

Yapı Projelerinin Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çözümler

A. Emre CENGİZ¹, Yücel GÜNEY²

Özet

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir yapı projesi yönetim sistemi önerilmiştir. Eskişehir’de inşası devam eden konut tipi betonarme bir yapı için uygulanan çalışmada 3B görselleştirme yöntem olarak belirlenmiştir. Örnek yapının tüm proje aşamalarını kapsayan bir iş programı hazırlanmıştır. Yapının 2 boyutlu (2B) CAD çizimleri, proje aşamalarını ifade eden veri katmanlarına dönüştürülerek 3B hale getirilmiştir. Görsel katmanlar, aşamaların tamamlanma tarihlerine bağlı olarak görüntülenmiştir. Ayrıca örnek yapının malzeme miktarları ve yaklaşık maliyet verileri hesaplanmış ve bir veritabanı tasarlanmıştır. Böylece yapıya ait tüm verilerin tek ortam üzerinden yönetilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak CBS’nin yapı yönetimi uygulamalarında kullanılabilecek etkin bir araç olduğu bulgulanmıştır.

Anahtar Sözcükler

Yapı Yönetimi, CBS, Veri Yönetimi, 3B Görselleştirme.

Abstract

GIS Based Solutions in Construction Project Management

In this study, a Geographic Information System (GIS) based construction project management system was proposed. In the study that was conducted for a reinforced concrete residential building that is under construction in Eskişehir, three dimensional (3D) visualization was determined as the methodology. A construction schedule that contains all the project stages of the construction was prepared. 2D CAD drawings of the building were rendered in 3D through converting them data layers that refer to project stages. Visual data layers were displayed depending on finish dates of the stages. In addition, material quantities and approximate costs of the model building were calculated and a database was designed. Thereby it was aimed that managing all data about the construction in one environment. In conclusion; it was discovered that GIS is an efficient tool in construction management applications.

Key Words

Construction Management, GIS, Data Management, 3D Visualization.

1. Giriş

Çeşitli gelişim süreçlerinden geçerek bugünkü şeklini alan kentler, inşaat mühendisliğinin geldiği noktayı oldukça iyi özetlemektedir. Barınma amacıyla kullanılan binaların; ula-

şıma olanak veren yol, köprü ve tünellerin; suya erişim ve enerji üretimi için yapılan baraj ve santrallerin inşasında inşaat mühendisliği tekniklerinden yararlanılmaktadır. Medeniyetin inşasında önemli bir rol üstlenen ve insan hayatının her anında etkisini hissettiren inşaat mühendisliği birçok anabilim dalına sahiptir. Bu anabilim dallarından biri de yapı yönetimidir.

Yapı yönetimi, bir yapı projesinde eşzamanlı ve sıralı olarak gerçekleştirilen tüm aşamaların kontrolü, koordinasyonu ve yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Bir yapı projesinin yönetiminde başlıca hedefler uygun malzeme, yeterli işgücü ve doğru kaynak seçimiyle yapım süresinin ve maliyetlerin en aza indirilmesidir. Yapı yönetiminin bu temel hedeflerine ulaşılabilmesi, verinin en doğru şekilde yönetilmesiyle mümkündür. Eşzamanlı ve ardışık yapım aşamalarını kapsayan yapı projelerinde konumsal ve öznelikselsel birçok veri mevcuttur. Bu verilerin geleneksel yöntemlerle analizi, özellikle büyük ölçekli yapı projelerinde öngörülemeden aksamlara ve buna bağlı ek maliyetlere neden olmaktadır.

Yapı yönetiminde CBS’nin kullanılması son çeyrek yüzyılda yapılan çalışmalara dayanmaktadır. Dünyanın çeşitli ülkelerinde CBS tabanlı yapı yönetimi uygulamaları gerçekleştirilmiş ve yapı yönetiminde kullanılabilecek modeller önerilmiştir. CBS araçlarının sağladığı konumsal veritabanının proje yönetimi için kullanılmasının etkili bir çözüm olacağı düşünülmüştür (SUN ve HASELL 2002). Şantiye içi uygun tesis düzenlemeleri, iş kapasitesini ve kalitesini artırmak için oldukça önemlidir. ArcSite, en uygun şantiye tasarımı ve geçici tesislerin yer seçimi için konumsal işlemler yürütebilen bir şantiye tasarım aracıdır (CHENG ve O’CONNOR 1996).

Konumsal analizlere göre malzemeler için en uygun depolama alanlarının CBS tabanlı olarak belirlenmesini sağlayan MaterialPlan adında bir araç geliştirilmiştir (CHENG ve YANG 2001). Bunun yanı sıra keşif ve metraj için sıkça kullanılan CAD teknolojisine alternatif olarak CBS önerilmiştir. Avenue programlama dili kullanılarak örnek bir yapı için metraj hesabı yapılmış ve CBS ortamında 3B görsel verilerle entegre edilerek sunulmuştur (BANSAL ve PAL 2007).

Şantiyede kullanılan büyük iş makineleri için güzergâh belirlemede CBS kullanımının etkili bir çözüm olacağı düşünülmüştür (VARGHESE ve O’CONNOR 1995). Yapım maliyetlerini ve kısıtlamalarını en aza indirmek için CBS tabanlı otomatik bir güzergâh belirleme aracı olan RoutePlan geliştirilmiştir (CHENG ve CHANG 2001).

Zaman, yapı yönetiminin önemli dinamiklerinden biridir. Zaman yönetiminin gelişmiş görsel araçlarla sağlanması, gerçek zamanlı proje takibi uygulamalarına zemin hazır-

¹ Doktora Öğrencisi, Anadolu Üniversitesi Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Eskişehir/Türkiye

² Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Eskişehir/Türkiye.

lamıştır. Yapı projesindeki ilerlemeleri CBS tabanlı olarak görüntüleyen ArcSched adında otomatik bir proje takip sistemi geliştirilmiştir (CHENG ve CHEN 2002). CPM proje iş programı ile bütünleşik CBS tabanlı bir proje ilerleme sistemi olan PMS-GIS, şantiyedeki her birime sorumlu olduğu yapım aşamalarını gözlemlene imkân sağlamaktadır (POKU ve ARDITI 2006). Var olan 4B CAD araçlarına alternatif olarak bir yapı projesindeki aşamaları görselleştirmek ve iş programını incelemek için CBS tabanlı 3B animasyon gerçekleştirilmiştir (BANSAL ve PAL 2009). Kullanıcı arayüzü geliştirilerek CBS ve proje yönetimi entegrasyonunun sağlandığı çalışmada, yöneticilere proje ilerlemelerini görüntüleme ve kontrol etme imkânı sağlamak amaçlanmıştır (KOLAGOTLA 2008).

Yapı projelerinde kullanılan konumsal ve özneliksel verilerin farklı yazılım ortamlarında saklanması, analiz edilmesi ve yönetilmesi, yapı yönetimindeki temel sorunlardan biri olarak belirlenmiştir. Yapı projelerinin yönetim sürecini etkileyen bir diğer problem ise yapı endüstrisinde sıkça kullanılan CAD teknolojisinin, yapı projelerinin konumsal problemlerine cevap verme noktasında yetersiz kalmasıdır. Yapılan çalışmalar yapı endüstrisine yenilikçi bir yaklaşım getirirken CBS'nin yapı yönetiminde kullanım olanaklarını da genişletmiştir. Geniş kullanım alanına rağmen ülkemizde CBS'nin yapı yönetimi için önemi henüz tam olarak kavranamamıştır (CENGİZ vd. 2010).

Bu çalışmada, CBS'nin veritabanı ve görselleştirme yetenekleri sayesinde yapı projelerinin yönetimine sağlayacağı yararlar araştırılmıştır. Çalışmada örnek yapının 3B görselleştirilmesi yapılmış; konumsal verilerle özneliksel verileri bütünleştirilmiştir. Eskişehir'de yapımı henüz devam eden

bir yapı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Sonuçta verilerin tek ortam üzerinden yönetimi ile yapı projelerinde olası aksamaların ve ek maliyetlerin önleneyeği; böylece daha etkin bir yönetim sürecinin mümkün olacağı bulgulanmıştır.

2. Yöntem ve Materyal

CBS tabanlı bir yapı yönetimi sisteminin önerildiği bu çalışmada 3B görselleştirme yöntem olarak belirlenmiştir. Görsel ve özneliksel verilerin entegrasyonu sonucunda yapının zamana bağlı 3B görüntüsü elde edilmiştir. Şekil 1'de sistemin altyapısı görülmektedir. Çalışma alanı olarak Eskişehir'de yapımı devam eden 5 katlı ve 211 metrekare arsa alanına sahip konut tipi betonarme bir yapı belirlenmiştir. Şekil 2'de yapının giriş katına ait mimari plan verilmiştir.

Yapıdan toplanan özneliksel verileri ayrı tablolara kaydedilmiş; bu tablolar arasındaki ilişkiler kurularak bir veritabanı tasarlanmıştır. Yapının AutoCAD ortamındaki 2B proje çizimleri ayrı proje iş kalemlerini (temel betonu, kolon donatı montajı vb.) ve yapı elemanlarını (kolon, kiriş, döşeme, duvar vb.) ifade eden 3B katmanlara dönüştürülmüştür.

Yapının iç ve dış detaylarını görselleştirebilmek için hem mimari hem de teknik çizimlerden yararlanılmıştır. CAD araçlarındaki çizimler kartezyen koordinat sistemine sahip olup herhangi bir coğrafi referans içermemektedir. CBS araçları ise coğrafi koordinat sistemi kullanmaktadır. Katmanlar CBS ortamına transfer edilerek her birine koordinat sistemi atanmıştır. Böylece yapının her bir elemanı, birer çizimden öte yapının parçaları olarak tanımlanmıştır. Şekil 3'de görsel katmanlar görülmektedir.

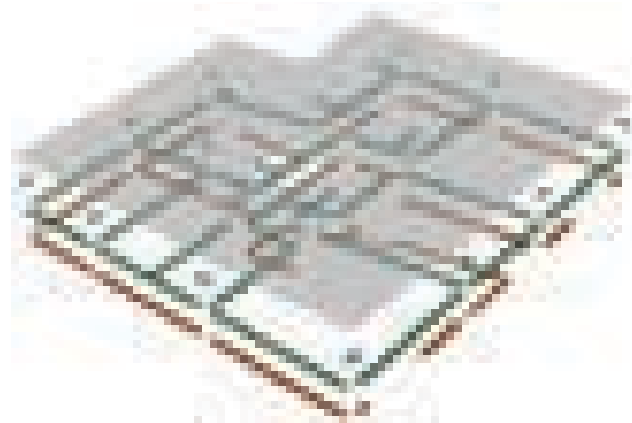


Şekil 1: Sistem altyapısı

İş programı, bir yapı projesindeki tüm yapım aşamalarını, bu aşamaların başlama-bitiş tarihlerini ve tamamlanma sürelerini içeren bir çizelgedir. İş programı için Microsoft Project, Primavera Project Planner, Asta Powerproject vb. proje yönetim yazılımları kullanılmaktadır. Bu yazılımlar genelde Kritik Yol Yöntemini (CPM) kullanmaktadır. Bir proje modelleme metodu olan CPM, her yapım aşamasının birbiriyle ardışık ve sıralı ilişkisinin belirlenmesine, tamamlanma açısından kritik olan aşamaların tespit edilmesine dayanmaktadır. Oluşturulan sistemde de CPM algoritması kullanılmış olup proje yönetim yazılımları yerine veritabanı özelliklerinden yararlanılmıştır.



Şekil 2: Örnek yapının zemin kat mimari planı



Şekil 3: 2B görsel veri katmanları

İş programının oluşturulması için örnek yapıya gidilerek proje iş kalemleri arasındaki sıralılık ve eşzamanlılık ilişkileri gözlemlenmiştir. Her bir iş kalemine başlama tarihi (BT), tamamlanma tarihi (TT), serbest bolluk (SB), toplam bolluk (TB) vb. veri alanları eklenerek CPM algoritmali iş programı hazırlanmıştır. Şekil 4'te örnek yapının temel ve bodrum kat aşamaları için CPM algoritması verilmiştir. Görüldüğü gibi konut inşaatlarında temel ve beton aşamaları ahşap kalıp ve donatı işleri haricinde ardışık seyretmektedir. Ancak üst katlarda beton ve duvar işlerinin eşzamanlı olarak yürütüldüğü iş kalemleri mevcuttur.

Veritabanı tasarımının bir diğer adımı veritabanı tablolarına kaydedilen öznitelik verileri arasında tablo ilişkileri-

nin kurulmasıdır. Birden-bire, birden-çoğa ve çoktan-çoğa olmak üzere üç tip tablo ilişkisi bulunmaktadır. Tasarlanan veritabanında her bir veri grubu birbiriyle çoktan çoğa ilişkilidir. Örneğin bir proje aşamasında birden çok işçi türü görev almakta, birden çok malzeme ve ekipman kullanılmaktadır. Aynı şekilde bir işçi türü birden fazla imalat aşamasında çalışmakta, bir malzeme ya da bir ekipman birden fazla iş için kullanılmaktadır. Tablo ilişkilerinin kurulmasıyla ilişkisel bir veritabanı elde edilmiştir. Örnek yapının maliyet hesabı, malzeme miktarlarının birim fiyatlarla çarpılmasıyla elde edilmiştir. Maliyet hesabı için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 2011 yılı birim fiyatlarından yararlanılmıştır.

Farklı yazılım ortamlarında üretilen ve saklanan konumsal ve özniteliksel verilerin tek ortamda bütünleştirilmesi gerekmektedir. Önerilen çalışmada farklı uzantılara sahip veri dosyaları kullanılmıştır. ArcGIS yazılımının CAD dosyalarını doğrudan okuma özelliği sayesinde yapının CAD tabanlı proje çizimleri CBS ortamına kolaylıkla transfer edilmiştir. ArcGIS, Microsoft Access veritabanıyla birlikte çalıştığı için yazılım ara yüzünden veritabanındaki verilere de ulaşılabilir. Ancak yazılımlardaki mevcut fonksiyonların ve bu yazılımlar arasındaki veri alışverişinin yetersiz kaldığı durumlarda ara yüz geliştirilerek verilerin bütünleştirilmesi mümkündür.

3. Bulgular ve Tartışma

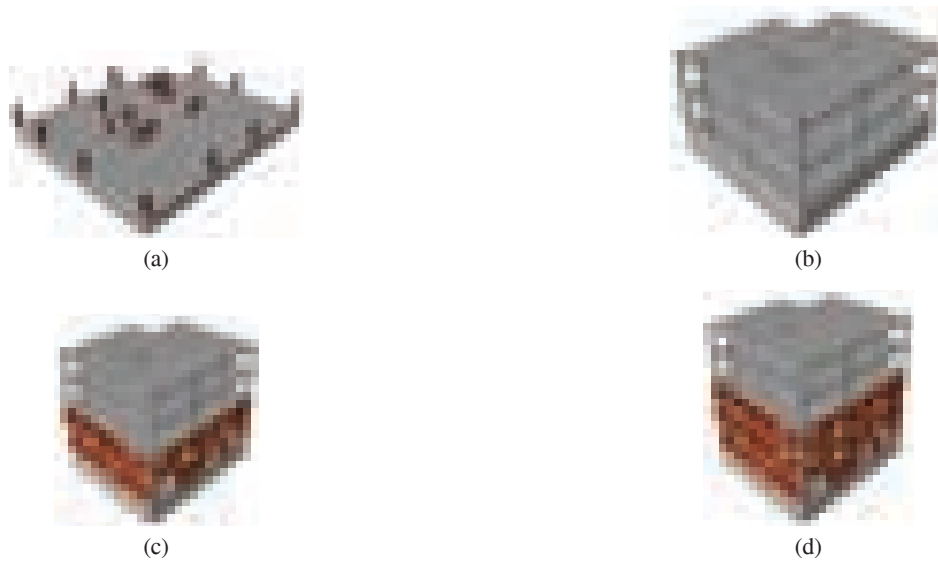
3B görselleştirmenin yöntem olarak belirlendiği çalışmada örnek yapının görsel katmanları, yapı projesindeki aşamaların zaman verilerine göre 3B olarak görüntülenmiştir. Şekil 5'te yapının farklı tarihlerdeki 3B görünüşleri verilmiştir. CPM tabanlı iş programının 3B görselleştirilmesi, yapım sürecindeki olası aksaklıkların daha hızlı tespit edilmesine ve önlenmesine olanak sağlayacaktır. Gecikmelerin önlenmesi ek maliyetleri de ortadan kaldıracaktır.

Yapı projelerinin yönetim sürecinde kullanılan verilerin kısıtlı zamanda değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak bu verilerin farklı yazılım ortamlarında saklanması önemli bir sorundur. Önerilen sistemde tüm veriler tek veritabanında tutulmaktadır. Bu yönüyle sistemin, proje yöneticilerine etkin bir veri yönetimi sağlayacağı bulgulanmıştır. Ayrıca zaman, kaynak ve maliyet verilerine kolaylıkla erişilebilmesi, yapı yönetiminin temel hedefleri olan zaman ve maliyet optimizasyonuna olanak sağlayacaktır.

Çalışma; yapı projelerinin zaman, kaynak ve maliyet gibi çeşitli yönlerini kapsamı açısından daha önceki çalışmalardan ayrılmaktadır. Literatürde CBS'nin CPM tabanlı iş programının 3B görselleştirilmesi için kullanıldığı örnekler mevcuttur. POKU ve ARDITI (2006), geliştirdikleri PMS-GIS adlı sistemde iş programındaki çubuk diyagramlar ile yapının 3B modelini bütünleştirmişlerdir. BANSAL ve PAL (2009) ise CBS'nin animasyon özelliklerini kullanarak iş programının 3B görsel verilerle entegrasyonunu sağlamışlardır. Ancak bu iki çalışma da yapının maliyet verilerini kapsamamaktadır. Bu çalışmada ise zaman ve maliyet boyutu bir arada sunulmuştur. BANSAL ve PAL (2007), yapı yaklaşık maliyetini 3B görsel katmanlarla CBS ortamında bütünleştirmişlerdir. Çalışmada yalnızca malzeme odaklı maliyet hesabı yapılmıştır. Bu çalışmada ise yapının her bir iş kalemi için işçi, malzeme ve ekipman maliyetleri hesaplanmış ve 3B görsel katmanlarla sunulmuştur.



Şekil 4. Örnek yapının temel ve bodrum kat aşamaları için CPM ağı diyagramı



Şekil 5. 3B yapı katmanları, (a) Temel aşaması, (b) Zemin kat, (c) Zemin kat duvar örülmesi ve 2.kat betonu, (d) 1.kat duvar örülmesi ve 3.kat betonu

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, CBS'nin yapı yönetiminde kullanım olanakları araştırılmış ve CBS tabanlı bir yapı yönetimi uygulaması yapılmıştır. 3B görselleştirmenin yöntem olarak belirlendiği çalışmada Eskişehir'de yapımı devam eden 5 katlı konut tipi betonarme bir yapı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Önerilen çalışma ile yapı projelerinde yararlanılan verilerin daha etkin şekilde yönetilebileceği düşünülmektedir. CPM tabanlı proje iş programının görsel verilerle bütünleştirilmesi, yapım aşamaları arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını ve kritik aşamaların daha kolay tespit edilmesini sağlayacaktır. Böylece gecikmeler ve buna bağlı ek maliyetler önenebilecektir. Önerilen sistemle geleneksel yapı yönetimi pratiklerine yenilikçi bir bakış açısı getirmek amaçlanmıştır. Ayrıca çalışma, ülkemizde daha önce herhangi bir araştırma yapılmamış olan CBS tabanlı yapı yönetimi uygulamalarına bir başlangıç niteliği taşımaktadır. Daha sonra yapılacak çalışmalarda CBS'nin konumsal analiz fonksiyonlarını kullanan gelişmiş araçların tasarlanması mümkündür. Sonuç olarak ülkemizde CBS tabanlı yapı yönetimi uygulamalarının yaygınlaştırılması ve yapı projelerinin yönetiminde geleneksel uygulamalar yerine yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesi önerilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından 1103F044 No'lu Bilimsel Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

BANSAL V. K., PAL M., 2007: **Potential of Geographic Information Systems in Building Cost Estimation and Visualization**, Automation in Construction, 16, 311-322.

BANSAL V. K., PAL M., 2009: **Construction Schedule Review in GIS with a Navigable 3D Animation of Project Activities**, International Journal of Project Management, 27, 532-542.

CENGİZ A. E., GÜNEY Y., ÇABUK A.: **Yapı Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları ve Yapı Denetiminin Afet Yönetimi İçin Önemi** (3.Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu), Bildiriler Kitabı, 516-522, 11-13 Ekim 2010, Gebze, Kocaeli.

CHENG M. Y., CHANG G. L., 2001: **Automating Utility Route Design and Planning Through GIS**, Automation in Construction, 10(4), s. 507-516.

CHENG M. Y., CHEN J. C., 2002: **Integrating Barcode and GIS for Monitoring Construction Progress**, Automation in Construction, 11(1), s. 23-33.

CHENG M. Y., O'CONNOR J.T., 1996: **ArcSite: Enhanced GIS for Construction Site Layout**, Journal of Construction Engineering and Management, 122 (4), s. 329-336.

CHENG M. Y., YANG C.Y., 2001: **GIS-Based Cost Estimate Integrated with Material Layout Planning**, Journal of Construction Engineering and Management, 127(4), 291-299.

KOLAGOTLA V., 2009: **Geographical Information System and Its Application To Project Management in Construction Industry** (Symposium of Map Asia), India.

POKU S. E., ARDITI D. 2006: **Construction Scheduling and Process Control Using Geographic Information Systems**, Journal of Computing in Civil Engineering, 20 (5), 351-360.

SUN W., HASELL M. J., 2002: **Exploring a GIS Prototype to Improve the Management of the Architectural Design, Engineering and Construction Building Product Process** (ESRI Conference), <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0212/p0212.htm> (son giriş tarihi: 11.09.2011).

VARGHESE K., O'CONNOR J. T., 1995: **Routing Large Vehicles on Industrial Construction Site**, Journal of Construction Engineering and Management, 121 (1), s. 1-12.