

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Bir Yapı Yönetimi Önerisi

Emre Cengiz¹, Yücel Güney²

Özet

İnşaat mühendisliğinin anabilim dallarından biri olan yapı yönetimi; şantiyede eşzamanlı ve ardışık olarak yürütülen proje aşamalarının planlanmasını, analizini, koordinasyonunu ve kontrolünü içermektedir. Yapı yönetiminin öncelikli hedefleri uygun malzeme, yeterli işgücü, ekipman ve kaynak seçimi ile yapım maliyetlerinin ve zaman kaybının en aza indirilmesidir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi yapım aşamaları boyunca bireyler ve birimler arası doğru, güncel ve sürekli bilgi akışı ile mümkündür. Büyük ölçekli birçok inşaat projesinde bilgi paylaşımının zamanında ve sağlıklı yapılmaması, yapım aşamalarında öngörülemeyen gecikmelere ve ek masraflara neden olmaktadır. Gelişen teknolojinin sunduğu imkanlar sayesinde bilginin teknolojiye konumu da belirgin hale gelmiş ve bilgi teknolojileri doğmuştur. Bilgi teknolojilerinin önemli bir parçası olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), özellikle konumsal tabanlı problemlere sunduğu etkin çözümler sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır. Dünyanın çeşitli ülkelerinde yapı yönetiminde CBS kullanım olanaklarının araştırılmasına ve yeni modeller geliştirilmesine rağmen ülkemizde henüz bu yönde bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmada, yapı yönetiminde CBS'nin kullanım olanakları araştırılmıştır. CBS'nin kullanımı ile yapı yönetimine yenilikçi bir yaklaşım getirmek ve yapım aşamalarında gerekli verilerin tek ortam üzerinden yönetimini sağlamak çalışmanın amaçları olarak belirlenmiştir. Bunun için Eskişehir'de yapımı henüz devam eden konut tipi betonarme bir yapı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Yapıya ait proje çizimleri CBS ortamında üç boyutlu (3B) hale getirilmiş ve yapının proje iş programındaki zaman verilerine bağlı olarak görüntülenmiştir. Yapının öznetelik verilerini de içeren bu modelle CBS'nin özellikle görselleştirme olanakları ve veritabanı desteği ön plana çıkarılmıştır.

Anahtar sözcükler: Yapı Yönetimi, Bilgi Teknolojileri, CBS.

Giriş

Mühendisliğin önde gelen dallarından biri olan inşaat mühendisliği, geniş araştırma ve uygulama alanlarına sahip birçok anabilim dalını bünyesinde barındırmaktadır. Bu anabilim dallarından biri de yapı yönetimidir. Yapı yönetimi; şantiyede yürütülen faaliyetlerin hem projelendirme hem de uygulama aşamasında planlama, koordinasyon ve kontrol çalışmalarının yürütülmesini kapsamaktadır. Bu çalışmalar esnasında projede

¹ Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir, Tel: (537) 405 31 56, E-Posta: emrepark87@gmail.com

² Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir, Tel: (222) 335 05 81/6807, E-Posta: yguney@anadolu.edu.tr

görev alan birimler ve bireyler arasında doğru ve güncel bilginin sürekli akışı önemli bir konudur. Geleneksel yöntemler inşaat projelerinin bilgiye dayalı problemlerine çözüm sunma konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle proje yönetim aşamalarında gelişmiş bilgi teknolojilerinden faydalanmanın etkili bir çözüm olacağı düşünülmektedir.

Bilgi yönetiminin yapı yönetimi için bir anahtar olduğunun farkına varılması, yapı sektöründe bilgi teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır. Bilgi teknolojilerinin bir parçası olan CBS, gelişmiş analiz yetenekleri sayesinde konumsal problemlere etkin çözümler getirebilen bir araçtır. CBS, CAD teknolojisine nazaran daha az düzenleme ve çizim fonksiyonu sunmasına karşın veritabanı ve konumsal analiz fonksiyonları ile CAD teknolojisinden ayrılmaktadır. İnşaat mühendisliğinin geoteknik, hidroloji ve ulaştırma alanlarında sıkça tercih edilen CBS'nin yapı yönetiminde kullanılması ise dünyanın çeşitli ülkelerinde gerçekleştirilen çalışmalarla dikkat çekici bir araştırma konusu haline gelmiştir. Yapı yönetiminin araştırma konuları olan veritabanı yönetimi, şantiye tasarımı, malzeme ve maliyet yönetimi, güzergâh belirleme, gerçek zamanlı proje takibi, 3B ve 4B CBS uygulamaları vb. birçok konuda çalışmalar yürütülmüştür. Sun ve Hassel (2002) tarafından inşaat projelerinde CBS'nin veritabanı yönetimi konusundaki etkililiğini araştırmak için bir model geliştirilmiş ve konumsal veritabanı ile proje yönetim fonksiyonlarının bütünleştirilmesinin etkin bir yönetim sağlayacağı belirtilmiştir. Bansal ve Pal (2006), yapıyla ilgili tüm verilerin tek ortam üzerinden yönetimini sağlayan CBS tabanlı bir inşaat projesi bilgi sistemi geliştirmiştir. Cheng ve O'Connor (1996), *ArcSite* adında CBS tabanlı otomatik bir şantiye tasarım aracı geliştirmişlerdir. Bansal ve Pal (2007) tarafından, *ArcView 3.2* yazılımının *Avenue* programlama dili kullanılarak örnek bir yapı için metraj hesabı yapılmış ve CBS ortamında 3B görsel verilerle entegre edilerek sunulmuştur. Varghese ve O'Connor (1995), şantiyedeki büyük vasıtalar için güzergâh belirlemede CBS kullanımını önermişlerdir. Cheng ve Chang (2001), yapım maliyetlerini ve kısıtlamalarını en aza indirmek için uygun güzergâh belirlemeyi sağlayan *RoutePlan* adında bir sistem geliştirmişlerdir. Çalışmada *ArcInfo* yazılımının *Network Analyst* aracından faydalanılmıştır. Cheng ve Chen (2002) tarafından *ArcSched* adında, inşaat projesindeki ilerlemeleri CBS tabanlı olarak görüntüleyen otomatik bir proje takip sistemi geliştirilmiştir. Bansal ve Pal (2009), proje iş programının takibi için animasyon tabanlı bir sistem önermiştir. Örnek bir yapının iç bölümlerinin ve yapının çevresindeki peyzajın 3B olarak sunulduğu çalışmada, CPM algoritması kullanılarak hazırlanan proje iş programı 3B görsel katmanlarla bütünleştirilmiştir. Bansal ve Pal (2008), piyasadaki mevcut 4B modellere alternatif olarak CBS tabanlı bir proje iş programı önermiştir. Kolagotla (2008) tarafından *Microsoft Project* ortamında hazırlanan proje iş programı, C++ programlama dili kullanılarak geliştirilen kullanıcı arayüzü sayesinde 3B görsel verilerle bütünleştirilmiştir. Tüm bu çalışmalar, inşaat sektörünün konumsal sorunlara cevap verebilen ve bilginin yönetimini kolaylaştıran bir araca ihtiyaç duyduğunu ortaya çıkarmıştır. Ülkemizde, inşaat projelerinin yönetiminde hala geleneksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler, inşaat projesinin konumsal ihtiyaçlarına cevap verememekte; bu nedenle gecikmeler ve ek maliyetler meydana gelmektedir. Bu açıdan, konumsal çözümler için etkin bir araç olan CBS'nin yapı yönetiminde kullanım olanaklarının araştırılması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, yapı yönetiminde CBS'nin kullanım olanaklarını araştırmak ve CBS'nin kullanımı ile yapı yönetimine yenilikçi bir yaklaşım getirmek amaçlanmıştır. CBS tabanlı yapı yönetimi uygulamalarına kısaca değinilen çalışmada animasyon tabanlı bir yapı yönetimi önerisi sunulmuştur. Çalışmada 3B animasyon tabanlı proje takibi yöntem olarak belirlenmiş ve çalışma alanı olarak Eskişehir'de inşası devam eden konut tipi betonarme bir yapı seçilmiştir. Yapının mimari ve teknik proje çizimleri CBS ortamında proje iş kalemelerini ifade eden 3B katmanlara dönüştürülmüş; iş programındaki iş kalemlerinin tamamlanma tarihlerine göre animasyon tabanlı olarak sunulmuştur. Örnek yapıdan işçi, malzeme, ekipman vb. veriler toplanarak inşaatı ait konumsal ve özniteliksel tüm veriler tek ortamda birleştirilmiştir.

Yöntem

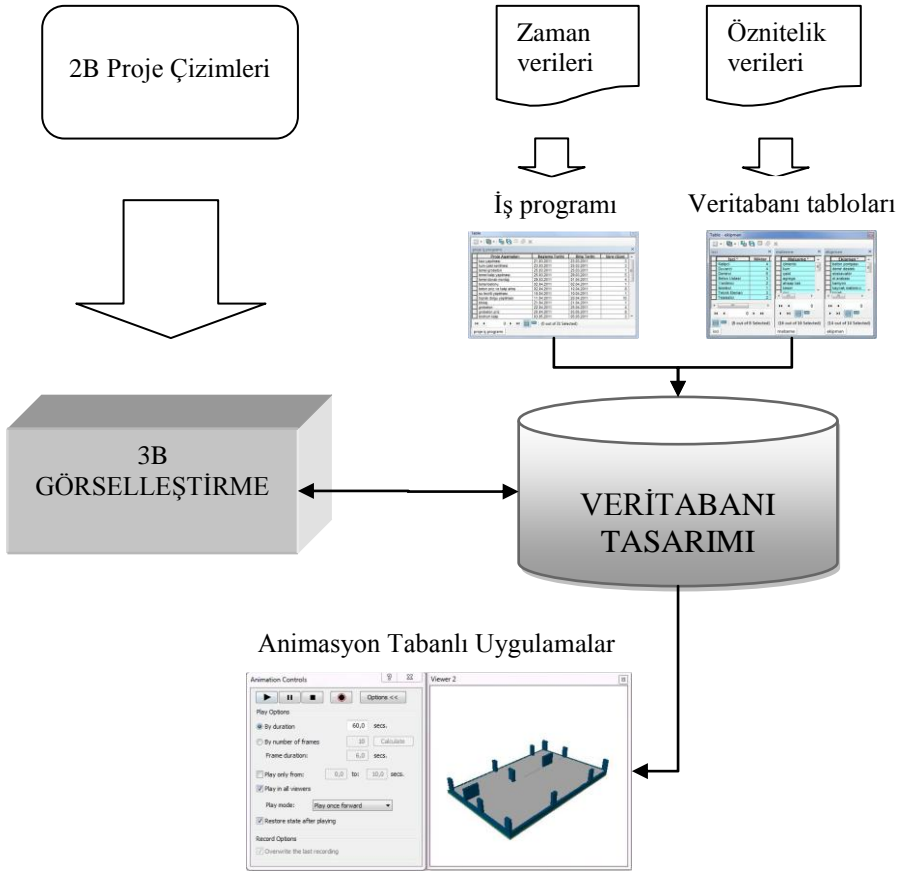
CBS'nin yapı yönetiminde kullanım olanaklarının araştırıldığı ve CBS tabanlı bir yapı yönetimi sisteminin önerildiği bu çalışmada 3B animasyon tabanlı proje takibi yöntem olarak belirlenmiştir. Bansal ve Pal (2006), 3B görselleştirme yapabilmek için tek parça halindeki proje çizimlerinin kullanışlı olmadığını savunmuştur. Bu nedenle 2B proje çizimleri, her bir yapı elemanını (kolon, kiriş, döşeme, duvar vb.) ifade edecek şekilde katmanlara dönüştürülmüştür. CAD tabanlı çizimler CBS ortamına transfer edilmiştir. CAD yazılımlarında kartezyen koordinat düzleminde bulunan katmanlara CBS yazılımında konumsal bir koordinat sistemi atanmış, böylece çizim katmanları konumsal veriler haline getirilmiştir. Daha sonra katmanlara *base height* (yerden yükseklik) ve *extrusion* (uzatma) veri alanları eklenerek 3B görünüm elde edilmiştir. Önerilen animasyon tabanlı sistemde projenin takibi için gerçek zaman verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle CPM tabanlı iş programı hazırlanmıştır. Ayrıca model alınan yapının iş kalemlerine ait işçi, malzeme ve ekipman verileri de toplanarak konumsal veritabanına kaydedilmiştir. CBS'nin konumsal veritabanı desteği, tüm verilerin tek ortamda saklanması ve sorgulanmasını mümkün hale getirmektedir. Bu sayede CBS yazılım arayüzünde 3B katmanlarla öznitelik verileri bütünleştirilmiş ve animasyon tabanlı olarak sunulmuştur.

Kullanılan Veriler

CBS tabanlı yapı yönetimi sistemi için yapım halindeki konut tipi betonarme bir yapı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın 3B görselleştirme aşamasında yapının *AutoCAD* ortamında çizilmiş mimari ve statik-betonarme proje çizimlerinden yararlanılmıştır. Yapının iş programının hazırlanmasında temel inşaatı, beton işleri ve duvar aşamaları baz alınmış olup çatı işleri ile cephe ve iç hacimlerdeki ince işçilik aşamaları çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. İş programının oluşturulması için inşaat aşamaları yerinde gözlemlenmiş; iş kalemlerinin başlama ve tamamlanma tarihleri belirlenmiştir. Önerilen sistemin veritabanı tasarımı içinse örnek yapının iş kalemlerine ait işçi, malzeme, ekipman vb. öznitelik verileri kullanılmıştır.

Sistem Aşamaları

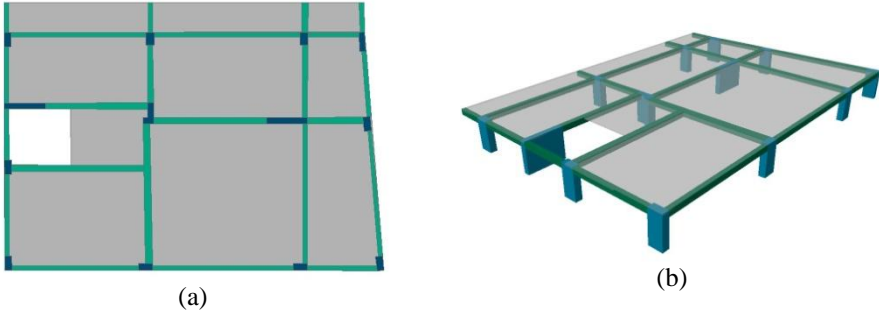
Önerilen animasyon tabanlı sistemde CBS'nin 3B görselleştirme olanaklarından yararlanılarak bir yapının hem konumsal hem de öznelisel verilerinin tek ortam üzerinden yönetimi amaçlanmıştır. Şekil 1'de sistem mimarisi verilmiştir. Görüldüğü gibi sistem; 3B görselleştirme; proje iş programının hazırlanması ve öznelisel verilerin tablolara kaydedilmesini kapsayan veritabanı tasarımı ve animasyon tabanlı uygulama aşamalarından oluşmaktadır. Aşağıda bu aşamalar hakkında bilgiler sunulacaktır.



Şekil 1. Sistem mimarisi

3 Boyutlu Görselleştirme

CBS yazılımları, katmanlar halindeki 2B ve 3B verilerin görsel sunumu ve konuma dayalı analizleri konusunda etkili araçlardır. Bu çalışmada CBS yazılımı olarak ArcInfo çözümlerinden yararlanılmıştır. Örnek yapının AutoCAD yazılımı ortamında hazırlanmış mimari ve teknik proje çizimleri, proje iş kalemlerini ifade eden ayrı veri katmanlarına dönüştürülüp ArcInfo ortamına aktarılmıştır. Veri transferi, CAD ve CBS yazılımlarının önceki sürümlerinde eklentiler aracılığıyla yapılmasına karşın yazılımların yeni sürümlerindeki gelişmiş birlikte çalışabilirlik sayesinde kolaylıkla sağlanmıştır. Oluşturulan veri katmanları herhangi bir coğrafi koordinat sistemine sahip olmadığından bu katmanlara bir coğrafi koordinat sistemi atanmıştır. Daha sonra katmanlar, ArcInfo'nun ArcScene aracında 3B olarak görüntülenmiştir. Şekil 2'de yapının bir katına ait kolon, giriş ve döşeme elemanları 2B ve 3B olarak sunulmuştur.



Şekil 2. (a) 2B görsel veri katmanları, (b) 3B görsel veri katmanları

Veritabanı Tasarımı

Proje İş Programının Hazırlanması

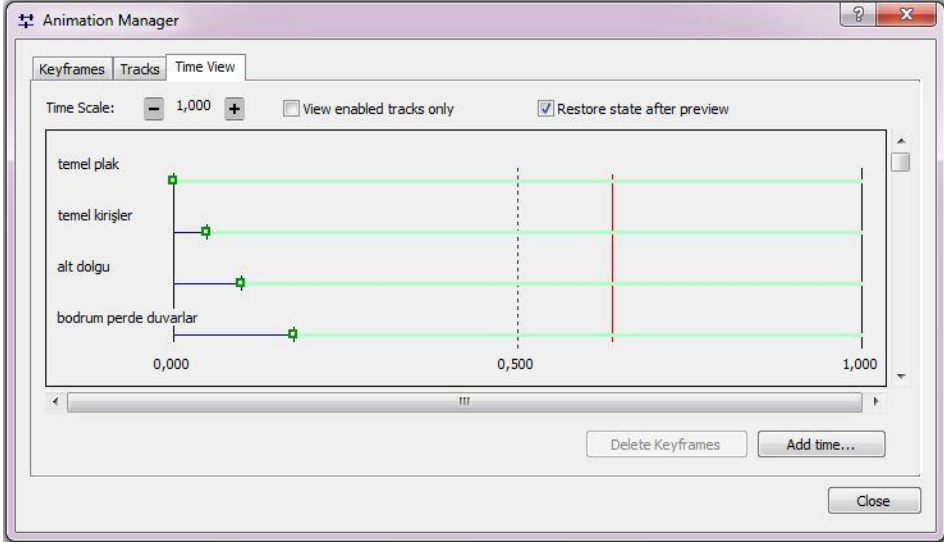
İnşaat projelerinde ardışık ve eşzamanlı birçok yapım aşaması bulunmaktadır. Kaba inşaatın proje iş kalemleri, aralarındaki başlama ve tamamlanma tarihlerini, yapım sürelerini kapsayan CPM tabanlı bir iş programı hazırlanmıştır. İş programları için birtakım proje yönetim yazılımları mevcuttur. Bu çalışmada iş programı CBS ortamında hazırlanmış olup bunun için CBS yazılımının, verileri tablolar halinde depolama özelliğinden faydalanılmıştır. İş programı tablosu her işlem için başlangıç ve bitiş düğümleri, başlangıç ve tamamlanma tarihleri, işlem süresi gibi veri alanlarına sahiptir. Konut tipi betonarme yapılarda özellikle temel aşamaları ve beton işleri ardışık şekilde sıralanmaktadır. Ancak üst katlarda beton ve duvar işlerinin eşzamanlı olarak yürütüldüğü iş kalemleri mevcuttur.

Öz nitelik Verilerinin Tablolara Kaydedilmesi

Sıralı ve eş zamanlı birçok uygulamanın gerçekleştirildiği yapı projelerinde çok sayıda veri mevcuttur. Büyük miktarda verinin saklanması, analizi ve yönetimi bir sorun haline gelebilmektedir. Bu nedenle yapıya ait öz nitelik verilerinin saklandığı ve veri gruplarının birbirleriyle ilişkilerinin kurulduğu bir veritabanı tasarlanmıştır. Veritabanında her bir veri grubu ayrı tablolarda saklanmıştır. Verilerin tek ortamda saklanması ile veri sorgulama ve yönetimi daha kolay şekilde yapılabilir.

Animasyon Tabanlı Uygulamalar

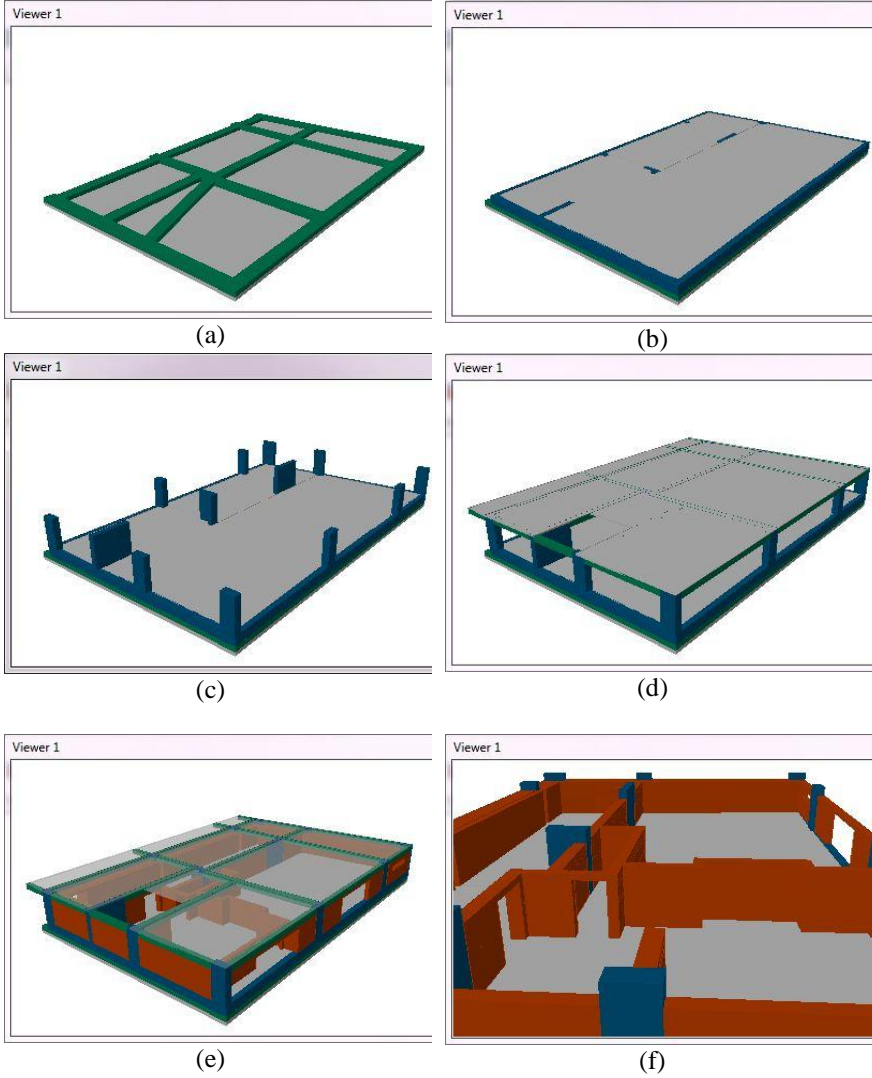
Animasyon tabanlı uygulamalar *ArcInfo* yazılımının *ArcScene* bileşeni kullanılarak yapılmıştır. *ArcScene*, 3B görselleştirmenin yapılabildiği bir bileşen olmakla birlikte içerdiği *Animation Manager* aracı sayesinde animasyon tabanlı uygulamalara da olanak vermektedir. *ArcScene* arayüzüne gömülü bir araç olan *Animation Manager*'de hazır görsel katmanların bağımsız birer animasyon karesi halinde sunumu ve kaydı gerçekleştirilebilmektedir. *Animation Manager*'de kamera animasyonu, katman animasyonu, zaman animasyonu ve sahne animasyonu olmak üzere dört animasyon tipi mevcuttur. Bu çalışmada model yapının zaman verilerine bağlı bir katman animasyonu gerçekleştirilmiştir. Model yapı katmanları birer animasyon karesi olarak ayrı kayıt dosyalarına kaydedilmiştir. İş programıyla ilişkilendirilen her bir katmanın başlangıç ve bitiş zamanları belirlenerek zaman çizelgesinden takip edilebilmektedir (Şekil 3). Şekilde görülen kareler iş kalemlerinin başlama zamanını, kırmızı çizgi ise projedeki ilerlemeyi ifade etmektedir. İş kalemlerine ait görsel katmanların üst üste birleştirilmesiyle 3B animasyon elde edilmiştir. Şekil 4'te yapının temel, bodrum kat beton ve duvar aşamalarını kapsayan 3B katmanlar animasyon tabanlı olarak görülmektedir.



Şekil 3. Animation Manager arayüzünde iş kalemleri

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, ülkemizde henüz araştırma yapılmamış bir alan olan CBS tabanlı yapı yönetimi konu alınmış; geleneksel yapı yönetimi pratiklerine yenilikçi bir bakış açısı getirmek amaçlanmıştır. Bu alanda yapılan uygulamalara kısaca değinilen çalışmada CBS tabanlı bir yapı yönetimi sistemi önerilmiştir. Bilgi teknolojilerinin önemli bir parçası olan CBS, inşaat sektörünün ihtiyacı olan konumsal perspektife sahip etkin bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmada animasyon tabanlı bir proje takibi yöntem olarak belirlenmiş ve uygulamalar Eskişehir’de yapım halindeki konut tipi betonarme bir yapı için uygulanmıştır. CBS yazılımı olarak *ArcInfo*’nun kullanıldığı sistem 3B görselleştirme, proje iş programının hazırlanması, veritabanı tasarımı ve animasyon tabanlı uygulamaları kapsamaktadır. 3B görselleştirme aşaması *ArcScene* ortamında yapılmış olup model yapının animasyonları *Animation Manager*’da gerçekleştirilmiştir. Sonuçta CBS’nin görselleştirme ve veritabanı desteği yönünden yapı yönetimi için etkin bir araç olduğu bulgulanmıştır. Oluşturulan sistem, proje yöneticilerine henüz gerçekleşmemiş olsa dahi yapım aşamalarını 3B olarak görme ve olası gecikmeleri belirleme olanağı sunmaktadır.



Şekil 4. 3B animasyon kareleri

- (a) Radye temel, (b) Tamamlanmış temel aşamaları, (c) Bodrum kat kolonları,
(d) Bodrum kat duvarsız genel görünüm, (e) Bodrum kat genel görünüm,
(f) İç detaylar

Ayrıca yapı yönetim sürecindeki en temel problemlerden biri olan veri yönetimi, CBS'nin gelişmiş veritabanı desteği sayesinde tek ortamda sağlanabilmektedir. Elde edilen olumlu sonuçlara rağmen çalışmanın birtakım kısıtlamaları mevcuttur. 3B katmanların önceden hazırlanması zaman kaybına yol açmaktadır. Bunun yerine programlama bilgisine başvurularak katmanların otomatik olarak çizdirilmesi

mümkündür. Ayrıca oluşturulan sistemde, çatı ve ince işçilik aşamaları çalışma kapsamına alınmamıştır. Sonuç olarak ülkemizde CBS tabanlı yapı yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi ve yenilikçi yapı yönetimi araştırmalarının yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Bansal, V.K., Pal, M. (2006), "GIS based projects information system for construction management." Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 7(2), s. 115-124.
- Bansal, V.K., Pal, M., (2006), "Geographic Information Systems for Construction Industry: A methodology to generate 3-D view of buildings", Geoenseñanza, 11, s. 17-28.
- Bansal, V.K., Pal, M., (2007), "Potential of geographic information systems in building cost estimation and visualization", Automation in Construction, 16, s. 311–322
- Bansal, V.K., Pal, M. (2008), "Generating, evaluating, and visualizing construction schedule with Geographic Information Systems." Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 22(4). s. 233-242.
- 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, s. 532–54
- 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.
- Kolagotla, V., (2009), "Geographical Information System and Its Application To Project Management In Construction Industry", Symposium of Map Asia, India.
- Sun, W., Hasell, M.J. (2002), "Exploring a GIS prototype to improve the management of the architectural design, engineering and construction building product process." Environment Science and Research Institute (ESRI) Konferansı.
- 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.