

Yapı Bilgi Modellerinde Mekansal Verilerin Rolü

Ömer AKIN¹, Burak MERT¹, Onur EROĞLU¹, Murat ARSLAN¹, Dursun Zafer ŞEKER¹, Hande DEMİREL¹

ÖZET: Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler inşaat sektörünü hızlı şekilde değiştirmekte, ulaşırma altyapılarının, binaların planlama, tasarım, inşa ve yönetimini, kısaca yaşam döngüsünü farklılaştırmaktadır. Bu yeni yaklaşım, inşaat projesi yaşam döngüsü boyunca karar almaya destek olmakta ve performansın önemli ölçüde artırılmasını sağlamaktadır. Çok disiplinli olarak gerçekleştirilen inşaat projesi yaşam döngüsünün gereği farklı kaynaklardan gelen veri, yöntem ve iş modellerinin bütünleştirilmesi gerekmektedir. Planlama aşamasında hazırlanan çizimlerin iki boyutlu olması, yapının son halini gösteren üç boyutlu çizimlerin bulunmaması, yapılarda zaman içerisinde yaşanan değişimlerin tespit edilememesi, yapı elemanlarına ait özniteliklerin dijital ortamda tutulmaması gibi sorunlar maliyetleri arttırmaktadır. Bu kapsamda yaklaşık 25 yıllık bir tarihi bulunan ve Yapı Bilgi Modelleme (YBM) olarak adlandırılan teknoloji, günümüzde oldukça etkin olarak kullanılmakta olup pek çok ülkede kanun ve yönetmeliklerle belirlenerek zorunlu olarak uygulanması gereken standart haline dönüşmüştür. Ülkemizde henüz kullanılmaya başlanan YBM modellerinin temeli üç boyutlu mekansal veri modelleridir. Bu çalışma kapsamında mekansal verilerin YBM'deki rolünü değerlendirmek üzere seçilen örnek yapı için bir YBM modeli oluşturulmuştur. Seçilen yapının güncel üç boyutlu bina modelinin üretilmesi için yersel tarayıcılar kullanılarak üç boyutlu nokta verileri elde edilmiş, yapı modellenmiş ve daha önce 2006 yılında ölçme yöntemleri ile elde edilen iki boyutlu modeller yine YBM ile modellenerek karşılaştırılmıştır. Geliştirilen yazılım ile yıllar içinde yapıda oluşan farklar otomatik olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bilgi, mekansal, modelleme, veri, yapı.

The Role of Spatial Data in Building Information Modelling

ABSTRACT: Rapid developments in Information Technologies (IT) changes and challenges the construction sector, where each stage of the life-cycle namely planning, design, construction, operation and management is transformed. This new era, Building Information Modeling (BIM), integrates data, business functions and supports the decision making process through the whole life-cycle that in return increases the performance very significantly. This was hardly achieved previously. In general, the availability of only the two dimensional drawings of various sections of the construction model, the lack of three dimensional final form, the inability to detect the changes that might have occurred over time, and not keeping the attributes belonging to building elements in digital environment causes devastating performance loss. BIM has proven to be incredibly effective to overcome such challenges and now a mandatory standard for many countries. There are recent BIM examples in Turkey as well. The approach and core model of BIM is spatial, hence data acquisition, modelling, analyzing techniques of Spatial Information Science are vastly used. Hence, in order to highlight the role of spatial information science in BIM, all phases including data acquisition, modelling, analyses and visualization is performed for some elements of a Faculty and results are discussed within this study. In order to model the current status of the construction element, laser scanning technologies are used, where three dimensional point clouds are achieved. The same object was measured in 2006 via geodetic techniques that enables to compare changes due to time. Hence, generated BIM models are compared in order to detect the revision of the construction element. In order to automatize the revision process, a spatial algorithm is designed and coded. Major findings, encountered problems and possible solutions are discussed.

Keywords: Building, data, information, modelling, spatial.

¹ Ömer AKIN (0000-0002-8109-0313), Burak MERT (0000-0001-8386-7280), Onur EROĞLU (0000-0003-2561-0625), Murat ARSLAN (0000-0003-4991-281), Dursun Zafer ŞEKER (0000-0001-7498-1540), Hande DEMİREL (0000-0003-0338-791X), İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, İstanbul, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hande DEMİREL, hande.demirel@itu.edu.tr

GİRİŞ

Toplumların barınma ihtiyaçları, sosyal aktiviteler ve sağlık ihtiyaçlarının tümünün altyapısını oluşturan ve şehirlerin gelişimine öncülük eden inşaat sektörü; ülkelerin ekonomik ve sosyal açıdan “lokomotif gücü” olarak adlandırılabilir. İnşaat sektöründe, sistem yaklaşımı ve planlama faklı iş akışlarını ve disiplinleri bir araya getirdiğinden büyük önem arz etmektedir. Özellikle başlangıç aşamasındaki eksik planlama sonucu ekonomik zararlar ve zamansal sarkmalar kaçınılmaz hale gelmektedir. İnşaat projeleri kapsamında hazırlanan çizimlerin iki boyutlu olması nedeniyle, imalat sonrası yapılabilecek çalışmalar oldukça kısıtlanmaktadır. Yapının güncel halini gösteren üç boyutlu çizimlerin bulunmayışı yapı sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemekte, yapılarda zaman içerisinde yaşanan değişimler tespit edilememektedir. Tüm bu sorunlara ek olarak, yapı elemanlarına ait öznelilikler bir model içerisinde toplanamamakta ve kayıtları dijital ortamda tutulmamaktadır. Dolayısıyla yapı içerisindeki elemanların adetleri ve cinsleri dahi bilinmemektedir. Bu sorun, yapıların işletilmesi sırasında karşılaşılabilecek arızalarda veya değişim gerektiren durumlarda veri eksikliği yaşanmasına yol açmaktadır. Birçok disiplinin bir arada çalıştığı inşaat sektöründe yaşanan bu aksaklıklar, sadece belirli disiplinleri değil proje ile alakalı tüm meslek gruplarını olumsuz etkilemekte ve geniş perspektifte ülke ekonomisini zarara uğratmaktadır. Bu ve benzer problemlerin çözümünde teknolojik gelişmeler, özellikle bilgi teknolojilerindeki gelişmeler büyük rol oynamaktadır. Bu problemleri çözmek için geliştirilen ve yaklaşık 25 yıllık bir tarihi bulunan Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) yaklaşımı, günümüzde oldukça etkin boyutlara ulaşmış ve inşaat sektörünü yönlendirmeye başlamıştır. Bu yaklaşım, sistem kontrolüne olanak sağlamakta, proje planlamasını çok daha efektif bir boyuta taşımakta ve disiplinler arası etkin çalışmayı desteklemektedir. Bu durum projelerin geleceğinin çok daha iyi analiz edilebilmesini sağlamakta ve oluşabilecek sorunların önceden fark edilebilmesine olanak tanımaktadır. YBM teknolojisi, yalnızca inşa aşamasında değil, inşa sonrasında tesis yönetimi konusundaki yetersizliklerin karşılanmasına da olanak tanımaktadır. Kapı, pencere, asansör, klima vb. birçok parçanın; malzeme bilgileri, üretici firmalarının adres ve telefon bilgileri, metrik detaylar gibi öznelilikleri bu modellere eklenebilmektedir. Bu sayede yapı bilgi modellemesinde bulunan, yapının

her bir elemanı ayrı ayrı değerlendirilebilmekte ve bu elemanların barındırdığı öznelilik bilgileriyle binanın sürdürülebilirliği desteklenebilmektedir. Aynı zamanda modelin parametrik yapısı sayesinde elemanların birbirleriyle olan ilişkileri de kontrol altına alınabilmektedir. Dünya'nın büyük ekonomileri tarafından benimsenen bu teknoloji, İngiltere örneğinde devlet tarafından kamu ihalelerinde standart haline getirilmiştir (Green, 2016). Proje aşamalarının YBM standartlarına uygun gerçekleştirilmesini zorunlu kılan diğer ülkeler Norveç, Finlandiya, Singapur ve Güney Kore'dir. Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Çin gibi ülkeler ise bu konuda yoğun olarak çalışmakta ve politikalar geliştirmektedir (Merschbrock and Munkvold, 2012; Edirisinghe and London, 2015; İlter and Ergen, 2015; Cheng and Lu, 2015).

YBM, üç boyutlu modellemenin yanı sıra; dördüncü boyut-zaman, beşinci boyut-maliyet, altıncı boyut-sürdürülebilirlik ve performans ve yedinci boyut-yapı işletmesini dikkate alarak modelleme yapabilmektedir. Yapının/tesisnin sanal ortamda tüm boyutları ile modellenmesi, imalat esnasında yaşanabilecek disiplinler arası problemleri engellemektedir. Ayrıca oluşturulan sanal model, yapının paydaşlarının ürün konusundaki anlaşmazlıklarının önüne geçmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Stanford Üniversitesi tarafından 32 adet büyük çaplı proje incelenerek (Glick and Guggemos, 2009) YBM'nin maliyet tahmin süresini %80, bütçe dışı harcamaları %40 ve proje zamanını %7 oranında azalttığı saptanmıştır.

Mekansal bilgi bilimi YBM alanında, farklı amaçlara yönelik çözümler sunabilmektedir. Öncelikle YBM için gerekli tüm veriler konuma bağlıdır. Elde edilen veriler, mekansal matematik kavramlar kullanılarak modellenmekte, mekansal olarak analiz edilmekte ve görselleştirilmektedir. Örneğin, YBM uyumlu projelerde, projenin avan-proje aşamasında lazer tarayıcılardan yararlanılarak nokta bulutu verisi elde edilmekte ve bu nokta bulutu verilerinden yüksek doğrulukta 3B modeller üretilebilmektedir. Bunun yanı sıra hazırlanan model üzerinden yapılan imalatlarda, YBM yazılımları ile uyumlu robotik ölçme aletleri kullanılarak, imalatın doğruluğu eşzamanlı olarak kontrol edilebilir. Örneğin, İstanbul 3. Havalimanı BIM direktörlüğünde, imalatın modele uygunluğu robotik ölçme aletleri kullanılarak kontrol edilmektedir (Akin ve ark., 2017). Üretilen bu modeller de, YBM'nin sürdürülebilir olma özelliği gereği, yapı işletmesinde

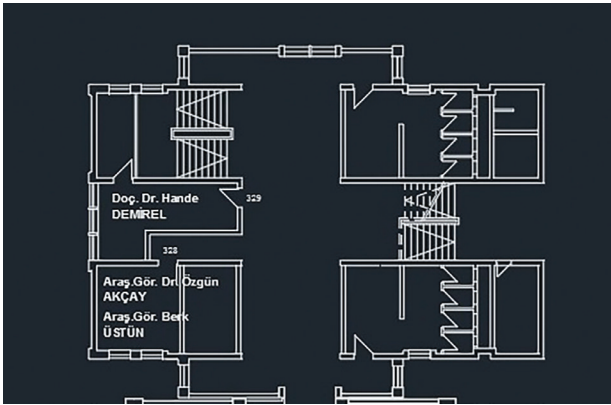
ve revizyon kontrolünde kullanılmaktadır. YBM ile oluşturulan modeller kullanarak mekan-içi navigasyon sağlanabilir ve bu navigasyon bilgisi kullanılarak model üzerinde bulunan herhangi bir konumdan istenilen konuma giden en kısa mesafe bağlantısı kurulabilir (Işıkdağ et al., 2013; Xu, 2015; Zlatanova and Işıkdağ, 2017). YBM ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) bütünleşik olarak kullanılması, son yıllarda sıklıkla araştırılan bir konudur. Bu iki sistemin entegre edilmesi afet yönetimi, konum bazlı uygunluk analizleri gibi konularda bina modelleri özelinde henüz çözilemeyen bazı problemlerin çözümüne katkıda bulunmaktadır (Göçer et al., 2016; Ma and Ren, 2017). Tüm bu çalışmalarda, mekansal bilgi bilimi ve uygulayıcıları-geomatik mühendisleri- görev almaktadır.

YBM'nin mekansal verilerin rolü, veri elde etme, modellemede karşılaşılabilecek problemlerin tespiti ve mekansal analiz uygulama olanaklarının belirlenebilmesi için, İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsü sınırları içinde bulunan İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği öğretim üyelerine ayrılmış olan kat ile yine aynı bölgede bulunan bir ofis, YBM yaklaşımıyla modellenmiştir. Çalışmanın amacı: a)YBM yaklaşımını benimseyen bir iş akışı modelinin oluşturulması, b)çalışma alanının üç boyutlu modellerinin üretilmesi, c)çalışma bölgesindeki yapı

elemanlarına ait öznetelik bilgilerinin oluşturulan modele işlenmesi, d)2006 yılında üretilmiş olan kat planları kullanılarak oluşturulan 3B model ile 2016 yılında üretilmiş olan nokta bulutu verileri kullanılarak oluşturulan 3B modelin otomatik olarak yazılan bir program ile karşılaştırılarak, değişimlerin tespit edilmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi ve fakültede bulunan bir ofis modellenmiştir. Tarihçesi 1700'lü yıllara dayanan İTÜ, İnşaat Fakültesi, 1982 yılından beri İTÜ Ayazağa Kampüsünde bulunmaktadır. Hazırlık sınıfı öğrencileri dahil 2015 yılı itibarı ile 2688 öğrencinin bulunduğu fakültede anılan yıllar içerisinde Fakülte binasında pek çok revizyon olmuştur. Bu çalışma kapsamında Fakülte içerisindeki bir ofis modellenmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen ofiste 2013 yılında yapısal değişiklikler meydana gelmiş olup odanın bazı duvarları Dekanlık tarafından yıkılarak ofis genişletilmiştir. Bu çalışmada, ofisin YBM modelleri revizyon önce ve sonrası olacak şekilde modellenerek, değişiklik otomatik olarak hesaplanmıştır. Ofise ait 2006 iki boyutlu çizimi ve lazer tarama yöntemi ile elde edilen 2016 nokta bulutu Şekil 1.'de sunulmaktadır.

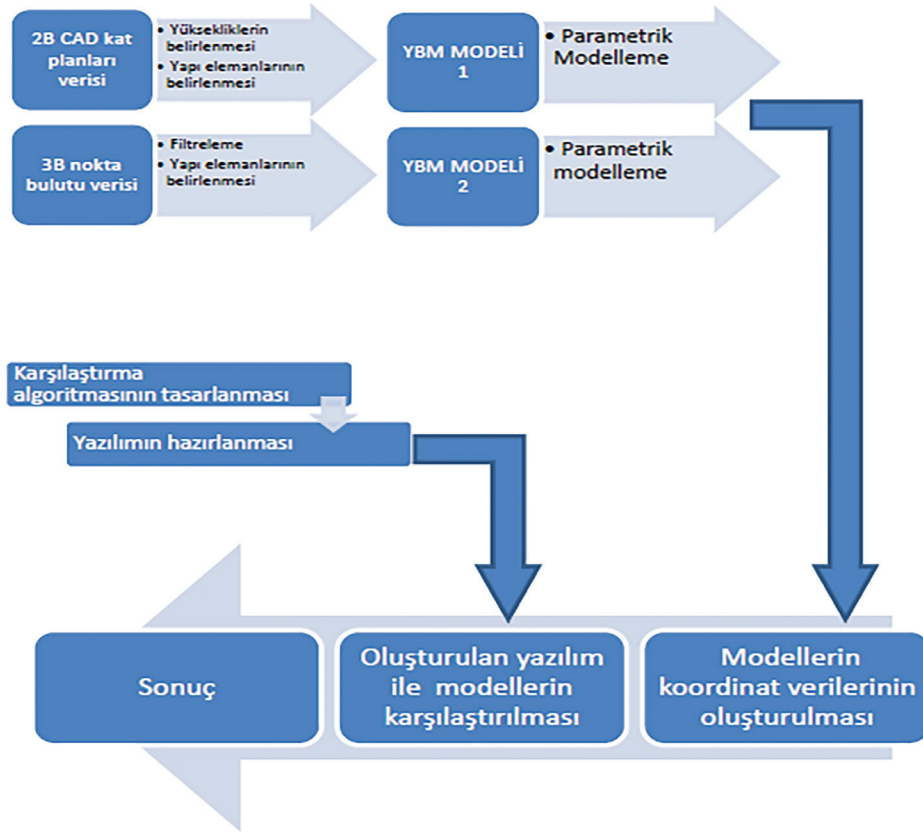


Şekil 1. İki boyutlu ofis planı (2006) ve lazer tarayıcı ile elde edilen üç boyutlu nokta bulutu (2016)

Parametrik modelleme yaklaşımını kullanan YBM modelleri iki boyutlu kat planlarından ve üç boyutlu lazer tarayıcı ile elde edilen verilerden oluşturulmuştur. İki farklı YBM modeli daha sonra değişikliklerin belirlenmesi için karşılaştırılmıştır.

Şekil 2'de gösterilen iş akışı benimsenmiş ve bu doğrultuda ilk iş olarak mevcut olan iki boyutlu

kat planlarının (Geomatik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinin buldukları katlar) üç boyutlu bir platformda gösterilmesi sağlanmıştır. Çalışmada, Autodesk tarafından üretilmiş, YBM yaklaşımını destekleyen Revit yazılımı (Revit, 2017) kullanılmıştır. Bu bağlamda her kat için ayrı ayrı yapısal plan oluşturulmuştur.

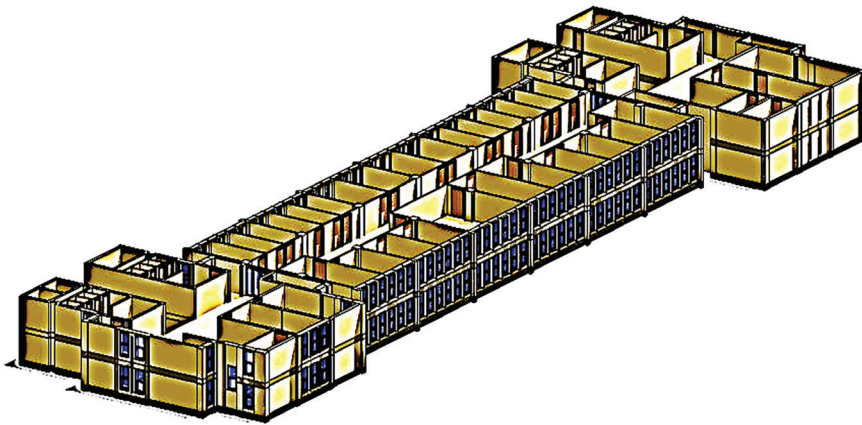


Şekil 2. Çalışma kapsamında oluşturulan YBM iş akışı

2006 yılında jeodezik ölçme yöntemi ile elde edilen iki boyutlu kat planları, yapısal planlarla ilgili oldukları katlar sırasıyla ilişkilendirilmiştir. Planlar ilişkilendirildikten sonra yapısal planlar üzerinden model elde edilmiştir. Parametrik yapıyı sağlamak için iki boyutlu plandan alınan ölçülere uygun kalınlık ve boyutlarda kolon, duvar, pencere, kapı, taban, tavan vb. nesnelere 3 boyutlu çizilerek obje tanımları yapılmıştır.

Nokta bulutu verisinden elde edilen kat yüksekliği bilgileri de katlar için ayrı ayrı modele girdi olarak verilmiş, yükseklik verisinin hassasiyeti sağlanmıştır.

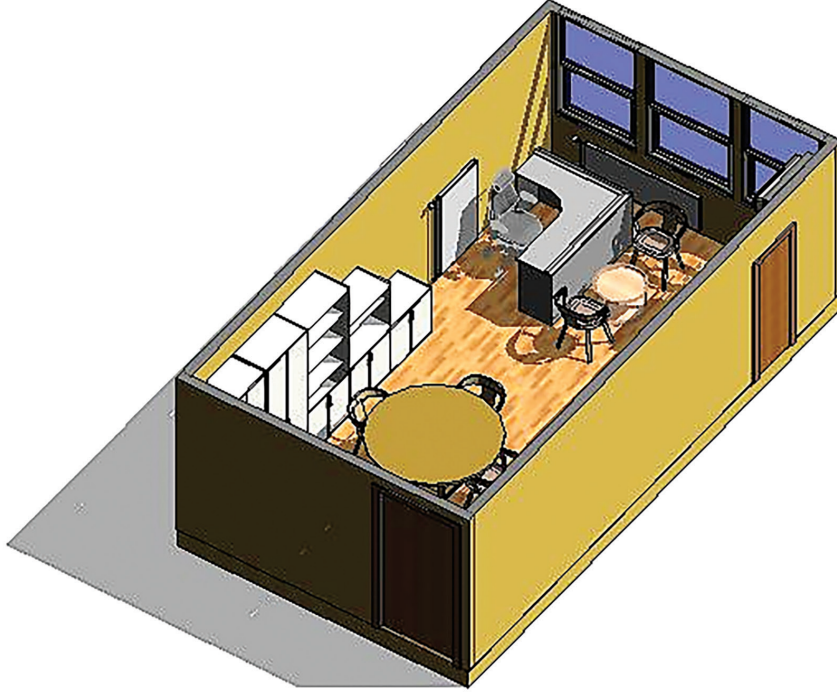
Model çizim işleminden sonra daha iyi bir görsellik sağlamak için görüntü çözünürlüğü yüksek bir hale getirilmiştir. Elde edilen koridorun modeli aşağıda Şekil 3’de sunulmaktadır.



Şekil 3. Kat planlarından oluşturulmuş 3 boyutlu YBM

2016 yılında lazer tarayıcı ile elde edilen tek bir ofise ait nokta bulutu verisi filtrelenmiş ve model ile ilişkilendirilmiştir. Lazer tarayıcı ile üretilmiş üç boyutu nokta bulutu verisi üzerinden parametrik

model oluşturulmaktadır. Şekil 4’de çalışma alanının Revit Modeli ile gerçekleştirilen üç boyutlu görseli sunulmaktadır. Görselin kalitesinin artırılması ve zenginleştirme için farklı ek yazılımlar kullanılabilir.



Şekil 4. Çalışma alanının üç boyutlu görseli

Değişimin otomatik olarak belirlenebilmesi, hesaplanabilmesi ve gösterilmesi için bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritma birkaç ana bileşenden oluşmaktadır. Öncelikli olarak revizyon araştırması yapılacak yere bir yerel bir referans ağı yerleştirilmiştir. Referans ağı yardımıyla, noktalar arasındaki değişikliklerin saptanması, bölgeye yakın bir referans noktasının oluşturulması ve hesapların kolaylaştırılabilmesi için bir destek referans noktası işlevi görmesi hedeflenmiştir. Referans ağı

oluşturulması işlemi sonrasında karşılaştırma için kullanılacak yöntemler seçilmiştir. Karşılaştırma amacıyla kullanılacak olan algoritmaların öncelikli olarak yer değiştirme vektörü üzerinden yapılmasına karar verilmiştir. Plandan oluşturulan model üzerindeki noktaların, nokta bulutundan üretilen modelde kendilerine karşılık gelen noktalara olan ara mesafesinin belirli bir eşik değeri üzerinde olup olmadığı hesaplanarak revizyon olup olmadığı tespit edilmesi hedeflenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında, ofisin farklı yıllarda, farklı veri toplama yöntemleriyle elde edilen mekansal verilerinden 3 boyutlu yapı bilgi modelleri oluşturulmuştur. Modellerde açık olarak farklılıklar göze çarpmaktadır. 2 boyutlu plan ve nokta bulutu referans alınarak elde edilen iki model, köşe noktaları referans alınarak üst üste oturtulmuş ve değişimler incelenmiştir. Bu gözlem sonucunda odada geometrik

bir değişim olduğu saptanmıştır. Bu değişimin şeklinin ve büyüklüğünün otomatik olarak elde edilmesi için bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmaya destek olması amacıyla ikinci bir algoritma olarak Gauss Alan Hesabı metodunun kullanılmasına karar verilmiştir. Böylelikle eşleşen nokta değişimleri ve alan üzerinde gerçekleşen değişikliklerin gösterimleri sağlanmıştır. Değişimin revizyon kabul edilebilmesi için, alan ve yer değiştirme vektörleri üzerine eşik değer atanmasına karar verilmiştir. Algoritma Python dilinde yazılmıştır.

Her iki YBM modeli karşılaştırıldığında çalışma alanı olarak seçilen ofiste 2006 ve 2016 yılları arasında 10.261 m²'lik artış otomatik olarak hesaplanmıştır.

YBM'nin parametrik çalışma prensibi, bu işlemlerin geleneksel çizim modellerine kıyasla kullanıcının hızlı ve otomatik bilgi üretmesini sağlamaktadır. Tek kat için çizilmiş bir kolonun, ikinci kat çizildikten sonra otomatik olarak yüksekliğinin belirlenmesi, parametrik modelleme özelliğinin bir örneğidir. Buna paralel olarak 2 boyutlu plandan alınan ölçülerin de yardımıyla, objeleri "çizgi" yerine "nesne" olarak tanımlanmış olmak, nesnenin gerçek dünyadaki yapı ve davranışlarına daha fazla uyum göstermektedir. YBM'nin en önemli özelliği olan; nesnelerin veri ve yöntemleri bir arada tutabilme özelliği sayesinde, nesnelerin çizim işlemleri devam ederken, diğer taraftan da bu nesneler ile ilgili nitel bilgilere ulaşılmış ve bu bilgiler veri tabanında kayıt edilip, modellenmiştir. İşlemler sonucunda her iki yıl içinde 3 boyutlu ve sorgulanabilir modeller elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında hazırlanan Yapı Bilgi Modeli (YBM) iş akışı incelendiğinde farklı yöntemlerle elde edilen verilerin kullanıldığı göze çarpmaktadır. Modelleme adımları bu yöntemlere göre farklılık göstermektedir. Amaca uygun bir veri toplama metodu geliştirilmesi gerekliliği, sağlıklı bir iş akışı oluşturulması için en önemli koşuldur. Projenin ilerleyen aşamalarında yeni verilere ihtiyaç duyulması projeyi yavaşlatmaktadır. Örneğin; iki boyutlu kat planları kullanılarak yükseklik belirlenememiş, bunun için nokta bulutu verilerine ihtiyaç duyulmuştur. 2006 yılında yapılan ölçümlerde boy kesit bulunmamaktadır. Bu eksiklik nokta bulutu verileri üzerinden çalışma alanının yüksekliği hesaplanarak giderilmiştir.

Nokta bulutu verileri üzerinden yapılan modelleme aşamasında, yapı bilgi modellemesine uygun şekilde verilerin üretilmesi de önemli şartlardan bir tanesidir. Yüksek doğrulukta bir model için, yapı elemanlarının tüm detaylarına ulaşılabilmesi koşulu bulunmaktadır. Ancak, nokta bulutu verisi elde ederken yaşanan veri kayıpları, bu durumu güçleştirmekte ve projeyi yavaşlatmaktadır. Aynı zamanda, nokta bulutu verilerinin modele işlenmesi için en sağlıklı yöntemin panoramik görüntülerin kullanılması olduğu tespit edilmiştir. Panoramik görüntüler üzerinden yapı elemanlarının tüm detaylarına ulaşılabilmesi ve yüksek doğrulukta modellenmesi mümkündür. Bu proje

kapsamında panoramik görüntüler kullanılmamıştır, bu da veri toplama metodunun iş akışı için ne kadar önemli olduğunun göstergelerinden bir tanesidir. Elde edilen nokta bulutu verileri mutlaka yüksek çözünürlüklü olmalı ve modelleme aşamasından önce filtrelenmelidir.

Bunun haricinde değişimlerin tespit edilmesi için geliştirilen yöntem ve yazılım başarıyla çalıştırılmış ve revizyonlar tespit edilmiştir. Bu revizyonların gösterimi için bir görsel ara yüz tasarlanması gerekmektedir. Bu şekilde modeller üzerinden karşılaştırma daha sağlıklı bir biçimde tüm disiplinler tarafından gerçekleştirilebilecektir.

İki boyutlu kat planlarından üretilen model; duvar, kolon, kapı ve pencere gibi temel yapı elemanlarını barındırmaktadır. İki boyutlu planlar kullanılarak üretildiği için yapı elemanlarının kesin konumları ve metrik bilgileri hususunda yüksek doğruluğa sahip değildir. Bahsedilen yapı elemanlarının malzeme özellikleri ve metrik bilgileri yerleşik YBM kütüphanesi üzerinden standardize edilmiştir ve ekstra yazılımlar aracılığıyla modelin görselliği artırılmıştır. Model, revizyon kontrolünde ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) içerisinde değerlendirilebilecek özelliklere sahiptir.

Nokta bulutu verisinden üretilen model ise; duvar, kolon, kapı ve pencere gibi temel yapı elemanlarının haricinde masa, dolap, kalorifer peteği ve klima gibi detayları da içerisinde barındırmaktadır. Modelde bulunan yapı elemanları gerekli yazılımlar aracılığıyla kesin konumlarında üretilmiştir ve yüksek doğruluktur. Model, tesis yönetiminde kullanılabilir özelliklere sahiptir.

Nokta bulutu verileri ile üretilen modelin içerisinde bulunan yapı elemanları, açık olarak kullanıcıya sunulan YBM Kütüphanesi (National BIM Library (NBS), <https://www.nationalbimlibrary.com/>) üzerinden aslına en uygun şekliyle seçilerek üretilmiştir. Bu durum, model verimini düşürmektedir. Yapı elemanlarının ülke koşullarına özel olarak modellendiği, öznetelik bilgilerinin aslına yansıtacak bir biçimde belirlendiği bir model oluşturulamamıştır. Bunu gerçekleştirebilmek için yapı elemanlarının fotogrametrik yöntemlerle modellenerek kütüphane oluşturulması önerilebilir. Aynı zamanda; malzeme cinsi, metrik özellikler ve üretici firmaların ulaşım bilgileri de tespit edilip, tüm bu öznetelik bilgileri yapı elemanlarına işlenerek, model verimliliği artırılabilir.

SONUÇ

Yapı Bilgi Modelleri (YBM), inşaat projesi yaşam döngüsünün tüm adımlarında farklı disiplinlerin koordinasyonu, proje yönetimi ve karar destek sistemi olarak kullanılmaktadır. Sistemin avantajları; plan ile inşaat sahasındaki imalatın eş zamanlı olarak kontrol edilebilmesi, çizimlerin üç boyutlu hazırlanması sonucunda imalat sürecinde karar mekanizmasının hızlanması ve potansiyel problemlerin öngörülerek oluşmadan engellenmesi, belgelemenin sayısal ortama taşınmasıyla yaşanan veri kayıplarının engellenmesi, ihtiyaç duyulan veriye ulaşımın kolaylaşması, kalite kontrol sürecinin hızlandırılması, disiplinler arası çalışma ortamına katkısı ve hak edişlerin daha sistemli yapılması olarak ifade edilebilir.

Modelin temel verilerinin büyük çoğunluğu mekansal bileşene sahiptir. Dolayısı ile bu verilerin elde edilmesi, modellenmesi ve analizi adımlarında

mekansal bilgi biliminin gelişmiş yaklaşımlarından, yöntemlerinden ve araçlarından yararlanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında farklı yıllara ait mekansal yöntemler ile elde edilen iki YBM geliştirilen yazılım ile otomatik olarak karşılaştırılmıştır. Her iki YBM modeli karşılaştırıldığında seçilen çalışma alanında 2006 ve 2016 yılları arasında gerçekleşen artış geliştirilen algoritma yardımıyla otomatik olarak hesaplanmıştır.

Hazırlanan YBM iş akışı incelendiğinde; amaca uygun mekansal veri toplama yönteminin tercih edilmesi ve/veya geliştirilmesi gerekliliği göze çarpmaktadır. Oluşturulan YBM, coğrafi tabanlı karar destek sistemlerinde, örneğin bina içi navigasyon, afet anında binanın yönetimi ve tesis yönetiminde kullanılabilecek özelliklere sahiptir. Bu modellerin verimliliğinin artırılması amacıyla yapı elemanlarının öznitelik bilgilerini barındıran yerel bir kütüphane oluşturulması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Green B, 2016. Productivity in Construction: Creating a Framework for the Industry to Thrive. Chartered institute of building. https://kj06q2hv7031ix2143c36tpx-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/05/CIOB-Productivity-report-2016-v4_single.pdf. (Erişim tarihi: 09 Ocak, 2018).
- Glick S, Guggemos A, 2009. IPD and BIM: Benefits and opportunities for regulatory agencies. Proc., 45th Associated Schools of Construction National Conference, Gainesville, 1-4 April 2009, Florida.
- Akın Ö, Mert B, Aslan M, Eroğlu O, 2017. Yapı Bilgi Modellemesi yaklaşımına uygun bir iş akış modeli ile parametrik modeller üretilmesi ve modellerin karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Mezuniyet Projesi, 41s.
- İşıkdag U, Zlatanova S, Underwood J, 2013. A BIM-oriented model for supporting indoor navigation requirements. Computers, Environment and Urban Systems, 41: 112-123
- Xu M, 2015. Integrating BIM with ArcGIS for Indoor Navigation, MsC Thesis, University of Redlands, pg.64. http://inspire.redlands.edu/gis_gradproj/268 (Erişim tarihi: 19 Mart, 2018).
- Zlatanova S, Işıkdag Ü, 2017. The Need to Integrate BIM and Geoinformation. GIM International. <https://www.gim-international.com/content/article/the-need-to-integrate-bim-and-geoinformation>. (Erişim tarihi: 09 Ocak, 2018).
- Göçer Ö, Hua Y, Göçer K, 2016. A BIM-GIS integrated pre-retrofit model for building data mapping, Building Simulation, 9: 513-527.
- Ma Z, Ren Y, 2017. Integrated Application of BIM and GIS: An Overview, Procedia Engineering, Special issue: Creative Construction Conference 2017, 1072-1079.
- REVIT, 2017. <https://www.autodesk.com/products/revit-family/overview> (Erişim tarihi: 19 Mart, 2018). (İTÜ- eğitim lisansı)
- Edirisinghe R, London K, 2015. Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption. CIB W78 Conference 2015. 27-29 October 2015, Eindhoven.
- İlter D, Ergen E, 2015. BIM for building refurbishment and maintenance: current status and research directions. Structural Survey, 33/3: 228-256.
- Cheng JCP, Lu Q, 2015. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. Journal of Information Technology in Construction, 20: 442-478.
- Merschbrock C, Munkvold BE, 2012. A research review on building information modeling in construction-an area ripe for IS research. Communications of the association for information systems. 31/10: 207-228.