı alan	Bölge, İl	Kent, Şehir	İlçe, Mahalle	Mimari modeller (bina dışı)	Mimari modeller (bina içi)
Model çözünürlük düzeyi	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Mutlak 3B nokta doğruluğu (konum / yükseklik)	LoD1'den daha düşük	5m / 5m	2m / 2m	0.5m / 0.5m	0.2m / 0.2m
Genelleştirme (konum / yükseklik)	Yoğun genelleştirme	Genelleştirilmiş nesne blokları; > 6m x 6m / 3m	Genelleştirilmiş nesnelere; > 4m x 4m / 2m	Gerçek boyutlu nesnelere; > 2m x 2m / 1m	Yapı elemanları
Yapı donatıları	-	-	-	Değ. elemanların gösterimi	İç elemanların gösterimi
Çatı şekilleri	-	Düz	Basit yapıda	Basit yapıda	Gerçek görünümde
Çatı çıkıntıları (Saçaklar)	-	-	Henüz yok	Henüz yok	Var
Değ. mekan nesnelere	-	Önemli nesnelere	Prototipler	Prototipler	Gerçek görünümde
Ağaçlar, büyük bitkiler	-	Önemli nesnelere	Prototip (6m den yüksek)	Prototip (2m den yüksek)	Prototip, gerçek görünüm
Bitki örtüsü	-	> 50m x 50m	> 5m x 5m	< LoD2	< LoD2

**Tablo 1.** CityGML'in ayrıntı düzeylerinde kullanılan veri çözünürlükleri için getirdiği standartlar (Gröger vd. 2006; Yücel ve Selçuk, 2009).

### 5. GENELLEŞTİRME VE 3B GENELLEŞTİRME

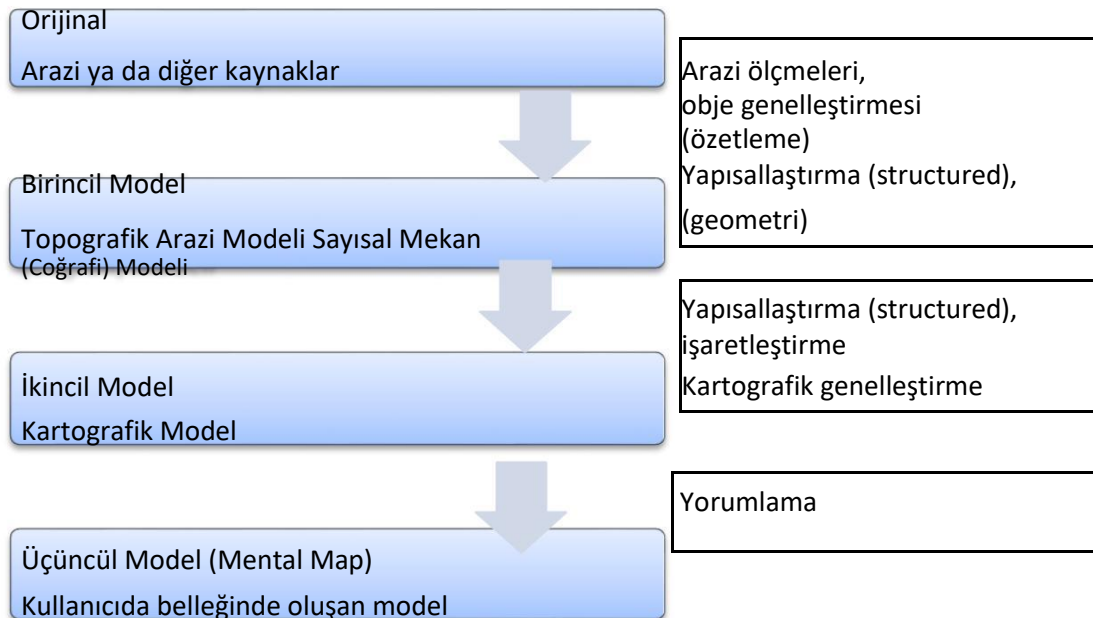
Görselleştirmede mekansal veri tabanının içeriğine bağlı olarak büyük veya küçük ölçekli veri ile çalışılması genelleştirme problemini ortaya çıkarmaktadır. Haritası yapılacak bölgeyi, kullanma amacı, konu ve ölçeğine bağlı olarak en önemli ve en tipik yanları ile yansıtılabilmek için önemli olmayan bilgilerin gösteriminin göz ardı edilirken bazı bilgilerin vurgulanarak gösterilmesine genelleştirme denilmektedir. Genelleştirme, harita üretim sürecinin tüm aşamalarında (mekansal bilginin toplanması, modellenmesi, sunumu ve kullanımı) etkin olarak kullanılan bir yöntemdir. Genelleştirmenin temel amacı, var olan veriden farklı ölçek serilerindeki haritaların üretilmesidir. Genelleştirme, harita objelerinin okunaklılığıyla birlikte bağlamsal karakterini koruyabilmek için kalite kontrolden geçmiş sayısal veri ile beraber yetenekli kartograflar ve akıllı algoritmalarla oluşan otomasyon sürecini gerektirmektedir (Bildirici, 2000; Doğru ve Uluğtekin, 2009; Simav vd., 2010; Uluğtekin ve Doğru, 2013).

Veri toplama aşamasındaki genelleştirme “obje genelleştirme” adını almaktadır. Verinin modellenmesi aşamasında yapılan genelleştirme işlemine “model genelleştirme”, modellenen verinin kullanılarak görselleştirilmesi sürecinde yapılan genelleştirmeye ise “kartografik genelleştirme” denir (Kilpelainen, 1997; Uçar vd., 2003; Doğru, 2004).

Kartografik genelleştirme, harita okunaklılığını sağlamak için kartografik tasarım ilkelerini ve harita amacını dikkate alarak haritadaki objelerin sadeleştirilme ve öne çıkarılması gibi adımları kapsamaktadır. Kartograflar görselleştirme için fonksiyonlar, kurallar ve alışkanlıklar gibi çeşitli araçları kullanırlar. Fonksiyonlara örnek olarak kıyı çizgilerinin genelleştirilmesinde kullanılan basitleştirme algoritmaları verilebilir. Kurallara örnek olarak, oransal işaretlerin nicelikleri göstermek üzere kullanılmaları ya da yüksekliklerin gösteriminde kullanılan gölgeleme yöntemi için sanal ışığın kuzeybatı yönünden gelmesi verilebilir. Denizlerin mavi, yüksekliği az olan alanların yeşil, dağların kahverengi gösterilmesi ise alışkanlıklara örnek olarak verilebilir (Uluğtekin ve Doğru,2004).

Genelleştirme araçları temel olarak basitleştirme, abartma, öteleme, geometrik birleştirme, eleme ve kavramsal birleştirme gibi işlemler kullanılır. Genelleştirme sürecini tanımlamak için sorulan “neden, nasıl ve ne zaman” sorularının cevabı ise 12 genelleştirme işlemi ile açıklanmıştır. Bu işlemlerden mekansal değişiklik yapan 10 tanesi geometrik, kavramsal değişiklik yapan iki tanesi ise kavramsal veri dönüşümünü içermektedir. Söz konusu 10 geometrik dönüşüm işlemi; basitleştirme (simplification), arıtma ya da seçme (refinement), yumuşatma (smoothing), öteleme (displacement), alan, nokta ve çizgi birleştirme (sırasıyla amalgamation, aggregation ve merging), abartma (exaggeration), iyileştirme (enhancement) ve geometri dönüşümüdür (collapse). Diğer iki kavramsal veri dönüşümü işlemi ise sınıflandırma (classification) ve işaretleştirme (symbolization) (Shea ve McMaster, 1989; Bildirici, 2010).

Model teorisi kartografyada yeryüzünün görselleştirilme süreci için tanımlanmıştır (Şekil 9). Gerçek dünyanın bire bir modellenmesi mümkün olmadığından ilk olarak mekansal verilerin yapılandırılması ve genelleştirilmesi birincil model olarak nitelendirilebilecek Sayısal Mekan Modeli (SMM) veya Topolojik Arazi Modeli olarak adlandırılan modelleri üretmektedir. SMM’lerinin işaretleştirme, kartografik genelleştirme işlemleri ile ikincil model olan Sayısal Kartografik Model (SKM) elde edilmektedir. Şekil 9’ de şema halinde görselleştirildiği gibi kartografik model teorisinde topografik arazi modeli birincil model, kartografik model ise ikincil model olarak adlandırılır. Kartografik modelin yorumlanması sonucu kullanıcı belleğinde gerçek dünya hakkında oluşan model ise üçüncül model olarak adlandırılır (Uluğtekin ve Bildirici, 1997; Bildirici, 2000; Uçar vd., 2003).



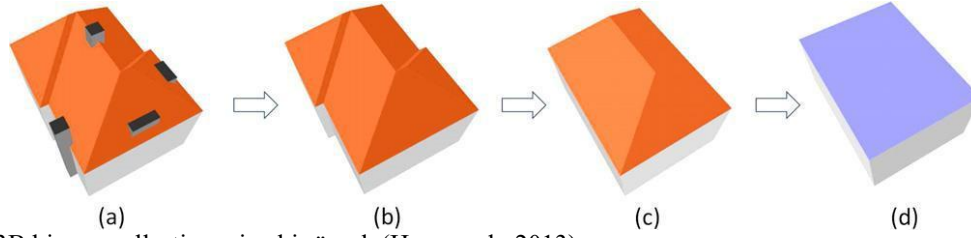
Şekil 9. Kartografik Model Teorisi (Uluğtekin ve Bildirici, 1997)

Bir SAM’ın metrik çok ölçekli gösterimi ile büyük ölçekli SAM verilerinden daha küçük ölçekte SAM’lar oluşturulmaktadır. Bu işlem genelleştirme işlemleri ile gerçekleştirilebilir. Günümüzde üç türlü genelleştirmeden bahsedilmektedir. Coğrafi verinin toplandığı aşamada yapılan genelleştirmeye obje



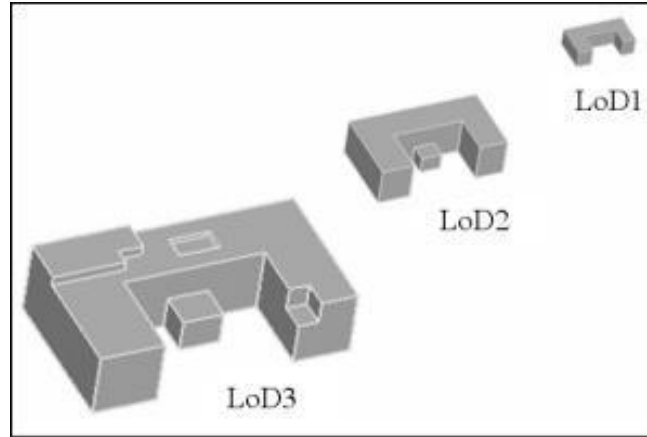
genelleştirilmesi, yüksek çözünürlüklü SMM (Sayısal Mekansal Model)'den daha az çözünürlüklü SMM türetilirken yapılan genelleştirmeye model veya veritabanı genelleştirilmesi, SMM' den SKM (Sayısal Kartografik Model) veya büyük ölçekli SKM'den daha küçük ölçekli SKM elde edilirken yapılan genelleştirmeye de kartografik genelleştirme denilmektedir (Uçar vd, 2003; Aslan, 2011; Şengün vd., 2013).

Üçüncü boyutun eklenmesi ile bina modellerinin hem geometrik hem de semantik bağlamda karmaşıklığı artmıştır. 3B bina genelleştirme ve farklı ayrıntı düzeylerinde modelleme çalışmaları birbirine bağlantılı olarak gelişmektedir. 3B bina genelleştirme işlemi, binaların geometrik alt birimlerine ayrıştırılması, bina tanıma, tanımlanmış binaların daha düşük ayrıntı seviyesine indirgenmesi (model genelleştirme) ve farklı ayrıntı düzeyindeki 3B bina modellerinin grafik olarak iyileştirilmesi ve gösterimi (grafik (kartografik) genelleştirme) gibi konularda yoğunlaşmıştır (Yücel, 2009). Örneğin şekil 10'da 3 boyutlu bir binanın otomatik olarak genelleştirme aşamaları gösterilmektedir şekilde d ile gösterilen model LoD1 modelini temsil etmektedir. (Huang vd., 2013).



Şekil 10. 3B bina genelleştirmesine bir örnek (Huang vd., 2013)

3B model genelleştirilmesi yüksek çözünürlüklü üst düzey LoD'lerden, daha düşük çözünürlüklü alt düzey LoD'lere doğru bir geçiş içermektedir. Şekil 11'de bu geçişi görselleştiren 3 farklı ayrıntı düzeyinde bir binanın gösterimi bulunmaktadır (Yücel ve Selçuk, 2009).



Şekil 11. Bir binanın farklı ayrıntı düzeylerinde gösterimi (Yücel ve Selçuk, 2009)

## 6.SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu alandaki son çalışmalar, tek binaların gruplanarak blok halde gösterilmesi için bina geometrilerinin basitleştirilip birleştirilmesi ile blok binaların oluşturulması, tek binaların veya bina bloklarının 3B geometrik alt birimlerine ayrıştırılması ve çatı tiplerinin modellenmesi konularına odaklanmıştır. 3B bina bloklarının oluşturulması, düşük/kaba ayrıntı düzeylerinde gösterilmesi, önemli olmayan ayrıntılardan kurtulmak ve binaların olabildiğince az yüzeyle modellenmesini sağlamaktır. Ayrıca çatı detayları için çatı tiplerinin modellenmesi ise 3B çatı şablonlarının oluşturulması ve bu şablonların değişik yapıdaki binalara yerleştirilebilmesi işlemleri gerçekleştirilir (Yücel 2009).

3B model oluşturma ve kullanım sürekliliğini sağlamada karşılaşılan problemlerin başında veri büyüklüğü gelmektedir. Farklı yöntemlerle elde edilen verilerin bütünlüğünün sağlanması gerekmektedir. CityGML standartları, uygulamanın amacına göre genelleştirme kuralları kullanılarak bu problem giderilmeye çalışılır (Sester,2007).

## KAYNAKLAR

Alizadehashrafi B, Coors, V., Abdul R., A., Texturing of building facades by dynamic pulse function. In: 8th

International Symposium and Exhibition on Geoinformation 2009 (ISG 2009), 2009, Hotel Mutiara Crowne Plaza, K. Lumpur.

Başaraner M., Çok Çözünürlüklü Mekansal Veri Tabanları Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 11-13 Şubat 2009 Harran Üniversitesi, Şanlıurfa

Baig S. U., Rahman A. A., 2013 A three-step strategy for generalization of 3D building models based on CityGML specifications, GeoJournal 2013 sayı 78 sayfa 1013-1020, online paylaşım tarihi 23 mart 2013

Bildirici, İ.Ö., Uçar, D.(2000) Sayısal Kartografyada Genelleştirme Yaklaşımları , YTÜ Dergisi, 2000, sayı 3, sayfa 69-89

Biljecki, 2013 The concept of level of detail in 3D city models, Delft Univesity of Technology, February 2013, GISr Report No. 62, ISSN: 1569-0245

Buchholz, H., and Döllner, J., (2005), "Visual Data Mining in Large-Scale 3D City Models", 2th International Conference and Exhibition on Geographic Information, Estoril Congress Center, May 30 - June 2, Estoril, Portugal

Buttenfield, B.P., Mark, D.M. 1990. "Expert Systems in Cartographic Design", Geographic Information Systems-The Microcomputer and Modern Cartography, (Ed. D.R.F. Taylor), Sayfa 129-151, Pergamon Press.

Doğru A. Ö. ve Şeker Coğrafi Bilgi Sistemlerinde 3B kent Modelleme Olanaklarının İrdelenmesi TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 02-06 Kasım 2009, İzmir.

Döllner J., Baumann K. ve Buchholz H., "Virtual 3D City Models as Foundation of Complex Urban Information Spaces", CORP 2006 & Geomultimedia06, Eylül 2006, Viyana

Götzelmann, T., Guerke, R., Brenner, C., Sester, M., 2009. Terrain-Dependent Aggregation of 3D City Models. In: ISPRS-Workshop on quality, scale and analysis aspects of city models, Lund, Sweden, December 3-4, 2009. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-2/W11

Gröger G., Kolbe T. H. and Czerwinski A. Candidate OpenGIS CityGML Implementation Specification (City Geography Markup Language), Open Geospatial Consortium, Inc., OGC 06-057r1, 2006

Huang H., Brenner C., Sester M., A Generative Statistical Approach to Automatic 3D Building Roof Reconstruction from .Laser Scanning Data ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 79 syf 29-43, 2013

Jobst, M., Kyprianidis, J.E., and Döllner, J., (2008), "Mechanisms on Graphical Core Variables in the Design of Cartographic 3D City Presentations", Geospatial Vision-New Dimensions in Cartography, Lecture Notes on Geoinformation and Cartography, New Zealand, syf. 45-59

Kahraman İ., Kardeş İ. R., Abdul-Rahman A., Alizadehashrafi B, "Mekansal Yapıların Fotorealistik Modellenmesi ve Google Earth", 1st International Symposium on Innovative Technologies for Engineering and Science (ISITES 2013), 7 - 9 June, Sakarya, Turkey, 2013a

Kahraman İ., Kardeş İ. R., Abdul-Rahman A., Alizadehashrafi B, "Kent Bilgi Sistemleri Çerçevesinde Binaların Fotorealistik Modellenmesi ve GoogleEarth ile Bütünleştirilmesi", Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi (APJES), 1(2), Sayfa: 28-33, 2013b.

Kolbe, T. H., Gröger, G., Plümer, L. (2005): City GML – Interoperable Access to 3D City Models. In: van Oosterom, Zlatanova, Fendel (eds.) Geo -Information for Disaster Management Delft, Netherlands, March 21-

23, Springer.

Kolbe T. H., Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. J. Lee, Zlatanova, S. (ed.) 3D Geo-Information Sciences, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin: Springer, 15-32.

Luebke, D., Reddy, M., Cohen, J. D., Varshney, A., Watson, B., & Huebner, R. (2003). Level of detail for 3D graphics. Morgan Kaufmann Pub, morgan kaufmann publishers ed. ISBN: 978-1-55860-838-2

Sester M., 3D Visulation and Generalization Photogrammetric Week '07 Wichmann Verlag, Heidelberg, sayfa 285-295.

Uluğtekin N., Doğru A.Ö., "Coğrafi Bilgi Sistemi ve Harita: Kartografya", 2005, s. 209-215, Ege Üniversitesi CBS Sempozyumu, İzmir

Uluğtekin N., Doğru A. Ö. ve Bildirici İ. Ö., CBS'de Görselleştirme, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 11-13 Kasım 2013 Ankara

Van Den Brink L., Stoter J. E., Zlatanova S., 2013, Establishing a National Standard for 3D Topographic Data Compliant to CityGML, International Journal of Geographical Information Science, Sayı: 27-1, sayfa 92-113

Uluğtekin, N., İpbüker, C. (1996) "Coğrafi Bilgi Sistemi ve Kartografya", CBS'96 Sempozyumu, YTÜ, İstanbul

Yılankıran F. Ç., 2012 Mekansal Bilgi ve Güncel Bilişim Akımları, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2012

Yücel M. A., Selçuk M., 2009, Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi (LOD) Kavramı, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2009/2 Sayı 101

Yücel M. A., 2009 Farklı Ayrıntı Düzeylerinde Üç Boyutlu Kent Modelleme ve Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Doktora Tezi

Yılmaz E., Çakır F. Ö., Üç Boyutlu Topoğrafya ve Kent Veri Modelinin Araştırılması ve Geliştirilmesi Projesi Durum Analizi Dökümanı, 2015.