

**YAPI YÖNETİMİNDE COĞRAFI BİLGİ
SİSTEMLERİ (CBS)'NİN KULLANILMASI**

A.Emre CENGİZ

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

Anabilim Dalı

Ocak-2012

**Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. Proje No: 1103F044**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

A.Emre Cengiz'in Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığı “Yapı Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)’nin Kullanılması” başlıklı bu çalışma, 16.01.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı - Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Doç. Dr. Yücel GÜNEY	
Üye :	Prof. Dr. Alper ÇABUK	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Emrah PEKKAN	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Hakan UYGUÇGİL	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Osman AYTEKİN	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPI YÖNETİMİNDE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)'NİN KULLANILMASI

A. Emre CENGİZ

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yücel GÜNEY

2012, 134 sayfa

Proje ve yapım yönetimi; şantiyede eşzamanlı ve ardışık olarak yürütülen proje aşamalarının planlanmasını, analizini, koordinasyonunu ve kontrolünü kapsamaktadır. Proje ve yapım yönetiminin öncelikli hedefleri yeterli iş gücü, uygun malzeme ve kaynak seçimiyle yapım maliyetlerinin ve zaman kaybının en aza indirilmesidir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi yapım aşamaları boyunca bireyler ve birimler arası doğru, güncel ve sürekli bilgi akışıyla mümkündür. Yapı projelerinin yönetim sürecinde bilgi teknolojilerinden yararlanılmaması ve pratikte kullanılabilecek etkili araçların yetersiz olması yapım yönetiminin başlıca sorunlarıdır. Gelişen teknolojinin önemli bir parçası olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yapım yönetimde geniş bir araştırma ve uygulama alanına sahiptir. Ancak ülkemizde CBS'nin yapım yönetimi için önemi henüz kavranamamıştır. Bu çalışmada, yapım yönetimde CBS'nin kullanım olanakları araştırılmış ve CBS tabanlı bir yapı yönetim sistemi önerilmiştir. Çalışmanın amacı proje verilerin tek ortamda bütünleştirilmesini sağlayan bir sistemin geliştirilmesidir. Şantiye çalışmalarını ve bilgisayar tabanlı uygulamaları kapsayan sistemin inşasında 3 boyutlu (3B) görselleştirme, Critical Path Method (CPM) tabanlı iş programının hazırlanması, metraj ve yaklaşık maliyet hesabı, ilişkisel veritabanı tasarımı ve veri entegrasyonu çalışma yöntemleri olarak belirlenmiştir. Geliştirilen kullanıcı arabirimi sayesinde yapı projelerindeki görsel ve özniteliksel verilerin bütünleştirilmesini sağlayan sistem CBS Tabanlı Yapı Yönetim Sistemi (CBS-YYs) olarak adlandırılmıştır. Sistemin uygulamaları Eskişehir'de inşası devam eden konut tipi betonarme bir yapıda gerçekleştirilmiştir. CBS-YYs, tüm proje verilerinin tek ortamda kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca 3B görselleştirme sayesinde proje ilerlemelerinin yöneticiler tarafından daha iyi anlaşılmasına, olası gecikmelerin daha hızlı gözlemlenerek gerekli önlemlerin alınmasına olanak sunmaktadır. Böylece proje süresini etkileyecek aksaklıklar ve bunlara bağlı ek maliyetler en aza indirilebilecektir.

Anahtar Sözcükler: Yapım yönetimi, CBS, CBS-YYs, 3B Görselleştirme.

ABSTRACT

Master of Science Thesis USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) IN CONSTRUCTION MANAGEMENT

A.Emre CENGİZ

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Remote Sensing and Geographic Information System Program**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yücel GÜNEY
2012, 134 pages**

Project and construction management covers the planning, analysis, coordination and control of synchronous and sequential project stages. The primary goals of project and construction management are to minimize construction costs and time loss through appropriate material and source selections. The achievement of these goals depends on the correct, current and constant flow of information between individuals and units throughout the stages of construction. The foremost issues faced by construction management are the disuse of information technologies and the insufficiencies of applicable and effective tools in the management process. Geographic Information System (GIS) are an important aspect of developing technology in the field. GIS has a wide field of application and research in construction management, however, its importance has yet to be perceived in Turkey. This study researches the usage possibilities of GIS in construction management in Turkey and accordingly proposes a GIS based construction management system. The purpose of this study is to develop a system that allows for the consolidation of project data to a single environment. During the development of this system, which covers both construction site practices and computer based applications, 3D visualization, preparation of a Critical Path Method (CPM) based work program, quantity and approximate cost, relational database design, and data integration were determined as operational modes. The user interface developed allows for the unification of visual and attribute data and the system as a whole has been named GIS Based Construction Management System (GIS-CMS). The system was implemented in a continuing residential reinforced concrete construction in Eskisehir. GIS-CMS allowed for all project data to be controlled in a single environment. Additionally, the 3D visualization functionality allowed project managers to better understand project development, and possible delays were quickly observed thereby providing the opportunity for necessary precautions. Thus faults and associated additional costs can and have been minimized through the use of the GIS-CMS system developed within the scope of this research.

Keywords: Construction management, GIS, GIS-CMS, 3D Visualization

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Şu anda hayatımızda manyetizma diye bir şey varsa bunu büyük ölçüde *Michael Faraday*'a borçluyuz. Rivayet olunur ki *Faraday*, elektromanyetizmanın temelini oluşturan deneylerinden birini gören ve “Çok ilginç. Ancak bu ne işe yarar?” diye soran bir kadına “Söyler misiniz, yeni doğan bir bebek ne işe yarar?” sorusuyla cevap vermiştir. Getireceği faydaların yanında kısıtlılıklarının da farkında olarak giriştiğim bu tez çalışmasını, tıpkı *Faraday*'ın ilksel deneyleri gibi bir “bebek” olarak değerlendirmenin doğru olacağını düşünmekteyim.

Bu tez çalışmasını beraber yürüttüğüm ve bu süreçte deneyimlerini benden esirgemeyen tez danışmanım *Doç. Dr. Yücel Güney*'e, bu konu üzerine çalışmamı öneren *Prof. Dr. Alper Çabuk*'a, CBS tabanlı yapım yönetimi alanına sağladığı değerli katkılarından ve çalışmalarına gösterdiği ilgilerinden dolayı *Yard. Doç. Dr. Vijay Kumar Bansal*'a, verdiği dersler sayesindeengin bilgilerinden yararlandığım *Yard. Doç. Dr. Hakan Uyguçgil*'e, proje ve yapım yönetimi alanındaki bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan *Yard. Doç. Dr. Osman Aytekin*'e, maddi ve manevi anlamda her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu tezin gerçekleştirilmesinde somut katkılar sağlayan *Gürkan Balaban*, *Osman Murat Kaya*, *Önder Orakoğlu* ve *Yılmaz Kiraz*'a, bu zorlu süreçte daima yanımda olan mesai arkadaşlarıma ve tüm Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Bu yüksek lisans tezinin gerçekleştirilmesinin yalnızca tez sürecine bağlı olmayıp geçmişten bugüne hayatıma anlam katan tüm insanlarla ilgili olduğunu belirterek; İlkokul öğretmenim *Nesrin Alış*'a; dostlarım *Erk Ekin*, *Fatih Nalçacı*, *Araş. Gör. Şakir Özüdoğru* ve *Zeynep Aygül*'e; sabrından ve manevi desteğinden dolayı *Ayşe Tunç*'a ve kısa süredir tanıyor olmama rağmen hayatıma güzellikler getiren *Nur İpek Önder*'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Önem	4
1.2. Kapsam	6
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	9
2.1. Veritabanı Yönetimi	9
2.2. Saha ve Ulaşım Planlamaları	10
2.3. Şantiye Tasarımı	12
2.4. E-Ticaret Uygulaması	14
2.5. 3B Görselleştirme	14
2.6. İş Programı Kontrolü	16
2.7. Gerçek Zamanlı Proje Takibi	19
2.8. Malzeme Yönetimi ve Maliyet Analizi	20
2.9. İş Güvenliği	22
3. KURAMSAL TEMELLER	25
3.1. 3B CBS’ye Genel Bakış	25
3.1.1. 3B Konumsal Veri Modelleme	27

3.1.2. 2.5B Görselleştirme	28
3.1.3. 3B Nesnelerin Sunumunda ArcGIS Veri Tipi	29
3.1.4. ArcGIS, Sketchup ve Google Earth	30
3.2. Dördüncü Boyut Kavramı	31
3.2.1. Yapım yönetiminde dördüncü boyut: Proje iş programı	32
3.2.2. Kritik yol yöntemi (CPM).....	33
3.2.3. 4B-CAD	35
3.2.4. 4B-CAD ile İlgili Problemler	37
3.2.5. Yapı Bilgi Modelleme (YBM).....	38
3.2.6. nB Modelleme.....	39
3.2.7. CBS ve CAD Teknolojilerinin Karşılaştırılması	40
3.2.8. CBS ve CAD Birlikte İşlerliği	41
3.3 Veri Entegrasyonu	43
4. MATERYAL	44
5. YÖNTEM	47
5.1. CBS tabanlı 3B görselleştirme	49
5.2. Multipatch veri yapısında 3B görselleştirme.....	51
5.3. CPM Tabanlı proje iş programının hazırlanması	52
5.4. Metraj ve Yaklaşık Maliyet Hesabı	52
5.5. İlişkisel Veritabanı Tasarımı	53
5.6. Veri Entegrasyonu	55
6. KULLANICI ARABİRİMİ TASARIMI	57
6.1. <i>ArcScene Control</i> ile görsel veri çekme	59
6.2. <i>Visual Studio</i> ortamına veritabanından veri çekme	60
6.3. Kullanıcı arabiriminin ana formu	62
6.4. Kullanıcı arabiriminin alt formları	62

6.5. Ana ve alt form kontrolleri	65
7. ÖRNEK UYGULAMALAR	72
7.1. Örnek yapıya ait bilgiler.....	72
7.1.1. Görsel veriler	73
7.1.2. Öznitelik verileri	74
7.2. Örnek Uygulama-1	74
7.3. Örnek Uygulama-2	87
7.4. Örnek Uygulamaların Karşılaştırılması.....	94
8. BULGULAR VE TARTIŞMA	96
8.1. Bulgular	96
8.2. Tartışma.....	97
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR	105
Ek-1 CBS-YYŞ Yazılımı Akış Diyagramı	116
Ek-2 İlişkisel Veritabanı Modeli	117
Ek-3 Kullanıcı Arabiriminin Kaynak Kodlarından Örnekler.....	118
Ek-4 <i>AutoCAD</i> - <i>ArcGIS</i> Yazılımları Arası Birlikte Çalışabilirlik	127
Ek-5 <i>Google SketchUp</i> ve <i>ArcGIS</i> Yazılımları Arası Birlikte Çalışabilirlik	131

ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1 Tüm proje verilerinin tek ortam üzerinden yönetimi	5
1.2 Şantiyeden veri toplamada mobil bir cihazın kullanımı	6
2.1 Planlanan proje iş akışı (Sun ve Hasell, 2002).....	10
2.2 CBS ile bütünleşik yeraltı bilgi sistemi arabirimi (Oloufa ve ark. 1994)	11
2.3 RoutePlan ile belirlenmiş bir ulaşım güzergâhı (Cheng ve Chang, 2001).....	12
2.4 ArcSite ile gerçekleştirilmiş bir şantiye yerleşim planı (Cheng ve O'Connor, 1996).....	13
2.5 CBS ortamında 3B bina gösterimi (Bansal ve Pal, 2006).....	15
2.6 Baraj inşaatının 2006-2011 yılları arasındaki ilerlemeleri (Zhong ve ark. 2004).....	16
2.7 CBS ortamında 3B görsel verilerle bütünleşik proje iş programının sunumu (Bansal, 2008)	17
2.8 CBS entegreli proje yönetim sistemi özet raporu (Kolagotla, 2009)	18
2.9 ArcSched gerçek zamanlı montaj görüntüleme menüsü (Cheng ve Chen, 2002)	20
2.10 3B modelle bütünleşik metraj ve maliyet planlamaları (Bansal ve Pal, 2007)	21
2.11 ArcView ortamında yapılan bir SQL sorgulamasının sonuçları ve grafik gösterimi (Manase ve ark. 2011).....	23
3.1 Dijital arazi modeli üzerinde 2.5B yapılar (Snead ve Maidment, 2000)	28
3.2 Sketchup'ta oluşturulmuş 3B modelin ArcScene ortamındaki görünümü (Ekberg, 2007).....	31
3.3 Yapının farklı aşamalarının görüntülendiği bir 4B CAD uygulaması (Russel ve ark. 2009).....	37
3.4 Yapı Bilgi Modelleme (YBM)	39
4.1 Visual Studio ortamında ArcGIS Engine Bileşenleri.....	39
4.2 SketchUp Pro 3B veri paylaşım penceresi	46
5.1 Araştırma yöntemlerinin şeması	47
5.2 CBS-YYs'nin genel mimarisi	48

5.3 Cheng ve Yang (2001) tarafından geliştirilen CBS tabanlı metraj hesabı algoritması.....	49
5.4 Bansal ve Pal (2006) tarafından 3B görünüm oluşturmak için kullanılan katmanlar.....	50
5.5 Metraj ve yaklaşık maliyet hesabı algoritması.....	53
5.6 Visual Studio 2005 kullanıcı arabirimi	55
6.1 3B görsel verilerin ArcScene Control Penceresi üzerindeki görünümü	57
6.2 Scene Contol bileşeninin özellikler sekmesi.....	58
6.3 Kullanıcı arabirimi ana formu üzerindeki menü sekmesi	58
6.4 Kullanıcı arabirimi ana formu üzerine ArcScene dosyasının açılması	59
6.5 Kullanıcı arabirimi üzerinde görsel verilerin görüntülenmesi	59
6.6 Visual Studio’da veri kaynağı seçimi	60
6.7 Bilgisayarda kayıtlı veritabanı dosyasının eklenmesi.....	61
6.8 Visual Studio’ya eklenen veritabanı tabloları	61
6.9 Kullanıcı arabirimi ana formu	62
6.10 Kullanıcı arabiriminin alt formları	63
6.11 Kullanıcı arabiriminin Proje İş Programı alt formu	64
6.12 DataGridView penceresine veritabanından veri çekme	64
6.13 İşçi, Malzeme ve Ekipman alt formları.....	65
6.14 Seçili İş Kalemi radyo düğmesinin işleyişi	66
6.15 Tamamlananlar radyo düğmesinin işleyişi.....	67
6.16 Metin kutusuna elle tarih girip sorgulama	67
6.17 Tüm Yapı radyo düğmesinin işleyişi	68
6.18 Alt formlarda görüntülenen birbiriyle ilişkili öznitelik verileri	68
6.19 Seçilen bir faaliyete kadar hesaplanan işçi maliyetleri	69
6.20 Seçilen bir faaliyete kadar hesaplanan malzeme maliyetleri	70
6.21 Seçilen bir faaliyete kadar hesaplanan ekipman maliyetleri	70
6.22 Kullanıcı arabiriminin Çıkış fonksiyonu.....	71
6.23 Kullanıcı arabiriminden çıkış için uyarı penceresi.....	71
7.1 Çalışma Alanı.....	72
7.2 Örnek yapının giriş kat planı.....	73

7.3 Örnek yapının zemin kat kalıp planı	73
7.4 Örnek yapının iş ayrışım yapısı.....	73
7.5 AutoCAD'den ArcScene ortamına aktarılan 2B görsel katmanlar	73
7.6 Görsel katmanların ArcScene ortamında 3B görünümü, (a) Kolonlar, (b) Kolon, giriş ve döşemeler, (c) Genel kat görünümü, (d) İç detaylar	78
7.7 Örnek yapının CPM ağ diyagramı	79
7.8 İlişkisel veritabanında çoktan çoğa tablo ilişkileri.....	80
7.9 Örnek yapının kullanıcı arabiriminde 3B görünümü	80
7.10 Örnek yapının farklı iş kalemlerine ait görsel katmanlar, (a) Temel betonu, (b) Bodrum kolon donatı, (c) 1.kat girişleri, (d) 2.kat tuğla duvarlar	81
7.11 Seçili İş Kalemleri kontrolünde çoklu katman seçimi	82
7.12 Planlanan ve gerçekleşen 3B görsel katmanlar	82
7.13 Tarih sorgulamasına göre yapının tamamlanması planlanan ve gerçekleşen 3B katmanları	83
7.14 Proje İş Programı- İşçi alt formlarının ilişkisel işleyişi	84
7.15 Proje İş Programı- Malzeme alt formlarının ilişkisel işleyişi	84
7.16 Proje İş Programı- Ekipman alt formlarının ilişkisel işleyişi.....	84
7.17 Tamamlanan iş kalemleri için işçi yaklaşık maliyetleri	85
7.18 Tamamlanan iş kalemleri için malzeme yaklaşık maliyetleri	85
7.19 Tamamlanan iş kalemleri için ekipman yaklaşık maliyetleri.....	85
7.20 Örnek yapının işçi toplam yaklaşık maliyeti.....	86
7.21 Örnek yapının malzeme toplam yaklaşık maliyeti.....	86
7.22 Örnek yapının ekipman toplam yaklaşık maliyeti	87
7.23 Örnek yapının Google SketchUp'ta oluşturulan 3B mimari modeli.....	88
7.24 Örnek yapının 3B mimari modelinin Google Earth Pro ortamındaki görünümü	88
7.25 Import 3D Files penceresi	89
7.26 Örnek yapının multipatch veri yapısında CBS ortamına transfer edilen 3B modeli.....	89
7.27 Örnek yapının kullanıcı arabiriminde multipatch veri yapısında görünümü	90

7.28 Örnek yapının multipatch veri yapısında farklı iş kalemlerine ait görsel katmanları, (a) Temel plak donatıları, (b) 1.kat kolonları, (c) 3.kat kolon donatıları, (d) Kiremit çatı örtüsü	90
7.29 Multipatch veri yapısındaki görsel katmanların çoklu seçimi	91
7.30 Multipatch veri yapısındaki planlanan ve gerçekleşen 3B görsel katmanlar	91
7.31 Multipatch veri yapısındaki tarih sorgulamasına göre yapının tamamlanması planlanan ve gerçekleşen 3B katmanları.....	92
7.32 Çatı aşaması için işçi verileri	92
7.33 Çatı aşaması için malzeme verileri	93
7.34 Çatı aşaması için ekipman verileri	73
7.35 Örnek yapının çatı aşamasına kadarki işçi, malzeme ve ekipman maliyetleri.....	73
7.36 Çıkış fonksiyonu kullanılarak kullanıcı arabiriminin sonlandırılması.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

4.1 Örnek yapıdan toplanan zaman verileri	75
4.2 Örnek yapıdan toplanan işçi, malzeme ve ekipman verileri	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

API	: Application Programming Interface
B	: Boyut/Boyutlu
CAD	: Computer Aided Design
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
COLLADA	: Collaborative Design Activity
CPM	: Critical Path Method
DEM	: Digital Elevation Model
DML	: Data Manipulation Language
EB	: En erken başlama tarihi
ET	: En erken tamamlanma tarihi
GB	: En geç başlama tarihi
GPS	: Global Positioning System
GSDM	: Global Spatial Data Model
GT	: En geç tamamlanma tarihi
KML	: Keyhole Markup Language
ODBC	: Open Database Connectivity
OO	: Object-Oriented
PERT	: Program Evaluation Research Task
SB	: Serbest Bolluk
SDM	: Simplified Data Model
SML	: Simple Macro Language
SVG	: Scalable Vector Graphics
TB	: Toplam Bolluk
TIN	: Triangulated Irregular Network
TEN	: Tetrahedral Network
VRML	: Virtual Reality Modelling Language
VTYS	: Veritabanı Yönetim Sistemi
YBM	: Yapı Bilgi Modeli
WBS	: Work Breakdown Structure
Web3D	: Web Based 3D
X3D	: Extendible 3D
3D FDS	: 3D Formal Data Structure

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun günümüz modern yaşantısına erişmesi yüzyılları aşan bir çabanın sonucudur. Barınma ihtiyacıyla yapılar, su kaynaklarına erişim için su kanalları, ulaşımı sağlayabilmek için yollar inşa eden insanoğlu, günümüz modern inşaat mühendisliği tekniklerinin de temelini oluşturmuştur. Mühendisliğin en önemli dallarından biri olan inşaat mühendisliği, bünyesinde barındırdığı birçok anabilim dalıyla insan hayatını doğrudan etkileyen sosyal ve teknik alanların merkezinde yer almaktadır. Bu anabilim dallarından biri de yapım yönetimidir. Yapım yönetimi; müşterilerin işlev, kalite, zaman ve maliyet gibi ölçütlerini yerine getirebilmeyi, kaynaklar arasındaki ilişkilerin kurulmasını, çalışan performanslarının yönetilmesini kapsayan bir inşaat projesinin başlangıcından bitimine kadar planlanması, koordine ve kontrol edilmesidir (Walker, 2007). Bir yapı projesinde, eşzamanlı ya da ardışık olmak üzere çok sayıda yapım aşaması; projenin boyutuyla doğru orantılı olarak da çok sayıda iş birimi yer almaktadır. Yapım yönetiminin öncelikli hedefleri; uygun malzeme, yeterli işgücü ve doğru ekipman seçimiyle yapım maliyetlerinin ve süresinin en aza indirilmesidir.

Moore (2002), yapı projelerinin bilgiyle yürütüldüğünü vurgulamıştır. Ancak bir yapı projesinin başarıya ulaşması için bilginin tek başına yeterli olmadığı bilinmektedir. Yapım yönetimi sürecinde başarıya ulaşılması, güncel ve güvenilir bilginin birimler ve bireyler arasında sağlıklı şekilde paylaşılmasıyla mümkündür. Aksi takdirde tutarsız ve güncel olmayan verilerin varlığı, uygulama hatalarına; buna bağlı gecikmelere ve ek maliyetlere neden olacaktır.

İnşaat sektörü, yeniliğe kapalı olduğu ve gelişen teknolojiye ayak uyduramadığı gerekçesiyle uzun yıllar eleştirilmiştir (McGeorge, 2007). Ogunlana ve ark. (1996), teknolojik gelişmelere rağmen rutin saha işlerinin geleneksel yöntemlerle yapılmasının imalatlarda gecikmeye yol açtığını vurgulamışlardır. Yapı projelerinin yönetim sürecinde bilgi teknolojilerinden yararlanılmaması ve pratikte kullanılabilecek etkili araçların yetersiz olması yapım yönetiminin başlıca sorunları olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapım yönetiminin bu temel sorunlarını daha detaylı olarak ele almak gerekirse yapı projelerinin aşamalarına ve bu aşamalarda kullanılan verilere değinmek yararlı olacaktır.

Yapı projeleri tasarım ve uygulama olmak üzere iki temel aşamada gerçekleştirilmektedir. Tasarım aşamasında yapıya ait proje çizimleri genellikle Computer Aided Design (CAD) araçları kullanılarak oluşturulmaktadır. Yapının görsel verilerini oluşturan bu çizimler, 2 boyutlu (2B) olmaları nedeniyle imalatlara ait detayları içermemektedir. Proje süresinin büyük bölümünü kapsayan uygulama aşamalarının belirli bir bütçeyle ve mümkün olduğunca az zamanda gerçekleştirilmesi gerektiğinden işgücü, malzeme ve ekipman kaynaklarının en doğru şekilde kullanması gerekmektedir. Ancak yeterli detaya sahip olmayan görsel verilerden yararlanılması, karar verme sürecinde proje yöneticilerinin işini zorlaştırmaktadır.

Yapı projelerinde zaman boyutu iş programıyla kontrol edilmektedir. İş planlama yöntemlerinden ve proje yönetimi yazılımlarından yararlanılarak hazırlanan iş programlarının görsel destekten yoksun olması, proje ilerlemelerinin proje yöneticileri tarafından anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, olası aksaklıkların zamanında fark edilememesine yol açmaktadır. Ayrıca yapı projeleri, veri miktarının gittikçe artması nedeniyle bir süre sonra anlaşılması zor bir hal almaktadır. Büyük miktarda verinin proje yöneticileri tarafından mümkün olduğunca kısa zamanda analiz edilmesi gerekmektedir. Fakat proje verilerinin ayrı yazılım ortamlarında üretilip saklanması, karar verme sürenin uzamasına neden olmaktadır. Bu durumu önlemek için çağdaş teknolojinin sunduğu imkânların kullanılması yapı projelerinin yönetim sürecinde önerilmektedir. Yapım yönetimi; verinin saklanması, sorgulaması, analiz edilmesi ve tek ortamda bütünleştirilmesine olanak sağlayan sistemlere ihtiyaç duymaktadır.

Günümüzde bilgiye erişimin kolaylaşması, çağdaş teknolojinin önemli bir parçası olan bilgi sistemlerinin insan hayatındaki önemini belirgin hale getirmiştir. Bilgi teknolojisi; bilginin işlenmesi, depolanması, aktarımı ve sunumu için elektronik donanım ve yazılımların kullanımı olarak tanımlanmıştır (Björk, 1999). Son yıllarda bilgi teknolojileri, inşaat sektöründe performans artırımının kilit noktası olarak değerlendirilmiştir (Bansal, 2008). Bilgi teknolojinin önemli bir parçası olan ve birçok alanda yaygın şekilde kullanılan CBS, yapım yönetiminde geniş bir araştırma ve uygulama alanına sahiptir. Özellikle konumsal verinin analizinde ön plana çıkan CBS, konumsal ve konumsal olmayan verilerin

kullanımıyla inşaat mühendisliği alanındaki birçok probleme etkin çözümler sunabilen bilgisayar tabanlı bir araçtır (ESRI, 2005). Gelişmiş veri saklama özelliklerine sahip veritabanı desteği, konumsal veri analizi ve görsel sunum özellikleri sayesinde CBS araçları, yapım yönetimi alanındaki kullanıcılara etkin bir çalışma sağlayabilmektedir.

Cheng ve Yang (2001), CBS'nin, inşaat sektöründe henüz tam olarak fark edilememiş bir teknoloji olduğunu belirtmişlerdir. Fakat son yıllarda bilgi teknolojilerinin başarılı bir yapım yönetimi süreci için anahtar olduğunun farkına varılması, inşaat sektöründe bilgi teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır. Yapı projelerinin yönetiminde bilgi sistemlerinin kullanımını öneren araştırmalar, yapım yönetiminin çehresini önemli ölçüde değiştirmiştir. Bu olumlu değişim, yapı alanındaki dergi ve konferanslarda yayımlanan çalışmaların artmasıyla kendisini göstermiştir (Miles ve Ho, 1999). Günümüze kadar yapım yönetiminin veri yönetimi, saha ve ulaşım planlamaları, şantiye tasarımı, görselleştirme ve gerçek zamanlı proje takibi, iş programı kontrolü, maliyet yönetimi vb. çeşitli konularında gerçekleştirilen araştırmalar, CBS tabanlı yapım yönetimi literatürüne önemli katkılar sağlamıştır.

Ülkemizde veri, zaman, maliyet ve kaynak yönetimi, iş ve işçi güvenliği, inşaat sektörü tarafından üzerinde sıkça durulan çalışma alanları olmasına rağmen 3B ve 4B uygulamalar, şantiye tasarımı, güzergâh planlamaları gibi hem konumsal hem de özniteliksel verilerin kullanıldığı uygulamalar geliştirilmemiştir. Özellikle çağdaş teknolojinin yapı projelerinin yönetiminde kullanılmayıp yalnızca akademik araştırma ve öneriler bazında kalması, yapım yönetimi sürecinde hala geleneksel tekniklerden yararlanıldığının en önemli kanıtıdır. Günümüze kadar dünyanın çeşitli ülkelerinde gerçekleştirilen CBS tabanlı yapım yönetimi uygulamalarına karşın ülkemizde henüz bu alanda bir çalışma gerçekleştirilmemiştir.

Bu tez çalışmasında, yapım yönetiminde CBS'nin kullanım olanakları araştırılmış ve CBS tabanlı bir yapı yönetim sistemi önerilmiştir. Çalışmanın amacı tüm proje verilerinin tek ortam üzerinden yönetimini sağlayan bir sistemin geliştirilmesiyle yapım yönetimine yenilikçi bir yaklaşım getirmektir. Şantiye çalışmalarını ve bilgisayar tabanlı uygulamaları kapsayan sistemin inşasında 3B

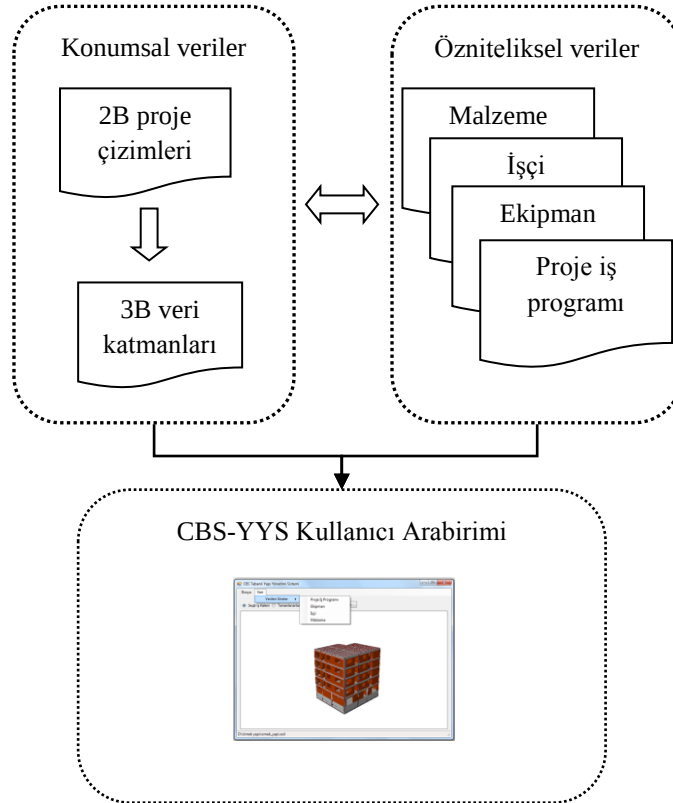
görselleştirme, CPM tabanlı iş programının hazırlanması, metraj ve yaklaşık maliyet hesabı, ilişkisel veritabanı tasarımı ve veri entegrasyonu çalışma yöntemleri olarak belirlenmiştir. CBS yazılımı olarak *ArcGIS*'in, veritabanı olarak da *Microsoft Access*'in kullanıldığı çalışmada görsel verilerin düzenlenmesi için *AutoCAD* ve *SketchUp*'tan, metraj ve yaklaşık maliyet hesabı içinse *Excel* tablolarından yararlanılmıştır. Sistemin kullanıcı arabirimi *Visual Studio* platformunda *ArcGIS Engine* bileşenleri ve *.NET* programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Geliştirilen sisteme CBS-YYs adı verilmiştir. Sistemin uygulamaları için Eskişehir'de inşası devam eden konut tipi betonarme bir yapı çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. CBS-YYs, tüm proje verilerinin tek ortamda bütünleştirilmesini sağlamaktadır. 3B görselleştirilmesi sayesinde CPM tabanlı iş programının daha gerçekçi sunumuna olanak vermektedir. Her bir yapım faaliyeti için planlanan ve gerçekleşen tamamlanma tarihleri ve bu tarihler için yapının 3B görsel sunumunu sağlaması yönüyle, proje ilerlemelerinin daha iyi takip edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede sistem, yapım aşamalarındaki olası aksaklıkların daha çabuk fark edilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasıyla proje yöneticilerine karar desteği sunmaktadır.

1.1. Amaç ve Önem

Yapı projeleri eşzamanlı ve ardışık şekilde yürütülen çeşitli faaliyetleri içermektedir. Bu faaliyetlerin her birine ait konumsal ve özniteliksel veriler mevcuttur. Bu verilerin elde edilmesinin, saklanması, analiz edilmesinin ve sunulmasının farklı yazılım ortamlarında yapılması yapı projelerinde iletişim kopukluğuna, dolayısıyla iş akışının aksamasına ve ek maliyetlere neden olmaktadır (Bansal, 2008). O halde yapı projesine ait tüm veriler tek ortamda saklanmalı, bu verilerin analizi, yönetimi ve sunumu tek ortam üzerinden sağlanmalıdır. Bu çalışmanın temel amacı; CBS olanakları kullanılarak görsel ve özniteliksel proje verilerinin tek ortamda bütünleştirilmesini sağlayan bir sistemin geliştirilmesidir. Çalışmada aynı zamanda, yapı projelerinin yönetiminde bilgi teknolojilerinden yararlanılması önerilerek ülkemizde sürdürülen geleneksel yapım yönetimi anlayışına yenilikçi bir bakış açısı getirmek amaçlanmıştır. Yapı

projelerinin her bir birimiyle ilgili konumsal ve özniteliksel verilerin farklı yazılımlarda üretilmesi ve saklanması, yapım yönetimi aşamasında karşılaşılan en büyük engellerdendir. Bu çalışmada, farklı yazılım ortamlarında üretilen görsel ve özniteliksel verilerin, geliştirilen kullanıcı arabirimi sayesinde bütünleşik bir şekilde sunulması sağlanmıştır (Şekil 1.1).

CBS-YYs; veri, zaman ve kaynak yönetimi anlamında olası kullanıcılara etkin bir çalışma; yapı projelerine zaman ve maliyet tasarrufu sağlayacaktır. İş programının görsel desteği sayesinde de proje mühendislerine yapım faaliyetleri aralarındaki ilişkileri gözlemleyerek daha iyi kavrama olanağı sunacaktır. Proje ilerlemelerinin görsel takibi, olası aksaklıkların daha çabuk belirlenmesine ve gerekli önlemlerin alınmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca çalışmanın, ülkemizde yapım yönetimi alanında CBS kullanımını öneren ilk çalışma olması açısından ve ileriki çalışmalara bir başlangıç niteliği taşıması yönüyle önemli olduğu düşünülmektedir. Bu bakımdan çalışma, ulusal literatüre azımsanmayacak derecede büyük bir katkı sağlayacaktır.



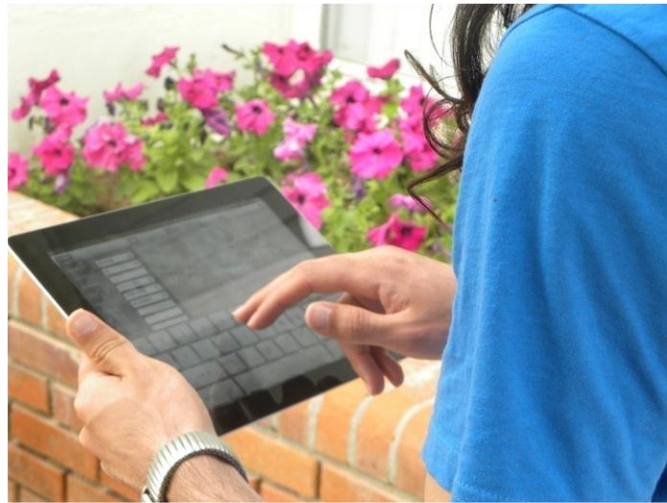
Şekil 1.1 Tüm proje verilerinin tek ortam üzerinden yönetimi

1.2. Kapsam

Bu tez çalışmasının kapsamını şantiye çalışmaları ve bilgisayar tabanlı uygulamalar oluşturmaktadır. Çalışmada Eskişehir Tepebaşı Belediyesi'ne bağlı Güllük Mahallesi'nde yapımı devam eden beş katlı konut tipi betonarme bir yapı örnek olarak belirlenmiştir. Şantiye çalışmaları örnek yapıdan veri toplama; bilgisayar tabanlı uygulamalar da veri işleme, veri dönüşümü ve transferi, veri entegrasyonu sayesinde CBS-YY'S'nin geliştirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

1.2.1. Şantiye Çalışmaları

Çalışmanın bu aşamasında örnek yapıya gidilerek proje aşamaları gözlemlenmiş ve veri toplanmıştır. Araziden geleneksel veri toplama yöntemlerinde kâğıt kullanılmaktadır. Tüm veriler bir deftere kaydedilerek saklanmaktadır. Ancak kâğıt üzerinde büyük miktarda verinin değerlendirilmesi oldukça güçtür. Verilerin değiştirilmesi ve güncellenmesi de sorun teşkil etmektedir. Ayrıca verilerin yazılı olduğu kâğıtların ya da defterin kaybolmasıyla tüm bilgiler bir anda yok olmaktadır. Bu nedenle, çalışmanın veri toplama aşamasında yenilikçi bir yöntem olan mobil teknolojilerin kullanılması önerilmiş ve şantiye çalışmalarında veri toplamak için bir mobil cihazdan yararlanılmıştır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Şantiyeden veri toplamada mobil bir cihazın kullanımı

Örnek yapıya gidilerek yapım aşamaları gözlemlenmiş; aşamalar arasındaki ilişkiler belirlenerek iş ayrışım yapısı oluşturulmuştur. Her bir iş kalemine ait başlama- tamamlanma tarihleri ve yapım süreleri, işçi, malzeme ve ekipman türü ve miktarı elde edilmiştir. Aynı zamanda her bir yapım aşamasının fotoğrafları çekilerek yapıya ait bir fotoğraf arşivi oluşturulmuştur.

1.2.2. Bilgisayar Tabanlı Uygulamalar

Yapının 3B görselleştirilmesi, proje iş programının hazırlanması, metraj ve yaklaşık maliyet hesabı, ilişkisel veritabanı tasarımı ve veri entegrasyonunu sağlayan kullanıcı arabiriminin geliştirilmesi, çalışmanın bilgisayar tabanlı uygulamalarını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında yapının mimari ve statik-betonarme proje çizimleri elde edilmiştir. CAD ortamında hazırlanmış olan bu çizimler her bir iş kalemini ifade eden görsel katmanlara dönüştürülerek CBS ortamına transfer edilmiş; böylece yapı 3B görselleştirilmiştir. Ayrıca *Google SketchUp*'ta 3B modelleme yapıp her bir katman *multipatch* veri yapısında CBS ortamına transfer edilmiş; böylece ikinci bir 3B görselleştirme yöntemi önerilmiştir.

Örnek yapıdan toplanan zaman verileri kullanılarak proje iş programı hazırlanırken işçi, malzeme ve ekipman verileri ayrı veritabanı tablolarına kaydedilerek *Microsoft Access* ortamında yapıya ait bir veritabanı oluşturulmuştur. Yapının metraj ve her bir kaynak veri grubu için yaklaşık maliyet verileri de bu tablolara kaydedilmiştir. Veritabanındaki tabloların ilişkilendirilmesiyle ilişkisel bir veritabanı tasarlanmıştır.

Farklı yazılım ortamlarında üretilen ve saklanan konumsal ve özniteliksel verilerin tek ortamda bütünleştirilmesi, çalışmadaki en temel problemidir. Bunun nedeni veri dosyalarının uzantılarının farklı olmasıdır. CBS-YYIS'nin inşasında 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 arabiriminden veritabanındaki verilere ulaşmak da mümkündür. Ancak farklı bir veritabanı kullanılması durumunda

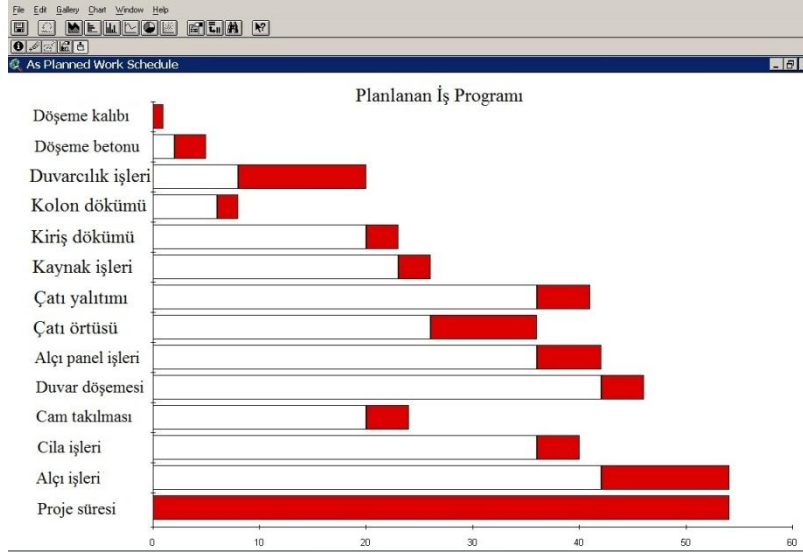
veritabanında kayıtlı verilere *ArcGIS* yazılımından ulaşmak mümkün olmamaktadır. Ayrıca yapım yönetimi anlamında düşünüldüğünde *ArcGIS* arabirimindeki mevcut veri sorgulama ve analiz araçları yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle bağımsız bir kullanıcı arabirimi geliştirilerek verilerin bütünleştirilmesi sağlanmıştır. *Visual Studio* platformunda *.NET* kodlarından ve *ArcGIS Engine* bileşenlerinden yararlanılarak sistemin kullanıcı arabirimi geliştirilmiştir.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Son 20 yılda yapım yönetiminin veritabanı yönetimi, saha ve güzergâh planlamaları, şantiye tasarımı, e-ticaret uygulamaları, 3B görselleştirme, iş programı kontrolü, gerçek zamanlı proje takibi, malzeme yönetimi ve maliyet analizi, iş güvenliği alanlarında başarılı CBS uygulamaları geliştirilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde, yapım yönetiminde CBS uygulamaları hakkında detaylı bilgiler verilecektir.

2.1. Veritabanı Yönetimi

Birçok inşaat projesinde CAD teknolojisinden yararlanılmaktadır. CAD araçları iyi bir grafik yeteneğe sahip olmalarına karşın veri yönetimi özelliklerinden yoksundur (Sun ve Hasell, 2002). Çok sayıda konumsal ve özniteliksel veriyi bünyesinde barındıran inşaat projelerinde verinin doğru şekilde yönetimi oldukça önemlidir. Yapı projelerinin tasarım ve teknik aşamalarında büyük miktarda bilginin karmaşık ve çeşitli yapısı, düzenli ve sürekli bilgiyle bütünleşik bir sistemi zorunlu kılmaktadır (Sun ve Hasell, 2002). Veritabanı yönetim sistemi sayesinde bu sorunun ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir. CBS'nin veritabanı yönetim sistemiyle bütünleştirilmesi, inşaat projelerinde etkin bir veri yönetimi sağlamaktadır. Yapı projelerinde CBS'nin veritabanı yönetim sistemi özelliklerini araştırmak için bir model geliştirilmiş ve konumsal veritabanıyla proje yönetim fonksiyonlarının bütünleştirilmesinin etkili bir yönetim sistemi sağlayacağı belirtilmiştir. Çalışma; proje planlamalarının analizi, yapı maliyeti, şantiye şartlarının analizi ve değişim analizi olmak üzere dört bölümde yürütülmüştür. Şekil 2.1'de proje planlama aşamasında oluşturulan proje iş akışı, çubuk diyagramlar şeklinde görülmektedir. Yapıyla ilgili tüm verilerin tek ortam üzerinden yönetimini sağlayan CBS tabanlı bir yapı projesi bilgi sistemi geliştirilmiştir (Bansal ve Pal, 2006). Çalışmada, yapı projesinin malzeme, işçi ve ekipman, güvenlik ve zaman verilerinin tablolar halinde saklandığı ve yönetildiği bir veritabanı oluşturulmuştur. Birbiriyle ilişkili proje verileri tablo ilişkileriyle bağlanmış, böylece tüm verilerin etkili bir şekilde yönetilmesi sağlanmıştır.



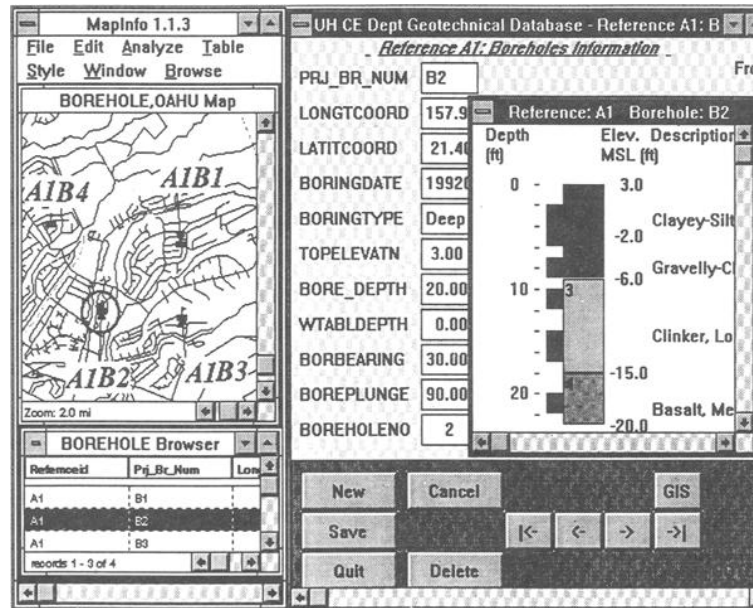
Şekil 2.1 Planlanan proje iş akışı (Sun ve Hasell, 2002)

2.2. Saha ve Ulaşım Planlamaları

Yeni yapı projelerinin planlanmasında saha araştırmaları önemli bir aşamadır. Şantiyenin yüzey ve yeraltı özellikleri yapım tekniklerini ve ekipman seçimini, dolayısıyla proje maliyetini ve iş programını etkileyecektir (Oloufa ve ark. 1994). Bir yeraltı veritabanı geliştirmek için hem jeofizik hem de hidrolik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yeraltı koşullarıyla ilgili bilgilerin en kesin ve uygun olanları sondaj ve gözlem kuyularıdır (Driscoll, 1986). Birçok durumda yeraltı görüntüsü oluştururken, maliyet göz önünde bulundurularak az sayıda kuyudan yararlanılmaktadır. Ancak CBS'nin kullanımıyla başarılı çalışmalar gerçekleştirilmekte; gerçekçi bir yeraltı görünümünün elde edilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu bağlamda Oloufa ve ark. (1994) temellerin analizi, tasarımı ve yapı planlamaları için CBS tabanlı bir yöntemin kullanılmasını önermişlerdir. CBS ortamındaki zemin verilerini saklamak ve koordinat bilgileriyle birleştirmek amacıyla yapılan çalışmada CBS yazılımı olarak *MapInfo* kullanılmıştır. Zemin türü ve katman derinliği gibi verilerin girilebildiği bir kullanıcı arabirimi geliştirilmiş ve CBS yazılımıyla bütünleştirilmiştir (Şekil 2.2).

Birçok yapım aşamasının yürütüldüğü şantiyede çeşitli vasıtalar ve iş makineleri kullanılmaktadır. Etkili bir proje yönetim planı oluşturma aşamasında şantiye içindeki büyük araçların erişim rotasını planlamak oldukça önemlidir

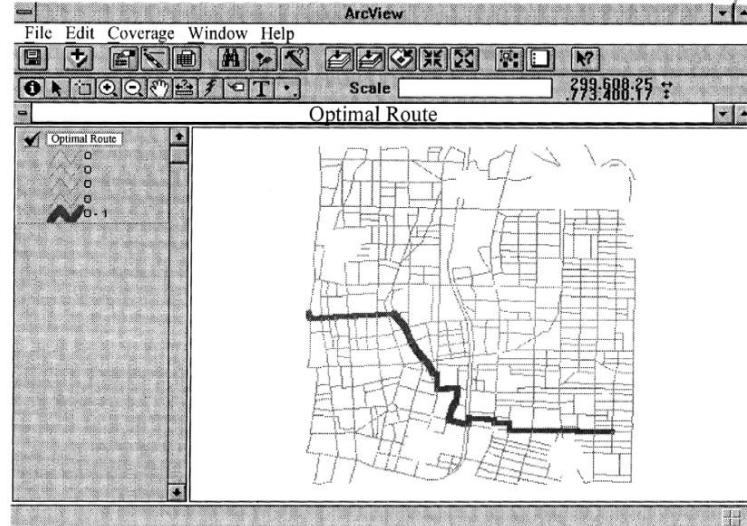
(Varghese ve O'Connor, 1995). Proje yöneticileri tarafından iş araçlarının en verimli şekilde faaliyet göstermesi istenmektedir. Ancak iş makineleri ve diğer vasıtaların aynı yolu kullanması, şantiye içi trafiğin aksamasına, kazalara; dolayısıyla zaman kaybına ve ek maliyetlere yol açmaktadır. Bu durumu önlemek ve iş makinelerinden istenen verimi sağlayabilmek için şantiye içi ekipman güzergâhları belirlenmelidir. Güzergâh tayini, farklı kaynaklara sahip büyük miktarda verinin ve çok sayıda kısıtlamanın olduğu karmaşık bir işlemdir. Geleneksel yöntemler, zaman alıcı olmalarının yanı sıra hatalara açıktır. Bu nedenle şantiyede kullanılan büyük vasıtalar için güzergâh belirlemede CBS kullanımı önerilmiştir (Varghese ve O'Connor, 1995). Uzman sisteminin CBS ve CAD yazılımlarıyla birlikte kullanılmasıyla geliştirilen sistem; bilgi görüntüleme, konumsal analiz, sonuç çıkarma, grafik sorgulama, güzergâh seçimi, güzergâh görüntüleme ve kullanıcı arabirimi olmak üzere yedi aşamadan oluşmaktadır. Çalışma, şantiyedeki büyük iş makineleri için ulaşım planlamaları alanında yapılan ilk uygulama olması yönüyle önemlidir.



Şekil 2.2 CBS ile bütünleşik yeraltı bilgi sistemi arabirimi (Oloufa ve ark. 1994)

Şantiye içinde yapılacak kazı işlerinde; doğalgaz, elektrik ve telefon gibi şehrin mevcut enerji hatları sıklıkla zarar görmektedir. Yapımda gecikmelere ve projenin aksamasına neden olan bu durumu önlemek için güzergâh tayinine

başvurulmaktadır. Yapım maliyetlerini ve kısıtlamalarını en aza indirmek için uygun güzergâh belirlemeyi sağlayan *RoutePlan* adında bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmada önce uygun güzergâhı etkileyen faktörler belirlenmiş, sonra veri katmanları ve bir veritabanı geliştirilmiştir. Önerilen sistemde yüzey ve yeraltı tesisleri çeşitli katmanlarda gösterilmiştir. Elektrik enerji hattının tasarımı ve güzergâh planlamaları *ArcInfo* yazılımının *network analyst* aracıyla yapılmıştır. Sonuçta CBS tabanlı otomatik bir güzergâh belirleme sistemi geliştirilmiştir (Şekil 2.3). Çalışmada veritabanı sorgulamaları ve konumsal işlemler sayesinde yalnızca güzergâh belirleme değil aynı zamanda bir yeniden tahsis planı belirlenmiştir (Cheng ve Chang, 2001).

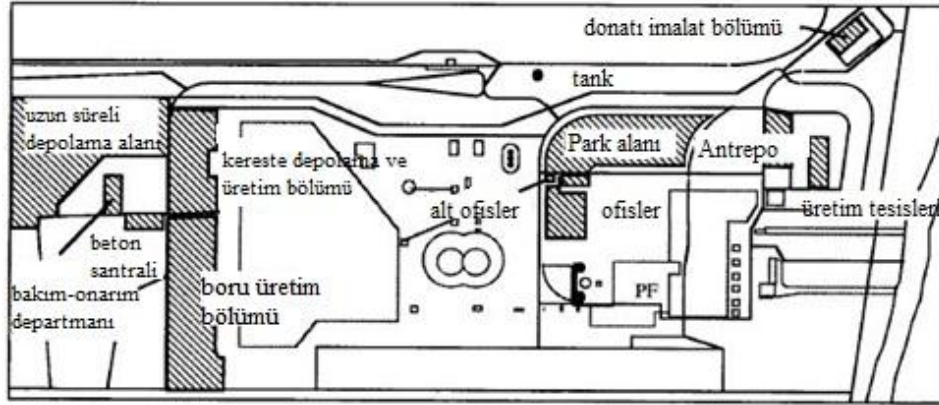


Şekil 2.3 RoutePlan ile belirlenmiş bir ulaşım güzergâhı (Cheng ve Chang, 2001)

2.3. Şantiye Tasarımı

Şantiye tasarımı; geçici tesislerin, şekil ve boyutlarının ve şantiye içindeki yerleşimlerinin tespit edilmesini içeren önemli bir iştir (Sebt ve ark. 2008). Şantiyede kalıcı ve geçici olmak üzere iki çeşit tesis mevcuttur. Projelendirilen yapılar kalıcı tesisleri oluştururken; yapım sırasında kullanılan ofisler, depolar, atölyeler, araç ve ekipman park alanları geçici tesisleri ifade etmektedir. Birçok kritere sahip olan tesis düzenlemelerinin iyi düşünülmemiş metotlarla gerçekleştirilmesi zaman kaybına ve fazladan maliyete neden olacaktır.

Şantiye içi geçici tesislerin, ulaşım için gereken zamanı en aza indirmek amacıyla ilgili iş birimlerine yakın inşa edilmeleri gerekmektedir (Cheng ve O'Connor, 1996). Çok değişkenli konumsal problemlere çözümler sunabilen CBS'nin kullanımı, imalatın etkili şekilde yürütülmesine katkı sağlamakta; zaman kaybı ve fazladan maliyetleri en aza indirmektedir. Geçici tesisler, zamandan tasarruf açısından şantiye içerisinde ilgili oldukları faaliyet alanlarına yakın inşa edilmelidirler (Cheng ve O'Connor, 1994). CBS tabanlı otomatik bir şantiye tasarım aracı olan *ArcSite*, CBS ile bütünleşik bir veritabanı yönetim sistemi kullanmaktadır. Ayrıca en uygun şantiye tasarımı ve geçici tesislerin yer seçimi için konumsal işlemler yürütmekte ve veritabanı sorgulamaları yapmaktadır. Şekil 2.4'te *ArcSite* ile gerçekleştirilmiş bir şantiye yerleşim planı görülmektedir. Şantiye tasarımında CBS'nin *network* araçlarını ve çok ölçütlü karar desteğini kullanarak kule vinç, beton santrali ve geçici yapılar için en uygun yerler belirlenmiştir. Şantiye tasarımında kullanılan konumsal ve konumsal olmayan veriler, CBS ortamında analiz edilmiş ve düzenlenmiştir. Çalışmada CBS tabanlı tesis düzenlemelerinin büyük yapı projelerinde zaman ve maliyet kazancı sağlayacağı belirtilmiştir.



Şekil 2.4 ArcSite ile gerçekleştirilmiş bir şantiye yerleşim planı (Cheng ve O'Connor, 1996)

Şantiye içinde etkili bir malzeme alanı planlaması için tesisler; malzeme ve ekipman taşıma, seyahat mesafesi, trafik sıkışıklığı, genişletme ve yer değiştirme gibi kriterler göz önünde bulundurularak yerleştirilmelidir (Hegazy ve Elbeltagi, 1999). Cheng ve Yang (2001) tarafından CBS tabanlı bir yapım

yönetimi aracı olarak geliştirilen *MaterialPlan*, metraj verileriyle malzeme yerleşim planlamalarının bütünleştirilmesinde başarılı bir araçtır. *MaterialPlan*, tematik ve konumsal verilere bağlı olarak malzemeler için en uygun depolama alanlarının CBS tabanlı olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Çalışmada aynı zamanda keşif ve metraj için sıkça kullanılan CAD teknolojisine alternatif olarak CBS önerilmiş; hesaplanan malzeme miktarlarıyla proje iş programının bütünleştirilmesiyle dinamik bir malzeme ihtiyaç planı oluşturulmuştur. Çalışma, CBS'nin yapı maliyet analizi, yer seçimi ve malzeme yönetimi gibi konularda verimliliğini ortaya koymaktadır.

2.4. E-Ticaret Uygulaması

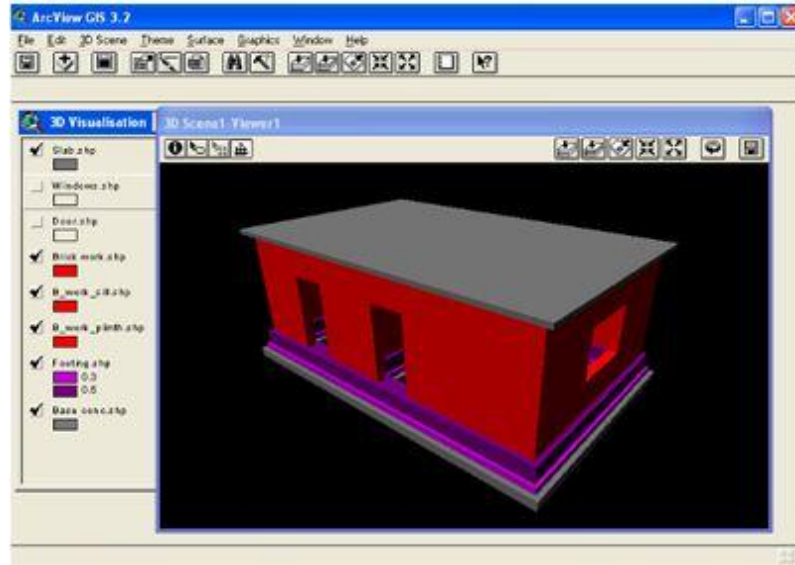
CBS'nin internet tabanlı uygulamalardaki rolünü ön plana çıkarmak ve şantiyeye internet üzerinden malzeme siparişi vermek için bir e-ticaret uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma, CBS ve e-ticaret gibi hızlı gelişen iki alanı birleştirmesi yönüyle özgündür. CBS'nin konumsal tabanlı sorgulamalar, iş alanı ve ulaşım analizi gibi konularda e-ticaret için uygulanabileceği bulgulanmıştır (Li ve ark. 2003).

2.5. 3B Görselleştirme

İnşaat projelerinde planlama, şantiye tasarımı, ağ çözümlemeleri vb. amaçlarla 2B veriler kullanılmaktadır. Fakat günümüzde, ilişkisel verilerden daha karmaşık konumsal veriler üzerinde çalışıldığından 2 boyut artık yeterli görülmemektedir (Rahman ve Pilouk, 2008). Planlamacılar ve mühendisler, projenin etkililiğini değerlendirmek ve çeşitli uygulamalar geliştirmek için 3B görselleştirmeye başvurmaktadırlar (Ford, 2004). CBS araçları 3B verinin düzenlenmesi konusunda henüz yeterince gelişmiş değildir. Ancak farklı yazılım ortamlarında üretilen 3B görüntülerin CBS'de görüntülenebilmesi mümkündür. Ekberg (2007), karmaşık 3B nesnelerin CBS ortamında gösterimi ve analizini konu almıştır. Çalışmada bir coğrafi gösterim yöntemi olan *multipatch* irdelenmiştir. *Multipatch* 1997'de ESRI şirketi tarafından 3B nesnelerin

görüntülenmesi için geliştirilen bir veri formatıdır (ESRI, 2008). *Multipatch* kullanılarak CBS ortamında 3B nesnelerin gösterimi mümkün olmasına rağmen 3B veri düzenleme yapılamamaktadır. Bu nedenle çalışma, 3B CBS alanında daha çok araştırma yapılmasını önermektedir.

CBS'nin görselleştirme yeteneklerinden faydalanılarak tek katlı örnek bir yapı CBS ortamında 3B olarak görselleştirilmiştir. Yapının CAD ortamında oluşturulmuş olan mimari çizimleri, veri katmanlarına ayrılmış ve *ArcView 3.2* yazılımına transfer edilmiştir. *ArcView* ortamında çizimlere kalınlık ve yükseklik verileri eklenerek tüm veri katmanları birleştirilmiş ve 3B tek bir çizim haline getirilmiştir (Şekil 2.5). CBS'nin bir görselleştirme aracı olarak kullanılabileceği vurgulanmış, veri katmanları şeklinde elde edilen 3B yapı görsellerine metraj, yaklaşık maliyet, malzeme ve şantiye planlamaları gibi parametrelerin eklenmesinin mümkün olabileceği belirtilmiştir (Bansal ve Pal, 2006).

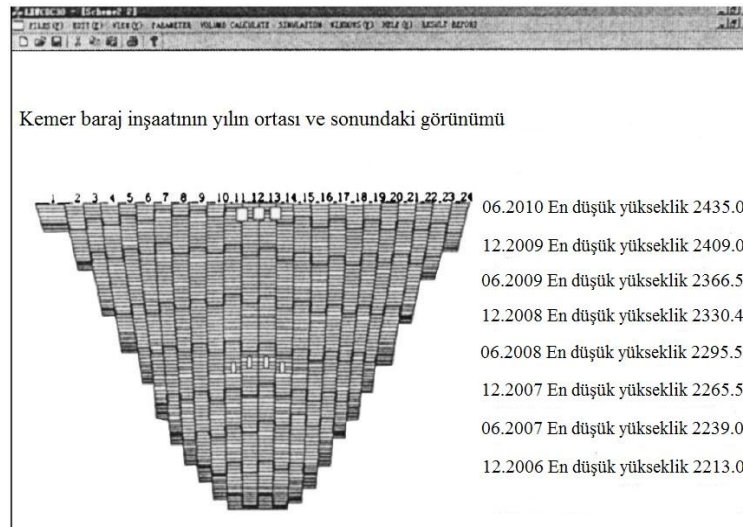


Şekil 2.5 CBS ortamında 3B bina gösterimi (Bansal ve Pal, 2006)

Bansal ve Pal (2009a), örnek bir yapının güneşlenme kapasitesinin 3B olarak görüntülenmesinde CBS'den yararlanmışlardır. Önerilen yöntemde güneş ışığının gelme açıları hesaplanmış ve bir binanın farklı yüzlerine gelen güneş ışığı miktarı farklı renklerde görüntülenmiştir. Animasyon tabanlı bir yöntem kullanılan çalışmada, güneş ışığının açısal değişimleri ve yapının güneş alabilirliği

günlük ve yıllık zaman dilimleri için 3B olarak görüntülenmiştir. Çalışmada, yapıların projelendirme aşamasında mali ve zaman odaklı planlamaların yanında enerji odaklı tasarımların da göz önünde bulundurulması önerilmiştir.

Elektrik üretimi amacıyla inşa edilen betonarme bir baraj için yapılan bir başka çalışmada, zamanın bir öznitelik olarak kullanılmasıyla 3B dinamik bir simülasyon sistemi gerçekleştirilmiştir. GVSS adı verilen sistem; simülasyon modelindeki mantık hatalarını tespit etmeyi kolaylaştıran güçlü bir planlama, görselleştirme ve sorgulama özelliği sunmaktadır (Zhong ve ark. 2004). Sistem; veri yönetimi, 3B dijital görselleştirme ve proje aşamalarına bağlı ilerlemelerin görüntülenmesini kapsamaktadır. Sistemin oluşturulması ve bütünleştirilmesi için CBS yazılımlarından ve *Visual C++* programlama dilinden faydalanılmıştır. Baraj yapımındaki ilerlemeler aylık aralıklarla, ilerlemelerin 3B gerçekçi verilerle görüntülenmesi ise yıllık olarak sunulmuştur. Şekil 2.6'da kemer baraj inşaatının 2006-2010 yılları arasındaki ilerlemeleri görülmektedir.



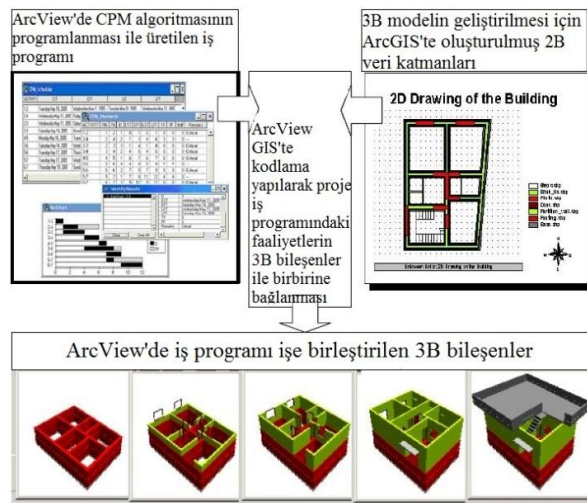
Şekil 2.6 Baraj inşaatının 2006-2011 yılları arasındaki ilerlemeleri (Zhong ve ark. 2004)

2.6. İş Programı Kontrolü

Çubuk diyagramlar ve *Critical Path Method* (CPM) gibi geleneksel proje planlama ve ilerleme takibi teknikleri, konumsal açıdan yapı projelerinin ihtiyaçlarına cevap verememektedir (Poku ve Arditi, 2006). Bu nedenle iş

programının kontrolünde CBS'nin kullanımı önerilmiştir. CPM proje iş programıyla bütünleşik CBS tabanlı bir proje ilerleme sistemi olan *PMS-GIS*, CBS tabanlı iş programı kontrolünü sağlayabilmektedir. Sistemde örnek bir yapının mimari çizimleri *AutoCAD*'de oluşturulurken proje iş programı *Primavera Project Planner* ile hazırlanmıştır ve CBS ortamında bütünleştirilmiştir. Her bir yapım aşamasının tamamlanma durumu yüzde olarak görüntülenerek şantiyedeki birimlere, sorumlu olduğu yapım aşamalarını gözlemlene olanağı sağlanmıştır. Güncelleme problemleri ve gerektiğinde birden çok yazılımda manüel düzeltmeler gerektirmesi sistemin en önemli sorunlarıdır.

Piyasadaki mevcut 4B modellere alternatif olarak CBS tabanlı bir proje iş programı önerilmiştir. CPM algoritması kullanılarak *ArcView*'de proje iş programı hazırlanmış, aynı ortamda 3B görsel verilerle bütünleştirilmiştir. Sistem, daha önceki birçok çalışmadan farklı olarak yapım yönetiminin konumsal problemlerine farklı bir yaklaşım getirmiş; yapıyla ilgili konumsal ve konumsal olmayan verilerin tek ortamda tutulmasını önermiştir. CBS tabanlı proje iş programı hazırlanmasını öneren sistem, yazılımlar arası manüel veri transferini de en aza indirerek uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Çalışmada daha sonraki araştırmalar için proje iş programına ek olarak yapı maliyet hesabının da 3B modellerle bütünleştirilmesi önerilmiştir. Şekil 2.7'de 3B görsel verilerle bütünleşik iş programı CBS ortamında görülmektedir.



Şekil 2.7 CBS ortamında 3B görsel verilerle bütünleşik proje iş programının sunumu (Bansal, 2008)

Proje iş programının takibi için animasyon tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Örnek bir yapının iç bölümlerinin ve yapının çevresindeki peyzajın 3B olarak sunulduğu çalışmada, CPM algoritması kullanılarak hazırlanan proje iş programı birden-bire, birden-çoğa ve çoktan-çoğa tablo ilişkileriyle 3B veri katmanlarına bağlanmıştır. *Animation Manager* kullanılarak her bir proje aşaması başlama ve bitiş sürelerine göre tanımlanmış; yapının iç detayları ve dış görünümü etkileşimli bir şekilde ve 3B olarak ekrana getirilmiştir. Yapı iç detaylarının görüntülenmesi sayesinde, proje yöneticileri tarafından yapım esnasında iş kazalarının meydana gelebileceği bölgelerin tespitinin sağlanabileceği ve gerekli önlemlerin önceden alınabileceği düşünülmektedir (Bansal ve Pal, 2009b). İleriki çalışmalar için, uygulama aşamasındaki bir yapı projesinin fiziksel bileşenlerinin yanında personel, malzeme ve geçici tesisler gibi öğelerinin de görüntülenmesi öneri olarak sunulmuştur. Proje yönetimiyle CBS'nin bütünleştirilmesinin konumsal ve konumsal olmayan proje verilerine tek ortam üzerinden erişmek için iyi bir çözüm olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla *Microsoft Project* kullanılarak hazırlanan proje iş programı 3B görsel verilerle bütünleştirilerek CBS ile bütünleşik proje yönetim sistemi oluşturulmuştur. Kullanıcı arabirimi C# programlama diliyle geliştirilen sistemde iş programındaki aşamaların tamamlanma yüzdeleri günlük aralıklarla görüntülenmiştir (Şekil 2.8).

Şekil 2.8 CBS entegreli proje yönetim sistemi özet raporu (Kolagotla, 2009)

Sistem, örnek yapının tamamlanan aşamaları için maliyet verilerini de kapsamaktadır. Çalışma, proje yöneticilerine projenin konumsal özelliklerini görme olanağı sağlamaktadır (Kolagotla, 2009). Bu sayede tüm birimlerin iş programı konusunda iletişim halinde olacağı düşünülmüştür.

2.7. Gerçek Zamanlı Proje Takibi

Orta ve büyük ölçekli şantiyelerde teknolojinin sunduğu olanakların kullanılması, gerçek zamanlı proje takibine olanak vermektedir. Cheng ve Chen (2002) tarafından geliştirilen *ArcShed*, CBS tabanlı bir kullanıcı arabirimine sahip otomatik bir proje izleme sistemidir. Sistem, proje yöneticilerine proje aşamalarındaki ilerlemeleri gerçek zamanlı olarak takip etmeyi ve olası aksaklıklara zamanında müdahale etmeyi sağlamaktadır (Cheng ve Chen, 2002). Çalışmada prefabrik bir yapı model alınmış olup prefabrik yapısal elemanların montajı, öndöküm yapı inşaatı için büyük bir kritik faaliyet olarak değerlendirilmiştir. *ArcSched*; tasarım, üretim ve yapının inşası aşamalarını kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Veri toplama aşamasında barkot kullanılması öneren sistem, toplanan verinin ve video kameralardan elde edilen görüntülerin yapı yönetim ofisine sırasıyla kablosuz ve kablolu bağlantılarla gönderilmesini içermektedir. Toplanan veriler yöneticiler tarafından proje iş programı ve yapı proje çizimleriyle bütünleştirilmiştir. Konumsal ve tematik verileri tek ortamda bütünleştiren *ArcShed*, gerçek zamanlı proje kontrolünü sağlayan CBS tabanlı bir sistemdir (Şekil 2.9).

Zhong ve ark. (2004), elektrik üretimi amacıyla inşa edilen betonarme bir baraj için CBS tabanlı bir görsel simülasyon sistemi oluşturmuşlardır. İş sahasında atıkların azaltılması için GPS ve CBS teknolojileriyle bütünleşik bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, malzeme ve ekipman yönetim bilgi sistemine iş araçlarının takibi gibi ek özellikler de sağlamaktadır (Li ve ark. 2005).

Li ve ark. (2005), iş sahasında atıkların azaltılması için GPS ve CBS teknolojileriyle bütünleşik bir sistem önermişlerdir. Sistem, geniş iletişim ağında malzeme ve ekipmanlar için GPS ve CBS'nin entegrasyonunu sağlarken otomatik veri toplama, inşaat malzeme ve ekipman yönetimi için barkot sistemi gibi

bileşenleri de kapsamaktadır. GPS ve CBS entegrasyonlu malzeme ve ekipman yönetim sistemi sayesinde yönetim birimlerinin şantiyedeki faaliyetler ve şantiyeye gelecek malzeme hakkında eşzamanlı bilgiye erişmesi amaçlanmıştır. İmalatların zamanında ve en az atık üretimiyle bitirilebilmesi için malzeme ve ekipmanın iş sahasına istenen zamanda gelmesi, şantiye yöneticilerinin öncelikli sorumluluklarındandır. Çalışmada, GPS ve CBS bütünleşik sistemin imalatlardaki etkinliği artırdığı; böylece yapımda zamandan ve maliyetten tasarruf sağlandığı görülmüştür. Ayrıca şantiye içi atıkların azaltılması mümkün hale gelmiştir.



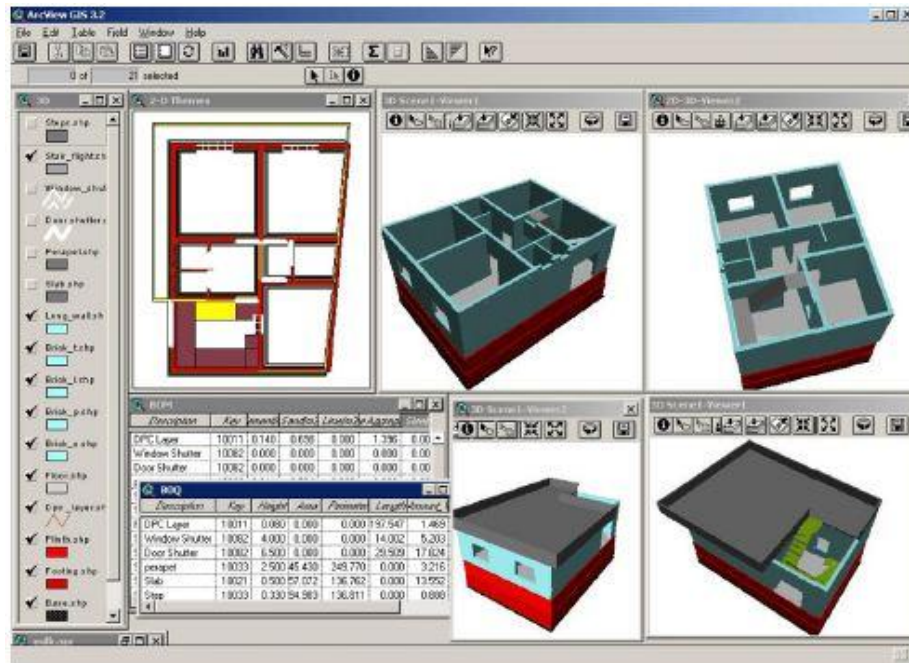
Şekil 2.9 ArcSched gerçek zamanlı montaj görüntüleme menüsü (Cheng ve Chen, 2002)

2.8. Malzeme Yönetimi ve Maliyet Analizi

İş sahasında etkili malzeme yönetimi, projenin başarısına önemli bir katkı sağlayacaktır. CBS, sağladığı veritabanı ve konumsal analiz özellikleri sayesinde büyük miktarda verinin depolanması ve analiz edilerek en doğru kararın verilmesine yardımcı olmaktadır. İnşaat sektöründe sıkça kullanılan CAD teknolojisi yerine CBS'nin kullanılması, oluşturulacak malzeme planlarına yersel bilgilerin ve tematik haritaların eklenmesine olanak verecektir (Cheng ve Yang, 2001). *MateriaPlan* adı verilen sistem; her bir yapı elemanının uzunluk, alan ve hacim bilgileri yardımıyla metraj ve yaklaşık maliyet hesabı yapabilmektedir.

Kullanılan yöntem, yapıya ait proje çizimlerinin farklı katmanlara dönüştürülüp CAD ortamından CBS'ye transfer edilmesini önermektedir. Open Database Connection (ODBC) kullanılarak çizim katmanları ve yapı elemanlarına ait öznitelik verileri bütünleştirilmiştir. Çalışma, yalnızca metraj bilgilerini değil, aynı zamanda şantiye içinde malzeme depolama alanlarının yer seçimini sağlamaktadır. Oluşturulan sistem, manüel yöntemlerle fazla zaman alan metraj ve maliyet hesaplamalarına yenilikçi bir yaklaşım getirmiş ve CBS'nin bu alandaki etkili kullanımını ortaya çıkarmıştır.

ArcView yazılımına gömülü bir programlama dili olan Avenue kullanılarak örnek bir yapı için metraj hesabı yapılmış ve CBS ortamında 3B görsel verilerle bütünleştirilerek sunulmuştur. AutoCAD'de üretilen mimari proje çizimleri, ayrı veri katmanlarına dönüştürülerek CBS ortamına transfer edilmiştir. Her bir veri katmanına uzunluk, alan ve hacim bilgi alanları girilerek metraj hesabı yapılmıştır. Maliyet analizi için oluşturulan veri tablosuyla metraj tablosu ilişkilendirilmiş, böylece inşaat projesinde kullanılan kaynakların maliyetleri hesaplanmış ve 3B görsel verilerle bütünleştirilmiştir. (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 3B modelle bütünleşik metraj ve maliyet planlamaları (Bansal ve Pal, 2007)

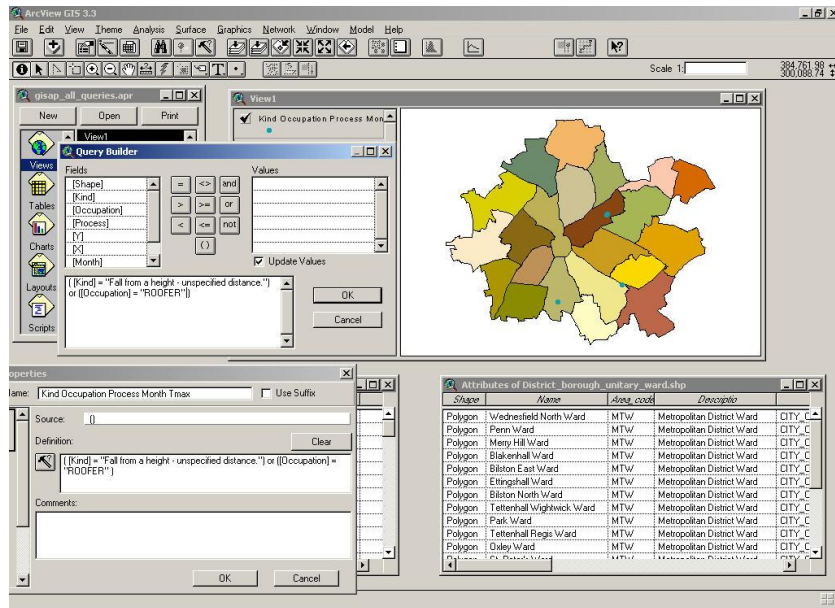
2.9. İş Güvenliği

İnşaat sektörü en tehlikeli iş alanlarının başında gelmektedir (Salminen, 1995). Bu nedenle güvenlik ve kalite kontrolü, inşaat projelerinin hem projelendirme aşamasında hem de yapım aşamalarında dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Özellikle büyük ölçekli inşaat projelerinde güvenlik şartlarının göz önünde bulundurulması, olası iş kazalarının önüne geçilmesine olanak sağlayacaktır. Gelişen bilgisayar ve görüntüleme teknolojileri sayesinde güvenlik görüntülemeleri yapılabilmekte, işçi faaliyetleri yakından takip edilebilmektedir. CAD programları kullanılarak oluşturulan tarih çizelgeleri, saha içi fotoğraflar ve sonuç raporları, konumsal tabanlı verilerin sağlanması konusunda yetersizdir (Jia ve ark. 2011). 4B CAD ve Yapı Bilgi Modelleme (YBM) teknolojileri; yeni iş sahalarının sel, drenaj, çalışma alanında konfor, güzergâh ve malzeme sevkiyat planlamaları, işçi güvenliği gibi güvenlik ve kalite kontrol esaslarının analizini sağlayacak konumsal analiz yeteneklerine sahip değildir (Bansal, 2011). Uygulama aşamasında güvenlik planlamaları içinde değerlendirilmesi gereken bu ölçütler, CBS yardımıyla analiz edilebilmektedir. CBS'nin bu konudaki gelişmiş özelliklerinden yararlanılarak hidroelektrik santrali inşaatında kullanılabilecek bir görüntüleme sistemi geliştirilmiştir. Sistem; konumsal veri modelleme fonksiyonlarının kullanılması, konumlarına göre verilerin görüntülenmesi ve sorgulanması aşamalarından oluşmaktadır. Sistem, hidroelektrik santrali için güvenlik standartlarının geliştirilmesini ve sürdürülmesini önermektedir.

Atay ve ark. (2010), doğrusal inşaat projelerinin güvenlik yönetimi için internet tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Petrol ve doğalgaz hatları için sağlamlık ve güvenlik yönetimini öneren çalışma, CBS tabanlı bir yaklaşımla konuma bağlı risklerin otomatik olarak tespit edilmesini sağlamaktadır. Sistemin arabirimi, *Visual Studio* yazılım geliştirme ortamında *ArcGIS* yazılımının internet uygulaması geliştirme araçları (*ArcGIS Web ADF*) ve *Microsoft SQL* veritabanı kullanılarak oluşturulmaktadır. Sistem internet tabanlı olduğundan doğrusal inşaat projeleri için uzaktan erişim ve kontrol özellikleri sağlayacaktır (Atay ve ark. 2010).

Bu konu üzerine yapılan diğer bir çalışmada Manase ve ark. (2011) GISAP adı verilen bir iş kazası önleme sistemi oluşturmuşlardır. Çalışmada inşaat alanıyla ilgili büyük miktarda verinin analizi için bir yöntem geliştirmek amaçlanmıştır. Sistemin inşasında konumsal veritabanı olarak *Microsoft Access*, CBS yazılımı olarak *ArcView* kullanılmış; SQL sorgulamaları ve ODBC'den yararlanılmıştır. Önerilen yöntem, iş sahasında kazaların azaltılmasına yönelik birbiriyle ilişkili birçok faktörün değerlendirilmesi için etkin bir platform sağlamaktadır. Çakıştırma, yakınlık ve ağ analizleri gibi konumsal faaliyetleri ve konumsal verinin görüntülenmesini kapsayan GISAP, şantiyedeki güvenlik kontrollerinin daha iyi anlaşılmasına ve daha doğru hedeflerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Şekil 2.11'de ArcView ortamında yapılan bir SQL sorgulamasının sonuçları ve grafik gösterimi verilmiştir.

Bansal (2011) tarafından, konumsal olmayan yapı güvenlik şartları, örnek bir yapının CPM tabanlı proje iş programı ve 3B görsel verileriyle bütünleştirilmiştir. Çalışma; güvenlik koşullarını ve şartnamelerini içeren bir güvenlik veritabanı oluşturulması, bu veritabanıyla 3B görsel veriler arasındaki ilişkilerin kurulması, proje parametrelerine karar verilerek iş programının geliştirilmesi ve güncellenmesi aşamalarından oluşmaktadır.



Şekil 2.11 ArcView ortamında yapılan bir SQL sorgulamasının sonuçları ve grafik gösterimi (Manase ve ark. 2011)

İnşaat güvenlik planlamalarının ne, ne zaman, nerede ve neden sorularına cevap verebilmek için CBS, üç farklı alanda kullanılmıştır (Bansal, 2011). İlk olarak farklı aşamaların güvenlik verilerini içeren güvenlik veritabanı oluşturulurken CBS araçlarından faydalanılmıştır. Risk durumlarının tespitinde, konumsal ve tematik verilerin analizinde de CBS'den yararlanılmıştır. Oluşturulan 4B CBS sistemi, konumsal analizler yardımıyla güvenlik planlamacılarının kaza ihtimali yüksek alanları tespit etmesini sağlayacaktır. Böylece güvenlik önlemleri alınarak iş kazaları önlenebilecektir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. 3B CBS'ye Genel Bakış

CBS, coğrafi bilginin toplanması, yönetimi, analizi ve görüntülenmesi için donanım, yazılım ve veri bileşenlerini bütünleştiren bilgisayar tabanlı bir araçtır (ESRI, 2005). Bu araç; topografya, kartografya, fotogrametri, inşaat mühendisliği, çevre planlama, jeoloji vb. konumsal tabanlı birçok meslek dalı tarafından kullanılmaktadır (Rahman ve Pilouk, 2008). CBS'nin konumsal ve tematik veri üzerinde çalışmaya olanak veren bir sistem olduğunun anlaşılması 90'lı yıllarda gerçekleşmiştir. O dönemden itibaren 2B CBS yaygın olarak kullanılmıştır. Konumsal analizlerin büyük bölümü, düzenleme ve diğer CBS uygulamaları 2B bir ortamda gerçekleştirilmektedir.

Günümüze kadar gerçekleştirilen uygulamalar, CBS'nin 2B veri analizi ve yönetimi için yararlı bir araç olduğunu kanıtlamıştır. Uzun bir süre boyunca CBS kullanıcıları, 3B bir çevrede yaşıyor olmamıza rağmen 2B görüntülerin herkes tarafından anlaşıldığını düşünmüşlerdir (Smith ve Friedman, 2004). Fakat 2B CBS'nin birtakım konularda yetersiz kalması 3B CBS kavramını gündeme getirmiştir. Birçok CBS uzmanı ve kullanıcısı tarafından, 2B CBS'nin özellikle yer bilimlerinde kısıtlı olduğu belirlenmiştir (Jones, 1989; Raper ve Kelk, 1991; Rongxing Li, 1994; Bonham-Carter, 1996). 2B verilerin gürültü, hava kirliliği ve su baskını analizleri gibi konularda da yetersiz olduğu bulgulanmıştır (Van Wees, 2002; Kluiver ve Stoter, 2003; Lan ve ark. 2007).

CBS'den beklenen verinin toplanması, analizi, yönetimi, sunumu ve karar desteği gibi fonksiyonları 3B nesneler için gerçekleştirebilen sistemler, 3B CBS olarak adlandırılmaktadır (Rahman ve Pilouk, 2008). 3B CBS modeli, CBS tabanlı konumsal veri yapısının tanımlanması ve konumsal veritabanının tasarlanması için gerekli temel bilgiyi sağlayan konumsal bir veri modelidir (Meng ve Liu, 2008). 3B CBS yaygın olarak jeoloji (Carlson, 1987; Bak ve Mill, 1989; Jones, 1989; Youngman, 1989; Raper ve Kelk, 1991), hidroloji (Turner, 1989), inşaat mühendisliği (Petrie ve Kennie, 1990), çevre mühendisliği (Smith ve Paradis, 1989), mimari, arkeoloji, meteoroloji (Slingerland ve Keen, 1990),

maden tetkik (Sides, 1992), 3B kent bilgi sistemleri (Shibasaki ve ark. 1990) vb. alanlarda kullanılmaktadır.

3B CBS, 2B sistemlerle aynı çalışma prensibine dayanmaktadır. Ancak 2B faaliyetleri etkili bir şekilde gerçekleştirebilen mevcut sistemler, karmaşık bir işlem söz konusu olduğunda 3B verinin analizi konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu durum, 3B CBS üzerine yapılan çalışmaların yaygınlaştırılması gerektiğini göstermektedir. Diğer yandan 3B CBS modeli oluşturmanın kavramsal model, verinin toplanması, konumsal analiz, görselleştirme, navigasyon ve kullanıcı arabirimi, internet erişimi gibi zorluklarının olduğu belirlenmiştir (Rahman ve ark. 2001).

Kavramsal Model: Kavramsal model gerçek dünyadaki nesnelerin ve aralarındaki konumsal ilişkilerin sunulması için yöntemler sağlamaktadır. Kavramsal 3B model anlamsal bilgi, 3B geometri ve 3B topolojiyi bütünleştiren bir yapıya sahiptir.

Verinin Toplanması: Otomatik veri toplama üzerine birçok araştırma yapılmasına rağmen pratikte manüel yöntemler hala geçerliliğini sürdürmektedir. Bunun yanında farklı kaynaklardan elde edilen verilerin bir araya getirilmesiyle oluşan modeller, otomatik veri elde etme teknikleri ve 3B topolojinin otomatik oluşturulması gibi çalışmalar sıklıkla gündeme gelmektedir.

Konumsal Analiz: CBS’de gerçekleştirilebilen faaliyetlerin temelini kapsama, komşuluk, eşitlik, bağlantılılık vb. konumsal ilişkiler oluşturmaktadır. Gerçek bir 3B CBS, 2B CBS’dekilere benzer olarak, metrik (mesafe, alan, hacim vb.), mantıksal (kesişim, birleşim, farklılık vb.), genelleştirme, tamponlama ve ağ analizi gibi tüm konumsal analizleri gerçekleştirebilmelidir (Rahman ve ark. 2001).

Görselleştirme, Navigasyon, Kullanıcı Arabirimi: 3B CBS’nin oluşturulmasında görselleştirme, başarı oranı en yüksek faaliyettir. Ancak gelişmiş teknolojiler sanal gerçeklik, simülasyon ve gerçek zamanlı uygulamalara da olanak vermektedir.

İnternette Erişim: 2B veriyi kullanan *Google Maps*, *Bing Maps* gibi web tabanlı uygulamaların yanı sıra 3B konumsal veriyi kullanan *Virtual Reality Modelling Language (VRML)*, *Extendible 3D (X3D)*, *Data Manipulation*

Language (DML), Scalable Vector Graphics (SVG), Keyhole Markup Language (KML) gibi veri formatları üzerine çeşitli çalışmalar geliştirilmektedir.

3.1.1. 3B Konumsal Veri Modelleme

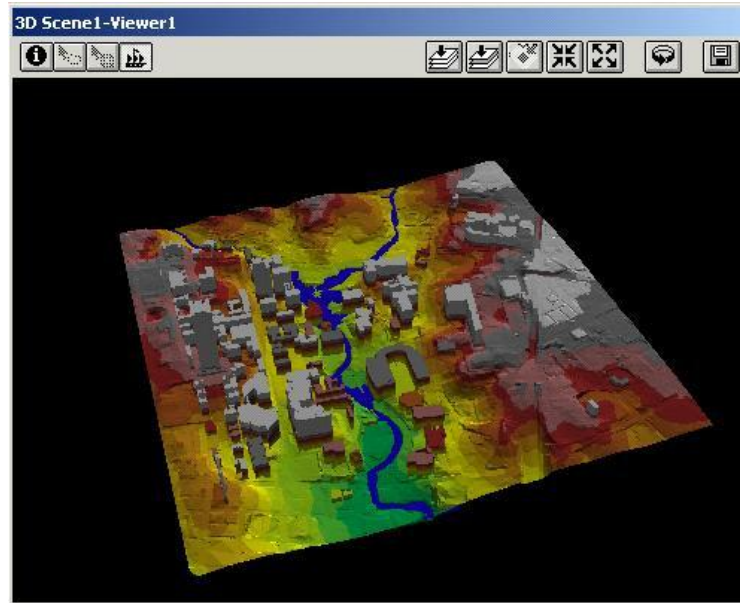
Bir 3B CBS modelinin oluşturulmasında konumsal veri modelleme önemli bir aşamadır. Konumsal nesneler basit oldukları gibi (nokta, çizgi, yüzey) bir nesneler bütünü (birleşik yüzey veya katı nesne) de olabilirler (Koussa ve Koehl, 2009). Bugüne kadar çok sayıda konumsal veri modeli önerilmiştir. 3B'yi oluşturmak için Jones (1989) tarafından 3B bir veri modeli olan voxel'in kullanımı önerilmiştir. Molenaar (1990), 3D Formal Data Structure (3D FDS) veri yapısının; nokta, çizgi, yüzey ve gövde olmak üzere dört nesneye ve düğüm, yay, kenar ve yüz olmak üzere dört temele dayandığını belirtmiştir. De Cambray (1993), 3B CBS yaratmak için dijital arazi modeliyle birleştirilen 3B nesnelerin CAD tabanlı modellenmesini önermiştir. 3B arazi nesnelerinin sunumu için Triangulated Irregular Network (TIN) veri yapısının kullanılması, CBS tabanlı 3B görselleştirmede önemli bir adımdır. TIN, daha çok yüzey görselleştirmede yararlanılan konumsal bir veri yapısıdır. Carlson (1987) tarafından geliştirilen *simplicial complex* tekniğiyle TIN veri yapısının tutarlılığı kontrol edilebilmektedir. Pilouk (1996) tarafından sunulan bir diğer yaklaşım Tetrahedral Network (TEN) olarak adlandırılmaktadır. TEN; dört yüzlü şekil, üçgen, yay ve düğüm olmak üzere dört temel bileşene sahiptir. Bunlara ek olarak Global Spatial Data Model (GSDM), Simplified Data Model (SDM) (Zlatanova, 2000) ve Object-Oriented (OO) modeller geliştirilmiştir.

Anlaşıldığı üzere 3B CBS, 2B modellere yalnızca başka bir boyutun eklenmesinden ibaret değildir. 3B CBS gerçekleştirimi CBS'nin farklı veri yapıları, modelleme ve sunma kavramlarını içeren kapsamlı bir araştırmayı gerektirmektedir (Rahman ve ark. 2001). Ancak yapılan görselleştirme ağırlıklı bazı çalışmalarda, oluşturulan 2.5B modellerden 3B CBS olarak bahsedildiği görülmüştür (Karaş ve ark. 2010). Bu yanlış tanımlamalar boyut kavramının net bir şekilde tanımlanması gerektiğine işaret etmektedir.

3.1.2. 2.5B Görselleştirme

CBS yaygın olarak 2B konumsal verinin analizi ve sunumuyla ilgilense de 2.5B verilerin kullanımı, CBS'nin standart bir özelliği haline gelmiştir. 2.5B; geometrik anlamda 2B olarak tanımlanmış nesnelere belli bir z değeri atanmasıyla bu nesnelerin 3 boyutluymuş gibi sunulması şeklinde tanımlanabilir. Birçok CBS yazılımı z değerlerinin bir öznitelik olarak sunulduğu 2.5B veri entegrasyonuna sahiptir (Zlatanova ve ark. 2002). *ArcGIS*'te *extrusion* fonksiyonu nesnelerin şekillerini noktadan çizgiye, çizgiden poligona ve poligondan 3B bloklara dönüştürmek için kullanılabilir (Bansal, 2008). 2.5B görselleştirme için nesnelerin temel yükseklik ve nesne yüksekliği özniteliklerine sahip olmaları gerekmektedir. Şekil 3.1'de dijital arazi modeli üzerinde 2.5B yapılar görülmektedir.

2.5B'ye en iyi örnek Digital Elevation Model (DEM) verileridir ki bu veriler 3B yüzey olarak görülebilmektedir. Bir DEM bitişik poligon şekillerin toplamı olarak sunulmaktadır, fakat yüzey kalınlığa sahip olmadığı için 2.5B'dir (Ford, 2004). 2.5B görselleştirme, bir 3B model taklidi olarak oldukça başarılı bir yöntem olmasına karşın birtakım sınırlılıklar içermektedir. Topografik nesne ve yüzey katmanlarının aynı anda görüntülenmesinde oldukça başarılı olan 2.5B, özellikle yapılar gibi detaylı nesnelerin tanımlanmasında kullanışlı değildir.



Şekil 3.1 Dijital arazi modeli üzerinde 2.5B yapılar (Snead ve Maidment, 2000)

3.1.3. 3B Nesnelerin Sunumunda ArcGIS Veri Tipi

Birçok yazılım, verileri sadece 2.5B olarak saklamakta ve görüntülemektedir. *ArcGIS*, 3D Analyst eklentisi sayesinde hem 2.5B hem de 3B verilerle çalışabilme özelliğine sahiptir. *ArcGIS* 2.5B yüzeyleri raster veri formatında, TIN ve DEM olarak saklamaktadır (ESRI, 2006; ESRI, 2008). Gerçek 3B yüzeyler katı model yüzeyleri olarak bilinmektedir. Bu yüzeyler *ArcGIS*'te *multipatch* geometri tipi aracılığıyla elde edilmektedir. *Multipatch* 3B uzayda ayrı alan ve hacimler kaplayan nesneleri yaratmak için düzlemsel 3B halka ve üçgenleri içeren bir geometri tipidir. Bu geometri tipi küre ve küp gibi geometrik nesneleri veya binalar ve ağaçlar gibi gerçekçi nesneleri görüntüleyebilmektedir (ESRI, 2006). Konumsal veritabanında saklanabilen *multipatch* verisi, aynı zamanda *shapefile* olarak da kaydedilebilmekte, çeşitli özniteliklere sahip olabilmekte ve *ArcGIS*'in standart araçlarında kullanılabilmektedir.

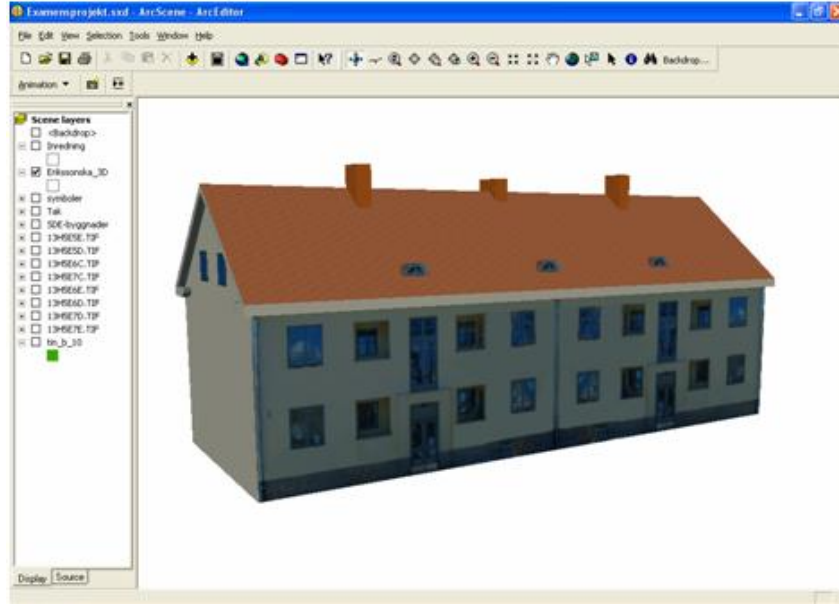
3B verilerin görüntülenmesinde *multipatch* geometri tipi, *ArcGlobe* ya da *ArcScene* uygulamaları aracılığıyla da kullanılabilmektedir. *ArcGlobe* ve *ArcScene* ortamına 3B grafikler olarak eklenen veriler 3B dosyalar olarak kaydedilebilmektedir. *ArcGIS 3D Analyst* farklı yazılımlarda yaratılan 3B nesnelerle de çalışabilmektedir. *OpenFlight*, *SketchUp*, *3D Studio Max* veya *VRML* kullanılarak oluşturulan modeller *multipatch* formatına ve *ArcGIS 3D Analyst*'in içine aktarılabilmektedir (ESRI, 2006).

Multipatch verisi, diğer geometri tipleriyle aynı görüntülenme özelliklerine sahiptir. Ancak *multipatch*, *ArcGIS*'te bir veri tipi olarak bulunmasına karşın ESRI ürünlerinde *multipatch* özelliklerini etkileşimli olarak yaratmak ve düzenlemek mümkün değildir (Bansal, 2008). Bu yalnızca *ArcObjects* kodlamaları veya *SketchUp* gibi bağımsız uygulamalar yardımıyla mümkündür (Ford, 2004).

3.1.4. ArcGIS, Sketchup ve Google Earth

Gelişen 3B uygulamalar, tasarımcıların sanal gerçeklik üzerine yoğunlaşmasını sağlarken *AutoCAD*, *3D Studio max*, *SketchUp*, *Microstation*, *ArchiCAD* vb. 3B tasarım yazılımlarının ve sistemlerinin kullanım alanlarını da genişletmiştir. Daha çok 3B uygulamalar amacıyla kullanılan *Google Sketchup*, sağladığı sanal gerçeklik sayesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Coğrafi konumları belirlendiği takdirde *Sketchup*'ta yaratılan verilerin *ArcGIS* ortamına transfer edilmesi; *ArcGIS*'te yaratılan verilerin de *Sketchup*'a aktarılabilmesi mümkündür.

Sketchup ile *ArcGIS*'in birlikte çalışabilirliği yeni bir gelişme olmamakla birlikte her iki yazılımın da yeni sürümleriyle daha kolay hale gelmiştir. 2005'te piyasaya sürülen *Sketchup 5*, *shapefile* veri tipindeki dosyalar üzerinde çalışılmasını sağlamaktadır. 2007'de *Sketchup 6* için seçilen nokta, çizgi ve poligonların içe aktarımına; TIN ve raster verilerin kullanımına olanak veren bir *ArcGIS* eklentisi geliştirilmiştir (Lang, 2011). *Sketchup 7* sürümünde KMZ dosyalarının *Sketchup* ve *Google Earth* arasındaki alışverişi kolaylıkla sağlanabilmektedir. Bu durum *Sketchup* yazılımında coğrafi koordinatlı verinin kullanılmasına olanak vermiştir. *Sketchup 6* ile *ArcGIS 9.2/9.3* arasında veri aktarımını sağlayan eklenti yeni sürümler için güncellenmemiş olmasına rağmen *Sketchup 7*'de bu eklenti sorunsuz bir şekilde kullanılabilmektedir. 2010'da piyasaya sürülen *Sketchup 8* ise, Collaborative Design Activity (COLLADA) kullanarak herhangi bir eklentiye gerek duymaksızın *ArcGIS 10* ile veri paylaşımını ve birlikte işlerliği sağlayabilmektedir. Böylece detaylı 3B modellerin yazılımlar arası transferi sağlanabilmektedir (Şekil 3.2). *Sketchup 8* aynı zamanda “geo-location” özelliğiyle konum belirleme, daha az hatayla topografya yaratımı ve doku ekleme gibi gelişmiş özellikler sunmaktadır.



Şekil 3.2 Sketchup'ta oluşturulmuş 3B modelin ArcScene ortamındaki görünümü (Ekberg, 2007)

3.2. Dördüncü Boyut Kavramı

Konumsal anlamda üç boyuta sahip olan evrende insanoğlu; uzunluk, genişlik ve yükseklikle sınırlanmıştır. Buna karşın son iki asırdır matematik ve fizik alanındaki çalışmalar 4.boyut kavramını gündeme getirmiştir. Kuramsal bir boyut olan 4.boyutun kavramsal olarak algılanabilmesi var olan boyutların anlaşılmasıyla mümkündür. Uzaydaki bir nokta, sonsuz küçük uzunluk, genişlik ve yüksekliğe sahip olduğu için sıfır boyutlu olarak tanımlanmaktadır. Bir noktanın herhangi bir doğrultuda uzatılmasıyla elde edilen çizgi, sadece uzunluk ölçüsüne sahip olduğu için tek boyutludur. Bir çizginin sahip olduğu uzunluk doğrultusuna dik herhangi bir doğrultuda uzatılmasıyla alan elde edilir ki tüm alanlar, uzunluk ve genişlik ölçüsünde değiştiği için iki boyutludur. Bir alanın ilk ve ikinci doğrultulara dik üçüncü doğrultuda uzatılmasıyla ölçüleri her üç doğrultuda değişen üç boyutlu nesne elde edilmektedir. 3 boyutlu bir nesnenin sahip olduğu doğrultulara dik herhangi bir doğrultu var olmadığı için pratikte 4.boyuttan bahsedilememektedir. Ancak matematiksel bir benzeşimle 4 boyutlu bir yapı (x,y,z,t) parametrelerinden oluşan bir $xyzt$ koordinat sistemiyle tanımlanabilmektedir.

Kuramsal ve algılanması zor bir kavram olmasına rağmen dördüncü boyut, yapı endüstrisindeki zamana bağlı uygulamalarda sıkça gündeme gelmektedir. 3B uygulamalarla proje zaman verilerinin bütünleştirilmesi, yapım yönetimi alanında 4B sistemlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Aşağıdaki bölümlerde yapım yönetiminde 4B uygulamalardan bahsedilecektir.

3.2.1. Yapım yönetiminde dördüncü boyut: Proje iş programı

Çok sayıda yapım aşamasının eşzamanlı ya da ardışık olarak yürütüldüğü inşaat projelerinde iş programı hazırlamak, yapı projelerinin yönetiminde önemli bir adım olarak karşımıza çıkmaktadır. Proje iş programını basitçe yapılacaklar listesi olarak tanımlayabiliriz. Proje iş kalemlerinin başlama ve tamamlanma tarihlerinin atanması yanında işçi, malzeme ve ekipman kaynaklarının bu iş kalemleriyle eşleştirilmesi, proje değişkenlerinin daha kolay anlaşılmasını ve kontrol edilmesini sağlayacaktır. İyi bir planlama, gerekli malzemenin zamanında teminini, öngörülemeyen ek maliyetlerin önlenmesini ve projenin en kısa sürede bitmesini sağlayacaktır (URL1, Fundamental Scheduling Procedures, 2011). Aksi takdirde başarısız proje yönetimi ve kontrolü nedeniyle gecikmeler ve ek maliyetler kaçınılmaz olacaktır.

Proje iş programı hazırlamak ve görüntülemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. 19.yüzyılın ortalarında Henry L.Gantt ve Frederick W.Taylor, bugünün çubuk grafiğinin ve diyagramlarının temelini atan Gantt şemasını icat etmişlerdir (O'Brien ve Plotnick, 2006). Gantt şeması her ne kadar planlamanın görsel sunumu olsa da proje ilerlemelerinin anlaşılmasını da kolaylaştırmaktadır. Ancak bu yöntem, faaliyetlerin birbirlerine göre mantıksal bağlantılarını göstermekten yoksundur (Özdemir, 2009).

Proje iş programında en sık kullanılan yöntemlerden biri CPM'dir. Kritik yol yöntemi olarak bilinen CPM, imalatların mümkün olduğunca hızlı ve az maliyetle tamamlanabilmesi amacıyla yapım faaliyetlerinin planlanması, koordine ve kontrol edilmesini sağlayan bir iş planlama yöntemidir. CPM, aynı zamanda faaliyetler arasındaki karşılıklı ilişkilerin belirlenmesini ve diyagramlarla gösterimini sağlayan matematik tabanlı bir algoritmadır. Bu yöntem, olası

başlangıç ve tamamlanma süreleri boyunca projenin mümkün olan en kısa tamamlanma süresini hesaplamaktadır (URL1, Fundamental Scheduling Procedures, 2011). Güçlü proje yönetim yazılımlarınca kullanılan CPM algoritması, inşaat sektöründe en iyi iş planlama tekniği olarak kabul edilmektedir.

1958’de Birleşmiş Milletler Deniz Kuvvetlerinin Program Değerlendirme Birimi tarafından icat edilen bir diğer iş planlama yöntemi, *Polaris* adı verilen füze programında kullanılmıştır (URL2, PERT/CPM for Project Scheduling & Management, 2011). Yönteme, aynı zamanda çalışma programının adı olan *Program Evaluation Research Task (PERT)* adı verilmiştir. PERT yönteminin, projedeki büyük miktarda verinin yönetimini kolaylaştırdığı görülmüş ve bu noktadan sonra yapı endüstrisi başta olmak üzere endüstriyel amaçla sıkça kullanılmaya başlamıştır.

CPM tabanlı iş programlamada sıkça kullanılan yazılımların başında *Microsoft Project* ve *Primavera Project Planner* gelmektedir. Bu güçlü proje yönetimi yazılımları, zaman verilerinin yanı sıra kaynak verilerinin de girilebildiği kullanıcı arabirimlerine sahiptir. Ayrıca proje kapsamındaki işçi, malzeme, ekipman ve maliyet verilerinin analizine ve kontrolüne olanak sağlamakta; böylece elle uzun sürede yapılacak planlama ve hesapları hızlı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Ancak bu yazılımlar, yapı projesinin konumsal yönünü görüntüleme özelliğine sahip değildir (Bansal, 2008).

3.2.2. Kritik yol yöntemi (CPM)

CPM teorisi, bir projenin ve onu oluşturan tüm faaliyetlerin tanımlanmasıyla başlamaktadır. Her bir faaliyet i-j şeklinde tanımlanmaktadır. i, başlangıç düğümünü belirtirken j bitiş düğümü olarak ifade edilmektedir (Bansal, 2008). Sonraki adımda projeyi oluşturan tüm faaliyetler arasındaki karşılıklı ilişkiler belirlenmelidir. Diğer bir deyişle hangi faaliyetlerin daha önce, hangilerinin sonra, hangilerinin eşzamanlı gerçekleşeceği tespit edilmelidir. Daha sonra tüm faaliyetler bir ağ diyagramı üzerinde gösterilmelidir. Düğüm ve oklardan oluşan ağ diyagramında düğümler olayları, oklarsa işlemleri, yani

faaliyetleri ifade etmektedir. Ağ diyagramı üzerindeki faaliyetlere aynı numara atanmamalı, gerekli olduğunda kukla işlem okları kullanılarak her faaliyete ayrı numara verilmelidir. Faaliyetlerin yapım süreleri tanımlanmalı ve eşzamanlı olarak ağ diyagramına işlenmelidir.

CPM hesaplamalarında şu varsayımlar geçerlidir (Bansal, 2008):

- ✓ Bir faaliyet başlamadan, ondan önceki tüm faaliyetler tamamlanmalıdır.
- ✓ Ağ diyagramında döngüler bulunmamalıdır.
- ✓ Düğüm numarası tekrarı olmamalıdır

Bu kurallar çerçevesinde ağ diyagramı oluşturulduktan sonra CPM hesaplamaları yapılmalıdır. CPM hesaplamalarında kullanılan terimler ve formüller aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır:

Başlangıç-bitiş düğümü (i-j): Proje kapsamındaki her iş kalemi birer başlangıç ve bitiş düğümüne sahiptir. Başlangıç faaliyeti için 0 olarak atanan başlangıç düğümü numarası, seyreden faaliyetler için ardışık olarak (1,2,3...k) artmaktadır. İşlemler için tanımlanan bitiş düğümü numaraları da artan sırada seyretmektedir. Her işlemin bitiş düğüm numarası, bir sonraki işlemin başlangıç düğümü numarasıdır.

t_{ij}: Her bir aşamanın başlangıç düğümünden bitiş düğümüne kadar geçen süreyi ifade etmektedir.

EB: En erken başlama zamanıdır. EB hesabında proje başlangıç işleminin sıfır zamanında başladığı varsayılmaktadır (Moder ve ark. 1983, O'Brien ve Plotnik, 2006).

ET: En erken tamamlanma zamanı olarak tanımlanmakta ve şu formülle hesaplanmaktadır:

$$ET = EB + t_{ij} \quad (3.1)$$

Eğer aynı bir düğüm noktasında birden fazla faaliyet tamamlanmakta ise en büyük EB değeri dikkate alınmaktadır. Buna *forward pass* adı verilmektedir.

GB: En geç başlama zamanını ifade etmekte ve şu formülle hesaplanmaktadır:

$$GB = GT - t_{ij} \quad (3.2)$$

Eğer aynı düğüm noktasında birden fazla faaliyet tamamlanmakta ise en küçük GB değeri dikkate alınmaktadır. Buna *backward pass* adı verilmektedir.

GT: En geç tamamlanma zamanı olarak tanımlanmaktadır.

TB: Toplam bolluk olarak adlandırılmaktadır. En erken başlama zamanı olan EB zamanında başlayan ve t_{ij} süresince devam eden i-j işleminin TB değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$TB = GT_j - (ET_i + t_{ij}) \quad (3.3)$$

SB: Serbest bolluk olarak tanımlanmaktadır. EB zamanında başlayan ve t_{ij} süresince devam eden i-j işleminin SB değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$SB = ET_j - (ET_i + t_{ij}) \quad (3.4)$$

Bir projede mutlaka bir kritik yol olduğu gibi birden çok kritik yol da bulunabilmektedir. Kritik yol bize proje süresini vermektedir. CPM hesaplamaları sonucunda TB değerleri sıfır olarak hesaplanan faaliyetler kritiktir. Ayrıca başlangıç ve bitiş düğümlerinin her ikisinin de en erken ve en geç tamamlanma zamanları eşit olan faaliyetlerin kritik olduğu belirtilmiştir (Özdemir, 2009). Bir faaliyetin kritik olması, o faaliyetteki olası bir gecikmenin toplam proje süresini etkileyeceği anlamına gelmektedir.

3.2.3. 4B-CAD

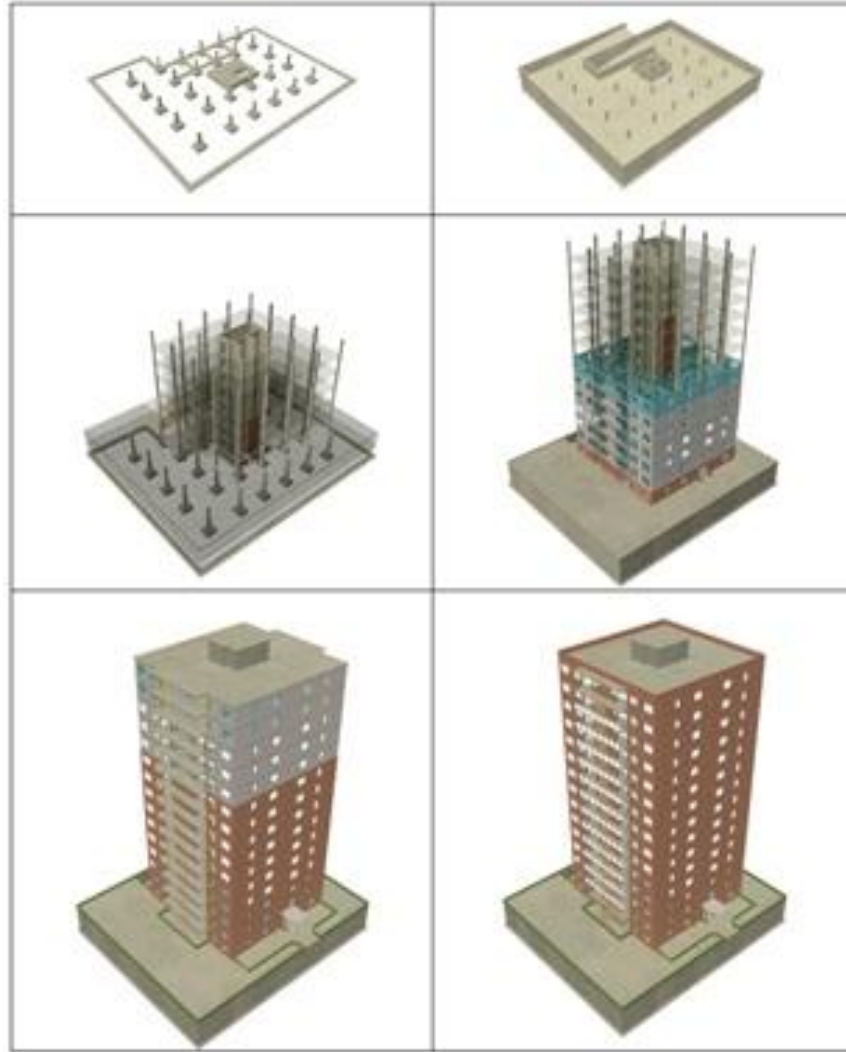
Bir 4B CAD modeli, 3B görsel verilerin dördüncü boyut olan zamanla birleştirilmesi sonucunda oluşmaktadır (Koo ve Fischer, 2000). Model, yapı yöneticilerine kapsamlı bir şantiye yönetim aracı sağlamak ve çubuk diyagram programlama, her bir faaliyet için kaynak gereksinim analizi, malzeme tahsisi ve maliyet dağılımını 3B geometrik modelle birleştiren görselleştirilmiş planlamaya olanak vermektedir (Chau ve ark. 2004). Yapı projelerinin zaman boyutunu ifade eden iş programları genellikle CPM tabanlıdır. İş programı, yapı projesinin konumsal verilerini içermemektedir. Bir projenin konumsal verilerini elde etmek

için kullanıcılar 2B çizimlere bakmalı ve bileşenleri, ilgili proje faaliyetiyle kavramsal olarak ilişkilendirmelidir (Koo ve Fischer, 2000).

Yapı endüstrisi tarafından günümüzdeki iş programı ve ilerleme raporu pratiklerinin kalite ve etkililik açısından önemli gelişmelere ihtiyacı olduğu kabul edilmektedir (Retik, 1999). İleri planlama tekniklerini geliştirmek için birçok araştırmacı zaman boyutuyla 3B görselleştirmeyi birleştiren 4B model kavramı üzerine çalışmalarda bulunmuştur (Chau ve ark. 2003). Retik ve ark. (1990) bilgisayar grafiklerinin iş programlamadaki potansiyelini keşfetmiştir. McKinney ve ark. (1996) yapı tasarım aşamasında görsel ve iletişimsel amaçlarla kullanılabilen bir 4B CAD aracı geliştirmişlerdir. Collier ve Fischer (1996), bir görselleştirme aracı olarak 4B CAD kullanımını önermiştir. Williams (1996), proje görselleştirme, simülasyon ve iletişim ihtiyaçlarına cevap verebilen *4D-Planner* aracını geliştirmiştir. McKinney ve Fischer (1998); *AutoCAD*, *Primavera*, *Jacobus Simulation Toolkit* ve *Walkthru* gibi birçok yazılım kullanarak bir 4B uygulama gerçekleştirmiştir. McKinney ve ark. (1998), yapım problemlerini belirlemeye yardımcı olan bir 4B CAD modeli sunmuştur. Liston ve ark. (2001), planlamacılar için görsel karar desteği sağlayan bir 4B CAD aracı geliştirmiştir. Koo ve Fischer (2000), 4B modelin bir yapı projesinin etkili bir şekilde yönetimini sağladığını iddia etmiş ve 4B araçların geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Kamat ve Martinez (2001), belirli yapım faaliyetlerinin konumsal ve kronolojik anlamda doğru 3B görselleştirmesine olanak sağlayan bir sistem tanımlamıştır. Chau ve ark. (2003) yapım planlamaları ve şantiye kullanımı için 4B bir yönetim yaklaşımı önermiştir. Dawood ve ark. (2003), 4B iş programı simülasyonu için bütünsel bir veritabanı geliştirmişlerdir.

4B CAD, yapı projesi planlamacılarına yapım sürecinin planlandığı gibi görselleştirme olanağı sunmaktadır (Bansal, 2008). Koo ve Fischer (2000) tarafından, 4B modelin kullanılmasıyla kaynakların etkili bir şekilde tahsis edilmesinin de mümkün olacağı belirtilmiştir. Ayrıca 4B CAD kullanımı planlamacılara ve proje yöneticilerine, yapı iş programındaki aksaklıkları görme, kısıtlamaları belirleme ve alternatif inşa yöntemlerini değerlendirme konusunda yardım etmektedir (Akıncı ve ark. 2002). Heesom ve Mahdjoubi (2004), yapı projesi planlamalarında 4B CAD uygulamalarını derlemiş ve 4B CAD modelinin

yapı projelerinde kullanılmasıyla, olası aksaklıkların önceden belirlenerek zaman ve maliyet tasarrufu sağlanabileceğini belirtmiştir. Ma ve ark. (2005), yapı projesinin yönetimi ve şantiye tasarımı aşamalarında kullanılabilecek 4B bütünleşik şantiye tasarım sistemini geliştirmiştir. Russel ve ark. (2009), CAD tabanlı 3B görsel verilerle CPM tabanlı zaman verilerini bütünleştirerek 4B bir yapı yönetim sistemi geliştirmiştir. 4B CAD sistemi, on beş katlı bir yapı üzerinde uygulanmış ve yapım aşamaları periyodik şekilde görüntülenmiştir (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Yapının farklı aşamalarının görüntülediği bir 4B CAD uygulaması
(Russel ve ark. 2009)

3.2.4. 4B-CAD ile İlgili Problemler

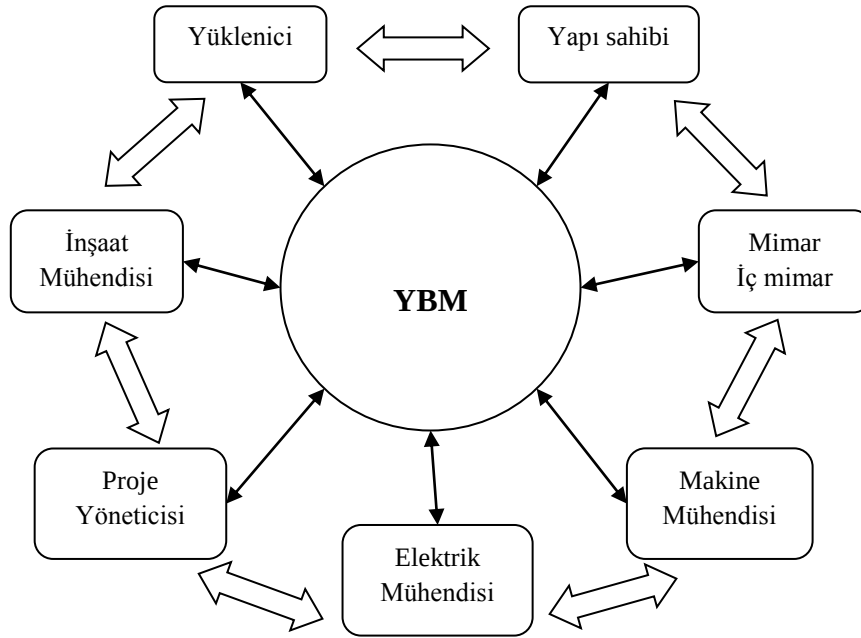
Yapı endüstrisinde son 30 yıldır 4B CAD uygulamaları geliştirilmektedir (Fischer and Kam, 2001). Buna rağmen 4B CAD teknolojisinin yapım yönetiminde kullanımı oldukça yeni bir gelişmedir. Yapım yönetiminde konumsal ve konumsal olmayan verilerin bütünsel bir veritabanı üzerinden yönetimi, yapı projesinde belirlenen hedeflere ulaşmak için önemli bir noktadır. Ancak var olan 4B CAD sistemleri konumsal ve özniteliksel verinin bütünleştirilmesi ve ayrıştırılmasında yetersizdir. Bu nedenle CBS'nin farklı tipte verilerin saklanması ve yönetimini tek ortamda sağlama özelliklerinin keşfedilmesi önemlidir (Bansal, 2008).

4B CAD araçlarının kullanımı ve elde edilen görselleştirmenin farklı projelere uyarlanması kolay değildir (Issa ve ark. 2003). 4B CAD araçları, nesne merkezli anlayışa dayalıdır ve öncelikli olarak planlama, tasarım aşamasının analizi ve analiz tipinin değerlendirilmesinde kullanılmakta; buna karşın bilgisayar tabanlı metraj, yapı maliyeti ve güvenlik analizlerini desteklememektedir (Poku ve Arditi, 2006). Ayrıca yapı endüstrisinde 4B CAD araçlarının konumsal analizler olmaksızın yalnızca iş programının görselleştirilmesi amacıyla kullanılması büyük bir problemdir. 4B CAD ve BIM araçları, CBS gibi jeo-uzamsal değildir (Bansal, 2008). Bu yüzden CBS, çeşitli mühendislik projelerinin gereksinimlerini karşılamak için konumsal analiz yeteneklerinden yararlanılabilecek bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.2.5. Yapı Bilgi Modelleme (YBM)

Yapı Bilgi Modelleme (YBM) koordinatlı, güvenilir ve yüksek kaliteli bilgiye dayalı bir yapı tasarım ve belgeleme yöntemidir (Autodesk, 2003). YBM'nin temel özelliği tüm verilerin yalnızca bir veritabanında toplanmasıdır. Bu veritabanı hem görsel hem de görsel olmayan verileri içermektedir. Böylece tüm verilerin tek ortam üzerinden yönetimi mümkün hale gelmektedir. Ayrıca yapı projelerinde bilginin düzenli akışı sağlanabilmekte, olası ek masraflar engellenebilmektedir.

YBM; mimar, mühendis, yüklenici, yapı sahibi vb. yapı projesiyle ilgili tüm kişilere inşa edilecek yapının görsel ve tematik verilerini detaylı olarak sunmaktadır (Şekil 3.4) Ayrıca projenin anlaşılabilirliğini geliştirerek büyük proje ekiplerine destek sağlamakta ve daha öngörülebilir sonuçlar alınmasına olanak vermektedir (Autodesk, 2003). Buna karşın YBM'nin geliştirilmesinden sonra dahi CBS sistemlerinden konumsal analiz ve büyük veri setlerinin yönetimi için veritabanı yönetim sistemi gibi farklı ortam özelliklerinin yapı endüstrisine kazandırılması beklenmektedir (Bansal, 2008). YBM'de verinin güncellenmesi, erişimi ve güvenliği gibi birtakım sorunlar mevcuttur. Ayrıca nesnelerin gerçek bir koordinata sahip olmaması, konumsal analize izin vermemektedir.



Şekil 3.4 Yapı Bilgi Modelleme (YBM)

3.2.6. nB Modelleme

nB modelleme bir tesisin yaşam döngüsünün her bir aşamasında gerekli tüm tasarım bilgisine sahip olan YBM'nin bir eklentisidir (Lee ve ark. 2003). YBM bir modelin çok yönlü ve kalıcı 3B görünümünü üretebilen tek bir veritabanı yaratırken geleneksel 4B CAD yazılımları bir dizi çizgi ve yüzeyden oluşan görünüm yaratmakta ve bilgiyi birçok dosyada saklamaktadır (Bansal,

2008). Her bir ögenin sadece bir kez tanımlandığı tek bir veri ortamı, YBM'nin ardındaki ana düşüncedir. Bu, tüm proje verilerini içeren belgelerin sadece bir yerde saklanması ve böylece veri ortamı kullanıcılarının her bir proje katılımcısıyla aynı bilgiyi görmesini sağlayan yaklaşımdır (Autodesk, 2003). nB modelleme; zaman, maliyet, inşa edilebilirlik, ulaşılabilirlik, sürdürülebilirlik, akustik, ışık ve ısı şartlarının bütünleştirilmesini sağlayan altyapı, yöntem ve teknolojileri geliştirmesi yönüyle 4B modelleme araçlarından ayrılmaktadır (University of Salford, 2004).

Proje verilerini paylaşmada geleneksel yaklaşım, bir modelden diğerine nesne yapısının uygun şekilde aktarımını sağlayamayan .dxf, .dwf, .dwg ve .pdf gibi formatlar kullanılarak dosya değişimidir (Bansal, 2008). Farklı yazılımlar arası veri paylaşımının sağlanabilmesi için bu yazılımlar arası birlikte işlerliğin sağlanması gerekmektedir. nB modelleme araçları; birlikte işleyebilen veri standartlarıyla bir nB modele erişebilen, disiplinler arası bilgi ve iletişim teknolojisi tabanlı bir dizi yapı tasarımı ve analizi uygulamalarıdır (Lee ve ark. 2003). Ancak nB modelleme, CBS'de var olan konumsal analiz özelliklerine ihtiyaç duymaktadır (Bansal, 2008).

3.2.7. CBS ve CAD Teknolojilerinin Karşılaştırılması

Yapı endüstrisinde genellikle CAD sistemleriyle üretilmiş 2B çizimlerden yararlanılmaktadır (Cherneff ve ark. 1991). Bunun yanında birçok CAD yazılımının 3B verinin düzenlenmesi ve görüntülenmesinde başarılı olduğu bilinmektedir. CAD sistemlerinde bilgi bir çizim üzerindeki görsel katmanları, bir dosya üzerindeki çizimlerin bütünü ve bir dizi dosya içindeki çizim dosyaları olarak oluşturulmaktadır (ESRI, 2003). CBS'de ise veriler tematik katmanlar halinde vektör ya da raster veri tipinde oluşturulmakta ve veritabanında saklanmaktadır. CBS'deki veritabanı desteği, iki teknoloji arasındaki önemli bir farklılıktır. CBS'de çizimler, bu çizimlerin ardındaki verinin bir sunumu iken CAD sistemlerinde verinin kendisini ifade etmektedir. CAD teknolojisi temelde bir çizim ve düzenleme sistemi iken CBS, bir veritabanı ve konumsal bilgi sistemidir.

CAD sistemleri kartezyen koordinat sistemini kullandığı için CAD ortamında üretilen nesneler, coğrafi bir koordinata sahip değildir ve dünya üzerindeki gerçek yerleri hakkında bir bilgi içermemektedir. Buna karşın CBS, yersel bir referans sistemi kullanmaktadır ve oluşturulan verilerin dünya üzerindeki konumları bilinmektedir. Bu özellik sayesinde CBS ortamındaki verinin konumsal analizlerini yapmak mümkün olmaktadır. CAD sistemleri, CBS'ye nazaran çok çeşitli çizim ve düzenleme araçları sunmasına karşın oldukça az konumsal analiz aracına sahiptir (Bansal, 2008).

İki sistemi birbirinden ayıran diğer bir farklılık CBS'de var olup CAD'de bulunmayan topoloji özellikleridir. CBS'de üretilen bir nesne, kendi konumsal özelliklerinin yanı sıra diğer nesnelere göre konumsal özelliklerini içermektedir. Topoloji, geometrinin bir tümleyenidir ve çoğunlukla birçok CBS tabanlı konumsal faaliyetin temeli olarak düşünülmektedir (Doğan ve ark. 2004; Ekberg, 2007).

CAD ve CBS sistemleri entegre edilirken temel sorun, bu iki sistemin desteklediği veri tiplerinin ve dosya formatlarının farklı olmasıdır (Bansal, 2008). Bu nedenle CBS ve CAD arasındaki veri paylaşımı esnasında kayıplar meydana gelmektedir. CAD sistemlerinin küre, koni, silindir vb. temel şekil öğelerini desteklemesine rağmen CBS'nin bu öğeleri desteklememesi de veri kayıplarına yol açmaktadır.

3.2.8. CBS ve CAD Birlikte İşlerliği

Yapı endüstrisinde 4B CAD araçları çeşitli analizlerden bağımsız bir şekilde, yalnızca görselleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Gerekli analizlerin yapılması için farklı yazılım ve teknolojilerden faydalanılmaktadır. CBS'nin analiz özellikleri düşünüldüğünde bu teknolojinin 4B uygulamalarda kullanılmasının etkili bir çözüm olacağı söylenebilir. CAD teknolojisi, gelişmiş çizim ve düzenleme kabiliyetleriyle proje mühendisliği, şantiye tasarımı ve hizmet yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna karşın CBS yazılımları, konumsal analiz ve en yüksek kalitede kartografyanın yanı sıra kurala dayanan düzenleme ve topolojiyle daha biçimsel veri modellerine sahiptir (Maguire, 2003).

CBS, aynı zamanda CAD teknolojisinde var olmayan veritabanı desteğini de sunmaktadır. CBS ve CAD sistemleri, birbirlerinden bağımsız gelişen teknolojiler olmalarına karşın bu iki teknolojinin ortak kullanıldığı birçok mühendislik uygulaması mevcuttur. Mimar ve mühendislerin temel problemi, konumsal ve özniteliksel verinin farklı veri formatlarında olması nedeniyle yazılımlar arası veri alışverişinin sağlanmasındaki zorluklardır. Yazılımlar kendilerine özgü dillere veya veri formatlarına sahiptir ki bu da elde edilen bilginin gönderilmesi, alınması, paylaşılması ve kullanılmasını zorlaştırmaktadır (Bansal, 2008). Bir yapı projesinin yönetiminde güncel veri akışının aksaması, işin de aksamasına ve buna bağlı ek maliyetlere neden olacaktır. Bu sorunun çözümü CBS ve CAD yazılımları arasındaki veri paylaşımını en iyi düzeye çıkarmakla mümkündür.

CAD ve CBS, son 30 yıldır birbirlerinden bağımsız olarak büyük gelişmeler kat eden, ancak birbirlerini tamamlayan teknolojilerdir (URL3, ESRI GIS and CAD). CAD yazılımları, CBS'den daha iyi düzenleme araçları sunarken CBS yazılımları, CAD teknolojisinde var olmayan konumsal analiz fonksiyonları sağlamaktadır.

CBS ve CAD sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak için dosya dönüşümü, doğrudan okuma ve paylaşımlı veritabanı erişimi teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Dosya dönüştürme, veriyi bir formattan başka bir formata çevirmeyi kapsamaktadır (Maguire, 2003). Doğrudan okuma, dosya dönüşümüne benzemekle birlikte herhangi bir ara formata ihtiyaç duyulmaksızın verinin görüntülenmesidir. Paylaşımlı veritabanı erişimi ise Application Programming Interface (API) sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu üç teknolojinin kullanımıyla çeşitli eklentiler geliştirilmiştir. Bu eklentilerden veri birlikte çalışabilirlik eklentisi; *AutoCAD* DWG/DXF, MapGuide SDL, *AutoCAD* DWF, DGN gibi temel CAD veri tipleri başta olmak üzere yetmiş beşten fazla konumsal veri formatını doğrudan okuma/yazma veya dönüştürme özelliğine sahiptir. *AutoCAD* için *ArcGIS* eklentisi ise, *ArcGIS* Server'da internet haritalama tabanlı bir eklentidir ve CAD kullanıcılarına herhangi bir dönüşüme gerek kalmadan CBS verisini görselleştirme ve sorgulama olanağı sağlayan harita servislerini kullanmaktadır (ESRI UK, 2008). ESRI'nin *ArcSDE* için geliştirilen "CAD Client" eklentisi *MicroStation* veya *AutoCAD* kullanıcılarına bir veritabanı

yönetim sistemindeki CAD ve CBS elemanlarını saklama ve geri çekme olanağı sunmaktadır (Maguire, 2003). *ArcGIS*'in son sürümü *ArcGIS 10*'da, CAD verisini doğrudan okumak ve CBS şekil sınıfına dönüştürmek mümkündür. Ayrıca *CAD to Geodatabase* aracıyla CAD verisi var olan bir konumsal veritabanına eklenebilmektedir.

CBS ve CAD verisinin birlikte işlerliği sayesinde yapı projelerinde birimler ve bireyler arası veri akışının sürekliliğinin sağlanabileceği, böylece ek maliyetlerin en aza indirilebileceği düşünülmektedir.

3.3 Veri Entegrasyonu

Veri entegrasyonu, ortak kavramsal bir yapı çerçevesinde veri yapılarının standardizasyonu işlemi olarak tanımlanmaktadır (Heimbigner ve McLeod, 1985; Litwin, ve ark., 1990). Goodhue ve ark. (1992) ise veri entegrasyonunu, “bir projenin farklı birimleri arasındaki ortak alan tanımlamalarının ve kodların kullanımı” olarak tanımlamıştır. Veri entegrasyonunun amacı, kullanıcıları amaçlarına ulaştıracak farklı kaynaklardaki bilgileri bir araya getirmektir (AFT, 1997). Farklı kaynaklardaki verilerin entegre edilmesinin en önemli avantajı tekrarlayan verilerin önlenmesi ve diğer türlü imkansız olan veri çekme işleminin gerçekleştirilebilmesidir (Subrahmanian ve ark. 1996). Bu sayede kurum ve kuruluşlar arasında ya da bir kurum-kuruluş ve projede görev alan birimler arası ortak veri dilinin geliştirilmesi mümkün olacaktır.

4. MATERYAL

CBS tabanlı bir yapı yönetim sistemi oluşturmak; CBS'nin veritabanı, görselleştirme, yazılım geliştirme özelliklerinden yararlanmayı gerektirmektedir. Bunun yanında CAD araçlarından, bağımsız yazılım ve uygulamalardan yararlanmak da etkin çözümler getirecektir. Çalışmada kullanılan yazılım ve uygulamalar şu şekilde sıralanmaktadır:

- ✓ *Autodesk AutoCAD*
- ✓ *ESRI ArcGIS*
- ✓ *Microsoft Access*
- ✓ *Microsoft Visual Studio*
- ✓ *ESRI ArcGIS Engine*
- ✓ *Google SketchUp Pro*
- ✓ *Google Earth Pro*

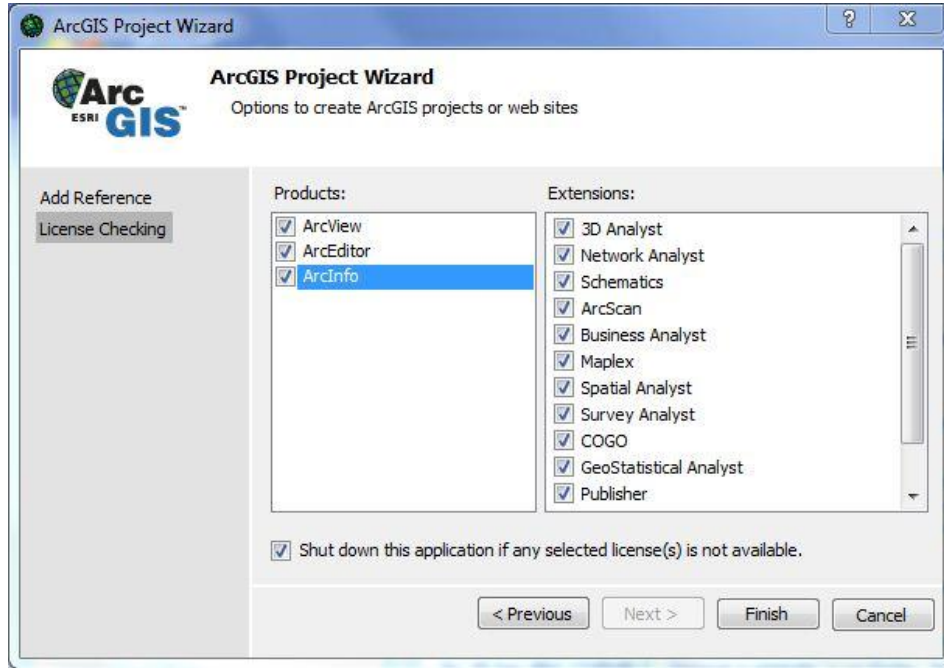
Autodesk AutoCAD: Güçlü çizim araçları sayesinde yapı ve mimarlık sektöründe sıkça kullanılan bir yazılımdır. Bu çalışmada *AutoCAD* ortamında üretilen mimari ve statik-betonarme projeler kullanılırken CBS araçlarıyla birlikte çalışabilirliği de vurgulanmıştır. Çalışmada *AutoCAD 2007*'den yararlanılmıştır. Bu yazılım, .dwg/dxf formatında veriler üretme; *Import/Export* özellikleri sayesinde de bu verileri diğer yazılımlarla paylaşma özelliğine sahiptir.

ESRI ArcGIS: Masaüstü CBS çözümlerinin en çok kullanılanı olarak yazılım pazarında büyük bir paya sahiptir. *ArcGIS*'in aksine açık kaynak kodlu olan *GRASS GIS*, *QGIS*, *uDig*, *JUMP GIS* vb. masaüstü yazılımları da mevcuttur. Ancak *ArcGIS*; *ArcScene* gibi 3B görsel verinin sunumuna ve entegrasyonuna olanak veren etkin bir araca sahipken bu açık kaynak kodlu yazılımlar, 3B verinin entegrasyonu konusunda yeterli geliştirme ortamına sahip değildir. Çalışmanın görsel veri düzenleme ve sunumu aşamalarında *ArcGIS*'in *ArcMap*, *ArcCatalog* ve *ArcScene* araçlarından yararlanılmıştır.

Microsoft Access: Çalışmada veritabanı olarak kullanılan bu yazılım, *PostgreSQL, MySQL, Oracle, Microsoft SQL* gibi veritabanı yönetim sistemleri kadar güçlü olmasa da *ArcGIS* yazılımıyla birlikte çalışması nedeniyle avantajlıdır.

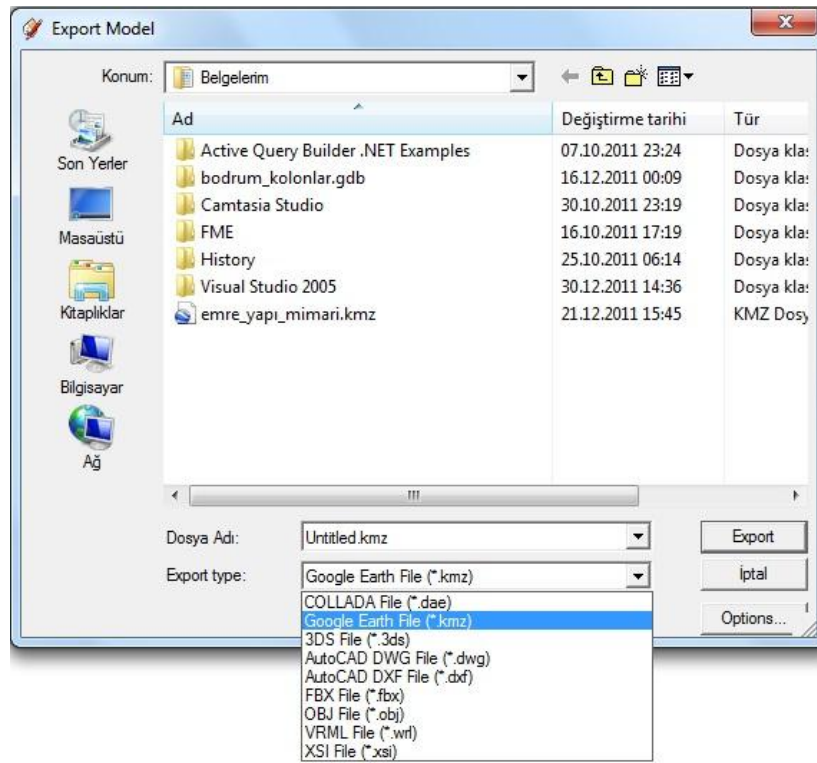
Microsoft Visual Studio: Neredeyse tüm programlama dillerini destekleyen bir yazılım geliştirme ortamıdır. Masaüstü ve web tabanlı uygulama ve yazılımlar geliştirmek için tasarlanmıştır. CBS-YY's'nin kullanıcı arabirimi, *Visual Studio 2005* platformunda, *.NET* programlama dilinden yararlanılarak geliştirilmiştir.

ESRI ArcGIS Engine: ESRI şirketinin *ArcGIS* üzerinde yazılım üretmeye olanak veren geliştirici araçlarından oluşmaktadır. Geliştiriciler *ArcGIS Engine* yardımıyla *COM, .NET, Java* ve *C++* için programlama arabirimlerini kullanarak masaüstü ya da mobil uygulamalar geliştirebilmektedir (URL4, ESRI ArcGIS Engine Overview). *ArcObjects* adı verilen bileşenleriyle *ArcMap, ArcScene* ve *ArcGlobe* araçlarından veri çekmek mümkündür. CBS-YY's kullanıcı arabirimine, *ArcScene Control* bileşeni kullanılarak 3B veriler entegre edilmiştir. Şekil 4.1'de *Visual Studio* ortamında *ArcGIS Engine* bileşenleri görülmektedir.



Şekil 4.1 Visual Studio ortamında ArcGIS Engine bileşenleri

Google SketchUp Pro: *SketchUp*, kullanım kolaylığı sayesinde 3B tasarım için sıkça tercih edilen bağımsız ve ücretsiz bir yazılımdır. *SketchUp Pro* ise gelişmiş içe/dışa aktarım fonksiyonlarıyla ücretsiz sürümünden ayrılan ticari bir yazılımdır. *SketchUp* ve *ArcGIS* arasında 3B modellerin *multipatch* veri yapısında paylaşımını sağlayan birlikte çalışabilirlik özellikleri mevcuttur. 3B bileşenlerin modellenmesi ve *ArcGIS* ortamına transfer edilmesinde *SketchUp Pro*'dan faydalanılmıştır. Şekil 4.2'de *SketchUp Pro* 3B veri paylaşım penceresi görülmektedir.

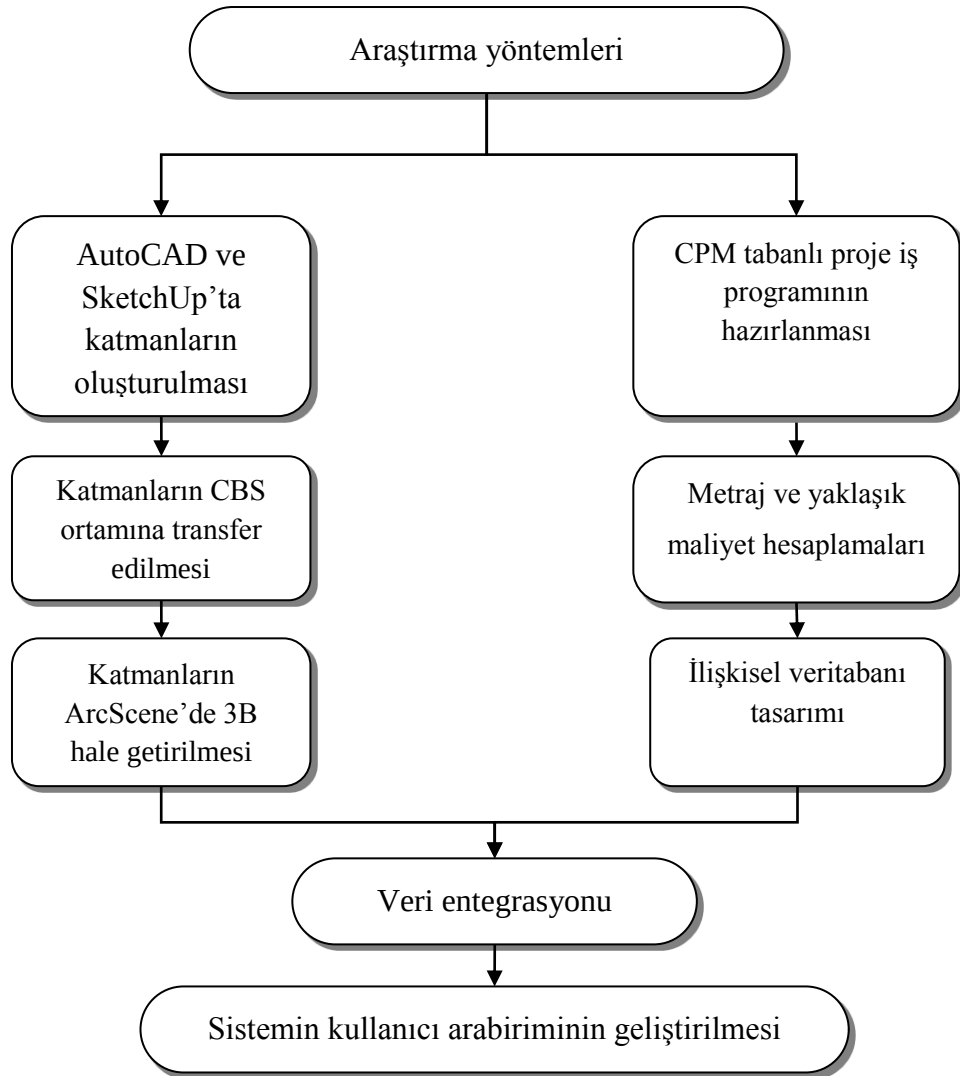


Şekil 4.2 SketchUp Pro 3B veri paylaşım penceresi

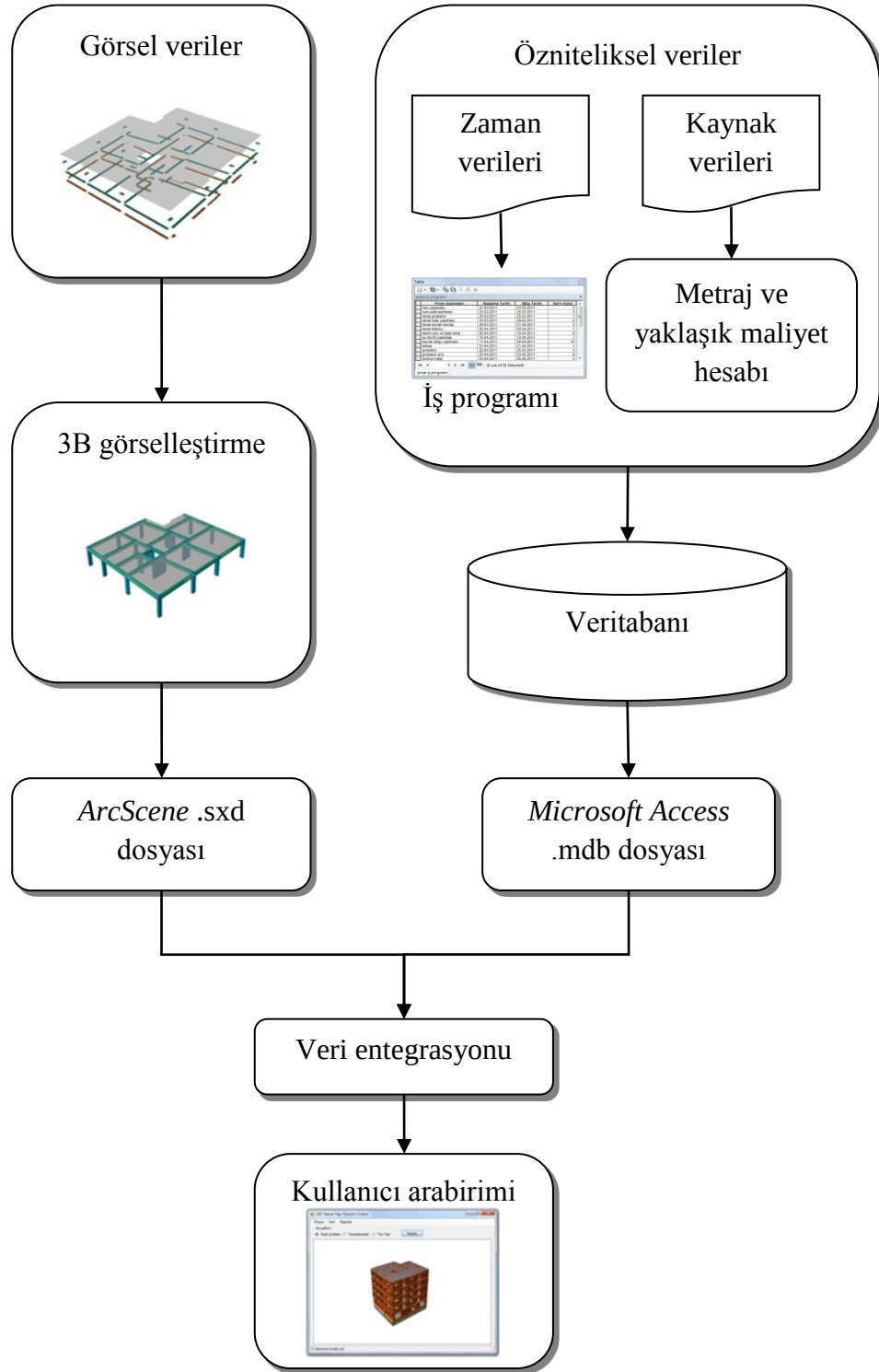
Google Earth Pro: *SketchUp Pro*'da olduğu gibi gelişmiş birlikte çalışabilirlik fonksiyonları, *Google Earth Pro*'yu ücretsiz sürümünden ayırmaktadır. Çalışmada örnek yapının konumunu gösteren haritanın elde edilmesinde ve 3B modelin paylaşılmasında kullanılmıştır.

5. YÖNTEM

CBS tabanlı bir yapı yönetim sisteminin kurulması, CBS yöntemlerinin yanında yapı proje yönetimi temellerini de kapsayan tekniklerin kullanılmasını gerektirmektedir. CBS tabanlı 3B görselleştirme ve veri entegrasyonu çalışmada yararlanılan CBS yöntemlerini; CPM tabanlı proje iş programının hazırlanması, metraj ve yapı yaklaşık maliyet hesabı da proje ve yapım yönetimi tekniklerini oluşturmaktadır. Şekil 5.1’de çalışmanın yöntem şeması, Şekil 5.2’de ise CBS-YYs’nin genel mimarisi görülmektedir.



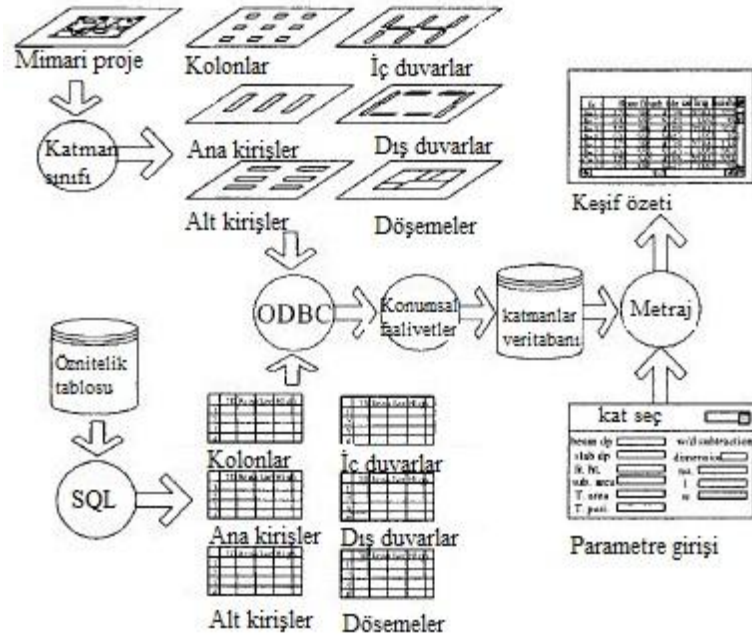
Şekil 5.1 Araştırma yöntemlerinin şeması



Şekil 5.2 CBS-YYs'nin genel mimarisi

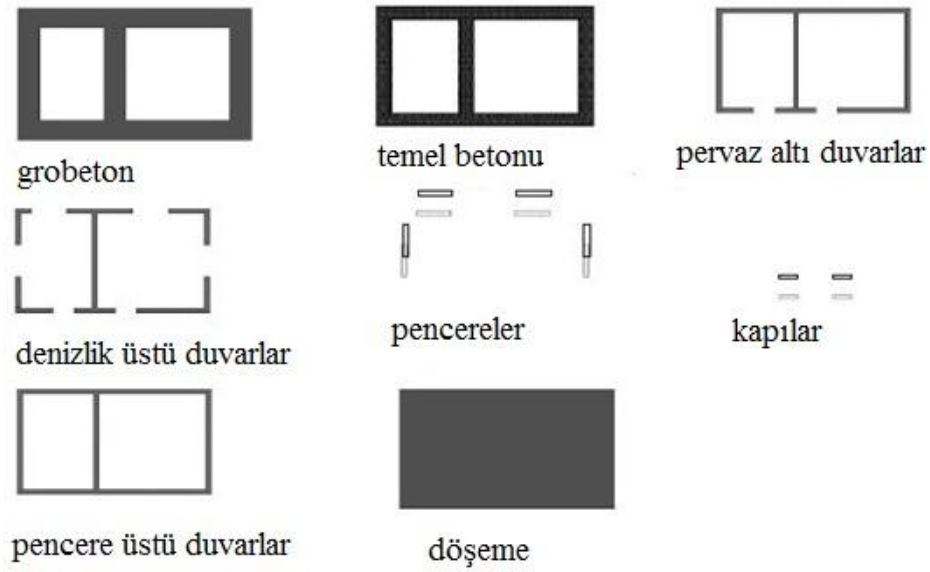
5.1. CBS tabanlı 3B görselleştirme

Yapı projelerinin planlama aşamasında çeşitli amaçlarla 2B görsel verilerden yararlanılmaktadır. Yapı yöneticileri, projenin konumsal temellerini anlayabilmek için 2B çizimler kullanmakta ve bu çizim bileşenlerini iş programındaki faaliyetlerle ilişkilendirmektedir (Cherneff ve ark. 1991, Koo ve Fischer, 2000). Ancak 3B teknolojilerin yaygınlaşması, yapım yönetimi alanında 3B uygulamaların yaygınlaşmasını sağlamıştır. CBS ortamında 3B görselleştirme yapabilmek için tek parça halindeki 2B proje çizimleri kullanışlı olmamaktadır (Bansal ve Pal, 2006). Bu nedenle *AutoCAD*'te hazırlanmış 2B mimari ve statik-betonarme proje çizimleri, yapı projesindeki her bir iş kalemini ifade eden katmanlara dönüştürülüp CBS ortamına aktarılmıştır. Cheng ve Yang (2001), CBS'nin yaklaşık maliyet hesabında kullanım olanaklarını araştırdıkları çalışmalarında, CAD tabanlı proje çizimlerinin iş kalemlerini ifade eden veri katmanlarına ayrılması ve CBS ortamına transfer edilmesini önermiştir. Şekil 5.3'te CBS tabanlı metraj hesabının algoritması görülmektedir.



Şekil 5.3 Cheng ve Yang (2001) tarafından geliştirilen CBS tabanlı metraj hesabı algoritması

Cheng ve Yang (2001) tarafından geliştirilen 3B yapı görselleştirme yöntemi, Bansal ve Pal (2006) tarafından da kullanılmıştır ve 3B görselleştirme amacıyla proje çizimleri, ayrı veri katmanlarına dönüştürülmüştür. Cheng ve Yang'ın (2001) çalışmalarından farklı olarak CBS yazılımının birleştirme (*merge*), dağıtma (*dissolve*) vb. *geoprocessing* aracından faydalanılmıştır. 3B görünümü oluşturmak için proje çizimlerinden dönüştürülen ve CBS yazılımı ortamına transfer edilen görsel katmanlar Şekil 5.4'te görülmektedir.



Şekil 5.4 Bansal ve Pal (2006) tarafından 3B görünüm oluşturmak için kullanılan katmanlar

Bu çalışmada Cheng ve Yang (2001) tarafından geliştirilen, Bansal ve Pal (2006)'ın da kullandığı 3B yapı görselleştirme yönteminden yararlanılmıştır. *AutoCAD* ortamındaki çizimler, yapım faaliyetlerini ifade eden katmanlara dönüştürülerek CBS ortamına transfer edilmiştir. Katmanlar yerden yükseklik (*base height*) ve uzatma (*extrusion*) fonksiyonları kullanılarak CBS yazılımı ortamında 3B hale getirilmiştir. Aşağıda 3B yapı görselleştirme yönteminin adımları detaylı olarak anlatılmıştır.

Çizimlerin katmanlara dönüştürülmesi: 3B görselleştirme için hem mimari hem de statik-betonarme çizimler kullanılmaktadır. Mimari projedeki kat planlarından yararlanılarak yapıya ait iç ve dış mimari detaylar oluşturulmaktadır. Yapının temel aşamalarına, taşıyıcı sistemini oluşturan yapısal detaylarına ait

katmanlar ise statik-betonarme çizimlerdeki temel ve kalıp planlarından elde edilmektedir.

Katmanların CBS ortamına transfer edilmesi: AutoCAD ortamındaki katmanların CBS ortamına aktarılması, iki teknoloji arasındaki birlikte çalışabilirlik sorunlarını gündeme getirmektedir. AutoCAD ortamındaki dosyalar, *Import from CAD* fonksiyonu kullanılarak ArcGIS ortamına transfer edilmektedir. ArcGIS ortamındaki katmanların düzenlenmesi sırasında nesneleri birleştirmek için *dissolve*, çizgi veri tipindeki nesneleri kapalı alanlara dönüştürmek için *feature to polygon*, ArcScene ortamında 3B görünümü sağlamak için yerden yükseklik (*base height*) ve uzatma (*extrusion*) fonksiyonlarından yararlanılmaktadır.

Nesneleri Birleştirme: ArcGIS yazılımında aynı özellikteki nesneleri birleştirmek için *Geoprocessing* araçları altındaki *dissolve* fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Mimari ya da statik-betonarme projedeki bir yapı elemanını ifade etmek için oluşturulmuş birden fazla nesne, *dissolve* fonksiyonuyla tek parçaya dönüştürülebilmektedir.

Çizgilerden Alan Oluşturma: AutoCAD’de oluşturulmuş proje çizimleri çizgisel elemanlardan oluşmaktadır. Bu çizgisel elemanlar, *feature to polygon* fonksiyonu kullanılarak kapalı alanlara dönüştürülebilmektedir.

Nesneleri Uzatma: 3B görsel katmanlar oluşturmak için ArcGIS yazılımının ArcScene aracındaki *base height* ve *extrusion* fonksiyonlarından faydalanılmaktadır. ArcScene ortamındaki *base height* fonksiyonu sayesinde katmanlara yerden yükseklik değeri verilebilmektedir. Katmanların *extrusion* fonksiyonu kullanılarak proje çizimlerinde belirtilen yükseklik değerlerinde uzatılmasıyla da yapının 3B görselleştirilmesi oluşturulmaktadır.

5.2. Multipatch veri yapısında 3B görselleştirme

2B çizimler ArcGIS ortamında 3B hale getirilirken eğik yapı bileşenlerinin tanımlanması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle çalışmada başka bir 3B görselleştirme yöntemi daha kullanılmıştır. Önerilen yöntemde 3B bileşenler, *Google SketchUp* ortamında hazırlanmaktadır. *Google SketchUp*,

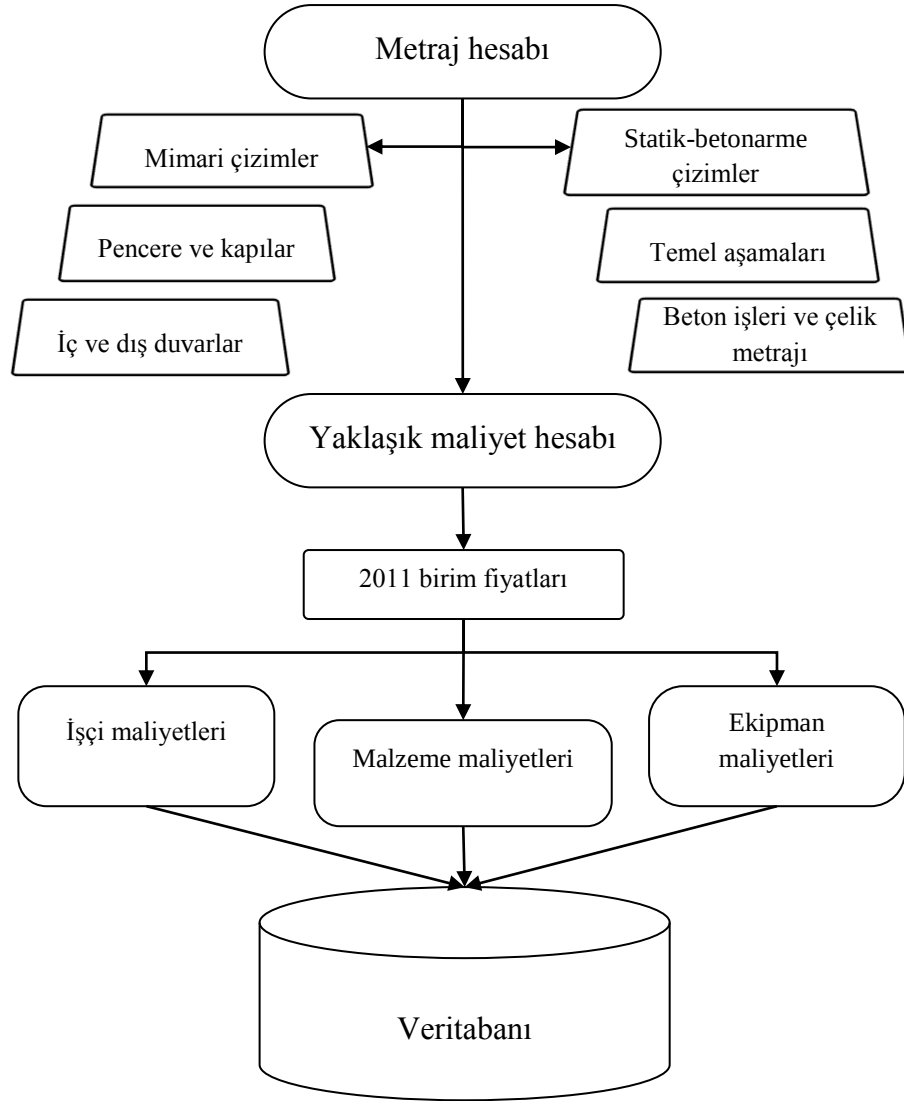
.dwg/dxf formatındaki dosyaları doğrudan okuyabilmektedir. 2B proje çizimleri üzerinden çizilerek ayrı dosyalara kaydedilen 3B katmanlar, *ArcGIS*'in *3D Analyst* araç kutusundaki *Conversion* araçları kullanılarak *multipatch* veri yapısında CBS ortamına transfer edilmektedir.

5.3. CPM Tabanlı proje iş programının hazırlanması

Bu çalışmada iş programı hazırlama aşamasında *Primavera* ve *Microsoft Project* gibi ticari proje yönetimi yazılımları kullanmak yerine *Microsoft Access* veritabanı tablolarından yararlanılmıştır. CPM tabanlı iş programı hazırlanırken proje faaliyetleri arasındaki karşılıklı ilişkiler ve varsayımlar belirlenmektedir. Faaliyetler i-j şeklinde tanımlanıp yapım süreleri dikkate alınarak CPM hesaplamaları yapılmakta ve ağ diyagramı oluşturulmaktadır.

5.4. Metraj ve Yaklaşık Maliyet Hesabı

Metraj, yapının proje çizimleri kullanılarak malzeme miktarlarının hesaplanmasıdır. Metraj çıkartılması olarak adlandırılan hesaplamalarda projenin planları, kesit ve görünüşleriyle her türlü kroki ve ölçümlerinden yararlanılmaktadır (Özdemir, 2009). Yaklaşık maliyet, metrajla elde edilen malzeme miktarlarının birim fiyatlarla çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Yaklaşık maliyet hesabı Bayındırlık Bakanlığı'nın inşaat birim fiyatları kullanılarak yapılmaktadır. CBS-YYIS'nin inşasında metraj ve yaklaşık maliyet hesapları işçi, malzeme ve ekipman verileri için ayrı ayrı hesaplanmış ve ilişkisel veritabanının tablolarına kaydedilmiştir. İşçi ve ekipman maliyetleri, çalıştırılan işçinin veya yararlanılan ekipmanın saatlik ücreti dikkate alınarak hesaplanırken nakliye gerektiren malzemelerin temininde kullanılan ekipmanların ücretleri, taşınan malzemenin miktarı göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Şekil 5.5'te metraj ve yaklaşık maliyet hesabı için kullanılan akış diyagramı verilmiştir. Görüldüğü gibi metraj ve yaklaşık maliyet hesabı için de mimari ve statik-betonarme projelerden yararlanılmaktadır.



Şekil 5.5 Metraj ve yaklaşık maliyet hesabı algoritması

5.5. İlişkisel Veritabanı Tasarımı

CBS-YYs geliştirilirken kullanılan özniteliksel veriler, *Microsoft Access* veritabanı ortamında ayrı tablolar halinde saklanmıştır. Proje iş programı tablosu; proje iş kalemleri, başlama-tamamlanma tarihleri ve yapım süresinin yanı sıra CPM hesaplamalarıyla elde edilen EB, ET, GB, GT, SB ve TB veri alanlarına sahiptir. İşçi tablosu *isci_id* ve *isci_turu*; malzeme tablosu *malzeme_id* ve *malzeme_turu*; ekipman tablosu ise *ekipman_id* ve *ekipman_turu* veri

alanlarından oluşmaktadır. Proje kaynak verilerinin iş programındaki faaliyetlerle ilişkilendirilmesi için tablo ilişkilerine başvurulmuştur. Şekil 5.6'da çalışmada kullanılan ilişkisel veritabanı, Ek-2'de ise ilişkisel veritabanı modeli görülmektedir.

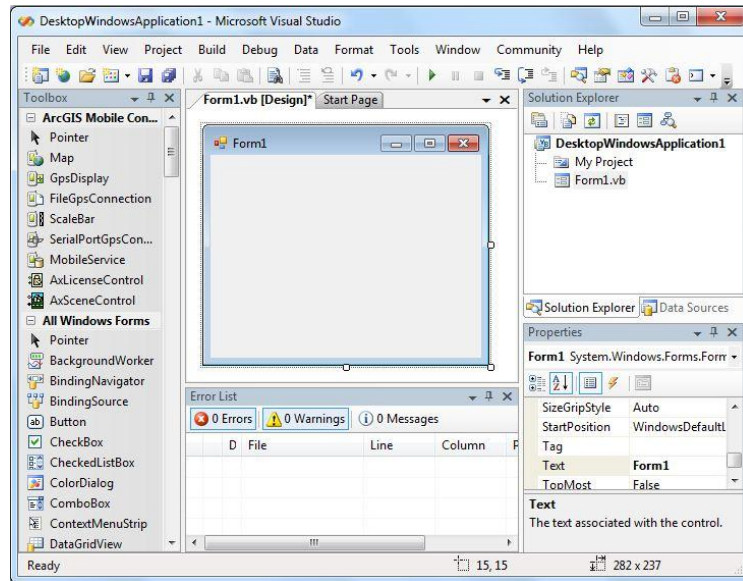
Veritabanı tabloları arasında ilişki kurabilmek için kaynak ve hedef tablosunun belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin işçi tablosundaki veriler malzeme tablosundaki veriler ilişkilendirmek istendiğinde kaynak tablosu işçi, hedef tablo ise malzeme tablosudur. İki veritabanı tablosu arasında ilişki kurulabilmesi için her iki tabloda da ortak bir veri alanı bulunmalıdır. Bu veri alanları birincil ve ikincil anahtar olarak adlandırılmaktadır. Doğru bir ilişkisel veritabanı tasarımı için birincil ve ikincil anahtar kavramlarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Birincil anahtar, kaynak tablosundaki benzersiz kayıtlara sahip olan veri alanı iken ikincil anahtar, hedef tablosundaki benzersiz kayıtlara sahip olan veri alanıdır. Tablo ilişkilerinin kurulabilmesi için alan adlarının aynı olması şart değildir, fakat bu alanların aynı veri tipinde (sayı, otomatik sayı, metin vb.) olması zorunludur.

Birden bire, birden çoğa ve çoktan çoğa olmak üzere üç tablo ilişkisi mevcuttur. Birden bire ilişki, kaynak tablosundaki bir girdinin hedef tablosundaki ancak ve ancak bir girdiyle ilişkili olabileceğini ifade etmektedir. Birden çoğa ilişki, kaynak tablosundaki bir girdinin hedef tablosundaki birden çok girdiyle ilişkili olabileceği anlamına gelirken çoktan çoğa ilişki kaynak tablosundaki birden çok girdinin hedef tablosundaki birden çok girdiyle ilişkili olabileceğini belirtmektedir.

Bir proje iş kaleminde birden fazla işçi, malzeme ve ekipman türünden yararlanılmaktadır. Aynı şekilde bir işçi, malzeme ve ekipman türü, birden fazla iş kaleminde kullanılmaktadır. O halde sistemin inşasında kullanılan işçi, malzeme ve ekipman verileri, iş programındaki faaliyetlerle çoktan çoğa ilişkilidir. Çoktan çoğa ilişkide iki tabloyu birbirine bağlayan bir bağlantı tablosunun oluşturulması gerekmektedir. Bağlantı tablosu, ilişkinin sağlanacağı veri alanlarını içeren bir tablodur. Bu tabloda veri tekrarı söz konusu olabilmektedir. Örneğin bir iş kaleminde üç ayrı işçi türü görev almakta ise bu tabloda iş kaleminin adı ya da kimlik numarası üç kez tekrarlanabilmektedir.

5.6. Veri Entegrasyonu

CBS-YY'S'nin inşasında en büyük problem, görsel ve özniteliksel verilerin ayrı yazılım ortamlarında saklanmasıdır. Verilerin tek ortamdan yönetimine olanak sağlayan veri entegrasyonu, bu problemin çözümü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, CBS ortamındaki görsel verilerin *Microsoft Access* veritabanındaki özniteliksel verilerle bütünleştirilmesi amacıyla bir kullanıcı arabirimi oluşturulmuştur. Masaüstü yazılımları veya web tabanlı uygulamalarda kullanıcı arabirimi oluşturmak için kullanılan çok sayıda platform mevcuttur. CBS-YY'S'nin kullanıcı arabirimi *Visual Studio 2005* platformunda geliştirilmiştir. *Microsoft* şirketi tarafından geliştirilen bu platform; *GridView*, *FormView* ve *DataView* kontrolleri sayesinde veri bütünleştirme işlemlerini kolaylaştırmaktadır (URL5, Visual Studio 2005). Ayrıca *Microsoft Developer Network* (MSDN) sayesinde uygulama geliştiricilere geniş bir kütüphane sağlamaktadır. *Visual Studio* arabiriminde yeni bir proje oluşturmak için *Windows* bölümünün altında *Windows Application*, *Console Application* ve *Empty Project* seçeneklerinden biri tıklanabilmektedir. Aynı bölümden masaüstü ve web uygulamaları için sınıf ve kontrol kütüphanelerine ve servislerine ulaşılabilir. Şekil 5.6'da *Visual Studio 2005* kullanıcı arabirimi görülmektedir.

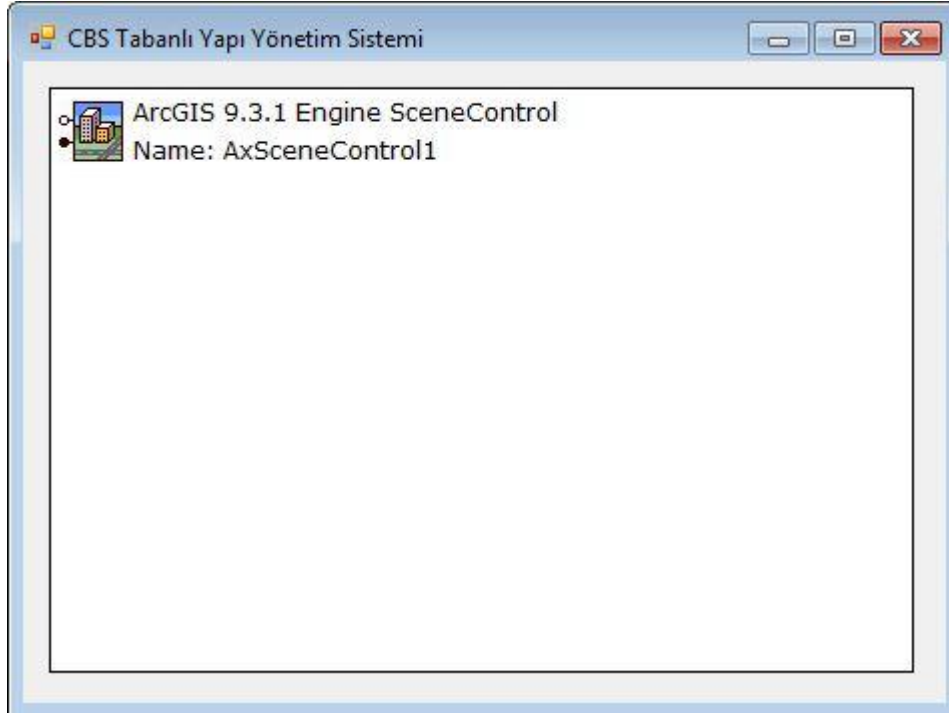


Şekil 5.6 Visual Studio 2005 kullanıcı arabirimi

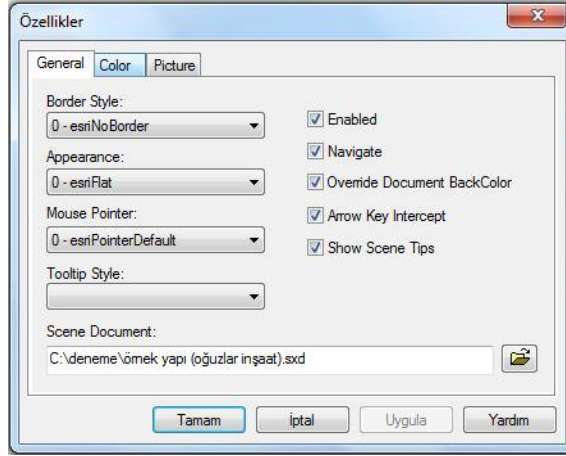
Çalışmada *ArcGIS* yazılımının *ArcScene* aracında kayıtlı görüntü katmanlarının kullanıcı arabiriminde görüntülenmesi istendiğinden bir *ArcGIS* masaüstü uygulama dosyası üzerinde çalışılmıştır. Bağımsız kullanıcı arabiriminin geliştirilmesi için *ArcGIS Engine* kullanılmıştır. *Visual Studio* ortamında çalıştırılabilen *ArcGIS Engine*, *ArcGIS* yazılımının *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcScene*, *ArcGlobe* araçları için sınıf kütüphaneleri sağlayarak masaüstü uygulamaları geliştirmeye olanak sağlamaktadır.

6. KULLANICI ARABİRİMİ TASARIMI

CBS-YYs'nin kullanıcı arabirimi; bir ana form ve bu forma bağılı olarak çalışan dört alt formdan meydana gelmektedir. Arabirimin temel çalışma prensibini veri entegrasyonu oluşturmaktadır. Ek1'de geliştirilen yazılımın akış diyagramı verilmiştir. Kullanıcı arabiriminin ana formunda *ArcScene*'de kaydedilen görsel veriler görüntülenirken diğer formlarda ilişkisel veritabanının ayrı tablolarında kayıtlı proje iş programı, işçi, malzeme ve ekipman verileri görüntülenmektedir. Görsel veriler .sxd uzantılı *ArcScene* dosyasından çekilip *ArcGIS Engine*'nin bir bileşeni olan *Scene Control* penceresi üzerinde görüntülenmektedir. Şekil 6.1'de form üzerinde *Scene Control* bileşeni görülmektedir. *ArcScene* dosyası, bu pencerenin özellikler bölümünden eklenebileceği gibi kod yazmak suretiyle de çağrılabilir. *Scene Control* bileşeni kullanıcılara görsel katmanların genel özelliklerini, rengini ve simgesini özelleştirmeye yarayan bölümler sunmaktadır. Genel özellikler (General) sekmesinde, görsel verilerin etkinleştirilmesi (Enable), yönlendirilmesi (Navigate), kenarlık stili, görünüm ve fare imleci ayarları mevcuttur (Şekil 6.2).

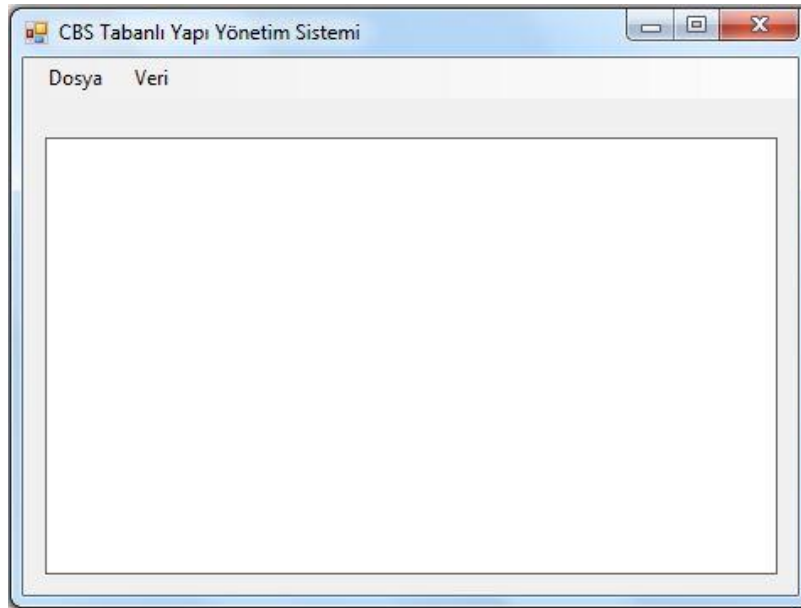


Şekil 6.1 3B görsel verilerin ArcScene Control Penceresi üzerindeki görünümü



Şekil 6.2 Scene Contol bileşeninin özellikler sekmesi

Kullanıcı arabiriminin ana formu üzerinde bir menü (*menu strip*) bulunmaktadır. Bu menüde Dosya ve Veri öğeleri mevcuttur. Dosya öğesi, *ArcScene* dosyalarını açmaya ve programdan çıkış yapmaya yarayan Dosya Aç ve Çıkış alt menü öğelerine sahiptir. Veri bölümünde ise projenin öznitelik verilerinin görüntülediği Proje İş Programı, İşçi, Malzeme ve Ekipman öğeleri bulunmaktadır. Şekil 6.3'te kullanıcı arabirimi üzerindeki menü öğesi görülmektedir.



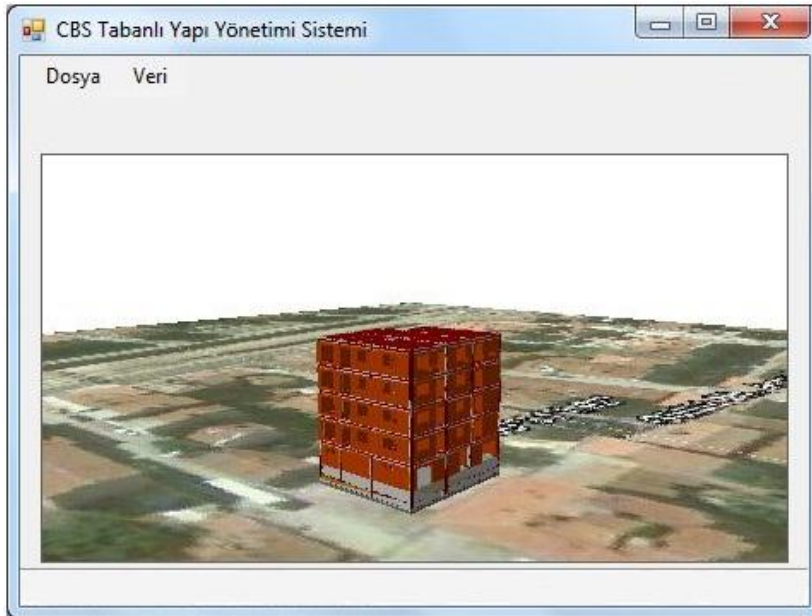
Şekil 6.3 Kullanıcı arabirimi ana formu üzerindeki menü sekmesi

6.1. ArcScene Control ile görsel veri çekme

Ana form üzerine *ArcScene*'den veri çekmek için Dosya Aç alt menü ögesi tıklanıp filtrelenen *.sxd* uzantılı dosyalardan biri seçilmelidir (Şekil 6.4). Böylece görsel veriler ana form üzerindeki *Scene Control* penceresi üzerinde görüntülenmektedir (Şekil 6.5).



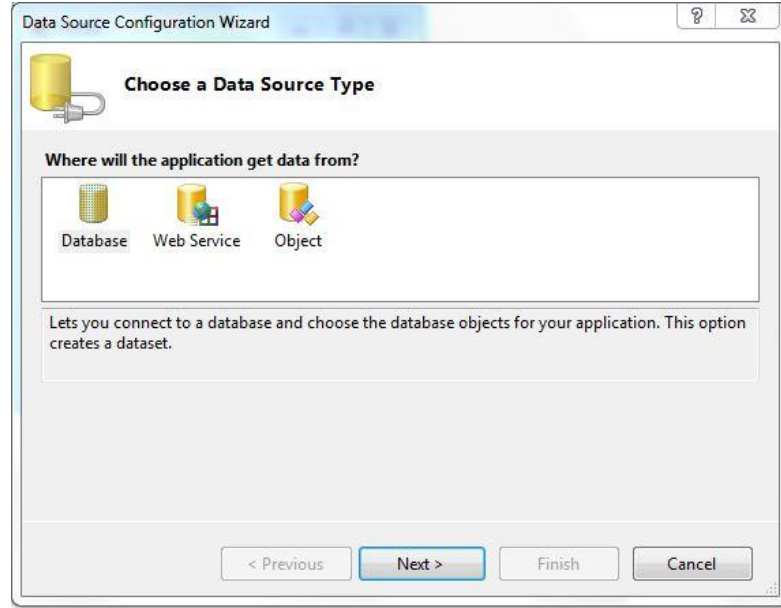
Şekil 6.4 Kullanıcı arabirimi ana formu üzerine ArcScene dosyasının açılması



Şekil 6.5 Kullanıcı arabirimi üzerinde görsel verilerin görüntülenmesi

6.2. Visual Studio ortamına veritabanından veri çekme

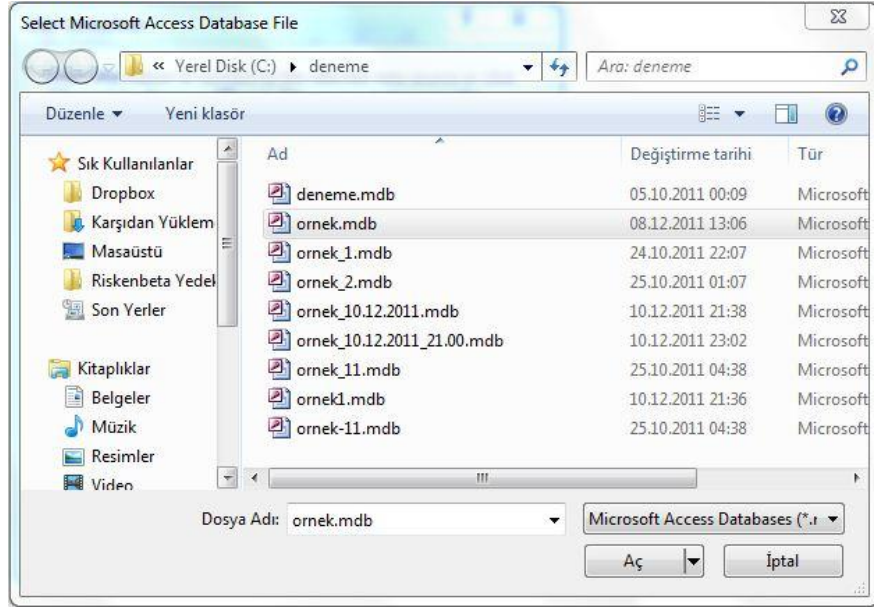
Kullanıcı arabirimine veritabanındaki verilerin çekilmesi için *Visual Studio* arabiriminin *Data* menüsünden *Add New Data Source* (Yeni Veri Kaynağı Seç) seçeneği tıklanmıştır. Ekrana gelen *Data Source Configuration Wizard* (Veri Kaynağı Düzenleme Sihirbazı) penceresinden *Database* (Veritabanı) seçeneği tıklanmıştır (Şekil 6.6).



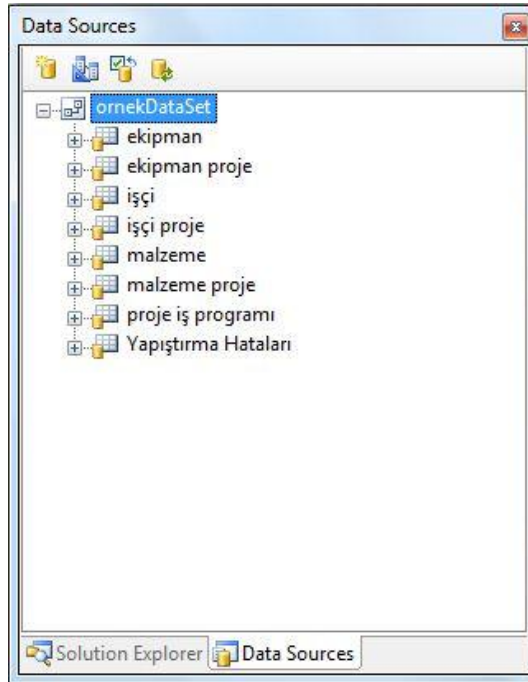
Şekil 6.6 Visual Studio'da veri kaynağı seçimi

Continue (Devam) düğmesine, ardından *New Connection* (Yeni Bağlantı) düğmesine tıklandığında *Add Connection* (Bağlantı Ekle) penceresi ekrana gelmektedir. *Data Source* (Veri Kaynağı) bölümündeki *Change* (Değiştir) düğmesine tıklanıp çeşitli veri kaynakları ekrana getirilmiştir. Çalışmada *Microsoft Access* veritabanı kullanıldığı için *Microsoft Access Database File* (Microsoft Access Veritabanı Dosyası) seçilip *Browse* (Göz At) düğmesiyle bilgisayarda kayıtlı veritabanı dosyası seçilmiştir (Şekil 6.7). *Test Connection*'a tıklanarak bağlantı test edilmiştir. *Next* (İleri) düğmesi tıklandığında veri setinin içine hangi nesnelerin konulmasının istendiği sorusuyla *Tables* (Tablolar) ve *Views* (Görüntüler) onay kutucukları ekrana gelmiştir. Tablolar onay kutusu

işaretlenmiştir. Veri setine bir isim verilerek *Finish* (Bitir) düğmesi tıklanmıştır. Böylece veritabanındaki tüm tablolar *Visual Studio* arabirimine çekilmiştir. Bu tablolar Data Source bölümünden görülebilmektedir (Şekil 6.8).



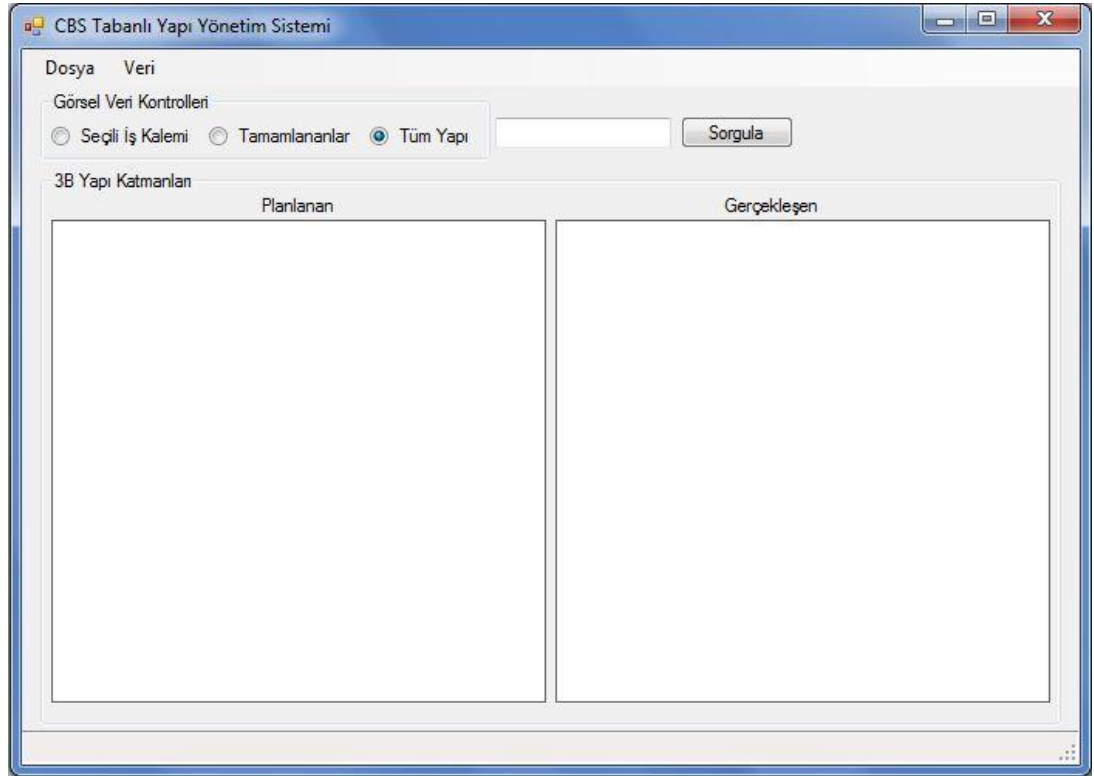
Şekil 6.7 Bilgisayarda kayıtlı veritabanı dosyasının eklenmesi



Şekil 6.8 Visual Studio'ya eklenen veritabanı tabloları

6.3. Kullanıcı arabiriminin ana formu

Ana form üzerinde planlanan ve gerçekleşen tarihlerde yapının 3B sunumunu sağlayan iki *Scene Control* penceresi, değişik fonksiyonlara sahip üç radyo düğmesi (RadioButton), bu düğmeleri ve görsel katmanları kapsayan iki grup kutusu (GroupBox), üzerinde zaman verilerinin sorgulanmasını sağlayan bir metin kutusu ve bir komut düğmesi yer almaktadır. Ayrıca ana formun altında; işçi, malzeme ve ekipman tablolarında seçili olan satırların numarasını, iş programında seçili olan iş kaleminin planlanan ve gerçekleşen tamamlanma tarihlerini gösteren bir durum bandı (StatusStrip) bulunmaktadır. Şekil 6.9’da ana formun son hali görülmektedir.

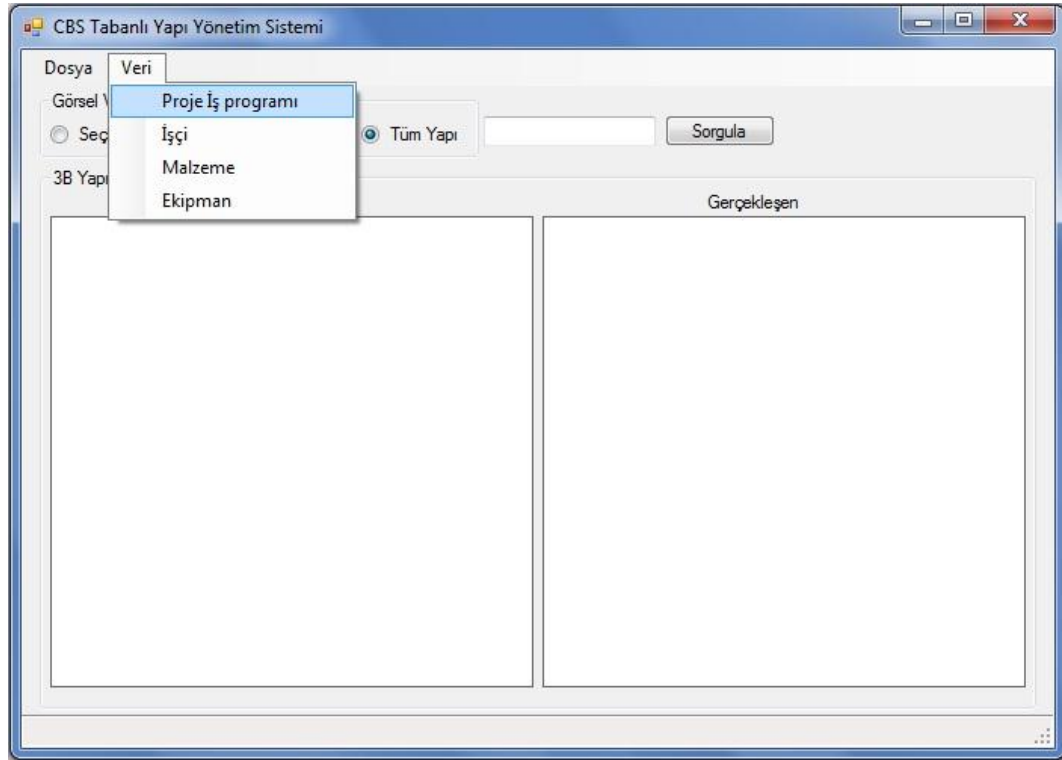


Şekil 6.9 Kullanıcı arabirimi ana formu

Tüm bu kontroller, kullanıcı arabiriminin alt formlarında görüntülenen iş programı, işçi, malzeme ve ekipman verileriyle ilişkili olarak çalıştığından bu kontrollerin işleyişlerinden önce alt formların tasarımları ve işleyişleri hakkında bilgi vermek yararlı olacaktır.

6.4. Kullanıcı arabiriminin alt formları

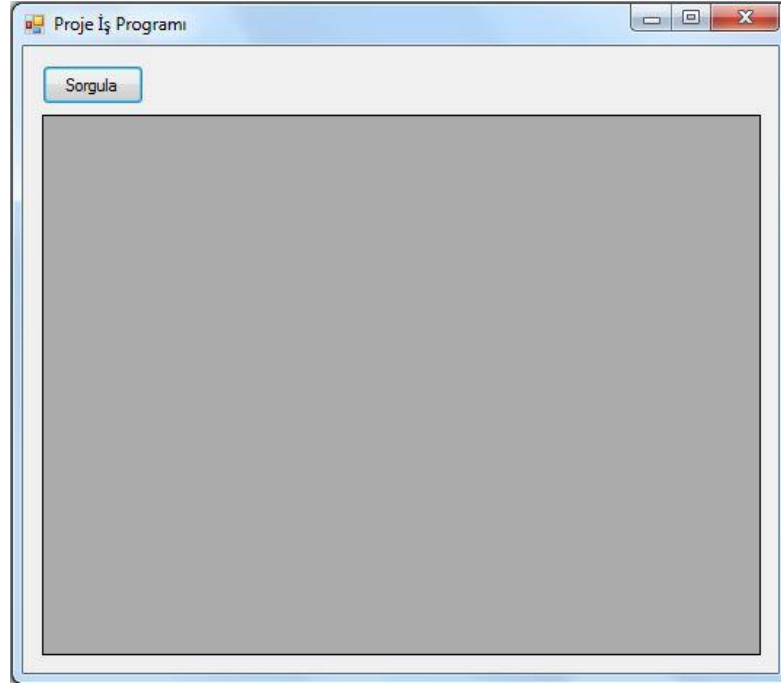
Kullanıcı arabiriminin alt formlarına ana form üzerindeki Veri menüsünden ulaşılmaktadır (Şekil 6.10). Bu alt formlardan ilki Proje İş Programı'dır. Bu form üzerinde, veritabanındaki zaman verilerini çekebilmek için bir *DataGridView* penceresi ve sorgulama yapabilmek için bir komut düğmesi bulunmaktadır. Şekil 6.11'de Proje İş Programı alt formu görülmektedir. *DataGridView* üzerinde veri görüntülemek için pencerenin sağ üst köşesindeki sekme tıklanıp *Choose Data Source* (Veri Kaynağı Seç) bölümünden veritabanının ilgili tablosu seçilmelidir (Şekil 6.12). Fakat çalışmada bu yol kullanılmayıp alt formların işleyişi kodlamalarla sağlanmıştır.



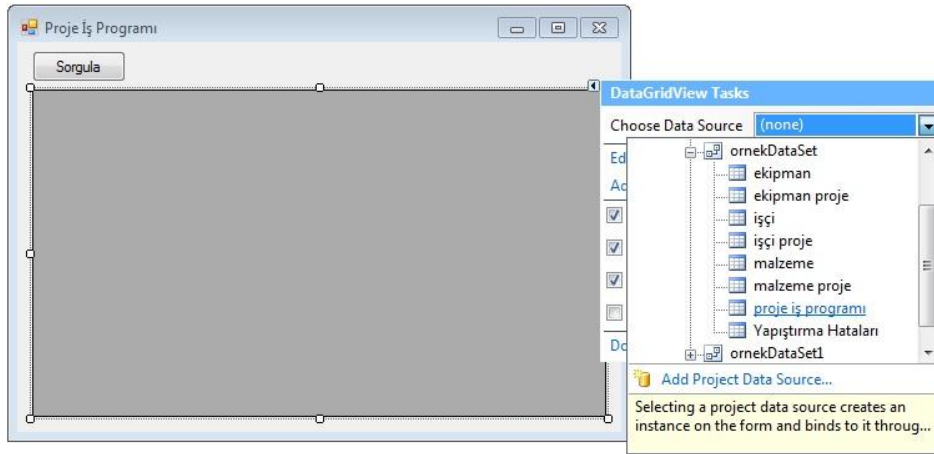
Şekil 6.10 Kullanıcı arabiriminin alt formları

Kullanıcı arabiriminin diğer alt formları özdeş olup işçi, malzeme ve ekipman verilerini kapsamaktadır. Bu formlar üzerindeki *DataGridView* pencerelerine veritabanının tablolarındaki çoktan çoğa ilişkileri sağlayan bağlantı tablolarından veri çekilmiştir. İşçi, Malzeme ve Ekipman formları üzerinde,

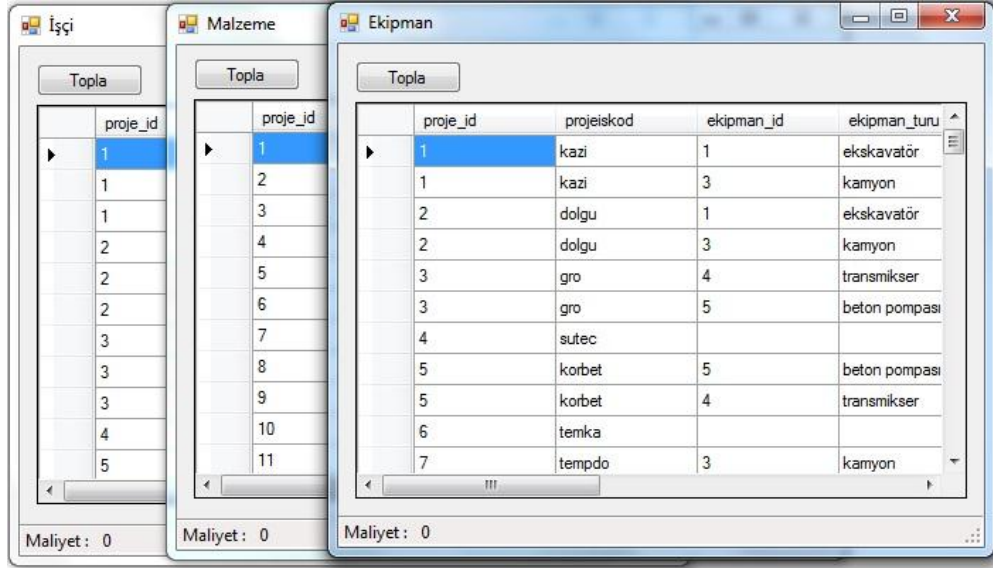
yaklaşık maliyetlerin toplanması için kullanılan bir komut düğmesi ve TL cinsinden maliyetlerin yazdırıldığı *StatusStrip* öğeleri yer almaktadır. Şekil 6.13'te İşçi, Malzeme ve Ekipman alt formları görülmektedir.



Şekil 6.11 Kullanıcı arabiriminin Proje İş Programı alt formu



Şekil 6.12 DataGridView penceresine veritabanından veri çekme



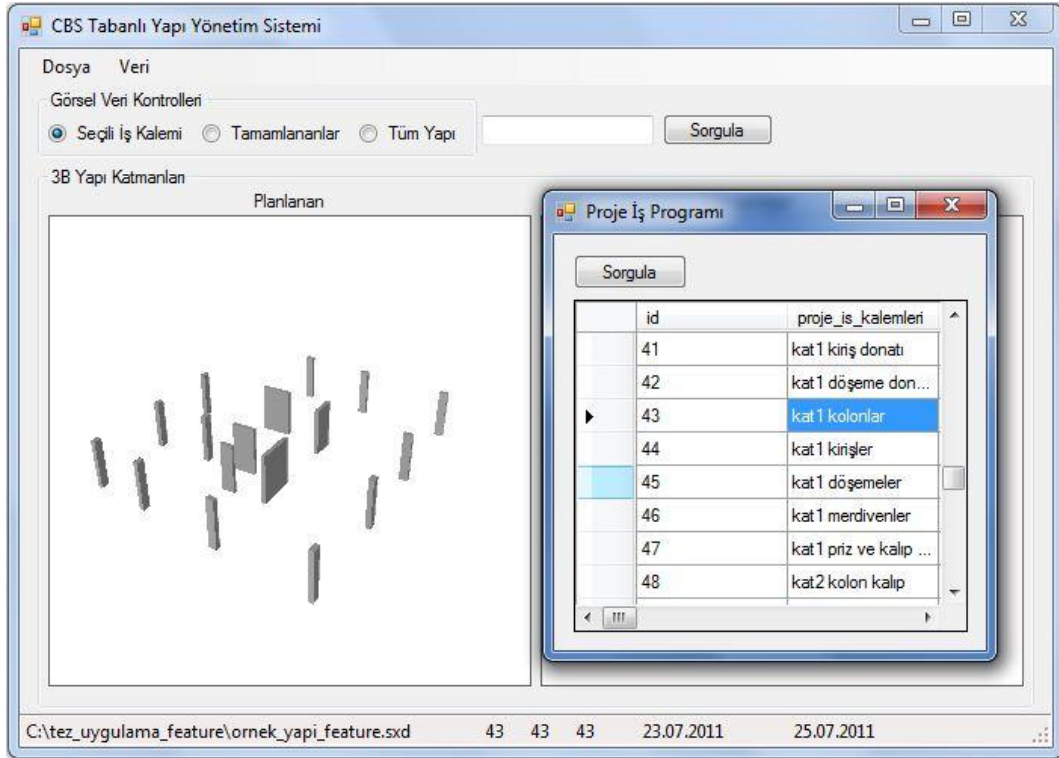
Şekil 6.13 İşçi, Malzeme ve Ekipman alt formları

6.5. Ana ve alt form kontrolleri

Ana form üzerinde görsel verilerin seçili olma ve tamamlanma durumunu ve tüm yapının görüntülenmesini kontrol eden üç radyo düğmesi bulunmaktadır. Bu radyo düğmelerinden ilki olan *Seçili İş Kalemi*, Proje İş Programı alt formu üzerinde görüntülenen iş programının *proje_is_kalemleri* isimli veri alanıyla etkileşimli bir şekilde çalışmaktadır. Bu radyo düğmesi, seçili iş kaleminin görsel katmanlarının görüntülenmesini sağlamaktadır. İş kalemini seçmek için bir kez tıklamak yeterli olmakla birlikte *Ctrl* tuşuna basılı tutularak birden fazla iş kalemi seçilebilmekte ve bu faaliyetlerin görsel katmanları görüntülenebilmektedir. Bu radyo düğmesinin amacına uygun şekilde çalışması için bilgisayarda, *ArcScene* dosyasının veritabanı dosyasıyla aynı konuma kaydedilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde alt formlara veritabanında kayıtlı öznitelik verilerinin çekilebilmesi ve bu verilerin görsel verilerle entegrasyonu sağlanamayacaktır. Şekil 6.14'te *Seçili İş Kalemi* kontrolünün özelliği görülmektedir.

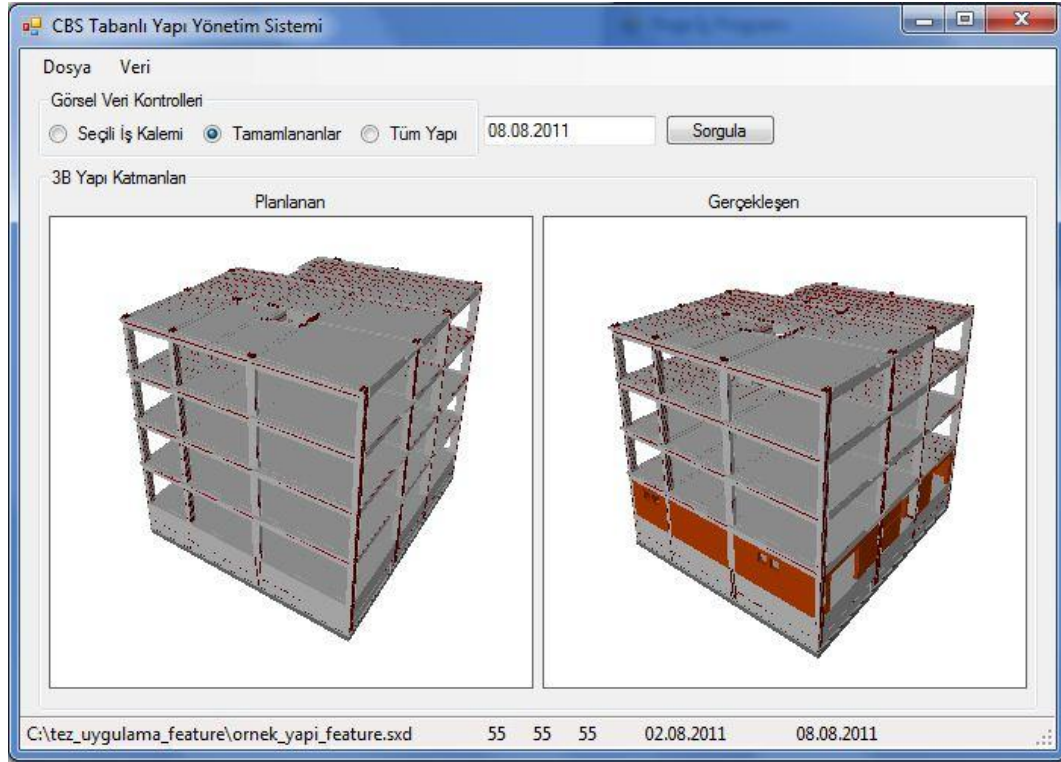
Tamamlananlar radyo düğmesi, *Planlanan* ve *Gerçekleşen* 3B yapı katmanlarının görüntülediği *Scene Control* pencereleriyle etkileşimli bir şekilde çalışmaktadır. Bu radyo düğmesi tıklandığında gerçekleşen aşamaların görüntülediği *Scene Control* penceresi etkinleşmektedir. Tüm iş faaliyetlerinin

planlanan ve gerçekleşen tamamlanma tarihleri proje iş programında birer veri alanı olarak bulunmaktadır. Ana form üzerindeki metin kutusunda ilgili iş kaleminin gerçekleşen tamamlanma tarihleri yazılmaktadır. Ayrıca metin kutusuna elle tarih girilerek sorgulama yapmak da mümkündür. Metin kutusuna girilen herhangi bir tarih için yapının planlanan ve gerçekleşen aşamaları görüntülenmektedir. Şekil 6.15'te *Tamamlananlar* radyo düğmesinin işleyişi, Şekil 6.16'da ise metin kutusuna elle tarih girilip sorgulanması görülmektedir.

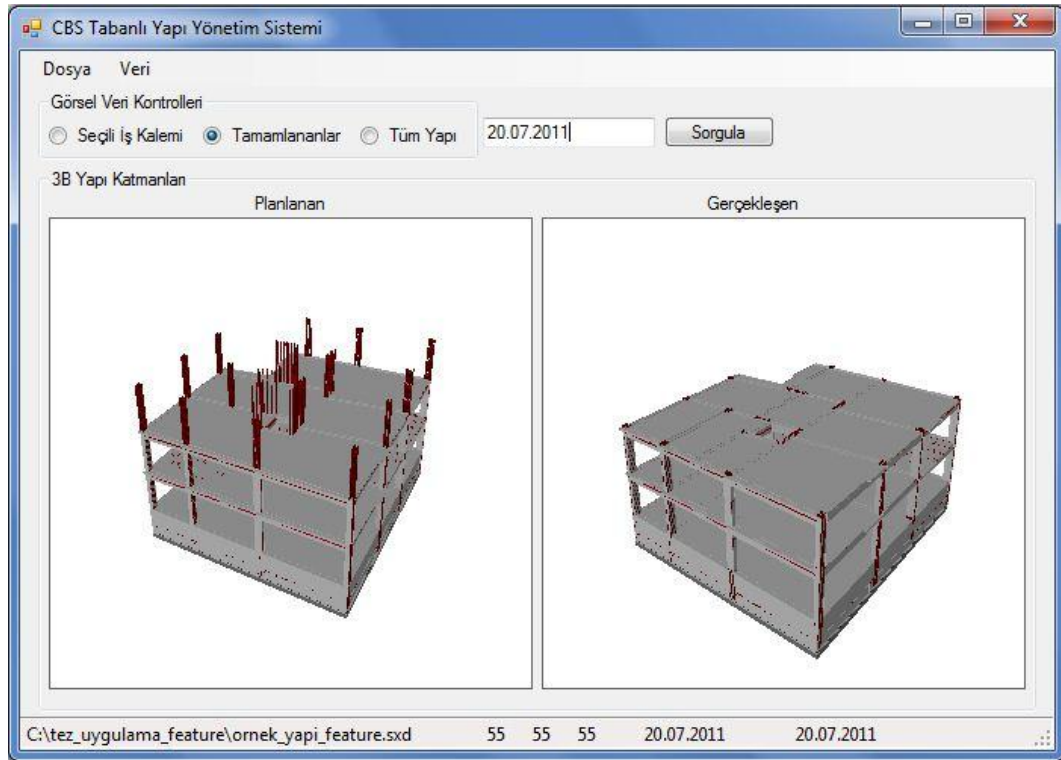


Şekil 6.14 Seçili İş Kalemi radyo düğmesinin işleyişi

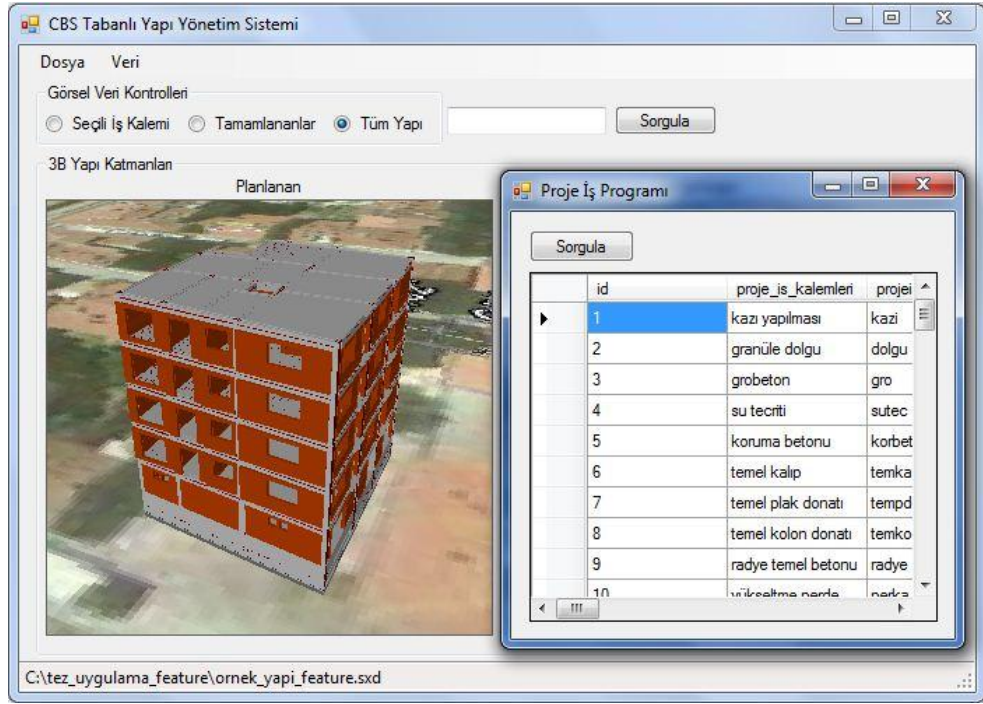
Tüm Yapı radyo düğmesi, görsel verileri *ArcScene* dosyasından çekildiği şekliyle görüntüleme özelliğine sahiptir. *Seçili İş Kalemi* radyo düğmesi nedeniyle katman katman görüntülenen faaliyetler, bu radyo düğmesi sayesinde ana forma ilk yüklendikleri şekilde görüntülenebilmektedir. Bu nedenle CBS-YYIS'nin arabiriminin ana formu ilk yüklendiğinde *Tüm Yapı* radyo düğmesi seçili olarak gelmektedir. Şekil 6.17'de *Tüm Yapı* radyo düğmesinin işleyişi görülmektedir.



Şekil 6.15 Tamamlananlar radyo düğmesinin işleyişi



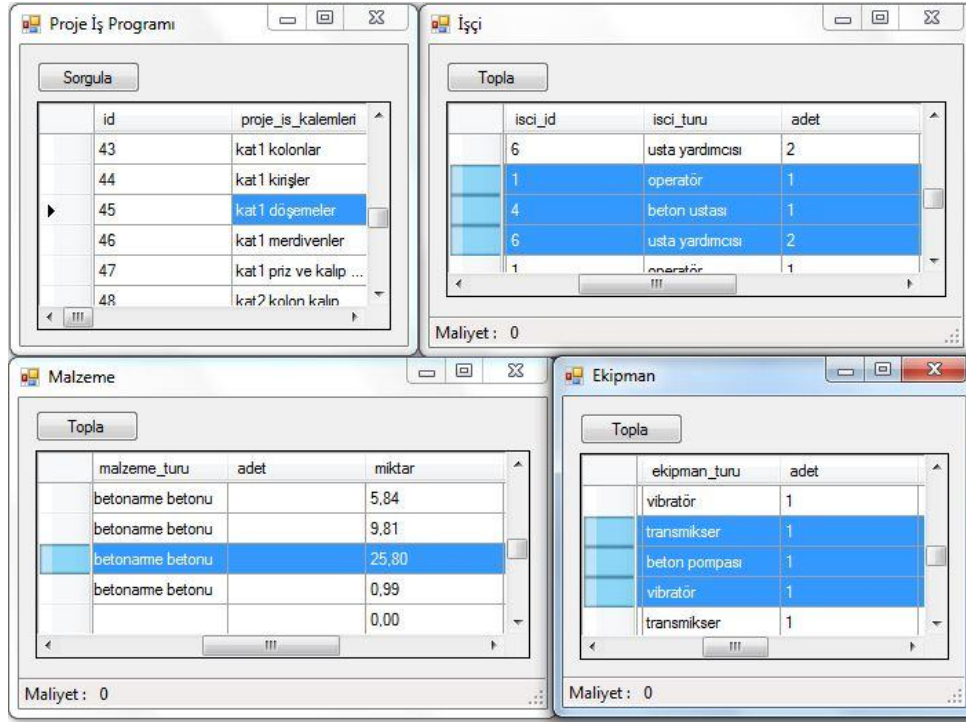
Şekil 6.16 Metin kutusuna elle tarih girip sorgulama



Şekil 6.17 Tüm Yapı radyo düğmesinin işleyişi

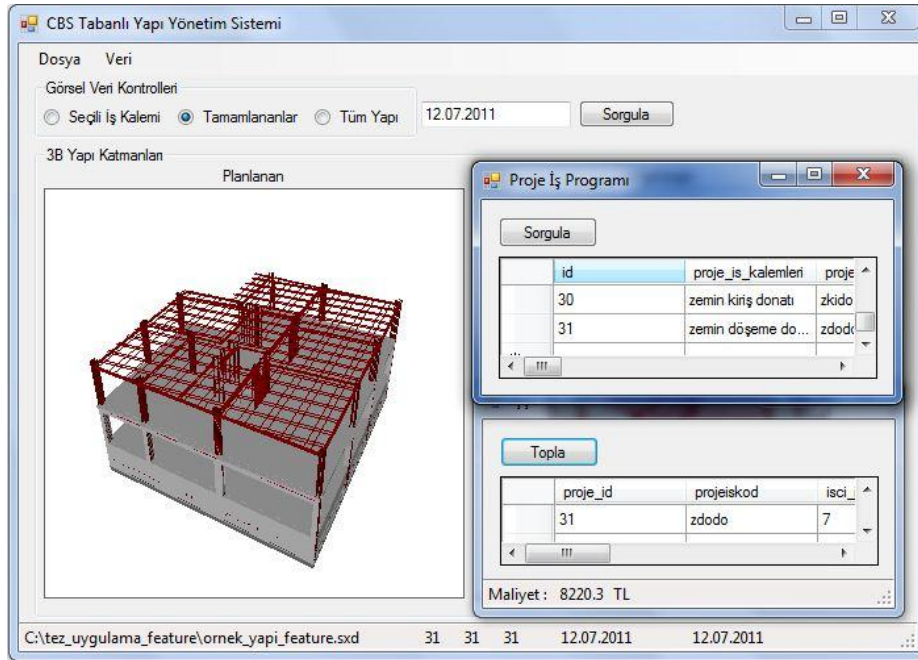
İşçi, malzeme ve ekipman tabloları, proje iş programıyla ilişkili olduğundan seçilen herhangi bir iş kaleminin kaynak verileri diğer alt formlarda görüntülenen veritabanı tablolarında seçilmektedir. Böylece ilgili aşamada hangi tür ve kaç adet işçinin görev aldığı, hangi malzeme ve ekipmanlardan ne kadar kullanıldığı bilgilerine erişilebilmektedir (Şekil 6.18).

İşçi, malzeme ve ekipman tabloları, bu üç veri grubunun yaklaşık maliyetlerini de içermektedir. Proje İş Programı alt formunda seçilen her bir iş kaleminde çalışan işçi maliyetleri, kullanılan malzeme miktarlarına bağlı olarak değişen malzeme giderleri ve ekipmanlar için nakliye ücretleri, alt formlardaki *Topla* düğmesiyle sorgulanabilmektedir. *Topla* düğmesi hesaplamalarda çoğalan bir yapıya sahiptir. Örneğin bir iş kalemine ve *Topla* düğmesine tıklandığında, o iş kalemi de dahil olmak üzere o zamana kadarki işçi, malzeme ve ekipman maliyetleri hesaplanmaktadır. *Topla* düğmesi, *Görsel Veriler GroupBox* ögesi içerisindeki tüm radyo düğmesinde aynı işlemi çoğalan şekilde yürütmektedir. Bir iş kalemi seçildikten sonra İşçi, Malzeme ve Ekipman alt formlarında filtreleme yapmak için ana formdaki *Sorgula* komut düğmesine tıklanmalıdır. Sonra her bir alt formdaki *Topla* düğmesi yardımıyla maliyetler elde edilebilmektedir.

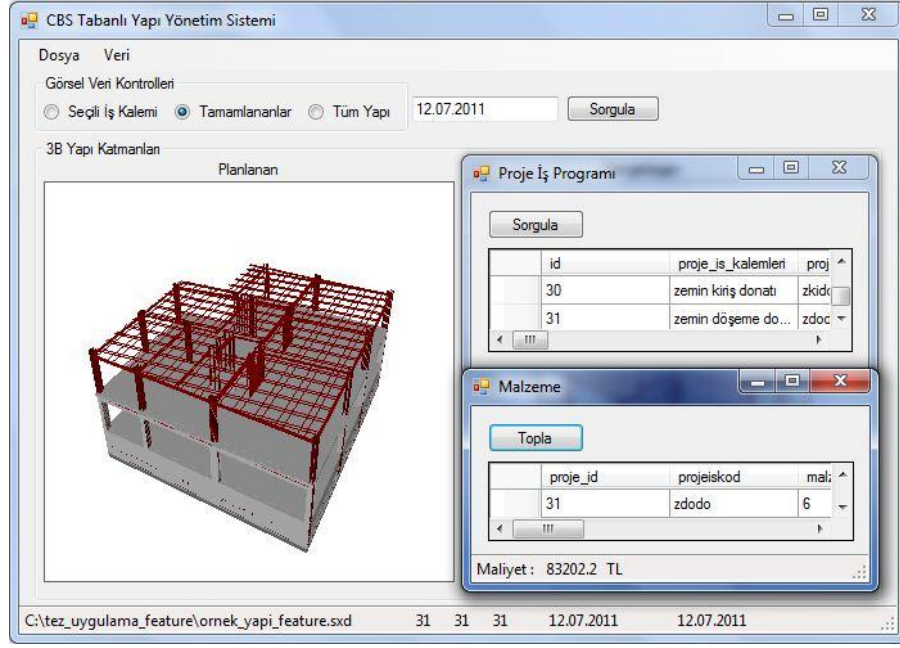


Şekil 6.18 Alt formlarda görüntülenen birbirleriyle ilişkili öznitelik verileri

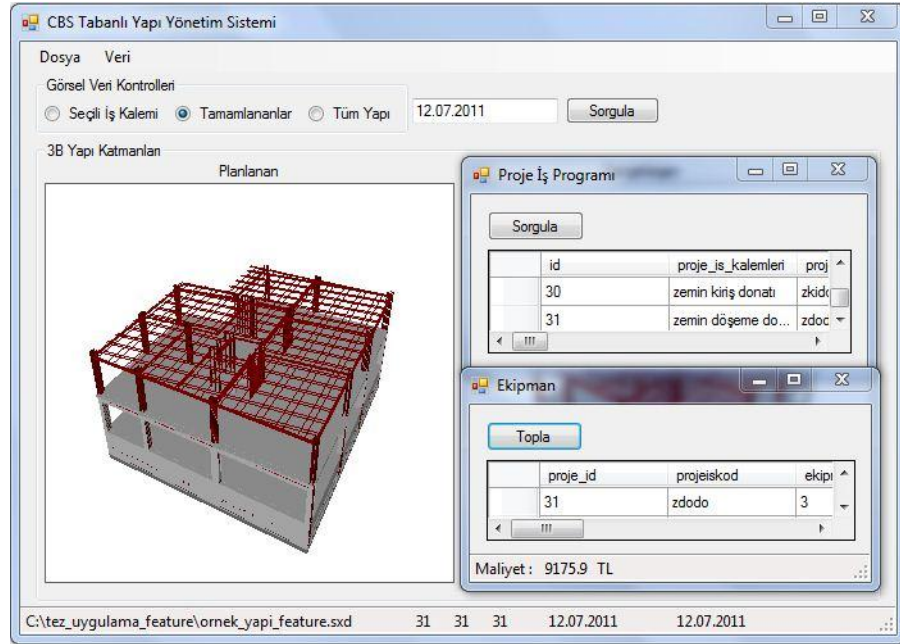
Şekil 6.19, Şekil 6.20 ve Şekil 6.21’de seçilen bir iş kalemine kadar sırasıyla işçi, malzeme ve ekipman maliyetleri görülmektedir.



Şekil 6.19 Seçilen bir faaliyete kadar hesaplanan işçi maliyetleri



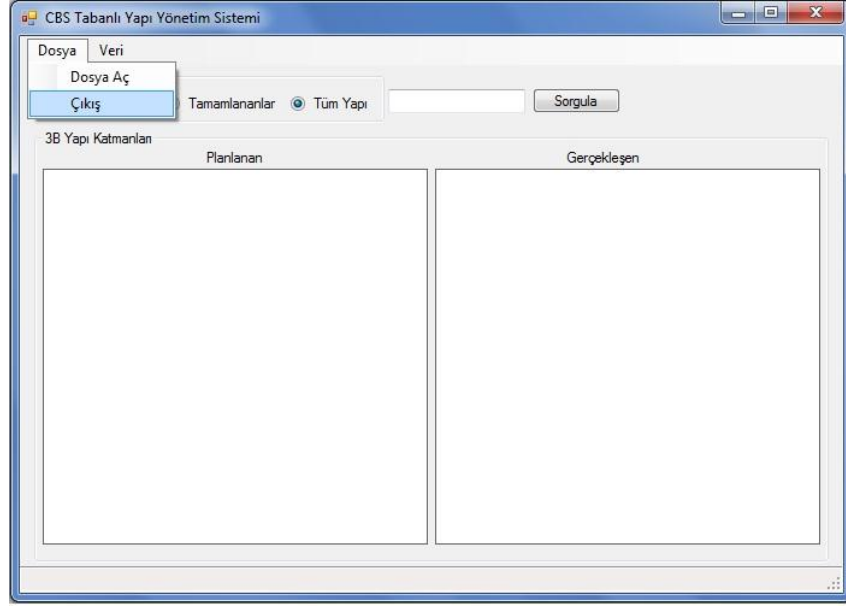
Şekil 6.20 Seçilen bir faaliyete kadar hesaplanan malzeme maliyetleri



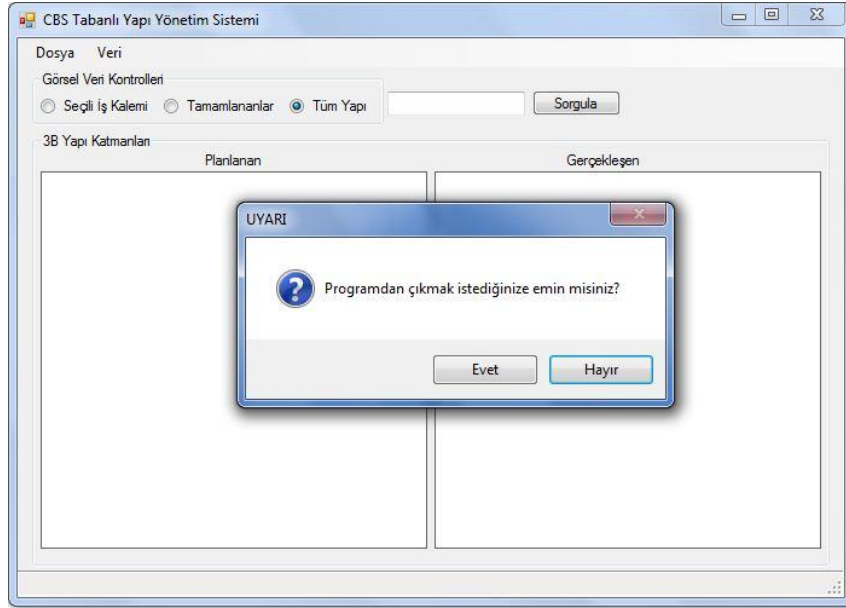
Şekil 6.21 Seçilen bir faaliyete kadar hesaplanan ekipman maliyetleri

Kullanıcı arabiriminden çıkış için tüm alt formlar ve ana form tek tek kapatılabileceği gibi ana formundaki *Dosya* menü öğesi altında *Çıkış* seçeneği kullanılarak da program sonlandırılabilir. *Çıkış*'a tıklandığında ekrana

gelen uyarı penceresinde kullanıcıya “Programdan çıkmak istediğinize emin misiniz?” sorusu yöneltilmektedir. Burada “Hayır” düğmesi tıklandığında program çalışmaya devam ederken “Evet” düğmesi tıklandığında programdan çıkış sağlanmaktadır. Şekil 6.22’de Çıkış fonksiyonu, Şekil 6.23’te ise uyarı penceresi görülmektedir.



Şekil 6.22 Kullanıcı arabiriminin Çıkış fonksiyonu



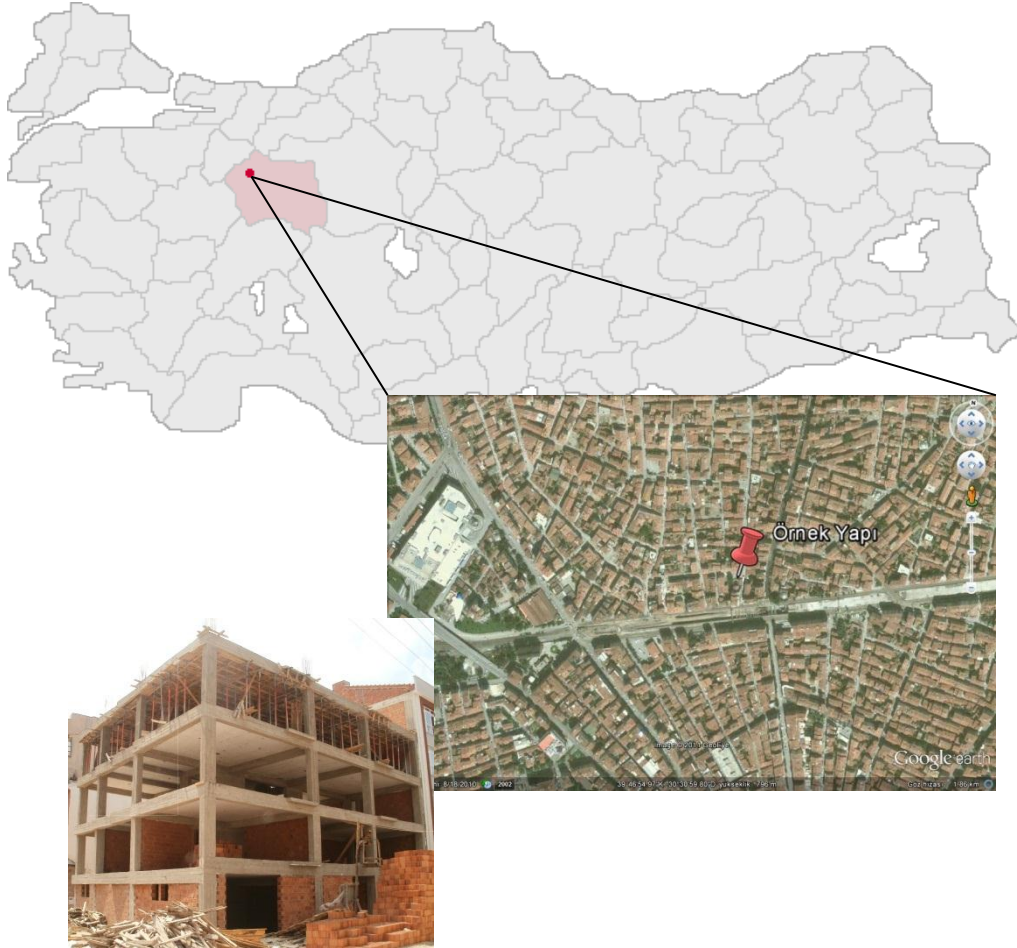
Şekil 6.23 Kullanıcı arabiriminden çıkış için uyarı penceresi

7. ÖRNEK UYGULAMALAR

7.1. Örnek yapıya ait bilgiler

Bu bölümde çalışma alanı olarak seçilen örnek yapının genel özelliklerine ve CBS-YYIS'nin inşasında kullanılan görsel ve özniteliksel verilere yer verilecektir.

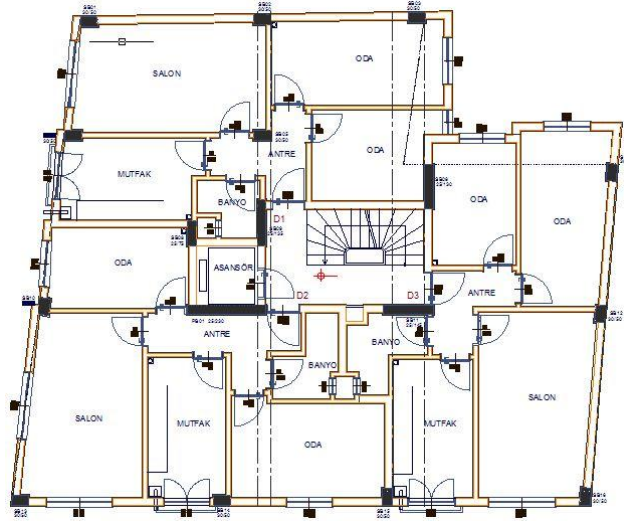
CBS-YYIS'nin örnek uygulamaları için Eskişehir Tepebaşı Belediyesi'ne bağlı Güllük Mahallesi'nde inşası devam eden konut tipi betonarme bir yapı çalışma bölgesi olarak seçilmiştir (Şekil 7.1). Yapı 242 metrekare arsa alanına sahip olup bodrum, zemin ve 3 normal kat olmak üzere toplam 5 katlıdır.



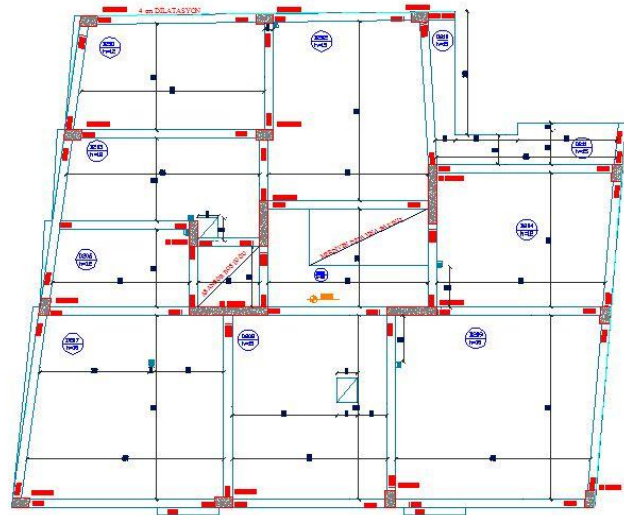
Şekil 7.1 Çalışma Alanı

7.1.1. Görsel veriler

Çalışmada kullanılan görsel veriler, örnek yapının *AutoCAD* yazılımı ortamında hazırlanmış mimari ve statik-betonarme proje çizimleridir. Mimari projede kat planlarından, statik-betonarme projede ise kalıp planlarından faydalanılmıştır. Şekil 7.2’de örnek yapının giriş kat planı, Şekil 7.3’te ise kalıp planı görülmektedir.



Şekil 7.2 Örnek yapının giriş kat planı



Şekil 7.3 Örnek yapının zemin kat kalıp planı

7.1.2. Öznitelik verileri

Çalışma alanı olarak belirlenen örnek yapının her bir yapım aşamasına ait zaman, işçi, malzeme ve ekipman verileri, CBS-YYs'nin inşasında kullanılan özniteliksel verileri oluşturmaktadır. Mobil bir cihazla şantiyeden veri toplanırken tüm yapım aşamaları gözlemlenmiş, bu aşamaların başlama-tamamlanma tarihleri ve süreleri elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Zaman verilerinin yanı sıra her bir iş kalemine ait kaynak verileri de elde edilmiştir. Çizelge 4.2'de işçi, malzeme ve ekipman verileri görülmektedir.

Yaklaşık maliyet hesabı için Bayındırlık Bakanlığı'nın 2011 yılı birim fiyatları kullanılmıştır. İşçi ve ekipman maliyetleri, çalıştırılan işçinin veya yararlanılan ekipmanın saatlik ücreti dikkate alınarak hesaplanırken yapı çeliği, delikli duvar tuğlası vb. nakliye gerektiren malzemelerin temininde kullanılan ekipmanların ücretleri, taşınan malzemenin miktarı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

7.2. Örnek Uygulama-1

Çok sayıda iş kalemi ve sürekli artan veriler, projenin daha detaylı ve yönetilmesi zor bir hal almasına yol açmaktadır. Yapım aşamalarının sınıflara ve alt sınıflara ayrılması, projenin daha geniş bir bakış açısıyla değerlendirilmesine ve yönetilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle iş ayrışım yapısı oluşturulmuştur. Çalışmada örnek yapının temel, beton ve duvar gibi kaba inşaat aşamaları gözlemlenmiş olup çatı, cephe ve iç hacimlerdeki ince işçilik aşamaları çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Şekil 7.4'te örnek yapının iş ayrışım yapısı görülmektedir.

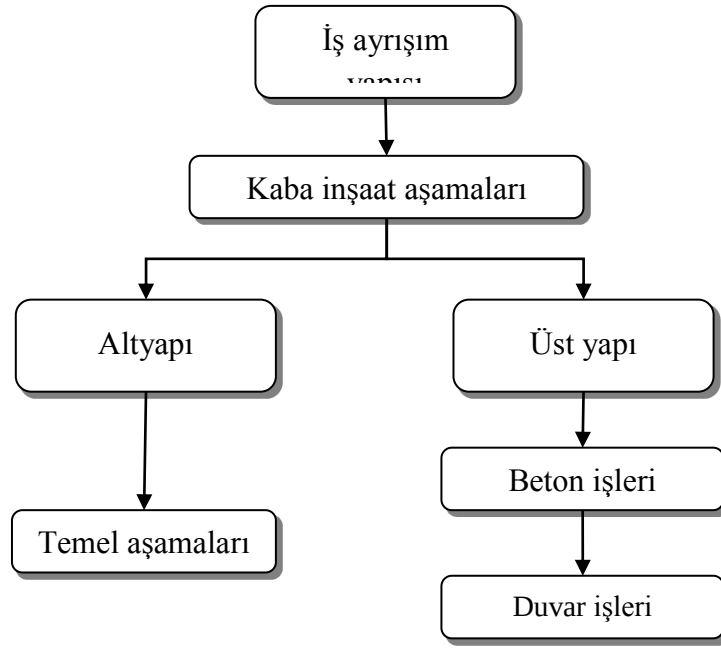
Örnek yapının mimari ve statik-betonarme proje çizimleri, iş kalemlerini ifade eden katmanlara dönüştürülerek CBS ortamına transfer edilmiştir. Görsel katmanlar, ayrı *AutoCAD* dosyaları olarak kaydedilmiştir. *ArcScene* ortamında *ArcToolbox* içinde *Data Interoperability* araç kutusu altındaki *Quick Import* özelliği kullanılarak katmanlar CBS ortamına transfer edilmiştir.

Çizelge 4.1 Örnek yapıdan toplanan zaman verileri

Proje İş Kalemleri	Başlama Tarihi	Tamamlanma Tarihi	Süre (Gün)
Kazı yapılması	09.06.2011	09.06.2011	1
Granüle dolgu	10.06.2011	10.06.2011	1
Grobeton	11.06.2011	11.06.2011	1
Su yalıtımı	13.06.2011	13.06.2011	1
Koruma betonu	13.06.2011	13.06.2011	1
Temel kalıp	14.06.2011	14.06.2011	1
Temel donatı montajı	15.06.2011	16.06.2011	2
Radye temel betonu	17.06.2011	17.06.2011	1
Yükseltme perde kalıp	18.06.2011	19.06.2011	2
Yükseltme perde betonu	20.06.2011	20.06.2011	1
Temel üst dolgusu	22.06.2011	22.06.2011	1
Şap betonu	23.06.2011	23.06.2011	1
Bodrum kalıp yapılması	25.06.2011	29.06.2011	5
Bodrum donatı montajı	29.06.2011	01.07.2011	3
Bodrum betonu	04.07.2011	04.07.2011	1
Beton priz ve kalıp sökümü	05.07.2011	18.07.2011	14
Zemin kalıp yapılması	05.07.2011	10.07.2011	6
Zemin donatı montajı	11.07.2011	12.07.2011	2
Zemin betonu	14.07.2011	14.07.2011	1
Beton priz ve kalıp sökümü	15.07.2011	28.07.2011	14
1.kat kalıp yapılması	15.07.2011	22.07.2011	8
1.kat donatı montajı	22.07.2011	23.07.2011	2
1.kat betonu	25.07.2011	25.07.2011	1
Beton priz ve kalıp sökümü	26.07.2011	08.08.2011	14
2.kat kalıp yapılması	27.07.2011	05.08.2011	10
Bodrum tuğla duvar	03.08.2011	07.08.2011	4
2.kat donatı montajı	06.08.2011	07.08.2011	2
2.kat betonu	08.08.2011	08.08.2011	1
Zemin tuğla duvar örülmesi	09.08.2011	15.08.2011	7
Beton priz ve kalıp sökümü	09.08.2011	22.08.2011	14
3.kat kalıp yapılması	11.08.2011	15.08.2011	5
1.kat tuğla duvar örülmesi	16.08.2011	21.08.2011	6
3.kat donatı montajı	17.08.2011	18.08.2011	2
3.kat betonu	20.08.2011	20.08.2011	1
2.kat tuğla duvar örülmesi	24.08.2011	07.09.2011	15
Beton priz ve kalıp sökümü	22.08.2011	04.09.2011	14
3.kat tuğla duvar örülmesi	14.09.2011	18.09.2011	5

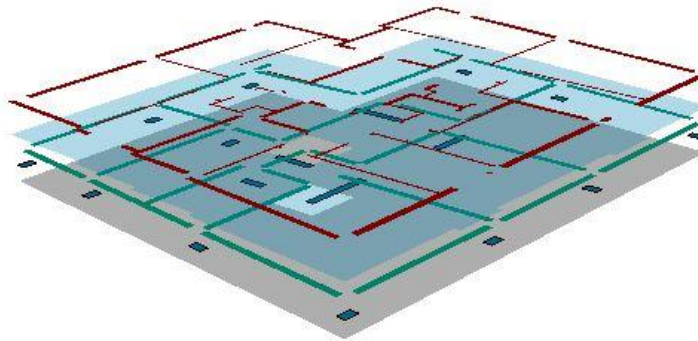
Çizelge 4.2 Örnek yapıdan toplanan işçi, malzeme ve ekipman verileri

Proje İş Kalemleri	İşçi Türü	Malzeme türü	Ekipman türü
Kazı yapılması	operatör, şoför, yardımcı	dolgu malzemesi	ekskavatör, kamyon
Granüle dolgu	operatör, şoför, yardımcı	kum-çakıl	ekskavatör, kamyon
Grobeton	operatör, beton ustası, yardımcı	150 dozlu demirsiz beton	transmikser, beton pompası
Su yalıtımı	yalıtmacı	yalıtım membranı	-
Koruma betonu	operatör, şoför, yardımcı	150 dozlu demirsiz beton	transmikser, beton pompası
Temel kalıp	formen, usta işçi	ağşap seri kalıp	-
Temel donatı montajı	demir ustası	nervürlü çelik	kamyon
Radye temel betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	betonarme betonu	transmikser, beton pompası, vibratör
Yükseltme perde kalıp	formen, usta işçi	ağşap seri kalıp	-
Yükseltme perde betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	betonarme betonu	transmikser, beton pompası, vibratör
Temel üst dolgusu	operatör, şoför, yardımcı	dolgu malzemesi	skreyper
Şap betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	150 dozlu demirsiz beton	transmikser, beton pompası
Bodrum kalıp yapılması	formen, usta işçi	ağşap seri kalıp	-
Bodrum donatı montajı	demir ustası	nervürlü çelik	kamyon
Bodrum betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	betonarme betonu	transmikser, beton pompası, vibratör
Beton priz ve kalıp sökümü	usta yardımcısı	-	-
Zemin kalıp yapılması	formen, usta işçi	ağşap seri kalıp	-
Zemin donatı montajı	demir ustası	nervürlü çelik	kamyon
Zemin betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	betonarme betonu	transmikser, beton pompası, vibratör
Beton priz ve kalıp sökümü	usta yardımcısı	-	-
1.kat kalıp yapılması	formen, usta işçi	ağşap seri kalıp	-
1.kat donatı montajı	demir ustası	nervürlü çelik	kamyon
1.kat betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	betonarme betonu	transmikser, beton pompası, vibratör
Beton priz ve kalıp sökümü	usta yardımcısı	-	-
2.kat kalıp yapılması	formen, usta işçi	ağşap seri kalıp	-
Bodrum tuğla duvar örülmesi	duvar ustası	delikli duvar tuğlası	kamyon
2.kat donatı montajı	demir ustası	nervürlü çelik	kamyon
2.kat betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	betonarme betonu	transmikser, beton pompası, vibratör
Zemin tuğla duvar örülmesi	duvar ustası, usta yardımcısı	delikli duvar tuğlası	kamyon
Beton priz ve kalıp sökümü	usta yardımcısı	-	-
3.kat kalıp yapılması	formen, usta işçi	ağşap seri kalıp	-
1.kat tuğla duvar örülmesi	duvar ustası, usta yardımcısı	delikli duvar tuğlası	kamyon
3.kat donatı montajı	demir ustası	nervürlü çelik	kamyon
3.kat betonu	operatör, beton ustası, yardımcı	betonarme betonu	transmikser, beton pompası, vibratör
2.kat tuğla duvar örülmesi	duvar ustası, usta yardımcısı	delikli duvar tuğlası	kamyon
Beton priz ve kalıp sökümü	usta yardımcısı	-	-
3.kat tuğla duvar örülmesi	duvar ustası, usta yardımcısı	delikli duvar tuğlası	kamyon

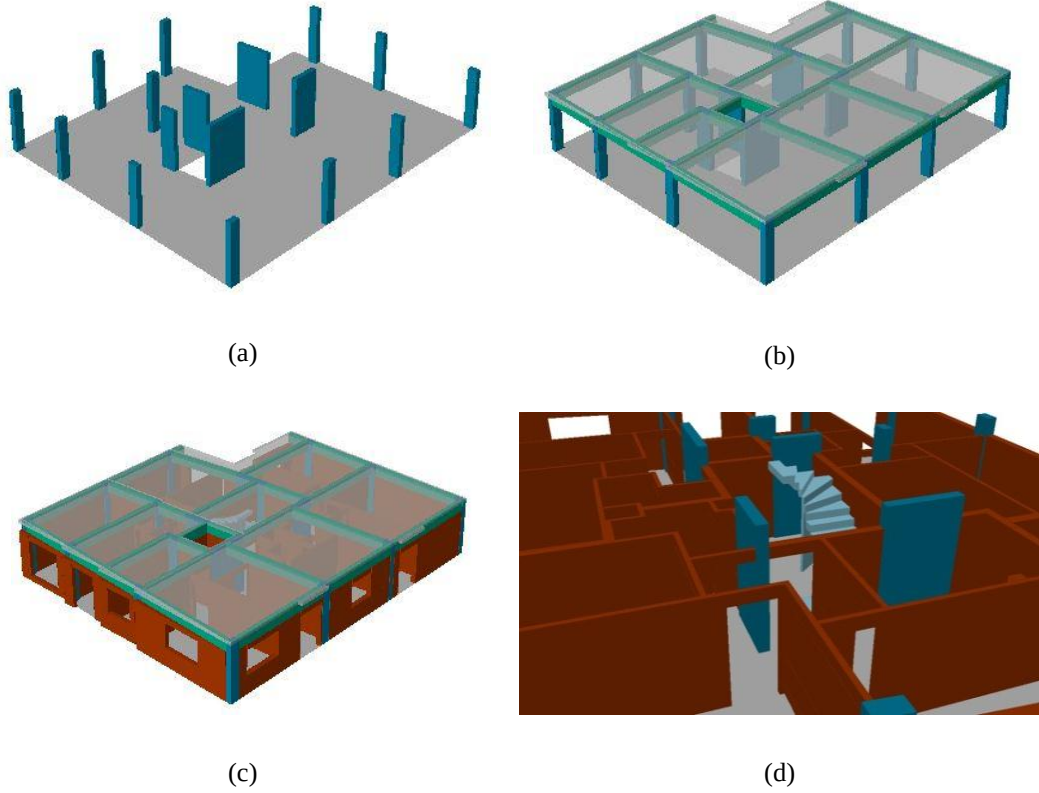


Şekil 7.4 Örnek yapının iş ayrışım yapısı

Görsel katmanlar *AutoCAD*'ten CBS ortamına .gdb (geodatabase) uzantısıyla, yani bir konumsal veritabanı klasörü olarak içe aktarılmaktadır. Bu klasörde içe aktarılan çizimin nokta, çizgi ve poligon şekilleri *feature class* formatında saklanmaktadır. Tüm katmanların ayrı birer veritabanında saklanması ve bir *AutoCAD* dosyasından birden fazla *feature class* oluşması, verilerin tek ortamda saklanmasını olanaksız hale getireceğinden dönüştürülen katmanlar ayrı bir veritabanına kaydedilmiştir. Şeki 7.5 ve 7.6'da örnek yapıya ait 2B ve 3B katmanlar sırasıyla görülmektedir.



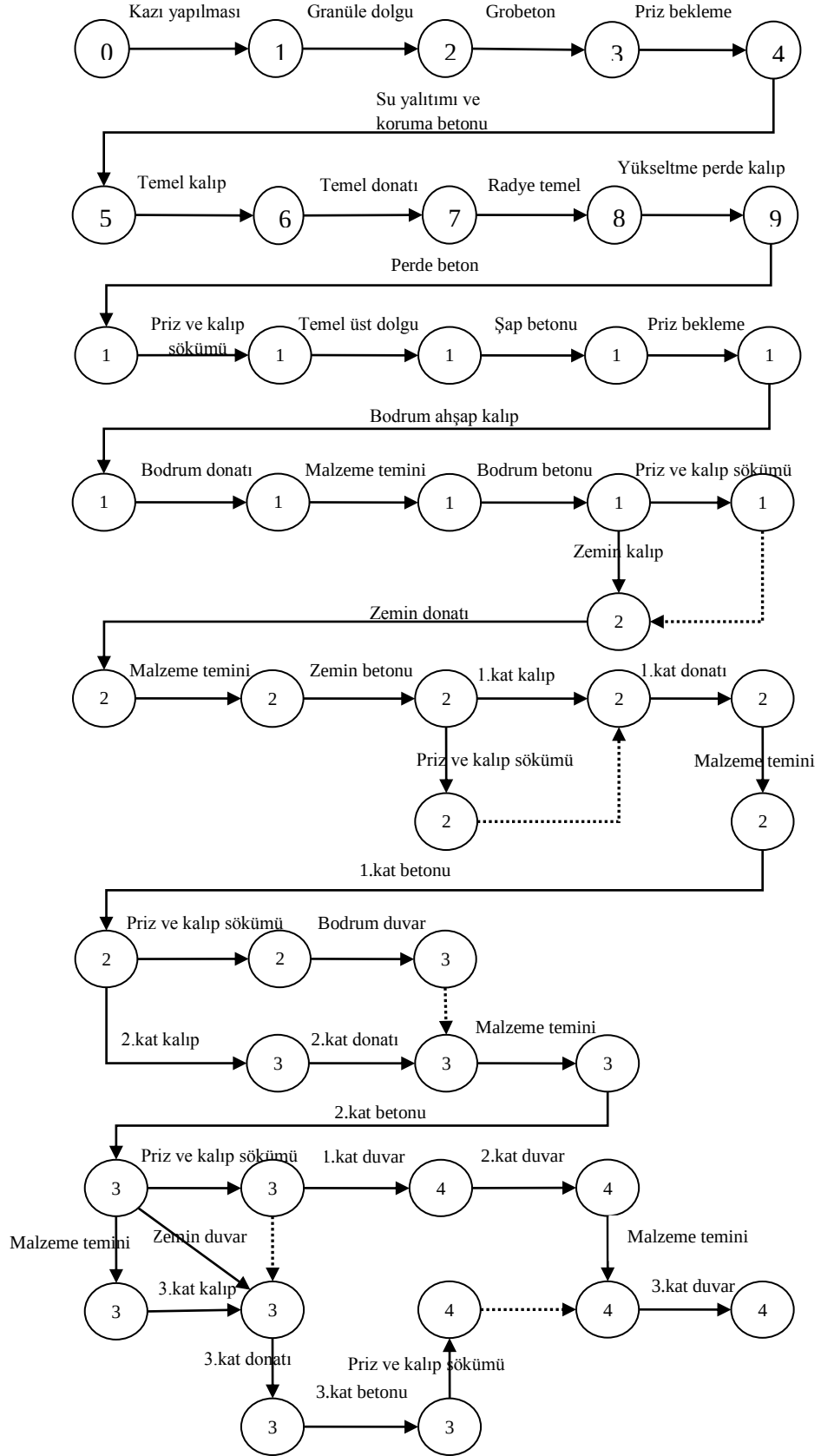
Şekil 7.5 *AutoCAD*'den ArcScene ortamına aktarılan 2B görsel katmanlar



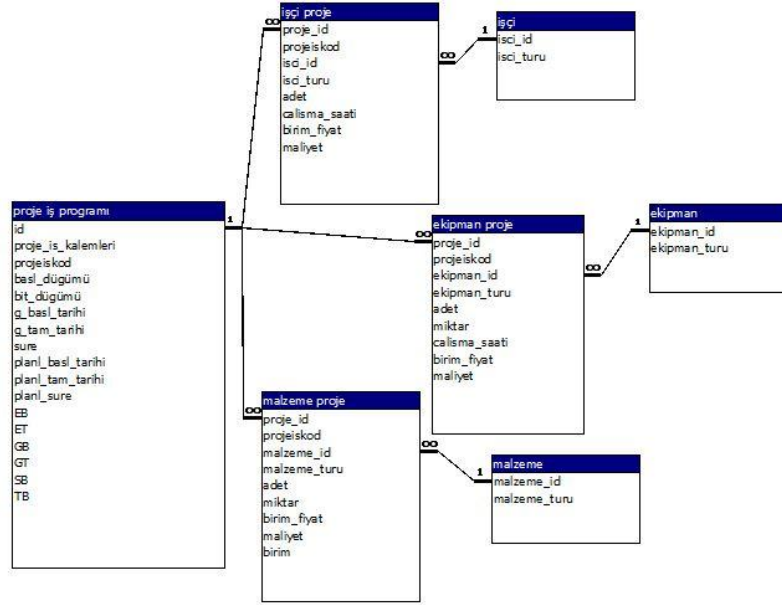
Şekil 7.6 Görsel katmanların ArcScene ortamında 3B görünümü, (a) Kolonlar, (b) Kolon, kiriş ve döşemeler, (c) Genel kat görünümü, (d) İç detaylar

Yapıdan elde edilen zaman verileri doğrultusunda CPM hesaplamaları yapılmış ve proje iş programı hazırlanmıştır. Şekil 7.7’de örnek yapının CPM ağ diyagramı görülmektedir. Görüldüğü gibi örnek yapının temel aşamaları ardışık seyretmektedir. Ancak üst yapı aşamalarında beton ve duvar işlerinin eşzamanlı olarak yürütüldüğü faaliyetler mevcuttur. Yapının iş programı oluşturulurken kalıp aşamaları için çift kalıp ve işçi ekibi kullanılmıştır.

Görsel katmanlar için oluşturulan veritabanında her katman için ayrı tablolar bulunmaktadır. Bu tablolar, veri entegrasyonunda kullanılmayacağından yapıya ait tüm veriler, *ArcScene* dosyasıyla aynı isimde bir veritabanına kaydedilmiştir. Metraj ve yaklaşık maliyet hesap verileri de tablolara eklenmiştir. Proje iş programı tablosunun bağlantı tabloları yardımıyla işçi, malzeme ve ekipman tablolarıyla çoktan çoğa ilişkileri kurulmuş, böylece ilişkisel bir veritabanı tasarlanmıştır (Şekil 7.8).

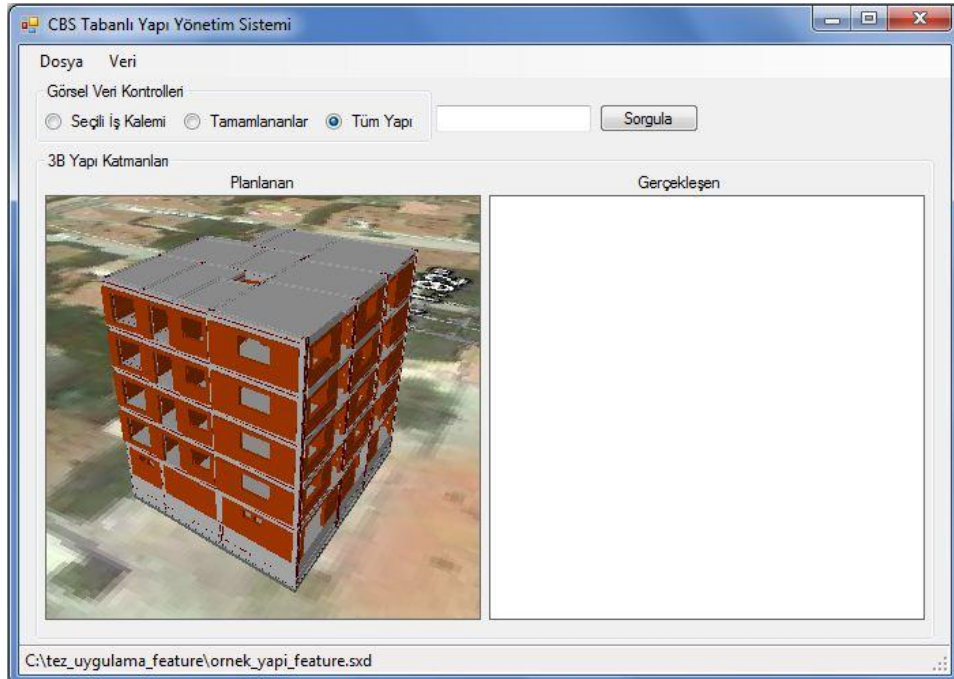


Şekil 7.7 Örnek yapının CPM ağ diyagramı



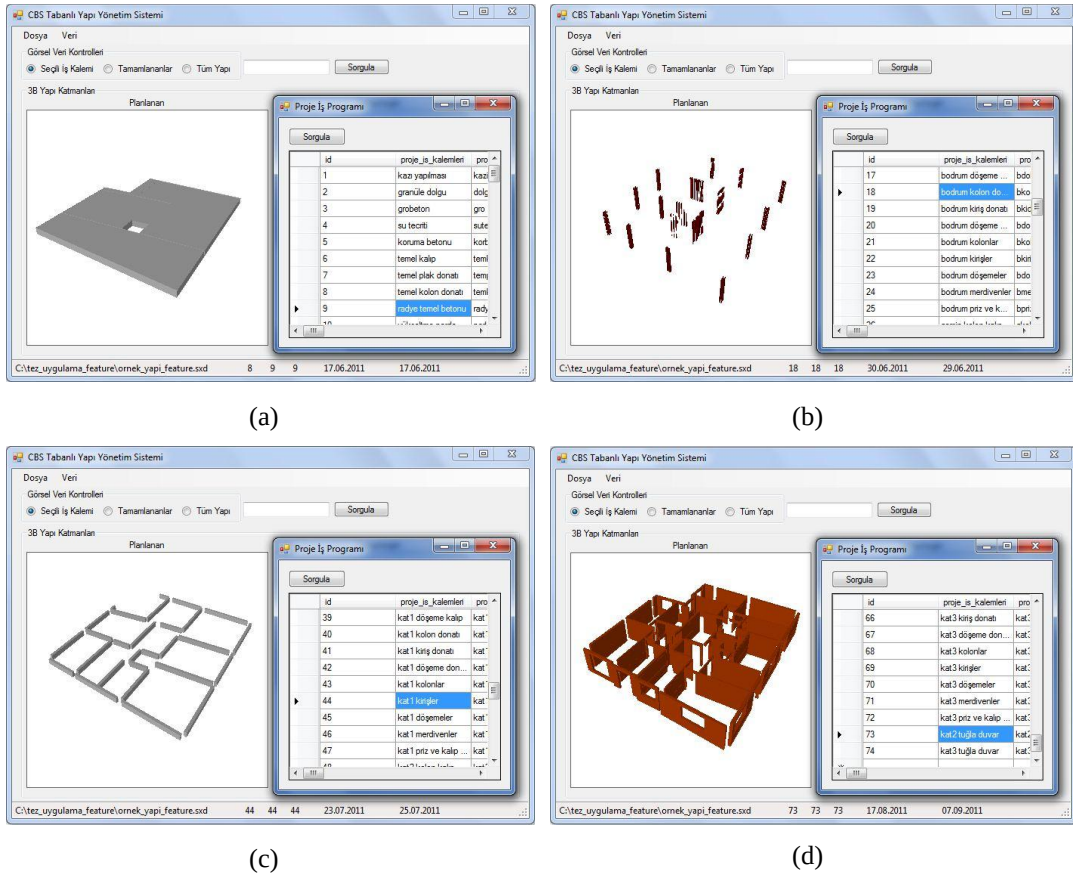
Şekil 7.8 İlişkisel veritabanında çoktan çoğa tablo ilişkileri

Görsel ve özniteliksel verilerin entegrasyonunu sağlayan CBS-YYIS'nin kullanıcı arabirimi açılmıştır. Ana formdaki *Dosya* menüsü altındaki *Dosya Aç* alt menü öğesi tıklanarak bilgisayarda kayıtlı *.sxd* dosyası, *Scene Control* penceresine yüklenmiştir (Şekil 7.9).

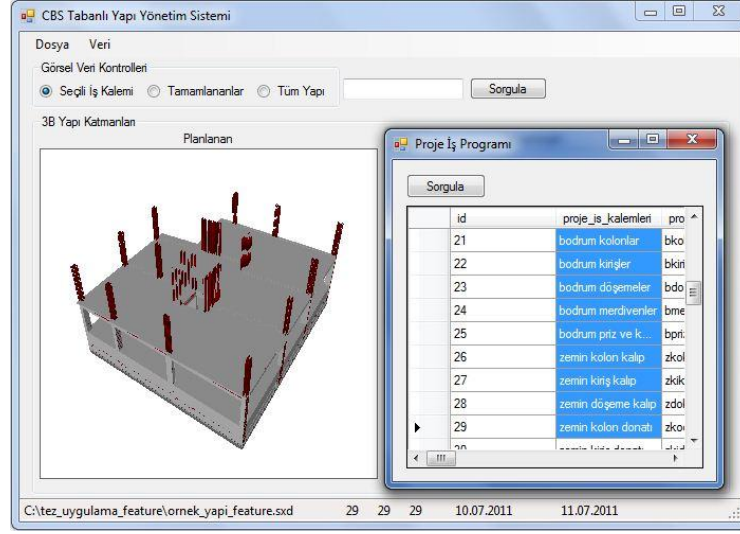


Şekil 7.9 Örnek yapının kullanıcı arabiriminde 3B görünümü

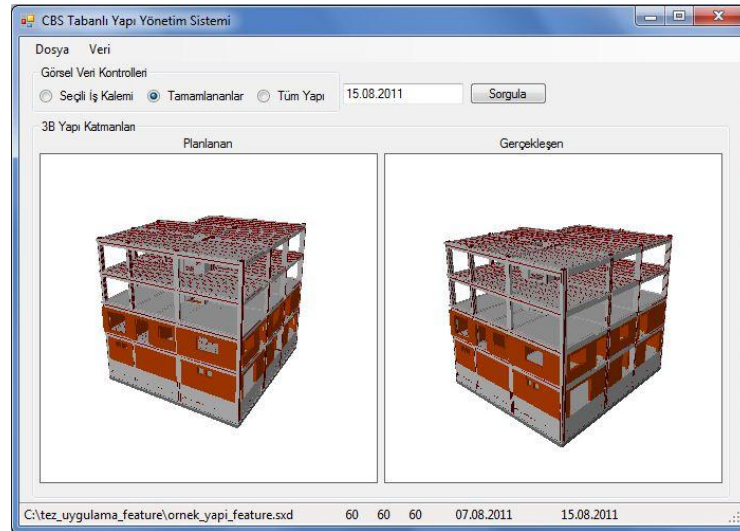
Veri menü ögesi altında *Proje İş Programı* alt formu açılıp iş kalemlerine tıklanarak ilgili görsel katmanlar görüntülenmiştir. Şekil 7.10'da örnek yapının farklı aşamalarına ait iş kalemleri görülmektedir. Katmanlar tek tek seçilerek ekrana getirilebildikleri gibi çoklu olarak da görüntülenebilmektedir. Bunun için *Ctrl* fonksiyonuna basılı tutularak iş kalemlerine tıklanmalıdır. Böylece yapının farklı katlarına ait olsalar dahi görsel katmanlar, aynı anda ekrana getirilebilmektedir (Şekil 7.11). Ana formda her bir iş kaleminin görsel katmanlarıyla birlikte *StatusStrip* sayesinde o iş kaleminin alt formlarda kaçınıcı kayıt olduğu, planlanan ve gerçekleşen tamamlanma tarihleri gibi bilgiler elde edilebilmektedir. Herhangi bir iş kalemi seçilip *Tamamlananlar* radyo düğmesine tıklandığında ekrana o tarihe kadar tamamlanması planlanan ve gerçekte tamamlanmış tüm iş kalemlerine ait görsel katmanlar görüntülenmiştir (Şekil 7.12).



Şekil 7.10 Örnek yapının farklı iş kalemlerine ait görsel katmanlar, (a) Temel beton, (b) Bodrum kolon donatı, (c) 1.kat kirişleri, (d) 2.kat tuğla duvarlar.

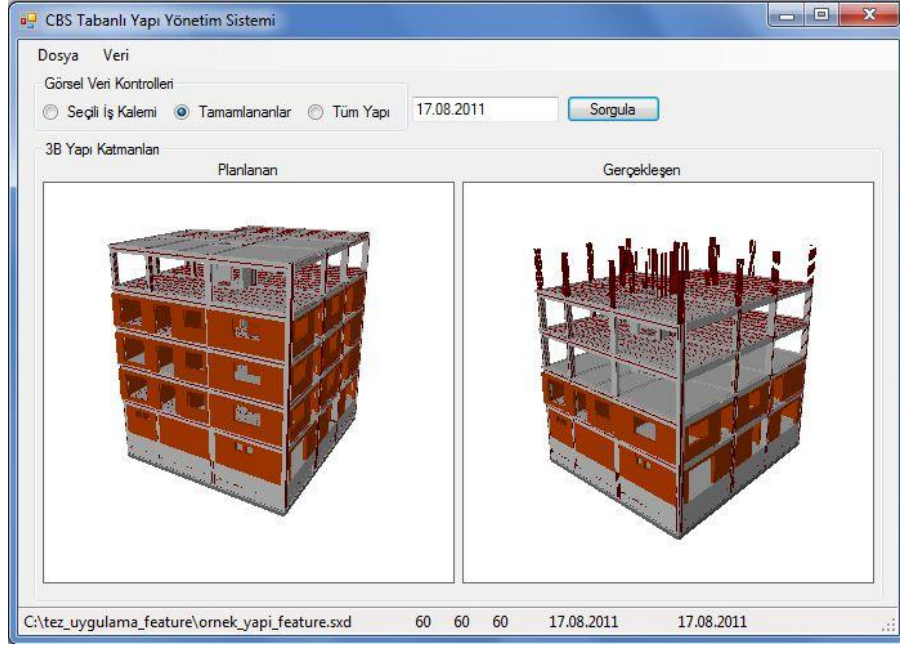


Şekil 7.11 Seçili İş Kalemleri kontrolünde çoklu katman seçimi



Şekil 7.12 Planlanan ve gerçekleşen 3B görsel katmanlar

Görüldüğü gibi, ana form üzerindeki metin kutusuna gerçekleşen tamamlanma tarihi otomatik olarak yazılmıştır. Aynı zamanda metin kutusuna bir tarih girilerek o tarihte yapının tamamlanması planlanan ve gerçekte tamamlanan aşamaları görüntülenmiştir (Şekil 7.13). Proje iş programında, sorgulanan tarihe kadar tamamlanan iş kalemleri de tıpkı görsel katmanlar gibi filtrelenmiştir. Bu nedenle filtrelenen iş kalemleri dışında bir iş kalemine tıklanabilmesi mümkün değildir.

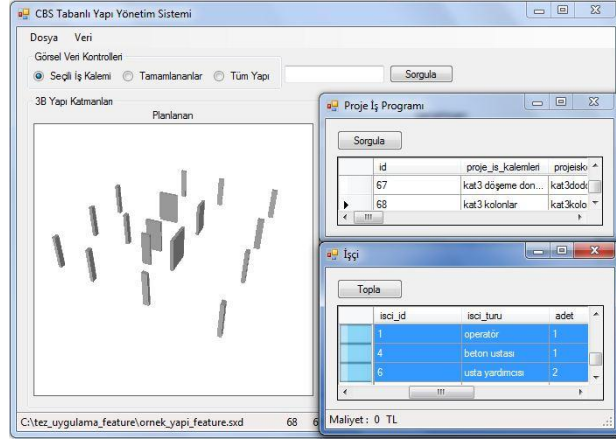


Şekil 7.13 Tarih sorgulamasına göre yapının tamamlanması planlanan ve gerçekleşen 3B katmanları

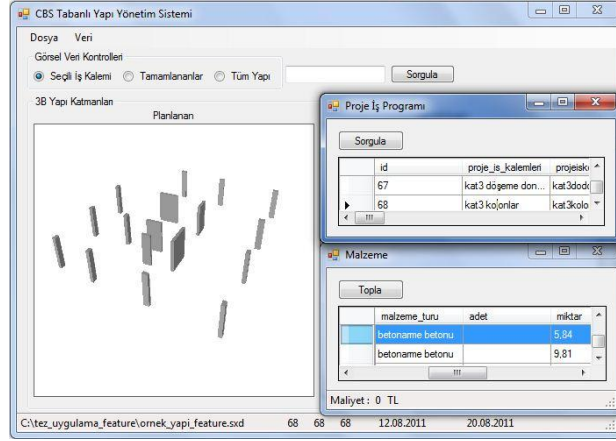
Tüm yapı radyo düğmesiyle *Scene Control* üzerindeki görsel katmanlar, dosyadan ilk çekildikleri hale getirilebilmektedir.

İşçi alt formu açılıp proje iş programındaki iş kalemlerinde çalışan işçi türleri ve sayıları elde edilmiştir. Örneğin zemin kat kiriş kalıbına tıklandığında işçi alt formunda, bu yapım aşamasında 1 formen ve 3 usta işçinin çalıştığı bilgisi elde edilebilmektedir (Şekil 7.14). Ana formdaki *Veri* menüsünden *Malzeme* alt formu açılarak tıklanan iş kalemlerinde kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin metraj bilgileri görüntülenmiştir. Aynı şekilde *Ekipman* alt formu da açılarak iş programındaki faaliyetlerde kullanılan ekipman türleri ve adetleri elde edilmiştir. Şekil 7.15 ve 7.16’da sırasıyla iş kalemlerine ait malzeme ve ekipman verileri görülmektedir.

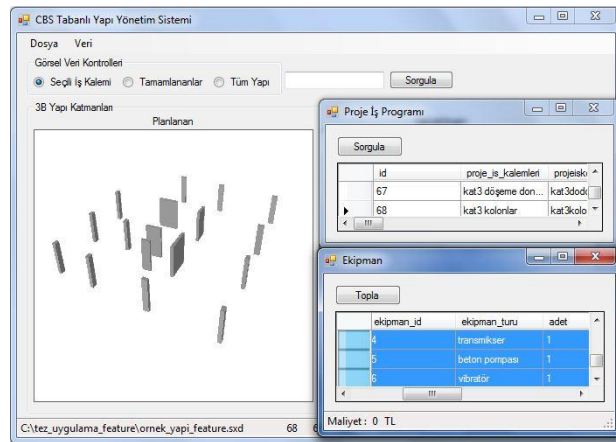
Yapı projesinin kaynak verileri için birim fiyat üzerinden hesaplanan maliyetler; işçi, malzeme ve ekipman verilerinin görüntülediği alt formlardaki *Topla* düğmesi kullanılarak elde edilmiştir. Proje iş programında iş kalemleri sorgulanarak filtrelenmiş ve tamamlanan tüm aşamalara ait işçi maliyetleri hesaplatılarak görüntülenmiştir. Şekil 7.17, 7.18 ve 7.19’da sırasıyla işçi, malzeme ve ekipman maliyetleri görülmektedir.



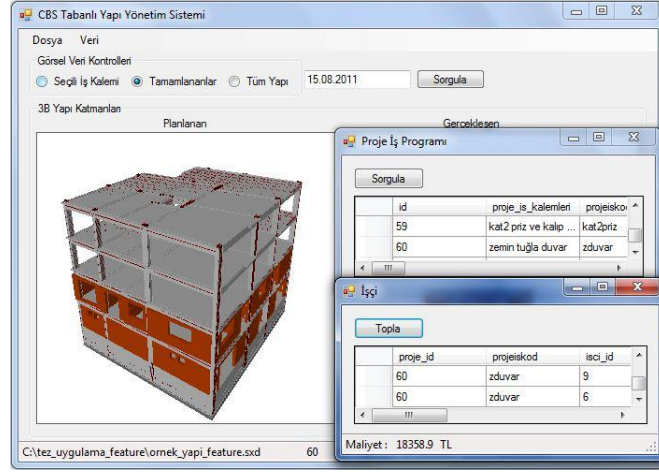
Şekil 7.14 Proje İş Programı- İşçi alt formlarının ilişkisel işleyişi



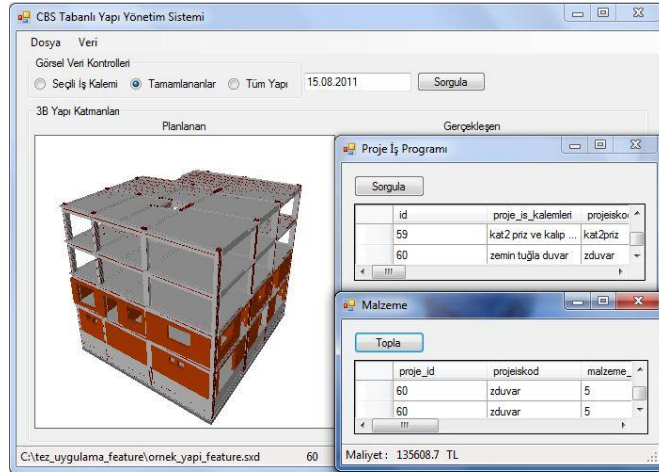
Şekil 7.15 Proje İş Programı- Malzeme alt formlarının ilişkisel işleyişi



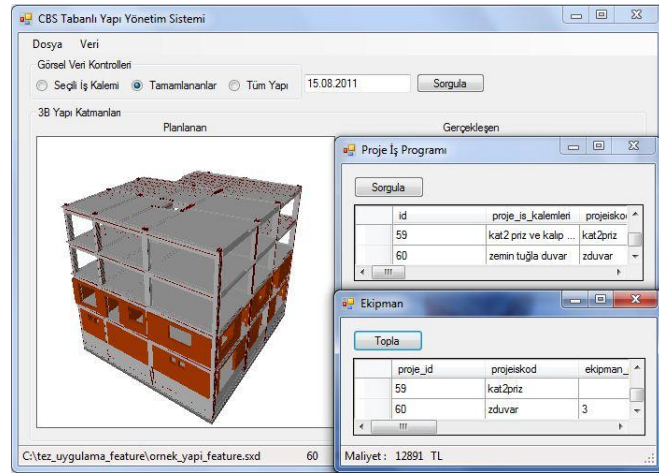
Şekil 7.16 Proje İş Programı- Ekipman alt formlarının ilişkisel işleyişi



Şekil 7.17 Tamamlanan iş kalemleri için işçi yaklaşık maliyetleri

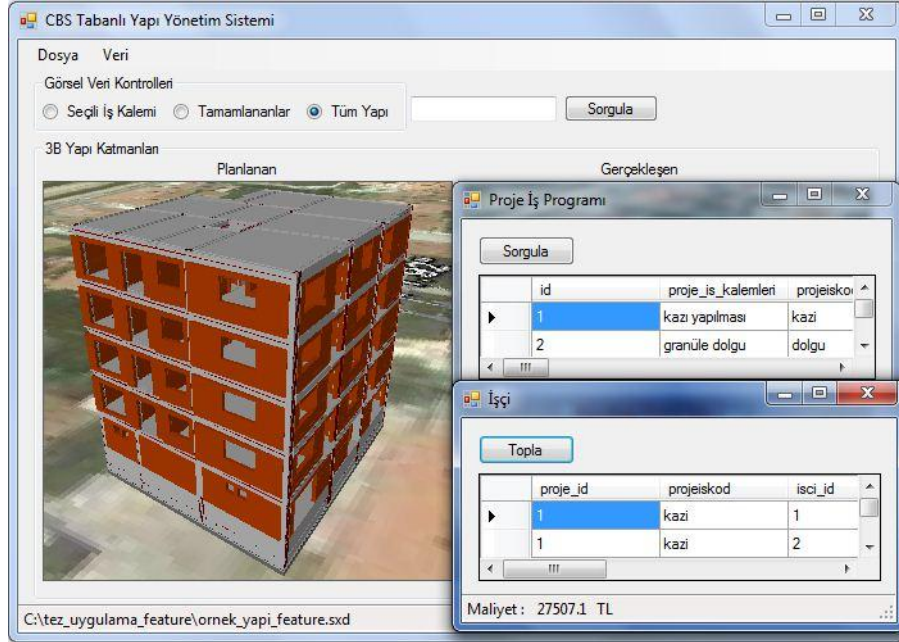


Şekil 7.18 Tamamlanan iş kalemleri için malzeme yaklaşık maliyetleri

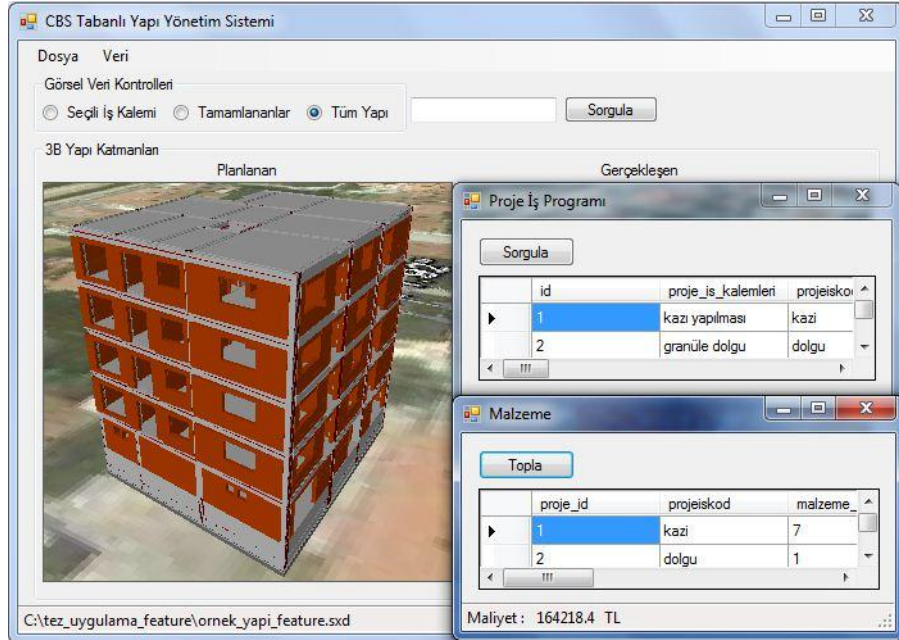


Şekil 7.19 Tamamlanan iş kalemleri için ekipman yaklaşık maliyetleri

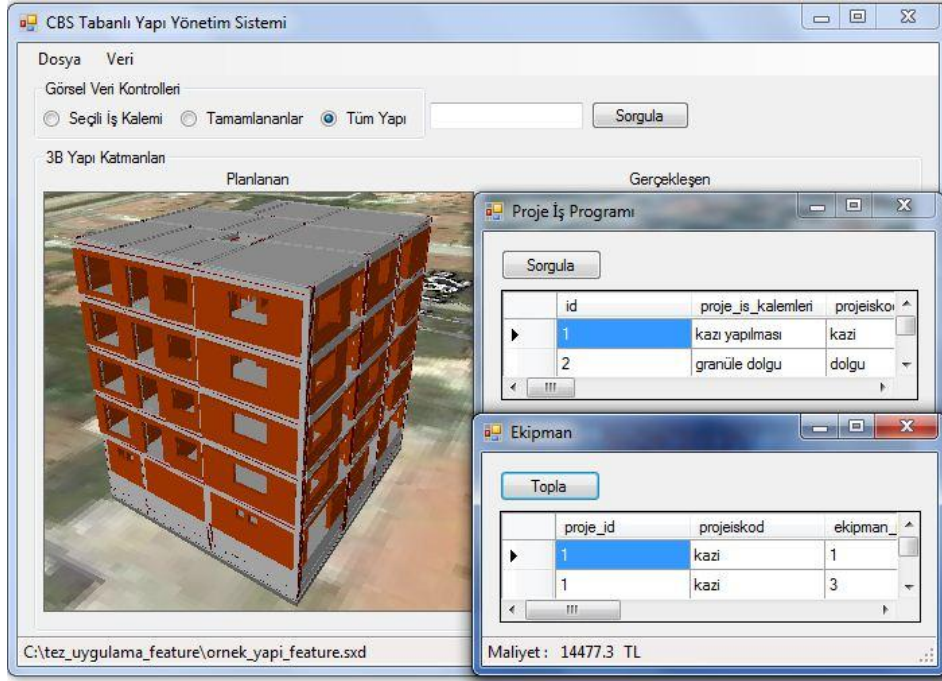
Tüm Yapı radyo düğmesine tıklanarak kaynak verilerinin toplam maliyetleri elde edilmiştir. Şekil 7.20, 7.21 ve 7.22’de sırasıyla işçi, malzeme ve ekipman toplam maliyetleri görülmektedir.



Şekil 7.20 Örnek yapının işçi toplam yaklaşık maliyeti



Şekil 7.21 Örnek yapının malzeme toplam yaklaşık maliyeti



Şekil 7.22 Örnek yapının ekipman toplam yaklaşık maliyeti

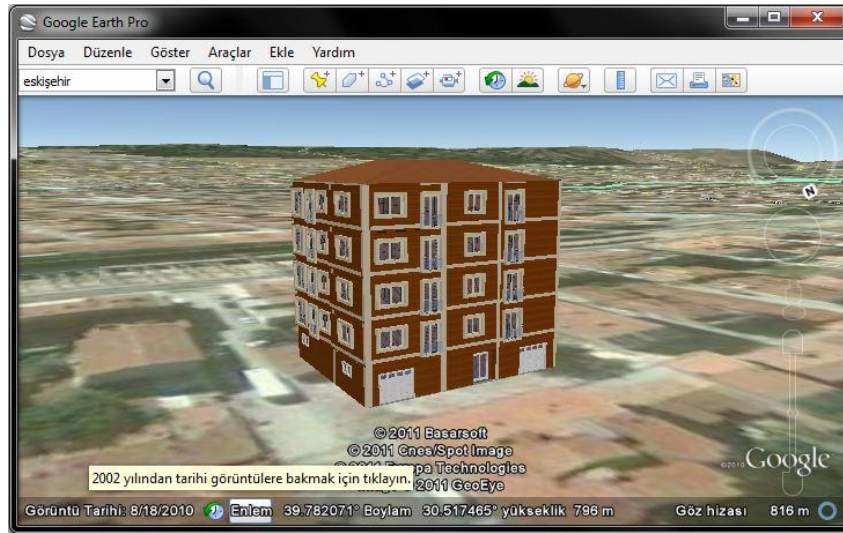
7.3. Örnek Uygulama-2

ArcGIS'te, *multipatch* veri yapısı sayesinde farklı yazılım ortamlarında hazırlanan 3B çizimlerin görüntülenmesi mümkündür. Bu örnekte *ArcGIS*'in *Google SketchUp* ve *Google Earth* yazılımlarıyla birlikte çalışabilirlik özelliklerine değinilecektir.

Örnek yapının .dwg uzantılı proje çizimleri, *Google SketchUp* ortamına transfer edilmiş ve yapım aşamalarını ifade eden katmanlar şeklinde çizilmiştir. Kullanım kolaylığı sayesinde 3B modellemede sıkça kullanılan *Google SketchUp*'ta yapının 3B mimari modeli de oluşturulmuş ve *Google Earth Pro* uygulamasına transfer edilmiştir. Şekil 7.23'te örnek yapının 3B mimari modeli, Şekil 7.24'te ise örnek yapının *Google Earth Pro* ortamına transfer edilmiş şekli görülmektedir. Ancak uygulama için mimari detaylar yerine yine kaba inşaat aşamaları dikkate alınmıştır.



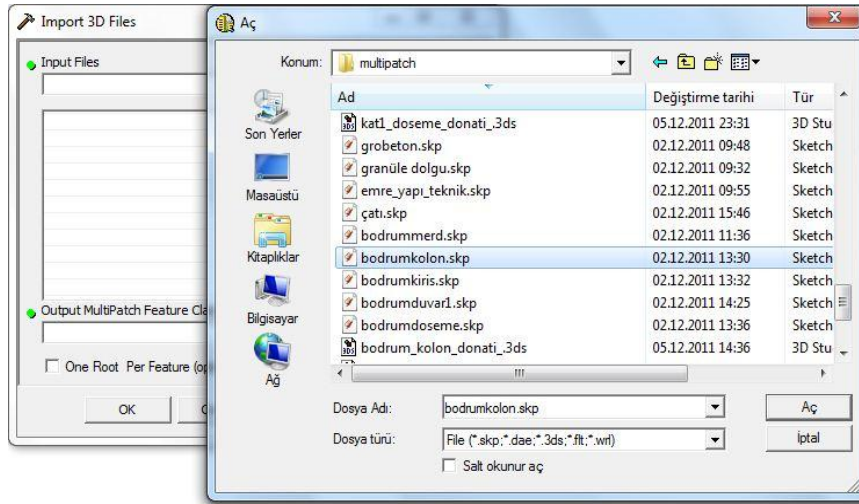
Şekil 7.23 Örnek yapının Google SketchUp'ta oluşturulan 3B mimari modeli



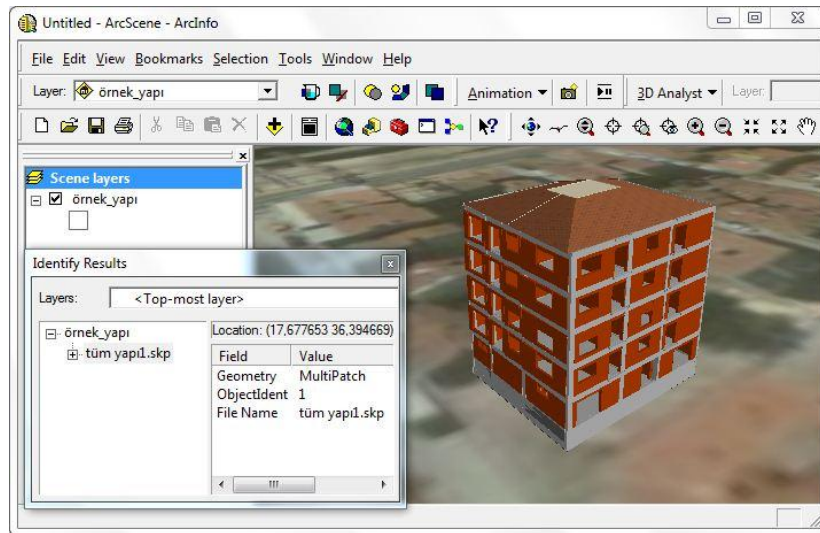
Şekil 7.24 Örnek yapının 3B mimari modelinin Google Earth Pro ortamındaki görünümü

İlk örnekte verilen iş ayrışım yapısındaki iş paketlerine ek olarak çatı aşaması da çalışmaya dâhil edilmiştir. Çizilen görsel katmanlar *.skp* uzantılı ayrı dosyalar halinde kaydedilmiştir. Katmanların ayrı dosyalar halinde CBS ortamına transfer edilmesinin nedeni, 3B modelin *Google SketchUp*'ta katmanlar şeklinde çizilmesine rağmen CBS ortamına tek parça olarak aktarılmasıdır. Tek parça halinde bir çizim, CBS-YYIS'nin örnek uygulamaları için kullanışlı olmayacaktır.

Görsel katmanlar, ArcGIS'in ArcToolbox içinde 3D Analyst araç kutusundaki Conversion araçları kullanılarak multipatch veri yapısında CBS ortamına aktarılmıştır. Görsel veriler, Conversion araçları altındaki From File özelliğinin Import 3D Files sekmesi tıklanarak konumsal bir veritabanına kaydedilmiş ve CBS ortamına transfer edilmiştir. Şekil 7.25'te Import 3D Files penceresi, Şekil 7.26'da ise örnek yapının CBS ortamına transfer edilen 3B modeli görülmektedir.

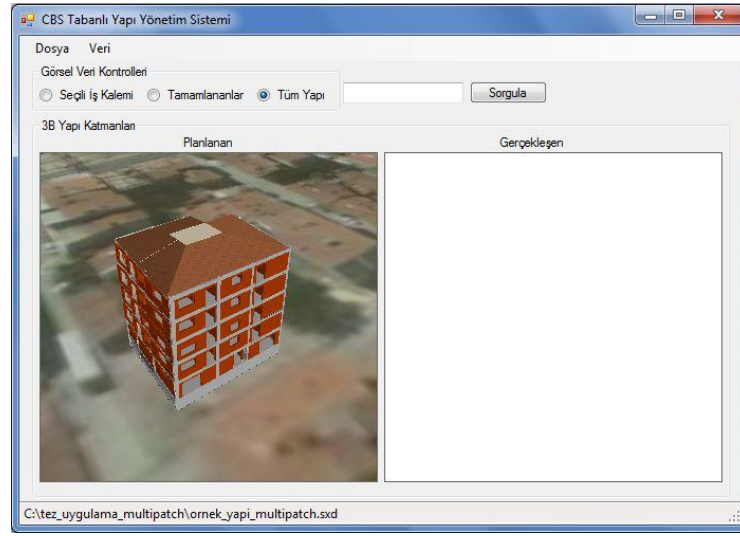


Şekil 7.25 Import 3D Files penceresi

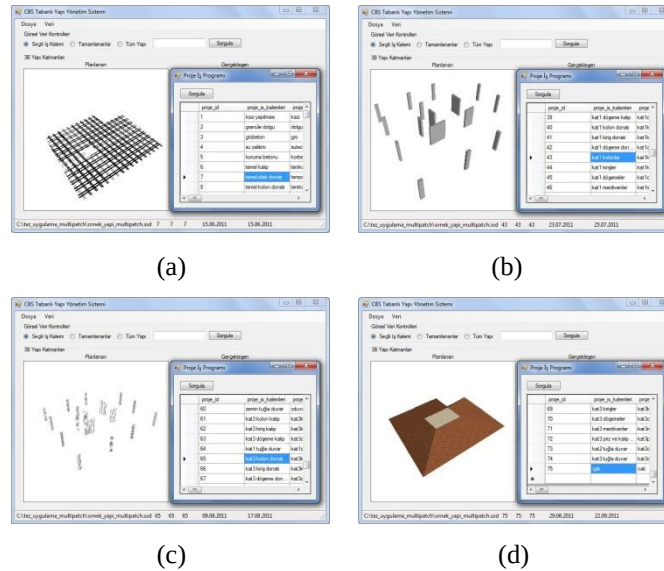


Şekil 7.26 Örnek yapının multipatch veri yapısında CBS ortamına transfer edilen 3B modeli

3B model oluşturulup *ArcScene* dosyasına kaydedildikten ve proje iş programına çatı aşamasına ait zaman verileri ve CPM hesaplamaları girildikten sonra kullanıcı arabirimi açılmıştır (Şekil 7.27). Veri menüsü altından *Proje İş Programı* alt formu açılıp önceki örnekteki benzer şekilde *Seçili İş Kalemi* radyo düğmesine tıklanarak yapının çeşitli yapım aşamaları görüntülenmiştir (Şekil 7.28).

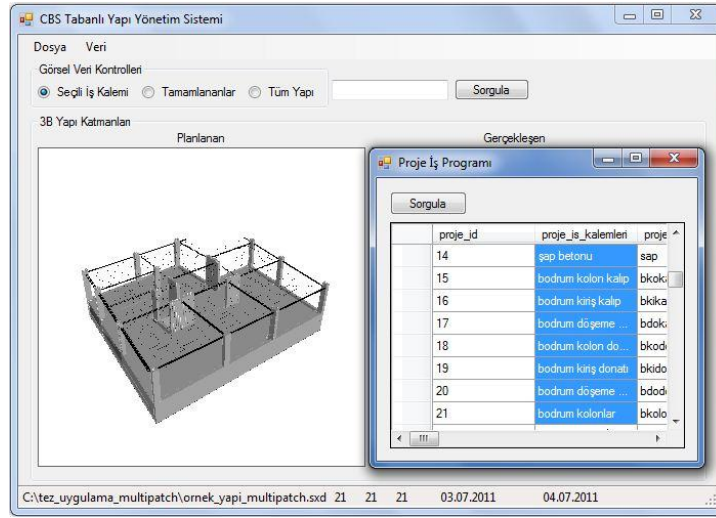


Şekil 7.27 Örnek yapının kullanıcı arabiriminde multipatch veri yapısında görünümü

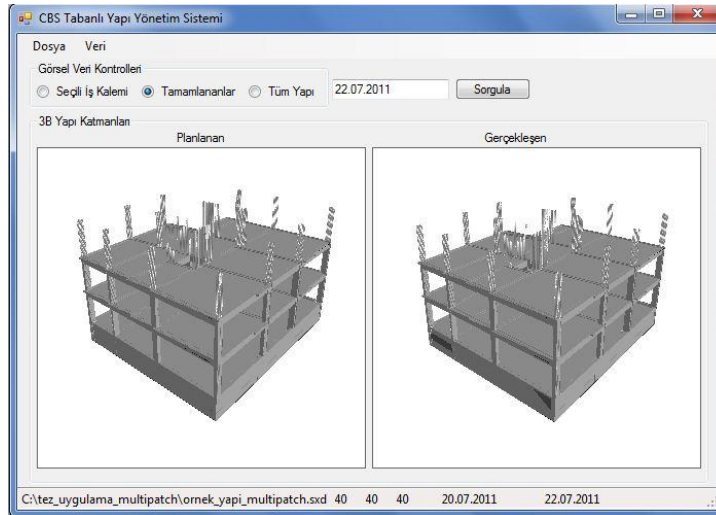


Şekil 7.28 Örnek yapının multipatch veri yapısında farklı iş kalemlerine ait görsel katmanları, (a) Temel plak donatıları, (b) 1.kat kolonları, (c) 3.kat kolon donatıları, (d) Kiremit çatı

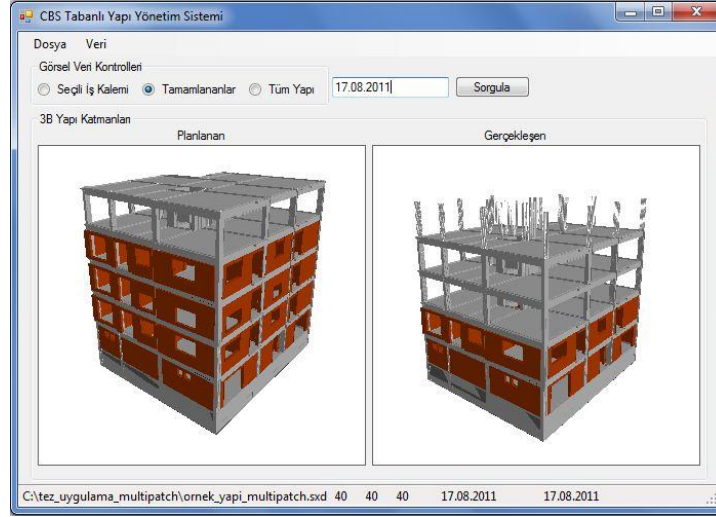
Proje iş kaleminden, *Ctrl* fonksiyonu kullanılarak birden çok iş kalemi seçilmiş ve ana formda bu iş kalemlerine ait görsel katmanlar görüntülenmiştir (Şekil 7.29). *Tamamlananlar* radyo düğmesi kullanılarak yapının planlanan ve gerçekleşen tamamlanma tarihindeki 3B görüntüleri ekrana getirilmiştir. Şekil 7.30’da bir iş kaleminin planlanan ve gerçekleşen tamamlanma tarihleri, Şekil 7.31’de ise girilen bir tarihte yapının planlanan ve gerçekleşen 3B görsel sunumu görülmektedir.



Şekil 7.29 Multipatch veri yapısındaki görsel katmanların çoklu seçimi

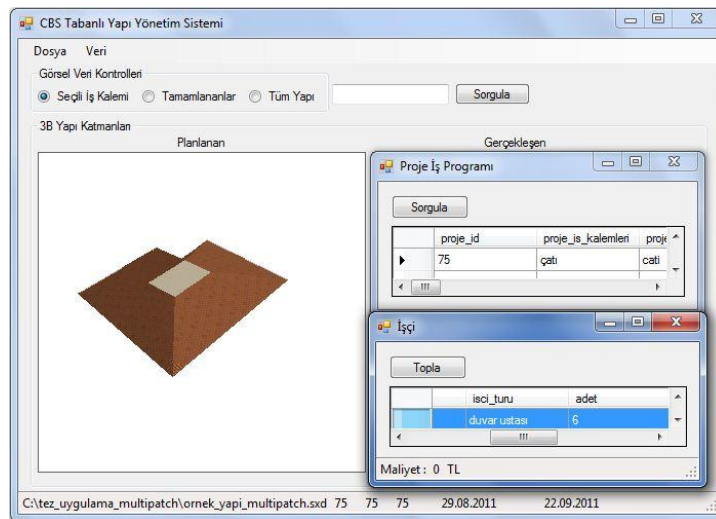


Şekil 7.30 Multipatch veri yapısındaki planlanan ve gerçekleşen 3B görsel katmanlar

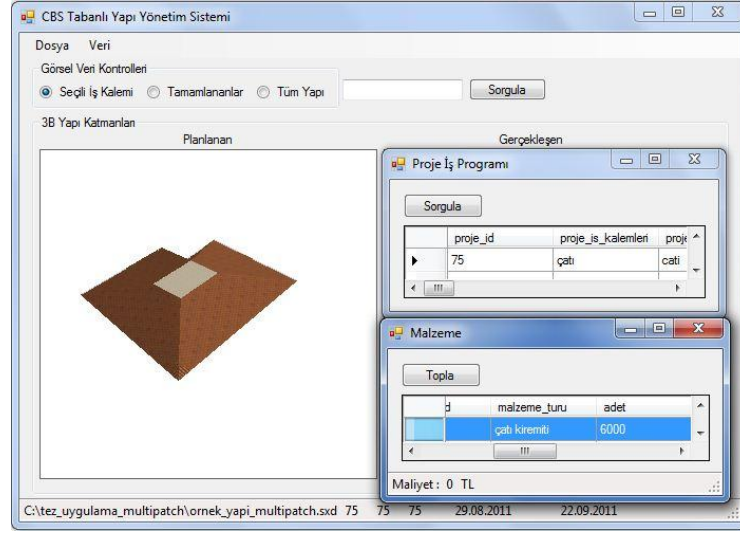


Şekil 7.31 Multipatch veri yapısındaki tarih sorgulamasına göre yapının tamamlanması planlanan ve gerçekleşen 3B katmanları

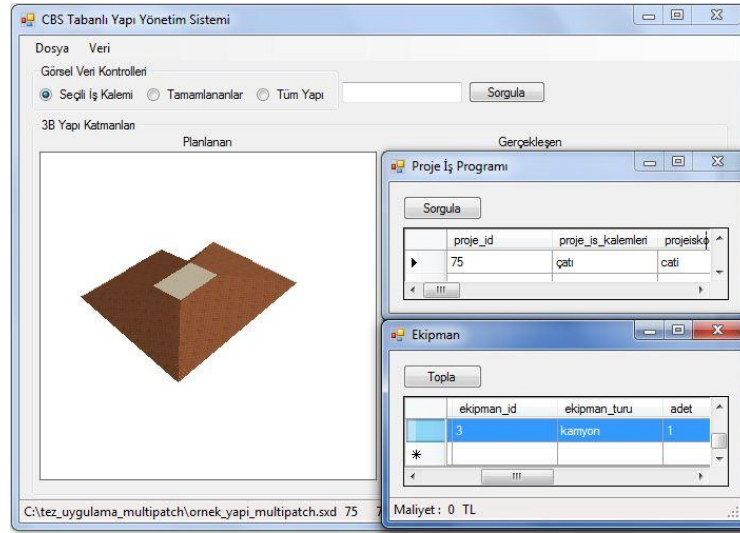
Önceki örnekte olduğu gibi *multipatch* veri yapısındaki görsel katmanlar için de projenin kaynak verilerini barındıran alt formlar açılıp proje iş programındaki iş kalemleriyle ilişkisel işleyişleri görüntülenmiştir. Bu örnekte kullanılan proje iş programında çatı aşaması da mevcuttur. Bu nedenle kaynak verilerine çatı aşamasıyla ilgili veriler de eklenmiştir. Şekil 7.32, 7.33 ve 7.34'te örnek yapının çatı aşaması için sırasıyla işçi, malzeme ve ekipman verileri görülmektedir.



Şekil 7.32 Çatı aşaması için işçi verileri



Şekil 7.33 Çatı aşaması için malzeme verileri



Şekil 7.34 Çatı aşaması için ekipman verileri

Kaynak verilerinin bulunduğu alt formlardaki *Topla* düğmesi kullanılarak iş kalemlerinin maliyetleri de görüntülenmiştir. Şekil 7.35'te çatı aşamasına kadarki işi, malzeme ve ekipman maliyetleri görülmektedir.

Kullanıcı arabiriminden çıkış için *Dosya* menü ögesi altında *Çıkış* seçeneği ve ardından gelen uyarı penceresinde *Evet* düğmesi tıklanarak program sonlandırılmıştır (Şekil 7.36).

Proje İş Programı

proje_id	proje_is_kalemleri
72	kat3 priz ve kalıp ...
73	kat2 tuğla duvar
74	kat3 tuğla duvar
75	çatı

İşçi

calisma_saati	birim_fiyat	maliyet
50	4,00	200,0
50	5,30	1325,0
70	5,30	371,0

Maliyet : 27878,1 TL

Malzeme

birim_fiyat	maliyet
115,84	3114,3
1964,38	4667,7
0,05	300,0

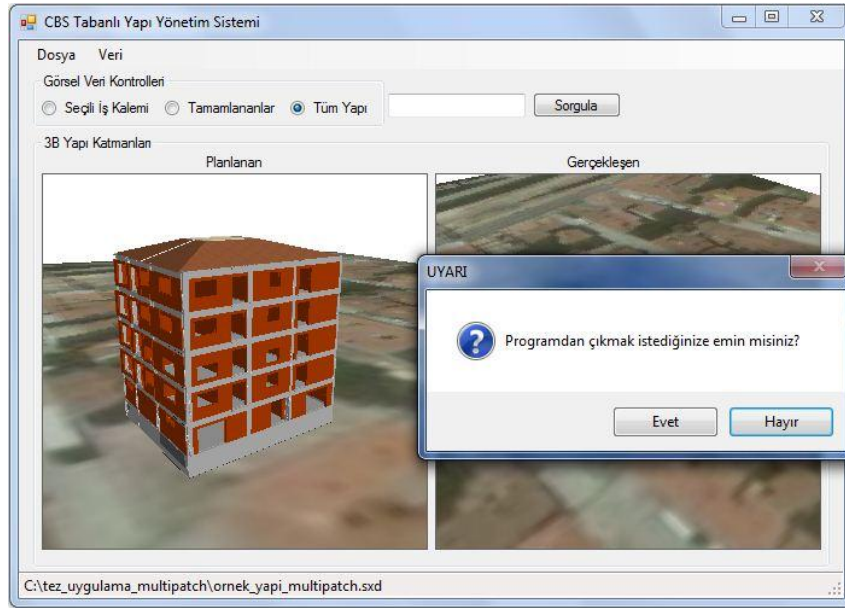
Maliyet : 175931,4 TL

Ekipman

proje_id	projekod	ekipman_id
73	kat2duvar	3
74	kat3duvar	3
75	cati	3

Maliyet : 15682,9 TL

Şekil 7.35 Örnek yapının çatı aşamasına kadarki işçi, malzeme ve ekipman maliyetleri



Şekil 7.36 Çıkış fonksiyonu kullanılarak kullanıcı arabiriminin sonlandırılması

7.4. Örnek Uygulamaların Karşılaştırılması

İlk uygulama örneğinde, yapının görsel katmanları CAD ve CBS araçlarının birlikte çalışabilirlik özellikleri kullanılarak oluşturulmuştur. CAD tabanlı proje çizimleri 2B geometriye sahiptir. Bu görsel verilerden 3.boyut, ArcGIS'in ArcScene bileşeni kullanılarak oluşturulmuştur. 2B geometriye sahip çizimlerden 3.boyut elde edilirken eğik elemanlar tanımlamak mümkün değildir.

Bu nedenle ilk uygulama örneğinin iş ayrışım yapısında çatı aşamalarına yer verilmemiştir. İkinci uygulama örneğinde ise *Autodesk AutoCAD*, *Google SketchUp* ve *ArcGIS* arasındaki birlikte çalışabilirlik özelliklerine değinilmiştir. CAD tabanlı 2B proje çizimleri *Google SketchUp* ortamına transfer edilerek 3B olarak çizilmiş ve her bir katman *multipatch* veri yapısında CBS ortamına aktarılmıştır. *Google SketchUp*'ta doğrusal olmayan geometriye sahip şekillerin oluşturulması mümkün olduğundan çatı aşaması da iş ayrışım yapısına dâhil edilmiştir.

Her iki uygulama örneğinde de *ArcScene*'den kullanıcı arabirimine çekilen katmanlar, görsel açıdan değerlendirildiğinde *multipatch* veri yapısındaki görsel verilerin daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni *multipatch* veri yapısındaki katmanların 3B geometriye sahip olmasıdır. Fakat ilk uygulama örneğinde *.dwg* uzantılı çizimler doğrudan *ArcGIS* arabirimine aktarılıp *feature class* veri tipine dönüştürülürken ikinci örnekte, tüm katmanların tek tek çizilmesi gerekmektedir. *ArcGIS*, görsel katmanların düzenlenmesi için nesneleri birleştirme (merge), çizgilerden alan oluşturma (feature to polygon) gibi fonksiyonlara sahiptir. *Google SketchUp* ise bu fonksiyonlara sahip olmamasına rağmen kullanımı oldukça basit araç çubukları içermektedir.

Proje çizimleri CAD tabanlı olduğu için 3B görsel sunum; *Autodesk AutoCAD*, *Revit* ya da *ArchiCAD* gibi yazılımlarında da oluşturulabilir. Ancak CBS-YYYS, dosya içindeki katmanların ayrı ayrı çalıştırılmasını gerektirmektedir. CAD tabanlı dosya uzantılarının ise katmanlar şeklinde parçalanması yasal izinler gerektirmekte, bu nedenle CAD tabanında çalışırken bağımsız arabirimler geliştirmek yerine *macro* kodlamalarıyla gömülü uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir.

8. BULGULAR VE TARTIŞMA

8.1. Bulgular

Bu çalışmada ülkemizdeki proje ve yapım yönetimi pratiklerine yenilikçi bir bakış açısı getirilmek amaçlanarak, görsel ve özniteliksel proje verilerinin tek ortamda saklanmasına, sorgulanmasına ve görüntülenmesine olanak sağlayan CBS-YYIS adında bir sistem geliştirilmiştir. Ayrıca yapım yönetiminde CBS'nin kullanım olanaklarını araştıran çalışmada; CBS'nin görsel sunum, veritabanı desteği, birlikte çalışabilirlik ve veri entegrasyonu konularında yapı yönetimi için faydalı bir araç olduğu bulgulanmıştır. CBS-YYIS'nin yapım yönetimine sağladığı yararlar aşağıda detaylı olarak sunulmuştur.

Görsel sunum: CBS; konumsal verinin toplanması, yorumlanması, analiz edilmesi ve sunulmasını sağlayan bir araç olmasının yanında daha önce bu alanda yapılan birçok çalışmada görselleşme amacıyla kullanılmıştır (Poku ve Arditi, 2006; Bansal ve Pal, 2007; Bansal ve Pal, 2008; Bansal ve Pal, 2009b; Kolagotla, 2009). Bu çalışmalarda CBS'nin 3B görselleştirme olanakları kullanılırken görsel verilerle iş programının entegrasyonu için de CBS'den yararlanılmıştır. Bu çalışmada geliştirilen CBS-YYIS, CPM tabanlı iş programının 3B görsel verilerle entegrasyonunu sağlamaktadır. *ArcGIS*'in sunduğu geliştirme araçları yardımıyla oluşturulan kullanıcı arabirimi sayesinde projenin zaman boyutu, yapının 3B modeliyle bütünleşik bir şekilde sunulmuştur. 2B çizimler yerine 3B görsel verilerin kullanılması durumunda proje yöneticileri, imalat aşamaları hakkında detaylı bilgiye erişebilecek ve projeyi daha iyi ele alabileceklerdir. Ayrıca CPM tabanlı iş programının görsel sunumu, faaliyetler arasındaki ilişkilerin, dolayısıyla proje ilerlemelerinin daha doğru anlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

Veritabanı desteği: Çalışmanın literatür araştırmalarında veri yönetiminin, yapı projelerinin uygulama sürecinde son derece önemli olduğu görülmüştür. Özellikle ülkemizde hala geleneksel yönetim tekniklerinin yürütüldüğü göz önüne alınırsa yapım yönetiminde veri saklama, güncelleme ve sorgulama işlemlerinin gereğinden fazla zaman aldığı; bu gecikmenin proje süresini ve maliyetini etkilediği ortaya çıkmaktadır. Tüm proje verilerinin ilişkisel

bir veritabanında saklanmasına, güncellenmesine ve sorgulanmasına olanak veren CBS-YYs; yapım yönetimi alanındaki kullanıcılara etkin bir veri yönetimi sağlayacaktır.

Birlikte çalışabilirlik: CBS-YYs'nin inşasında, tıpkı yapı projelerinin yönetim sürecindeki gibi ayrı yazılım ortamlarında üretilmiş ve farklı dosya uzantısına sahip veriler kullanılmıştır. Bu verilerin yazılımlar arası transferi, birlikte çalışabilirlik özelliklerinin önemini açığa çıkarmıştır. Çalışmada CBS yazılımı olarak yararlanılan *ArcGIS*'in *AutoCAD* ve *SketchUp* gibi düzenleme ve modelleme araçlarıyla birlikte çalışabilirlik özellikleri, yapım yönetimindeki veri transferi problemlerine çözüm getirecektir.

Veri entegrasyonu: CBS-YYs, tüm proje verilerinin bağımsız bir kullanıcı arabiriminde bütünleştirilmesini sağlamaktadır. Proje yöneticileri, farklı yazılım ortamlarında üretilen zaman, kaynak ve maliyet verilerine tek ortam üzerinden erişebileceklerdir. Bu verilerin sorgulanması ve 3B görsel verilerle bütünleşik bir yapıda sunumu da CBS-YYs'nin kullanıcı arabirimi üzerinden sağlanabilmektedir. Bu özelliği sayesinde sistemin, yapı projelerindeki farklı veri formatı problemini ortadan kaldıracağı bulgulanmıştır.

8.2. Tartışma

Bu bölümde, geliştirilen CBS-YYs'nin kullanıcı arabiriminin, literatür araştırmasında değinilen çalışmalarla benzerlikleri ve bu çalışmalardan farklılıkları irdelenmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen çalışmanın kısıtlılıkları ele alınmıştır.

Cheng ve Yang (2001), proje çizimlerini faaliyetleri ifade eden katmanlara dönüştürme fikriyle bir 3B görselleştirme yöntemi ve CBS tabanlı maliyet hesabı için bir algoritma geliştirmişlerdir. *MaterialPlan*, bilgisayar tabanlı maliyet analizine yeni bir bakış açısı getirmiş ve CBS'nin bu konudaki verimliliğini ortaya koymuştur. Çalışmada iş programıyla maliyet verileri bütünleştirilmiş ve iş programıyla etkileşimli dinamik bir malzeme gereksinim planı oluşturulmuştur. CBS'nin konumsal tabanlı çözümlerinden de yararlanılmış

ve malzeme alanlarının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistem bir arabirim sayesinde kullanıcılara sunulmuştur (Cheng ve Yang, 2001).

Cheng ve Yang (2001), görsel veri katmanlarını *AutoCAD* ortamında yaratıp CBS ortamına transfer etmiştir. Bansal ve Pal (2007), hem 3B görselleştirme yöntemini hem de CBS tabanlı yaklaşık maliyet hesabı algoritmasını detaylandırarak ileri taşımışlardır. Bansal ve Pal (2007) tarafından geliştirilen yöntemde, konumsal verilerin üretilmesinde *AutoCAD* yerine *ArcGIS*'in düzenleme araçlarından yararlanılması önerilmiştir. Geliştirilen yöntem sayesinde her bir iş kalemiyle ilişkili 3B görsel bileşenlerin kaybı ya da tekrarı gibi hatalar da ortadan kaldırılmıştır (Bansal ve Pal, 2008). Hem konumsal hem de özniteliksel proje verilerinin tek ortamda saklanması ve gerektiğinde tek kaynak üzerinden çekilmesi sağlanmıştır. Ayrıca CBS yazılımını içinde kodlama olanaklarından yararlanarak CBS'nin yapı projelerinin yönetim sürecinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir. Görsel katman alanlarının kodlamayla hesaplanamaması ve eğik elemanların 3B görselleştirilmesinin yapılamaması, çalışmanın başlıca kısıtlılıkları olarak belirtilmiştir (Bansal ve Pal, 2007).

Yapı endüstrisinde, güncel programlama ve ilerleme raporu pratiklerinin kalite ve etkililik yönünden önemli gelişmelere ihtiyacının olduğu bilinmektedir (Retik, 1997). Bu amaç çerçevesinde Poku ve Arditi (2006), CPM tabanlı iş programının grafik gösterimini sağlayan *PMS-GIS* adında bir sistem geliştirmiştir. Bu sistem, iş programındaki çubuk diyagramlar ve yapının 3B modeli sayesinde iş paketleri ve faaliyetlerdeki ilerlemelerin anlaşılır bir şekilde gözlemlenmesini sağlamaktadır (Poku ve Arditi, 2006). *PMS-GIS*, CPM tabanlı iş programının görselleştirilmesinin önemli bir örneği olmasına rağmen birtakım kısıtlılıklara sahiptir. Çalışmanın en büyük kısıtlılığı, *Primavera* ve *AutoCAD*'ten *ArcView*'e bilgi transferinin elle gerçekleştirilmesidir. Bansal ve Pal (2008), CPM tabanlı proje iş programının *Microsoft Project* ya da *Primavera* gibi proje yönetim yazılımları yerine doğrudan veritabanında hazırlanmasını önermişlerdir. İş programının görselleştirilmesi ve tüm proje verilerinin tek ortamda saklanması için CBS olanaklarından yararlanmışlardır. Çalışma, projenin zaman ve görsel verilerini içerirken kaynak ve maliyet verilerinden yoksundur.

Görselleştirme teknikleri kullanılarak iş programı kontrolü üzerine yapılan bir diğer çalışmada *Microsoft Project* ortamında hazırlanan iş programı, projenin kaynak ve maliyet verileri, CBS ortamındaki görsel katmanlarla bağımsız bir kullanıcı arabirimi üzerinde bütünleştirilmiştir. CPM tabanlı iş programının yapı projesindeki konumsal problemlere çözüm sunmadığı belirtilmiş ve iş programının görsel sunumuyla proje yöneticilerinin projenin konumsal yönü hakkında fikir sahibi olabileceği vurgulanmıştır. Projedeki farklı birimlerin ilgili verilere ulaşmasını mümkün hale getiren sistem, iş programının daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamaktadır (Kolagotla, 2009). İş programının, faaliyetlere ait gerçekleşen başlama ve tamamlanma tarihlerini içermemesi, bir kısıtlılık olarak belirlenmiştir.

CBS-YYs adında bir sistemin geliştirildiği ve kullanıcı arabirimiyle tanıtıldığı bu tez çalışması ise, yukarıda irdelenen çalışmalarla benzer yöntemler kullanılmış olmakla birlikte bazı yönleriyle bu çalışmalardan ayrılmaktadır. 3B görselleştirme için var olan yöntemin yanı sıra *SketchUp* yazılımının ve *multipatch* veri yapısının kullanımını öneren bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem, Bansal ve Pal (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmadaki eğik elemanların tanımlanması kısıtlılığını ortadan kaldırmaktadır. Yöntem, *ArcGIS* ve *SketchUp* yazılımlarının birlikte çalışabilirlik özelliklerini ön plana çıkararak *ArcGIS* tarafından desteklenen *multipatch* veri yapısının kullanımını önermektedir.

Sistem, önceki çalışmalara benzer şekilde CPM tabanlı iş programı kullanmaktadır. Ancak iş programının hazırlanmasında, diğer çalışmalardan farklı olarak doğrudan veritabanından faydalanılması düşünülmüştür. Tüm öznitelik verilerinin tek ortamda saklanması, veri entegrasyonunu kolaylaştırmıştır. Daha önceki çalışmalarda yalnızca malzeme odaklı yaklaşık maliyet hesabı yaklaşımları benimsenmişken bu tez çalışmasında yaklaşık maliyet; işçi, malzeme ve ekipman olmak üzere üç ayrı veri grubu için de hesaplanmıştır. CBS-YYs, yaklaşık maliyet hesabında kullanılan yöntem açısından önceki çalışmalardan ayrılmaktadır.

CBS-YYs'nin kullanıcı arabirimi, bağımsız bir masaüstü uygulaması olarak geliştirilmiştir. Bağımsız kullanıcı arabirimi geliştirilen önceki

çalışmalarda, verilerin çekilmesi ve sorgulanması tek form üzerinden yapılmıştır (Cheng ve Yang, 2001; Cheng ve Chen, 2002; Zhong ve ark. 2004; Kolagotla, 2009). Bu çalışmada ise veritabanından veri sorgulama süresini en aza indirmek ve verileri kullanıcının kolayca erişebileceği şekilde gruplandırmak amacıyla çoklu form kullanımı önerilmiştir. Önceki çalışmalarda proje faaliyetlerinin planlama tarihlerine yer verilmezken, bu çalışmada kullanıcı arabiriminin ana formunda planlanan ve gerçekteşen tamamlanma tarihleri görsel katmanlarla etkileşimli olarak sorgulanabilmektedir. Ayrıca önceki çalışmalarda *ArcGIS*'in geliştirme araçlarından da faydalanılmamıştır. Bu nedenle CBS-YYs'nin, bağımsız kullanıcı arabiriminin gerek geliştirilme aşamasıyla gerekse işleyişiyle önceki çalışmalardan ayrıldığı düşünölmektedir.

CBS-YYs, yararlarının yanı sıra birtakım kısıtlılıklara da sahiptir. Bunlardan en önemlisi sistemin, etkin bir konumsal analiz aracı olan CBS'nin konumsal fonksiyonlarından faydalanmamasıdır. Plan ölçeğinde çalışılması bakımından CBS-YYs'nin inşasında konumsal analizlere ihtiyaç duyulmamıştır. Ancak orta ya da büyük ölçekli projelerde şantiye yerleşim planının oluşturulması, iş araçlarının yol güzergâhlarının belirlenmesi, şantiye içinde malzeme stok alanları için yer seçimi vb. amaçlarla CBS'nin *Network Analyst*, *Spatial Analyst* ve *Spatial Statistical Analyst* gibi konumsal analiz araçlarını kullanmak gerekecektir. Sistemin uygulamaları için orta ya da büyük ölçekli bir şantiyenin değil konut tipi betonarme bir yapının çalışma alanı olarak belirlenmesinin birtakım nedenleri vardır. Büyük ölçekli şantiyeler için geliştirilecek bir sistem daha geniş çaplı veri toplama, veri işleme, veri analizi ve entegrasyonunu kapsayacağından bir ekip çalışmasına gereksinim duyulacaktır. Yüksek lisans tez süresinin kısıtlı olması da küçük şantiye örneği üzerinde çalışılmasının nedenlerindendir. Diğer yandan, CBS-YYs'nin kullanıcı arabirimine aynı anda birden fazla görsel veri ve veritabanı dosyası çekilememektedir. Bu nedenle orta ve büyük ölçekli şantiyeler için kullanımında her bir yapıya ait ayrı *.sxd* ve *.mdb* dosyaları yaratılmalıdır. Görsel verilerin kodlamalar yardımıyla otomatik olarak 3B hale getirilmeyip tek tek çizilmesi de çalışmanın kısıtlılıklarındandır. Ayrıca CBS-YYs, birtakım lisanslı yazılım sorunlarını da beraberinde getirmektedir. CBS-YYs'nin proje ve yapım yönetim

alanında kullanılabilmesi için olası kullanıcıların lisanslı *ArcGIS* yazılımına ve geliştirme araçlarına sahip olmaları gerekmektedir. Aksi takdirde, .sxd verileri okunamayacak ve sistem doğru bir şekilde çalışmayacaktır. Son olarak CBS'nin ülkemizdeki yapı endüstrisi için yeni bir araç olduğu düşünülmektedir. Yeni bir sistemin kurulumunun ne derece zorlu süreçler gerektiği hesaba katıldığında bu durum, bir kısıtlılık olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapı endüstrisinde CBS tabanlı sistemlerin kullanımının yaygınlaşması için CBS uzmanlarına ve sektör içi eğitim faaliyetlerine ihtiyaç duyulacaktır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, yapım yönetimine yenilikçi bir yaklaşımın getirilmesi amacıyla bir yapı projesinin görsel ve özniteliksel verilerinin tek ortamda bütünleştirilmesini ve proje iş programının 3B görselleştirilmesini sağlayan CBS tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Yapım yönetimi alanında CBS'nin kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışmanın kapsamını şantiye çalışmaları ve bilgisayar tabanlı uygulamalar oluşturmaktadır. Şantiye çalışmalarında örnek yapının yapım aşamaları gözlemlenmiş ve mobil bir cihaz yardımıyla her bir iş kalemine ait zaman, işçi, malzeme ve ekipman verileri toplanmıştır. Çalışmada görsel verilerin hazırlanması ve sunumu için *AutoCAD*, *Google SketchUp* ve *Google Earth*, CBS yazılımı olarak *ArcGIS*, veritabanı olarak *Microsoft Access*, geliştirme ortamı olarak *Visual Studio 2005*, geliştirme araçları olarak *ArcGIS Engine* ve *.NET* programlama dili kullanılmıştır. 3B görselleştirme, CPM tabanlı iş programının hazırlanması, keşif ve metraj hesabı, ilişkisel veritabanı tasarımı ve veri entegrasyonu, sistemin inşasında kullanılan yöntemleri oluşturmaktadır. CBS-YYIS adı verilen sistemin uygulamaları için Eskişehir'de yapımı henüz devam eden konut tipi betonarme bir yapı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Yapının CAD tabanlı mimari ve statik-betonarme çizimleri elde edilmiş, çizimler iş kalemlerini ifade eden katmanlara dönüştürülerek *ArcGIS* ortamına transfer edilmiştir. Yapının gözlemlenen her bir iş kalemine ait CPM hesaplamaları yapılmış ve proje iş programı hazırlanmıştır. Geliştirilen metraj ve yaklaşık maliyet hesap algoritmasıyla malzeme miktarları hesaplanmış; işçi, malzeme ve ekipman verileri için ayrı yaklaşık maliyet hesabı yapılmıştır. Veritabanının tablolarına kaydedilen iş programı ve üç kaynak verisi grubu arasında çoktan çoğa tablo ilişkileri kurularak ilişkisel bir veritabanı tasarlanmıştır. Yapı projesinin görsel ve özniteliksel verilerini bütünleştirmek amacıyla bağımsız bir kullanıcı arabirimi geliştirilmiştir. CBS-YYIS'nin kullanıcı arabirimi bir ana ve dört alt formdan oluşmaktadır. Ana form üzerine *.sxd* uzantılı *ArcScene* dosyasından görsel veriler çekilirken alt formlara *.mdb* uzantılı veritabanı dosyasından proje iş programı, işçi, malzeme ve ekipman verileri çekilmekte ve tablolar halinde görüntülenmektedir. Geliştirilen kullanıcı

arabirimi, sahip olduğu fonksiyonlarla yapı projesinin her bir iş kalemine ait CPM veri alanlarının, kaynak verilerinin ve bu veri gruplarına ait yaklaşık maliyetlerin 3B görsel katmanlarla etkileşimli şekilde sunumunu gerçekleştirebilmektedir. CBS-YYs, pratikte kullanılması durumunda proje yöneticilerine projenin tüm verilerini tek ortam üzerinden sorgulama olanağı sağlamaktadır. 3B görselleştirme desteğiyle de kullanıcıların proje iş akışını daha iyi anlaması mümkün olacaktır.

CBS-YYs, CBS'nin veritabanı desteği, görsel sunum, birlikte çalışabilirlik, veri entegrasyonu özelliklerinden yararlanmıştır. *ArcGIS*, arka planında *Microsoft Access* veritabanıyla ortak çalışmaktadır. CBS, esasında bir görselleştirme aracı olmasa da daha önceki araştırmalarda olduğu gibi bu çalışmada da CPM tabanlı iş programının görselleştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. CBS'nin görselleştirme ve görüntüleme için kullanımı; görsel düzenleme araçlarının keşfedilmesine ve diğer yazılımlarla birlikte çalışabilirlik özelliklerinin ön plana çıkarılmasına olanak sağlamıştır. Ayrıca CBS'nin geliştirme araçları kullanılarak bağımsız uygulamalar geliştirilebileceği ve veri entegrasyonunun gerçekleştirilebileceği bulunmuştur.

Sonuç olarak CBS-YYs; olası kullanıcılara ve ülkemiz inşaat sektörüne şu yararları sağlamaktadır:

Veri yönetimi: Sistemin inşasında kullanılan ilişkisel veritabanı, yapı projelerinde geleneksel yöntemlerle ve ayrı dokümanlar şeklinde saklanan verilerin tek ortamda birleştirilmesini ve birbirleriyle ilişkilendirilmesini sağlayacaktır. Etkin veri yönetimi sayesinde proje kapsamındaki bireyler ve birimler arası doğru ve güncel bilginin sürekli akışı sağlanabilecektir. Bu durum, başarılı bir yapıım yönetimi sürecine de olanak verecektir. Böylece müşterilerin zaman, maliyet, işlev ve kalite ölçütleri yerine getirilebilecektir.

Zaman ve kaynak yönetimi: Kullanıcı arabiriminden, bir yapı projesinin herhangi bir yapıım aşamasına ait zaman, işçi, malzeme, ekipman ve maliyet verileri sorgulanabildiği gibi o aşamaya kadarki veriler de filtrelenip görüntülenebilmektedir. Her bir faaliyetin planlanan ve gerçekleşen tamamlanma tarihleri de 3B görsel verilerle bütünleşik bir şekilde sunulabilmektedir. Bu yönüyle CBS-YYs, proje yöneticilerinin imalat aşamalarını her yönüyle değerlendirerek daha iyi anlayabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca proje

yöneticilerinin başlıca problemlerinden biri olan kaynak ve bütçe düzenlemeleri, daha etkin şekilde sağlanabilecektir.

Karar desteği: 3B görsel katmanlarla proje iş kalemlerinin ilişkilendirilmesi; yapım aşamaları arasındaki ilişkilerin ve proje ilerlemelerinin daha doğru yorumlanmasına, olası aksaklıkların da hızlı şekilde belirlenmesine ve gerekli önlemlerin alınmasına olanak verecektir. Böylece CBS-YYs, proje yöneticilerine karar desteği sağlayacaktır. Geliştirilen sistemin proje yöneticileri tarafından kullanılması halinde projelerdeki gecikmeler ve buna bağlı ek maliyetler en aza indirilebilecektir. Projelerin zamanında ve en az maliyetle tamamlanması, yapım yönetimi ve ulusal ekonomi için olumlu sonuçlar doğuracaktır.

Bu alanda yapılacak ileriki çalışmalarda, küçük bir şantiye örneğinde uygulamaları gerçekleştirilen CBS-YYs'nin orta ve büyük ölçekli projeler dikkate alınarak geliştirilmesi önerilmektedir. Bu sayede birden fazla yapının görsel ve özniteliksel verilerine aynı anda ulaşılabilecek, kullanıcılara daha detaylı bir karar desteği sağlanacaktır. Ayrıca şantiye ölçeğinde yapılan bir uygulamada saha ve ulaşım planlamaları, stok alanlarının tespiti, iş güvenliği vb. faaliyetlerin yürütülmesi gerekecek ve çözüm için CBS'nin gelişmiş konumsal analiz araçlarına ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle CBS-YYs'ye konumsal analiz fonksiyonlarının eklenmesi önerilmektedir. CBS-YYs, bağımsız bir masaüstü uygulaması olarak geliştirilmiştir. Sistemin, lisanslı yazılım problemlerinin ortadan kaldırmak açısından web tabanında ve yapı projesinde görev alan tüm birey ve birimlerin kullanımına sunulan kapsamlı bir yapıda geliştirilmesi önerilmektedir. Proje yöneticilerinden yüklenicilere, alt yüklenicilere kadar her iş kademesinin kullanabileceği bir aracın geliştirilmesi, projede görev alan bireylere projenin tüm yönlerini ve yapıdaki ilerlemeleri etkin bir şekilde takip etme olanağı sağlayacaktır. Yapı sektöründe CBS tabanlı sistemlerin kullanılabilmesi için CBS hakkında yalnızca fikir sahibi olmak yeterli olmayacaktır. Bu nedenle yapı sektöründe CBS'nin öneminin kavranması ve uygulama aşamalarında CBS uzmanlarına yer verilmesi önerilmektedir. Sektör içi CBS eğitim faaliyetleriyle kalifiye eleman açığının kapatılması, aynı zamanda tüm kullanıcılara CBS-YYs'nin işleyişinin detaylı şekilde anlatılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Advanced Forest Technologies, Canada, (1997), “Data Management with Integration of Multiple Data Source”.
<http://www.aft.pfc.forestry.ca/Proposal/dataman.html> (son erişim tarihi: 13.11.2011)
- Akıncı, B., Fischer, M. ve Kunz, J., (2002), “Automated generation of work spaces required by construction activities”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, **128 (4)**, 306– 315.
- Atay, H., Ergen, E., Toz, G., (2010), “GIS based decision support system for health and safety management in linear projects”, *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, UK.
- Autodesk. (2003). “Building information modeling in practice.” *Autodesk White Paper*, www.autodesk.com/buildinginformation (son erişim tarihi: 29.12.2011).
- Bak, P.R.G. ve Mill, A.J.B., (1989), “Three dimensional representation in a geoscientific resource management system for minerals industry.” *Three dimensional applications in geographical information systems*. Taylor & Francis, Londra, 155-182.
- Bansal, V.K. ve Pal, M. (2006). “GIS based projects information system for construction management.” *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, **7(2)**, 115-124.
- Bansal, V.K. ve Pal, M., (2007), “Potential of geographic information systems in building cost estimation and visualization”, *Automation in Construction*, **16**, 311–322.
- Bansal, V.K. ve Pal, M., (2008), “Generating, evaluating, and visualizing construction schedule with Geographic Information Systems.” *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, **22(4)**, 233-242.
- Bansal, V.K. ve Pal, M., (2009b), “Construction schedule review in GIS with a navigable 3D animation of project activities.” *International Journal of Project Management*, **27**, 532–54.

- Bansal, V.K., (2008), *Geographic Information System in Construction Management*, Doktora Tezi, Department of Civil Engineering, India.
- Bansal, V.K., (2011), "Application of Geographic Information Systems in Construction Safety Planning", *International Journal of Project Management*, **29(1)**, 66-77.
- Bansal, V.K., Pal, M. (2009a), "Extended GIS for construction engineering by adding direct sunlight visualisations on buildings." *Construction Innovation*, Emerald (Londra), **9(4)**.
- Björk B.C., (1999), "Information Technology in construction: domain definition and research issues." *International Journal of Computer Integrated Design and Construction*, SETO, Londra, 1-1, 3-16.
- Bonham-Carter, G. F., (1996), "Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS", *Computer Methods in the Geosciences*, **13**, Pergamon Publications.
- Camp, C.V. ve Brown, M.C., (1993), "GIS procedure for developing three dimensional subsurface profile." *Journal of Computing in Civil Engineering*, **7 (3)**, 296-309.
- Carlson, E., (1987), *Three dimensional conceptual modeling of subsurface structures*. Teknik Rapor, 4, ASPRS-ACSM Annual Convention. Baltimore, Maryland, 188-200.
- Chau, K.W., Anson, M. ve Zhang, J.P., (2004), "4D dynamic construction management and visualization software: 1. Development", *Automation in Construction*, **12**, 512-524.
- Chau, K.W., Anson, M., ve Zhang, J.P., (2003), "Implementation of visualization as planning and scheduling tool in construction", *Building and Environment*, **38(5)**, 713-719.
- Cheng, M.Y. ve Chen, J.C. (2002), "Integrating barcode and GIS for monitoring construction progress." *Automation in Construction*, **11(1)**, 23-33.
- Cheng, M.Y. ve O'Connor, J.T. (1996), "ArcSite: Enhanced GIS for construction site layout." *Journal of Construction Engineering and Management*, **122 (4)**, 329-336.

- Cheng, M.Y. ve O'Connor, J.T., (1994), "Site layout of construction temporary facility using enhanced Geographic Information System (GIS)." *Automation in Construction*, **3**(1), 11-19.
- Cheng, M.Y. ve Yang, C.Y. (2001), "GIS-Based cost estimate integrated with material layout planning." *Journal of Construction Engineering and Management*, **127**(4), 291-299.
- Cheng, M.Y., ve Chang, G.L., (2001), "Automating utility route design and planning through GIS." *Automation in Construction*, **10**(4), 507-516.
- Cherneff, J., Logcher, R. ve Sriram, D., (1991), "Integrating CAD with construction-schedule generation." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 5(1), 64-84.
- Collier, E. ve Fischer, M., (1996), "Visual-based scheduling: 4D modeling on the San Mateo County Health Center", *Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering*. Anaheim, CA: ASCE, 800-5.
- Dawood, N., Sriprasert, E., Mallasi, Z. ve Hobbs, B., (2003), "Development of an integrated information resource base for 4D/VR construction processes simulation, *Automation in Construction*, **12** (2), 123-131.
- de Cambray B., (1993), "Three-Dimensional (3D) Modelling in a Geographical Database", *Proceedings of the 11th International Symposium on Computer-Assisted Cartography, Auto-Carto'11*, Minneapolis, USA, 338-347
- Dogan, R., Dogan, S. ve Altan, M.O., (2004), "3D visualization and query tool for 3D city models." *Geo-Imagery Bridging Continents*, 22. ISPRS Kongresi, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul-Türkiye, **3**, 559-564.
- Driscoll, F. G., (1986), *Groundwater and wells*, Johnson Division, St. Paul, Minnesota.
- Ekberg, F. (2007), *An approach for representing complex 3D objects in GIS applied to 3D properties*, Yüksek Lisans Tezi, Department of Technology and Built Environment, University of Gävle, Sweden.
- ESRI. (2003). "Using CAD in ArcGIS." <http://www.esri.com/library/.pdf> (son erişim tarihi: 09.11.2011)

- ESRI. (2005), “ArcGIS solutions for civil engineering.” http://www.esri.com/library/brochures/pdfs/arcgis-civil_engineering.pdf (son erişim tarihi: 07.03. 2011).
- ESRI, (2006), “The ArcGIS Format for Representing Three-Dimensional Objects”, <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0607articles/the-arcgis-format.html> (son erişim tarihi: 03.04.2011).
- ESRI, (2008), “The Multipatch Geometry Type”, *Teknik rapor*, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/multipatch-geometry-type.pdf> (son erişim tarihi: 06.04.2011).
- ESRI UK, (2008), *Integrating GIS&CAD Systems*, Teknik rapor, Nisan 2008.
- Fischer, M. ve Kam, C., (2001), “4D Modelling: Technologies and research”, *Workshop on 4D Modelling: Experiences in UK and Overseas*,. 17 Kasım, Milton Keynes.
- Ford, A. (2004), “The visualisation of integrated 3D petroleum datasets in ArcGIS.” *Proc. 24th ESRI User Cconference*, San Diego, 1-11.
- Goodhue, D. L., Wybo, M. D., ve Kirsch, L. J., (1992), “The Impact of Data Integration on the Costs and Benefits of Information Systems”, *MIS Quarterly*, Eylül, 293-311.
- Heesom, D. ve Mahdjoubi, L., (2004), “Trends of 4D CAD applications for construction planning”, *Construction Management and Economics*, **22**, 171-182.
- Hegazy, T. ve Elbeltagi, E. (1999), “EvoSite: Evolution-based model for site layout planning.” *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, **13(3)**, 198–206.
- Heimbigner, D. & McLeod, D. (1985), “A Federated Architecture for Information Management,” *ACM Transactions on Office Information Systems*, **3**, 253-278.
- Issa, R.R.A., Flood, I. ve O’Brien W.J. (2003), “4D CAD and visualization in construction: developments and applications”, A.A. Balkema Publishers, Tokyo.

- Jia, N., Xie, M., Chai, X., “Development and Implementation of a GIS-Based Safety Monitoring System for Hydropower Station Construction”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, kabul tarihi: 12.01.2011, ASCE.
- Jones, C.B., (1989), “Data structures for three-dimensional spatial information systems in geology”, *International Journal of Geographical Information Systems*, **3**, Taylor & Francis, Londra, 15-31
- Kamat, V.R. ve Martinez, J.C., (2001), “Visualizing simulated construction operations in 3D”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, **15(4)**, 329–37.
- Karaş.R., Batuk F. ve Yeşil, E., (2010), “3B CBS Gerçekleştirmenin Önündeki Zorluklar ve 3B Konumsal Analiz Uygulamaları” *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **2(3)** 1-12
- Klujiver, H. ve Stoter, J.E., (2003), “Noise mapping and GIS: optimising quality and efficiency of noise effect studies”, *Computers, Environment and Urban Systems (CEUS)*, 2003, **27**, 85-102.
- Kolagotla, V., (2009), “Geographic information system and its application to project management in construction industry”, http://mapasia.org/2009/proceeding/design&engg/ma09_VijayK.pdf (son erişim tarihi: 25.12.2011).
- Koo, B. ve Fischer, M., (2000), “Feasibility study of 4D CAD in commercial construction”, *Journal of Construction Engineering and Management*, **126 (4)**, 251–260.
- Koussa, C., Koehl, M., (2009), “A simplified geometric and topological modeling of 3D buildings: Combination of surface based and solid-based representations”, *ASPRS 2009 Annual Conference*
- Lan H., Derek Martin C. ve Lim C.H., (2007), “Rockfall Analyst: A GIS Extension for Three-Dimensional and Spatially Distributed Rockfall Hazard Modeling”, *Computers & Geosciences*, **33-2**, 262 – 279, Elsevier.
- Lang, J., (2011), “SketchUp for Geoscientists”, *Google SketchUp Workshop*, 257-275.

- Lee, A., Marshall-Pointing, A.J., Aoual, G., Wu, S., Koh, I., Fu, C., Cooper, R., Betts, M., Kagioglou, M. ve Fischer, M. (2003). *Developing a vision of nD-enabled construction*, Construction IT Report.
- Li, H., Chen, Z., Yong, L. ve Kong, S.C.W. (2005), "Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency." *Automation in Construction*, **14(3)**, 323-331.
- Li, H., Kong, C.W., Pang, Y.C., Shi, W.Z. ve Yu, L. (2003). "Internet-based geographic information systems system for E-commerce application in construction material procurement." *Journal of Construction Engineering and Management*, **129 (6)**, 689-697.
- Liston, K., Fischer, M. and Winograd, T. (2001), "Focused sharing of information for multi-disciplinary decision making by project teams". *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, **6**, 69-81.
- Litwin, W., Mark, L. ve N. Roussopoulos, (1990), "Interoperability of multiple autonomous databases", *ACM Computing Survey*, **22**, 267-293.
- Ma, Z., Shen, Q. ve Zhang, J., (2005), "Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects", *Automation in Construction*, **14**, 369- 381.
- Maguire, D.J., (2003), "Improving CAD-GIS Interoperability", *ArcNews Online*, Winter 2002/2003.
<http://www.esri.com/news/arcnews/winter0203articles/improving-cad.html>
- Manase, D., Heesom, D., Oloke, D., Proverbs, D., Young, C., Luckhurst, D., (2011), "A GIS analytical approach for exploiting construction health and safety information", *Journal of Information Technology in Construction*, **16**, 335-356.
- McGeorge, D., Palmar, A., (2007), *Construction Management New Directions*, Blackwell Publishing, Second Edition, İngiltere.
- McKinney, K. ve Fischer, M., (1998), "Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools", *Automation in Construction*, **7(6)**, 433-47.

- McKinney, K., Fischer, M. ve Kunz, J., (1998), "Visualization of construction planning information", *Proceedings of Intelligent User Interfaces 98*. San Francisco, CA: ACM, 135-8.
- McKinney, K., Kim, J., Fischer, M. ve Howard, C., (1996), "Interactive 4D-CAD." *Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering*. Anaheim, CA: ASCE, 383–9.
- Meng, X. ve Liu, G., (2008), "Development of 3D GIS Modelling Technology", *IFIP International Federation for Information Processing*, 259, *Computer and Computing Technologies in Agriculture*, **2**, 1329–1332.
- Miles, S.B. ve Ho, C.L. (1999), "Applications and issues of GIS as tool for civil engineering modeling." *Journal of Computing in Civil Engineering*, **13(3)**, 144–152.
- Moder, J.J., Phillips, C.R., ve Davis, E.W. (1983), "Project management with CPM, PERT and precedence diagramming", Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Molenaar, M., (1990), "A formal data structure for three dimensional vector maps", 4. *International Symposium on Spatial Data Handling*, Zurich, Swizerland.
- Moore, D., (2002), *Project Management, Designing Effective Organisational Structures In Construction*, Blackwell Publishing, Cornwall, İngiltere.
- O'Brien, J. ve Plotnick, F.L., (2006), *CPM in construction management*, McGraw Hill Construction Engineering Series, USA.
- Ogunlana, S.O., Promkuntong, K. ve Jearkijrm, V. (1996), "Construction delays in a fast-growing economy: Comparing Thailand with other economies." *International Journal of Project Management*, **14(1)**, 37-45.
- Oloufa, A.R., Eltahan, A.A. ve Papacostas, C.S. (1994), "Integrated GIS for construction site investigation." *Journal of Construction Engineering and Management*, **120 (1)**, 211-222.
- Oosterom, V.P., Stoter, J., ve Jansen, E., (2006), *Large-scale 3D data integration: challenges and opportunities*, CRC Press, New York.

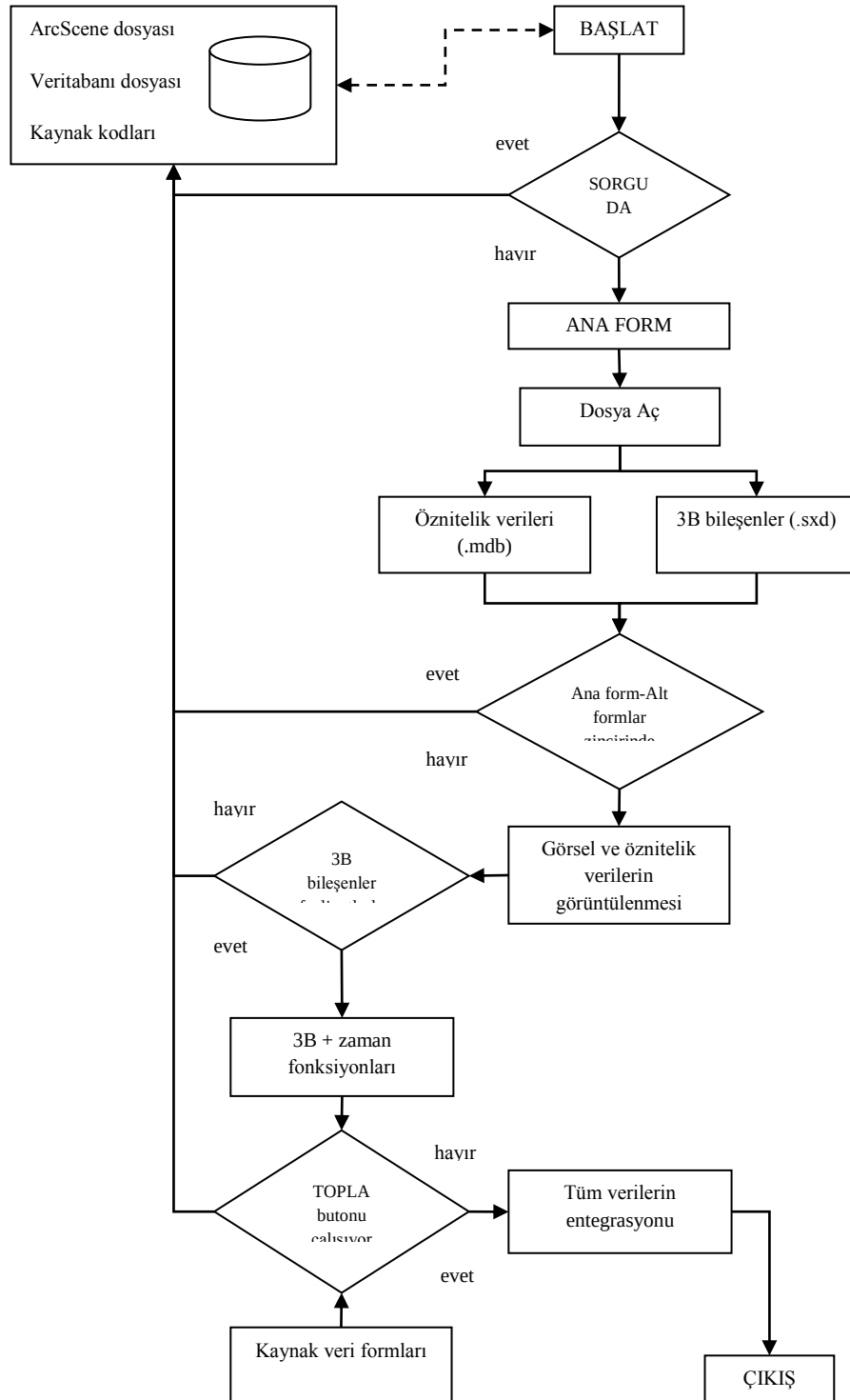
- Özdemir, İ., (2009), *Yapı yönetimi ve Şantiye Tekniği Ders Notları*, Osmangazi Üniversitesi, Teknoloji Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi, Eskişehir.
- Petrie, G. ve Kennie, T.J.M., (1990), *Terrain modelling in surveying and civil engineering*, Whittles Publishing. Glasgow.
- Pilouk, M., (1996), *Integrated modeling for 3D GIS*, Doktora Tezi, ITC.
- Poku, S.E. ve Arditi, D. (2006), “Construction scheduling and process control using geographic information systems.” *Journal of Computing in Civil Engineering*, **20 (5)**, 351-360.
- Rahman, A. A., Zlatanova, S. ve Pilouk, M., (2001), “The 3D GIS Software Development: Global Efforts from Researchers and Vendors”, *Geoinformation Science Journal*, **1(2)**.
- Rahman, A.A. ve Pilouk, M., (2008), *Spatial Data Modelling for 3D GIS*, Springer, New York, USA.
- Raper, J. ve Kelk, B (1991), “Three-dimensional GIS”, *Geographical information systems: principles and applications*. D J Maguire, M Goodchild and DW. Rhind (eds.) Longman Geoinformation, 299-317
- Retik, A., (1997), “Planning and monitoring of construction projects using virtual reality.” *Project. Management Journal*, **97-1**, 28–31.
- Retik, A., Warszawski, A. ve Banai, A., (1990), “The use of computer graphics as a scheduling tool”, *Building and Environment*, **25(2)**, 132–42.
- Rongxing Li (1994), “Data structures and application issues in 3-D geographic information systems.” *Geomatica*. **48**, 209-224
- Russel, A., Staub-French, S., Tran, N. ve Wong, W., (2009), “Visualizing high-rise building construction strategies using linear scheduling and 4D CAD”, *Automation in Construction*, **18**, 219–236
- Salminen, S., (1995), “Serious occupational accidents in the construction industry”, *Construction Management Economics*, **13**, 299-306.
- Sebt, M.H., Karan, E.P. ve Delavar, M.R. (2008), “Potential Application of GIS to Layout of Construction Temporary Facilities”, *International Journal of Civil Engineering*, **6**, 235-245.

- Shibasaki, R., Shimizu, E. ve Nakamura, H., (1990), "Three dimensional (3D) digital map for an urban area." *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. **28**, 211-220.
- Sides, E.J., (1992), *Modelling three-dimensional geological discontinuities for mineral evaluation*, Doktora Tezi. University of London.
- Slingerland, R. ve Keen, T.R., (1990), "A numerical study of storm driven circulation and 'event bed' genesis." *Proc. of Symposium on Structures and Simulating Processes*, **2**, 97-99
- Smith, D.R. ve Paradis, A.R., (1989), "Three-dimensional GIS for the earth sciences". Raper, JF (ed.) *Three dimensional applications in geographical information systems*. Taylor & Francis, Londra, 149-155
- Smith, G. ve Friedman, J., (2004), "3D GIS: A Technology Whose Time Has Come", *Earth Observation Magazine*, 16-19.
<http://www.esri.com/library/reprints/pdfs/eom-3dgis-nov2004.pdf>
- Snead, D. ve Maidment, D.R, (2000), "Floodplain Visualization Using HEC-GeoRAS",
<http://www.crrw.utexas.edu/gis/gishydro01/Class/exercises/georas.html>
(son erişim tarihi: 20.09.2011).
- Subrahmanian, V. S., Adali, S., Brink, A., Lu, J. J., Rajput, A., Rogers, T. J., Ross, R., & Ward C. (1996), "HERMES: A Heterogeneous Reasoning and Mediator System".
<http://www.cs.umd.edu/projects/hermes/overview/paper/section1.html>
(son erişim tarihi: 09.11.2011)
- Sun, W. ve 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) Conference*,
<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0212/p0212.htm>
(son erişim tarihi: 11.03.2011).

- Turner, A.K., (1989), "The role of 3-D GIS in subsurface characterization for hydrogeological applications." Raper, JF (Ed.) *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems*, Taylor & Francis. Londra, 115-127.
- University of Salford, (2004), "nD Modelling", <http://ndmodelling.scpm.salford.ac.uk> (09.04.2011).
- Varghese, K. ve O'Connor, J.T. (1995), "Routing large vehicles on industrial construction site." *Journal of Construction Engineering and Management*, **121(1)**, 1-12.
- Walker, A., (2007), *Project Management in Construction*, Blackwell Publishing, Fifth Edition, İngiltere.
- Wees, J.D. van, R.W. Versseput, H.J.Simmelink, R.R.L. Allard ve H.J.M. Pagnier, (2002), "Shared Earth system models for the dutch subsurface", *Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO-National Geological Survey*, Geo-informatiedag, the Netherlands.
- Williams, M. (1996), "Graphical simulation for Project planning: 4D-planner". *3rd Congress on Computing in Civil Engineering*, ASCE, 404-9.
- Youngman, C., (1989), "Spatial data structures for modeling subsurface features." Raper, JF (Ed.) *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems*, Taylor & Francis, 129-136.
- Zhong, D., Li, J., Zhu, H., and Song, L. (2004), "Geographic information system based visual simulation methodology and its application in concrete dam construction processes." *Journal of Construction Engineering and Management*, **130 (5)**, 742-750.
- Zlatanova, S., (2000), *3D GIS for Urban development*, Doktora Tezi, Graz University of Technology.
- Zlatanova, S., Rahman, A. A. ve Pilouk, M., (2002), "3D GIS: Current status and perspectives", *Proceedings of the Joint Conference on Geo-spatial theory, Processing and Applications*, 8-12 Temmuz, Ottawa, Kanada.

- URL1, http://pmbook.ce.cmu.edu/10_fundamental_scheduling_procedures.html#1
0.1 Relevance of Construction Schedules, Fundamental Scheduling
Procedures (son erişim tarihi: 17.11.2011)
- URL2, <http://www.interventions.org/pertcpm.html>, PERT/CPM for Project
Scheduling & Management (son erişim tarihi: 17.11.2011).
- URL3, <http://www.esri.com/technology-topics/gis-and-cad/index.html>, ESRI GIS
and CAD (son erişim tarihi: 13.11.2011).
- URL4, <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisengine/index.html>, ESRI
ArcGIS Engine Overview (son erişim tarihi: 12.11.2011).
- URL5, <http://www.microsoft.com/visualstudio/tr-tr/products/2005-editions>,
Visual Studio 2005 (son erişim tarihi: 22.11.2011).

Ek-1 CBS-YY5 Yazılımı Akış Diyagramı



Ek-2 İlişkisel Veritabanı Modeli

Öznitelik Tablosu
İşçi

Veri Alanı	Veri Tipi	Sıralı
isci_id	Sayı	Evet
isci_turu	Metin	Hayır

Öznitelik Tablosu
Malzeme

Veri Alanı	Veri Tipi	Sıralı
malzeme_id	Sayı	Evet
malzeme_turu	Metin	Hayır

Öznitelik Tablosu
Ekipman

Veri Alanı	Veri Tipi	Sıralı
malzeme_id	Sayı	Evet
malzeme_turu	Metin	Hayır

Bağlantı Tablosu
İşçi proje

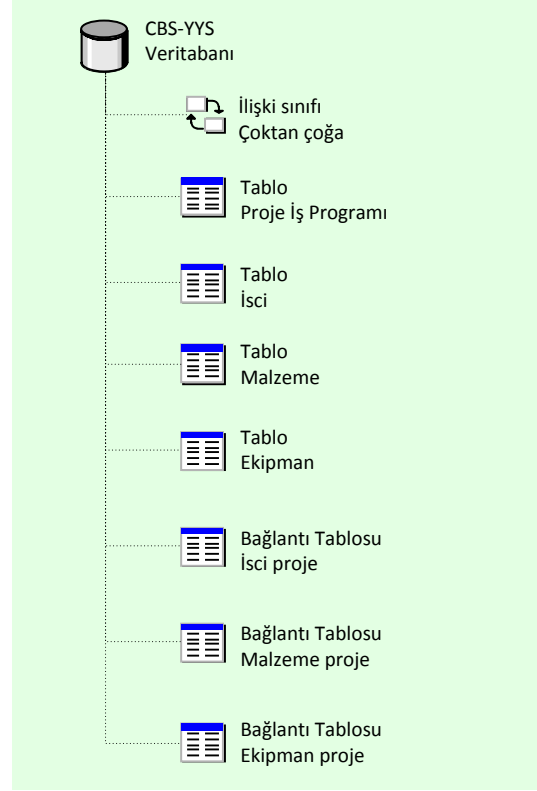
Veri Alanı	Veri Tipi	Sıralı
proje_id	Sayı	Evet
projeiskod	Metin	Evet
isci_id	Sayı	Evet
isci_turu	Metin	Hayır
adet	Sayı	Hayır
calisma_saati	Sayı	Hayır
birim fiyat	Sayı	Hayır
maliyet	Sayı	Hayır

Bağlantı Tablosu
Malzeme proje

Veri Alanı	Veri Tipi	Sıralı
proje_id	Sayı	Evet
projeiskod	Metin	Evet
malzeme_id	Sayı	Evet
malzeme_turu	Metin	Hayır
adet	Sayı	Hayır
miktar	Sayı	Hayır
birim fiyat	Sayı	Hayır
maliyet	Sayı	Hayır
birim	Metin	Hayır

Bağlantı Tablosu
Ekipman proje

Veri Alanı	Veri Tipi	Sıralı
proje_id	Sayı	Evet
projeiskod	Metin	Evet
ekipman_id	Sayı	Evet
ekipman_turu	Metin	Hayır
adet	Sayı	Hayır
miktar	Sayı	Hayır
calisma_saati	Sayı	Hayır
birim fiyat	Sayı	Hayır
maliyet	Sayı	Hayır



Öznitelik Tablosu
Proje İş Programı

Veri Alanı	Veri Tipi	Sıralı
ID	Sayı	Evet
Proje_is_kalemleri	Metin	Evet
projeiskod	Metin	Evet
bas_dugumu	Sayı	Hayır
bit_dugumu	Sayı	Hayır
g_bas_tarihi	Tarih	Hayır
g_tam_tarihi	Tarih	Hayır
g_sure	Sayı	Hayır
plan_bas_tarihi	Tarih	Hayır
plan_tam_tarihi	Tarih	Hayır
p_sure	Sayı	Hayır
EB	Sayı	Hayır
ET	Sayı	Hayır
GB	Sayı	Hayır
GT	Sayı	Hayır
SB	Sayı	Hayır
TB	Sayı	Hayır
Reliability	String	Hayır
AccuracyComments	String	Hayır
HorizontalDatum	String	Hayır
CoordinateSystem	String	Hayır
VerticalDatum	String	Hayır
CoordinateMethod	String	Hayır
CoordinateProcedure	String	Hayır
VerticalUnits	String	Hayır

Ek-3 Kullanıcı Arabiriminin Kaynak Kodlarından Örnekler

Option Explicit Off

Imports System

Imports System.Collections.Generic

Imports System.ComponentModel

Imports System.Data

Imports System.Drawing

Imports System.Text

Imports System.Windows.Forms

Imports System.Data.Common

Imports System.Configuration

Imports System.Diagnostics

Public Class CBS YYS

Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal milliseconds As Long)

Private Sub CBS YYS_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load

End Sub

Private Sub DosyaAçToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles

DosyaAçToolStripMenuItem.Click

Dim i As Double

dosyaAc1.ShowDialog()

If dosyaAc1.FileName = "" Then

Exit Sub

Else

sahne3d.LoadSxFile(dosyaAc1.FileName)

dyol1.Text = dosyaAc1.FileName

```

        Me.dgm_Sorgula.PerformClick()
    End If
End Sub

Private Sub dgm_Sorgula_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles dgm_Sorgula.Click
    Dim aec_Zaman As Stopwatch
    Dim aec_Saglayici As DbProviderFactory
    Dim aec_Baglanti As DbConnection
    Dim aec_Adaptor1, aec_Adaptor2, aec_Adaptor3, aec_Adaptor4 As
DbDataAdapter
    Dim aec_Komut1, aec_Komut2, aec_Komut3, aec_Komut4 As DbCommand
    Dim aec_VeriAyar1, aec_VeriAyar2, aec_VeriAyar3, aec_VeriAyar4 As
DataSet
    Dim aec_Sorgu1, aec_Sorgu2, aec_Sorgu3, aec_Sorgu4 As String
    Dim sxd2mdb As String
    Dim i As Integer
    i = Len(dosyaAc1.FileName) - 4

    sxd2mdb = Mid(dosyaAc1.FileName, 1, i) + ".mdb"

    Try

        aec_Zaman = New Stopwatch()
        aec_Zaman.Start()
        aec_Saglayici = DbProviderFactories.GetFactory("System.Data.OleDb")
        aec_Baglanti = aec_Saglayici.CreateConnection()
        aec_Baglanti.ConnectionString =
"Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" + sxd2mdb + ";Persist
Security Info=True"
        aec_Baglanti.Open()
        aec_Adaptor1 = aec_Saglayici.CreateDataAdapter()

```

```
aec_Adaptor2 = aec_Saglayici.CreateDataAdapter()  
aec_Adaptor3 = aec_Saglayici.CreateDataAdapter()  
aec_Adaptor4 = aec_Saglayici.CreateDataAdapter()
```

```
aec_Komut1 = aec_Saglayici.CreateCommand()  
aec_Komut2 = aec_Saglayici.CreateCommand()  
aec_Komut3 = aec_Saglayici.CreateCommand()  
aec_Komut4 = aec_Saglayici.CreateCommand()
```

```
If filtrele1.Text <> "" Then
```

```
    If radyo1.Checked = True Then
```

```
        aec_Sorgu1 = "SELECT * FROM [proje iş programı] WHERE  
        ([planl_tam_tarihi] <= (CDate('' + filtrele1.Text + '')))"
```

```
    Else
```

```
        aec_Sorgu1 = "SELECT * FROM [proje iş programı] WHERE  
        ([g_tam_tarihi] <= (CDate('' + filtrele1.Text + '')))"
```

```
    End If
```

```
Else
```

```
    aec_Sorgu1 = "SELECT * FROM [proje iş programı]"
```

```
End If
```

```
If alan3.Text <> "" Then
```

```
    'aec_Sorgu2 = "SELECT * FROM [işçi proje] WHERE ([isci_turu] =  
    '' + TextBox1.Text + '')"
```

```
    aec_Sorgu2 = "SELECT * FROM [ekipman proje] WHERE ([proje_id]  
    between 0 and int('' + alan3.Text + ''))"
```

```
Else
```

```
    aec_Sorgu2 = "SELECT * FROM [ekipman proje]"
```

```
End If
```

```
If alan4.Text <> "" Then
```

```

        aec_Sorgu3 = "SELECT * FROM [işçi proje] WHERE ([proje_id]
between 0 and int(" + alan4.Text + "))"
    Else
        aec_Sorgu3 = "SELECT * FROM [işçi proje]"
    End If

    If alan5.Text <> "" Then
        aec_Sorgu4 = "SELECT * FROM [malzeme proje] WHERE ([proje_id]
between 0 and int(" + alan5.Text + "))"
    Else
        aec_Sorgu4 = "SELECT * FROM [malzeme proje]"
    End If

    aec_VeriAyar1 = New DataSet()
    aec_VeriAyar2 = New DataSet()
    aec_VeriAyar3 = New DataSet()
    aec_VeriAyar4 = New DataSet()

    aec_Komut1.Connection = aec_Baglanti
    aec_Komut2.Connection = aec_Baglanti
    aec_Komut3.Connection = aec_Baglanti
    aec_Komut4.Connection = aec_Baglanti

    aec_Komut1.CommandText = aec_Sorgu1
    aec_Komut2.CommandText = aec_Sorgu2
    aec_Komut3.CommandText = aec_Sorgu3
    aec_Komut4.CommandText = aec_Sorgu4

    aec_Adaptor1.SelectCommand = aec_Komut1
    aec_Adaptor2.SelectCommand = aec_Komut2
    aec_Adaptor3.SelectCommand = aec_Komut3
    aec_Adaptor4.SelectCommand = aec_Komut4

```

```
aec_Adaptor1.Fill(aec_VeriAyar1)
aec_Adaptor2.Fill(aec_VeriAyar2)
aec_Adaptor3.Fill(aec_VeriAyar3)
aec_Adaptor4.Fill(aec_VeriAyar4)
```

```
Form1.tablo.DataSource = aec_VeriAyar1.Tables(0)
Form2.tablo.DataSource = aec_VeriAyar2.Tables(0)
Form3.tablo.DataSource = aec_VeriAyar3.Tables(0)
Form4.tablo.DataSource = aec_VeriAyar4.Tables(0)
```

```
aec_Zaman.Stop()
```

```
milisaniye.Text = "Süre : " & aec_Zaman.ElapsedMilliseconds.ToString()
& " ms"
```

```
Catch ex As Exception
```

```
MessageBox.Show("Sorgu yapılırken hata meydana geldi!", "HATA")
```

```
End Try
```

```
End Sub
```

```
Private Sub RadioButton3_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles RadioButton3.Click
```

```
Dim d As Integer
```

```
Dim layersayisi As Integer = sahne3d.Scene.LayerCount - 1
```

```
filtrele1.Text = ""
```

```
alan3.Text = ""
```

```
alan4.Text = ""
```

```
alan5.Text = ""
```



```
ptarih1.Text = ""  
gtarih1.Text = ""
```

```
Me.dgm_Sorgula.PerformClick()  
For d = 0 To layersayisi  
    sahne3d.Scene.Layer(d).Visible = True  
Next d  
sahne3d.Refresh()  
End Sub
```

```
Private Sub RadioButton2_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles RadioButton2.Click
```

```
    Dim a, d, j As Integer
```

```
    Dim layersayisi As Integer = sahne3d.Scene.LayerCount - 1
```

```
    'Me.dgm_Sorgula.PerformClick()
```

```
    For j = 0 To layersayisi  
        sahne3d.Scene.Layer(j).Visible = False  
    Next j  
    sahne3d.Refresh()
```

```
    For d = 0 To layersayisi
```

```
        For a = 0 To Form1.tablo.RowCount - 1 ' kalan satırlar
```

```
            If sahne3d.Scene.Layer(d).Name = _  
Form1.tablo.Item(1, a).FormattedValue.ToString Then 'tablo.Item(0, a) tablonun  
0.sutun a.satır  
                sahne3d.Scene.Layer(d).Visible = True  
            Exit For
```

```

Else
    sahne3d.Scene.Layer(d).Visible = False
End If

```

```

Next
Next d
sahne3d.Refresh()
End Sub

```

```

Private Sub RadioButton1_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles RadioButton1.Click

```

```

    Dim j As Integer
    Dim layersayisi As Integer = sahne3d.Scene.LayerCount - 1

    For j = 0 To layersayisi
        sahne3d.Scene.Layer(j).Visible = False
    Next j
    sahne3d.Refresh()
End Sub

```

```

Private Sub ÇıkışToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles ÇıkışToolStripMenuItem.Click

```

```

    Dim cevap, dugmeler As Integer
    Dim mesaj, baslik As String
    mesaj = "Programdan çıkmak istediğinize emin misiniz?"
    dugmeler = vbYesNo + vbDefaultButton2 + vbQuestion
    baslik = "UYARI"
    cevap = MsgBox(mesaj, dugmeler, baslik)
    If cevap = vbYes Then End
End Sub

```

```
Private Sub ProjeİşProgramıToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
ProjeİşProgramıToolStripMenuItem.Click
    Form1.Show()
End Sub
```

```
Private Sub İşçiToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles İşçiToolStripMenuItem1.Click
    Form2.Show()
End Sub
```

```
Private Sub MalzemeToolStripMenuItem1_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
MalzemeToolStripMenuItem1.Click
    Form3.Show()
End Sub
```

```
Private Sub MalzemeToolStripMenuItem2_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
MalzemeToolStripMenuItem2.Click
    Form4.Show()
End Sub
```

```
Private Sub radyo2_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles radyo2.Click
    filtrele1.Text = gtarih1.Text
    Me.dgm_Sorgula.PerformClick()
    Me.RadioButton2.PerformClick()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub radyo1_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles radyo1.Click
    filtrele1.Text = ptarih1.Text
```

```
Me.dgm_Sorgula.PerformClick()  
Me.RadioButton2.PerformClick()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub radyo1_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal  
e As System.EventArgs) Handles radyo1.CheckedChanged
```

```
End Sub
```

```
Private Sub radyo2_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal  
e As System.EventArgs) Handles radyo2.CheckedChanged
```

```
End Sub
```

```
Private Sub RadioButton2_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles RadioButton2.CheckedChanged
```

```
End Sub
```

```
Private Sub filtrele1_KeyUp(ByVal sender As Object, ByVal e As  
System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles filtrele1.KeyUp
```

```
ptarih1.Text = filtrele1.Text
```

```
gtarih1.Text = filtrele1.Text
```

```
End Sub
```

```
Private Sub filtrele1_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e  
As System.EventArgs) Handles filtrele1.TextChanged
```

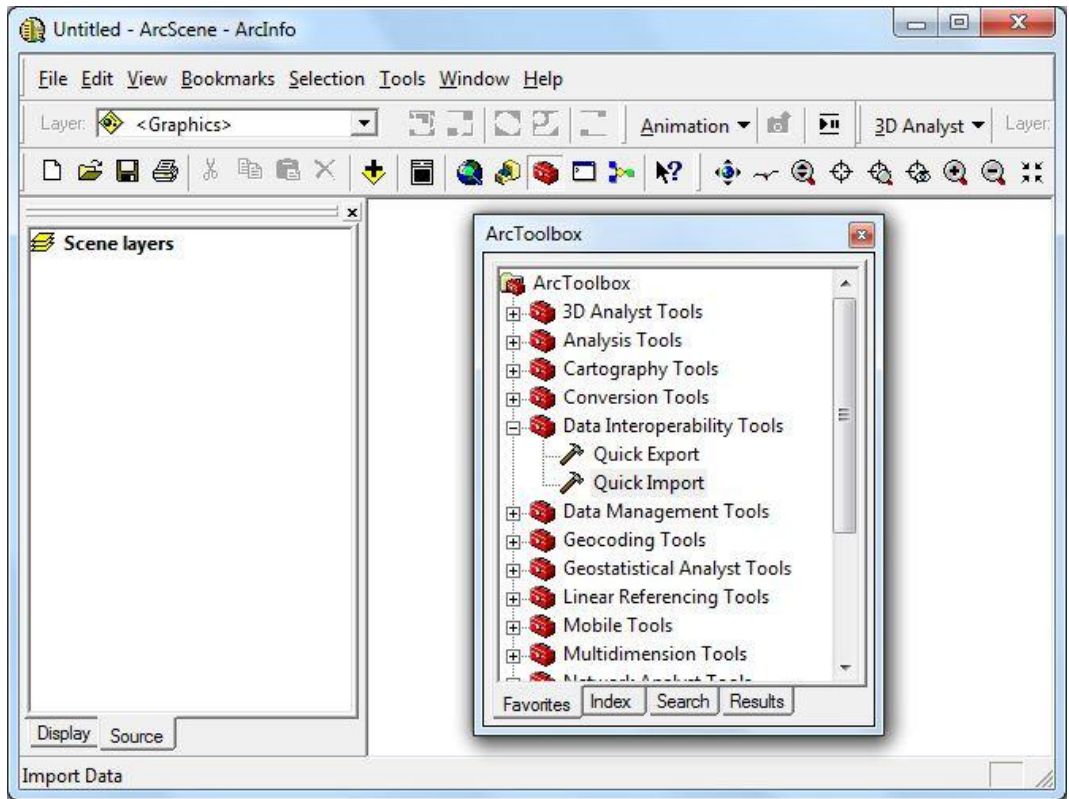
```
End Sub
```

```
End Class
```

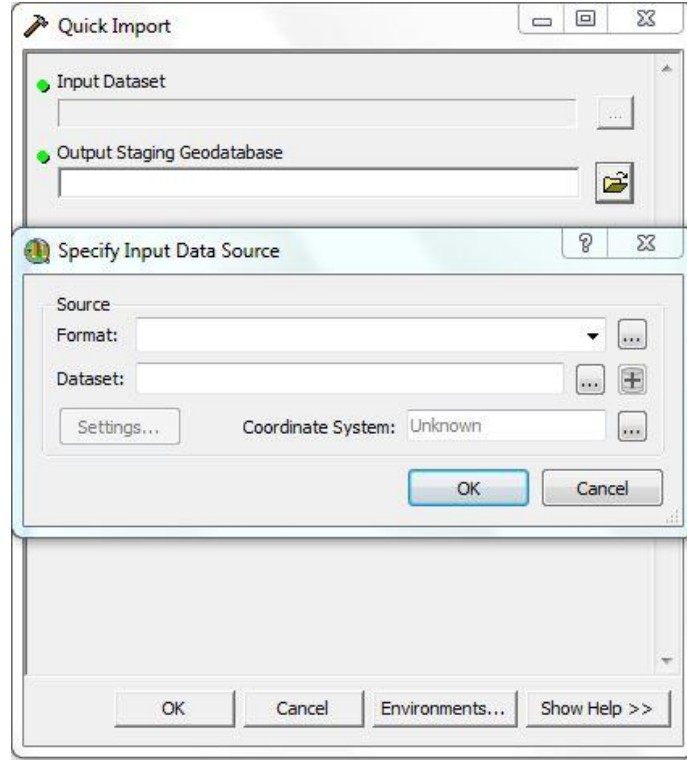
Ek-4 AutoCAD - ArcGIS Yazılımları Arası Birlikte Çalışabilirlik

ArcGIS – AutoCAD yazılımları arasında veri paylaşımı, *ArcGIS*'in *Data Interoperability* araç çubuğunun fonksiyonlarından yararlanılarak sağlanmaktadır. Aşağıda *AutoCAD*'den *ArcGIS* ortamına veri aktarımı adım adım anlatılacaktır.

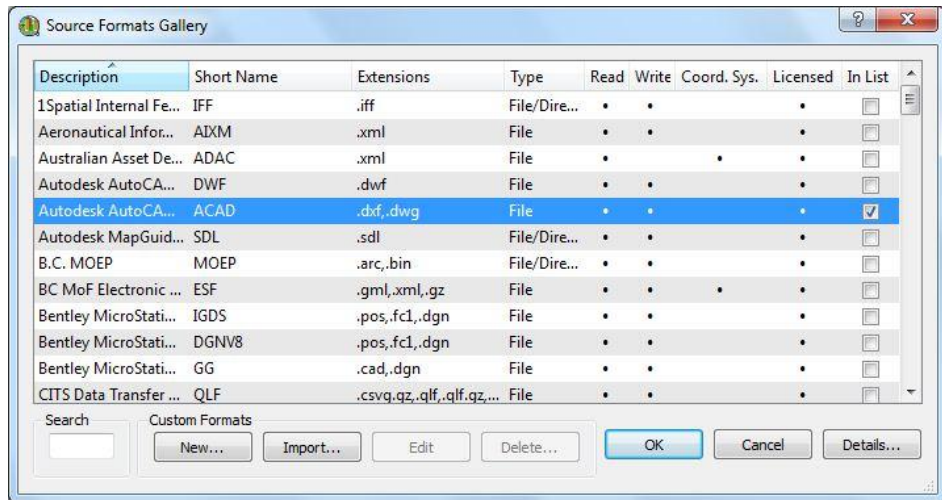
1. *ArcGIS* yazılımının *ArcScene* modülü açılıp *ArcToolbox* tıklanır.



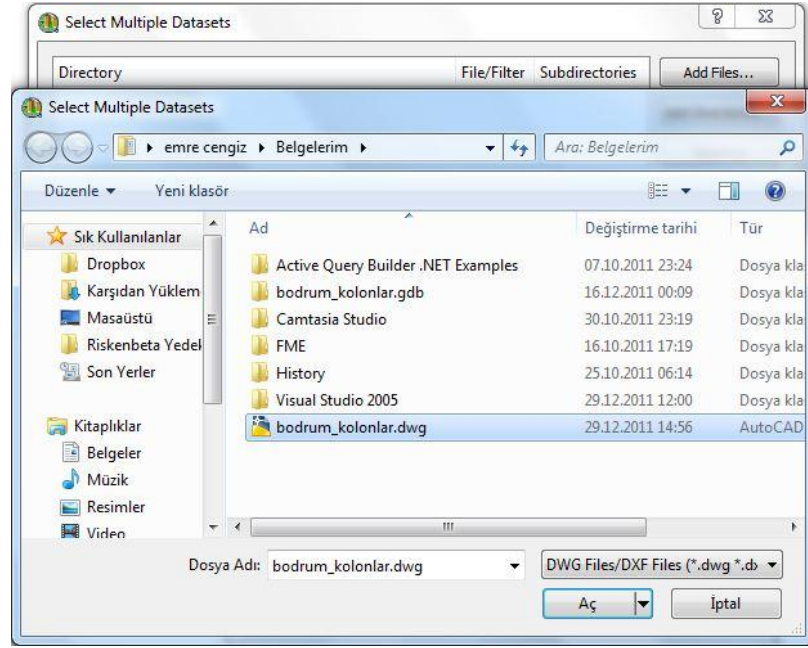
2. *ArcToolbox* altında *Data Interoperability* araç çubuğundan *Quick Import* tıklanır.
3. Ekranı gelen *Quick Import* penceresinden *Input Dataset* tıklanır.
4. *Specify Input Data Source* penceresinden *Source* bölümü altında *Format* tıklanır.



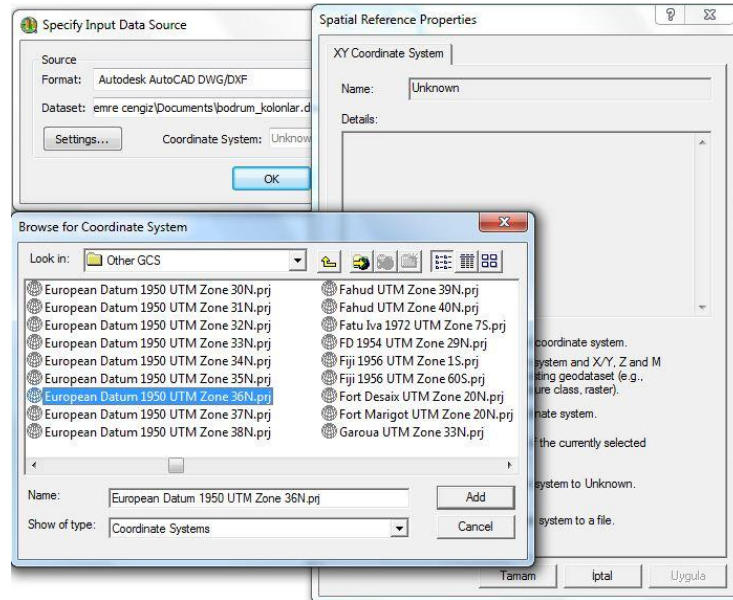
5. Açılan format penceresinde ArcGIS'in desteklediği veri formatları görülmektedir. *Source Format Gallery* adındaki bu listeden *Autodesk AutoCAD DWG/DXF* satırının onay kutusu işaretlenip pencere kapatılır.



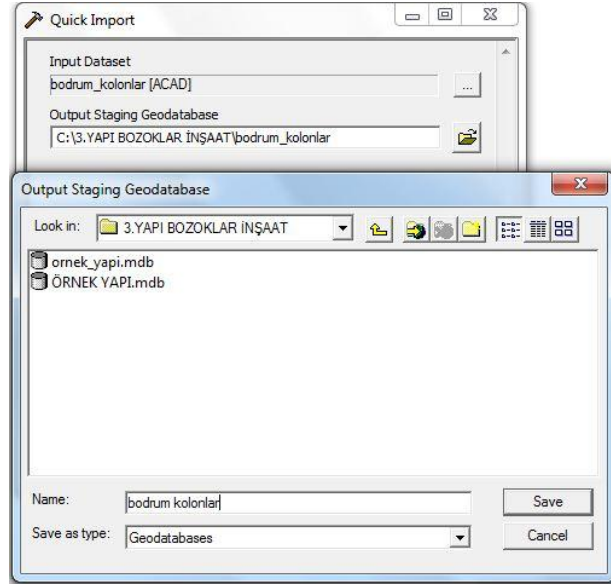
6. *Specify Input Data Source* penceresinden *Dataset* tıklanır. Bilgisayarda kayıtlı .dwg uzantılı CAD dosyası işaretlenir.



7. *Specify Input Data Source* penceresinin *Coordinate System* bölümü tıklanıp veriye bir koordinat sistemi atanır ve OK düğmesine tıklanarak pencere kapatılır.

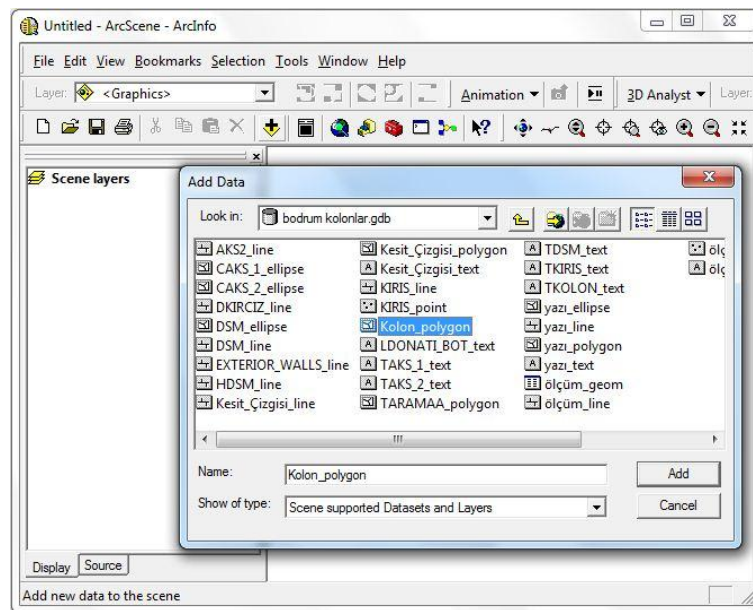


8. CAD dosyası .gdb klasörü olarak oluşturulacaktır. Quick Import penceresinde *Output Staging Geodatabase* bölümünden klasörün kaydedileceği konum seçilip OK düğmesine tıklanır.



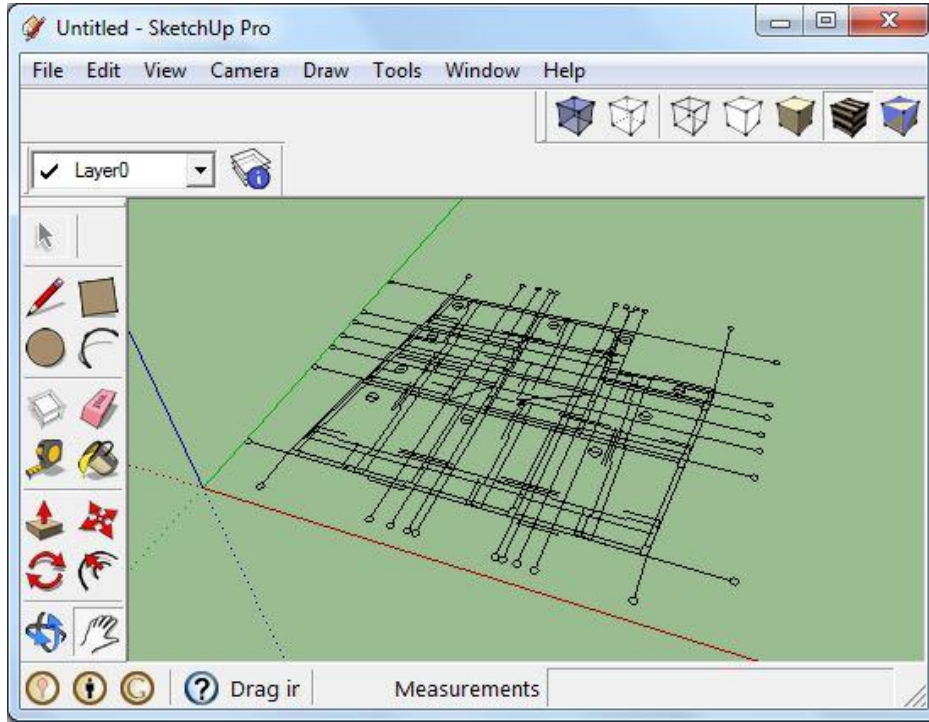
9. Birkaç saniye süren içe aktarma işleminden sonra CAD dosyası içindeki her bir öge, belirtilen konuma klasör şeklinde oluşturulur.

10. Klasör içinde bir veri seti ve bir dizi tablo olduğu görülebilir. Veri seti içerisinde çizimlerin nokta, çizgi ve poligon şekil sınıfları mevcuttur. *AutoCAD* ortamındaki çizimler genellikle çizgilerden oluştuğundan *ArcGIS*'e transfer edilen çizim öğeleri, çizgi (line) şekil sınıfı içerisinde yer alır.

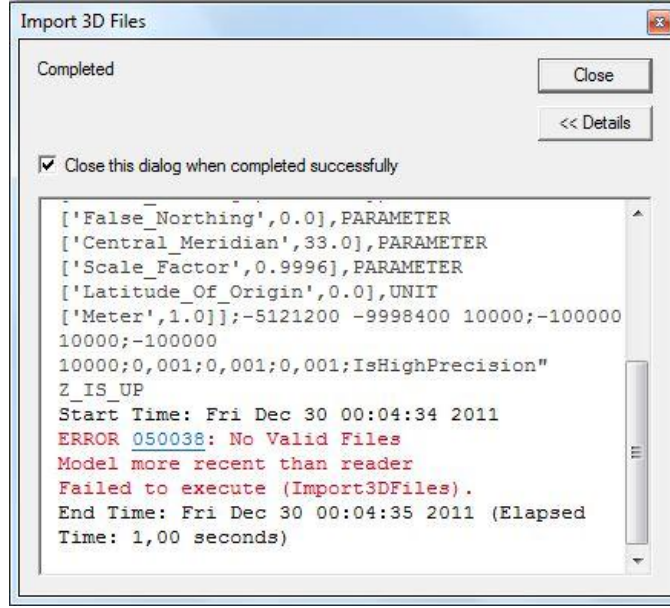


Ek-5 Google SketchUp ve ArcGIS Yazılımları Arası Birlikte Çalışabilirlik

Google SketchUp, CAD tabanlı dosyaları doğrudan okuyabilme özelliğine sahiptir. *Files* menüsünden *Import*'a tıklanıp dosya formatlarından *dwg/dxf* seçilerek CAD dosyaları SketchUp yazılımının içine aktarılabilir.

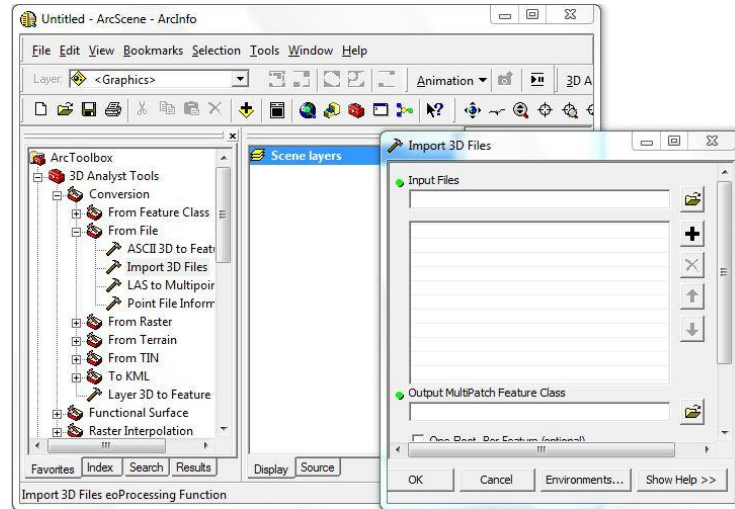


Çizilip ayrı *.skp* dosyaları şeklinde kaydedilen görsel katmanlar, *ArcGIS* ortamına transferi edilmiştir. Bu veri transferinde göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta iki yazılımın da birbirini destekleyen sürümlerinin kullanılıyor olmasıdır. *ArcGIS 9.3.1*, *SketchUp 6* ve *7* ile uyumlu çalışırken daha yeni sürümlerde kaydedilmiş dosyaları açamamaktadır. *ArcGIS 10* ise *SketchUp* yazılımının yalnızca son sürümünde kayıtlı dosyaları desteklemektedir. Bu çalışmada *ArcGIS 9.3.1* kullanıldığından *.skp* uzantılı dosyalar *SketchUp 6* sürümünde kaydedilmiştir. Dosyalar *SketchUp 8* sürümünde kaydedilip transfer edilmeye çalışıldığında hata mesajı görüntülenmekte ve dönüşüm gerçekleştirilmemektedir.

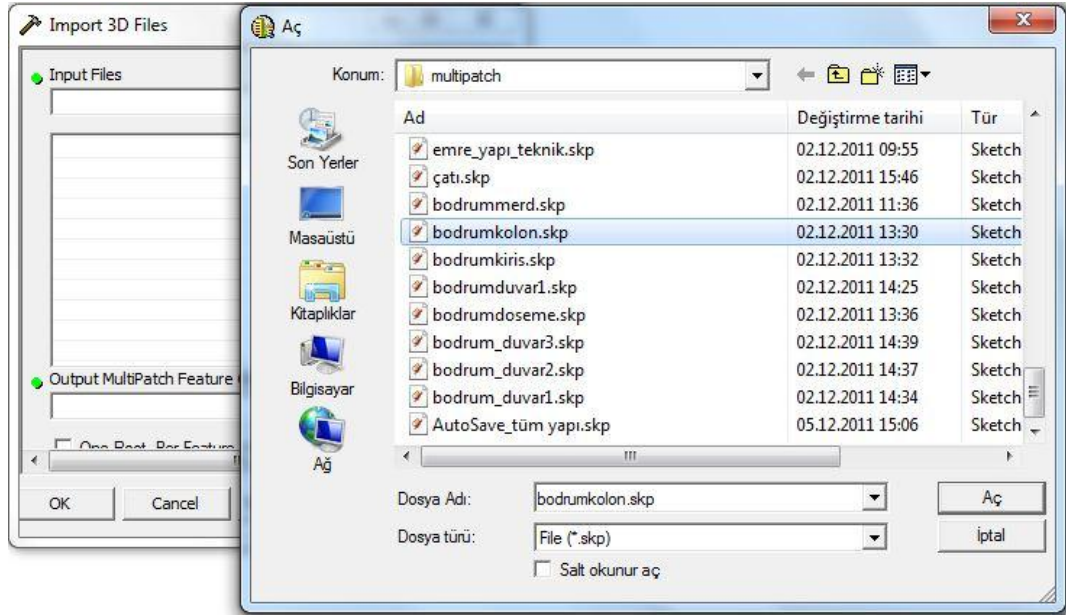


Aşağıda *Sketchup- ArcGIS* arası veri transferi adım adım anlatılmaktadır.

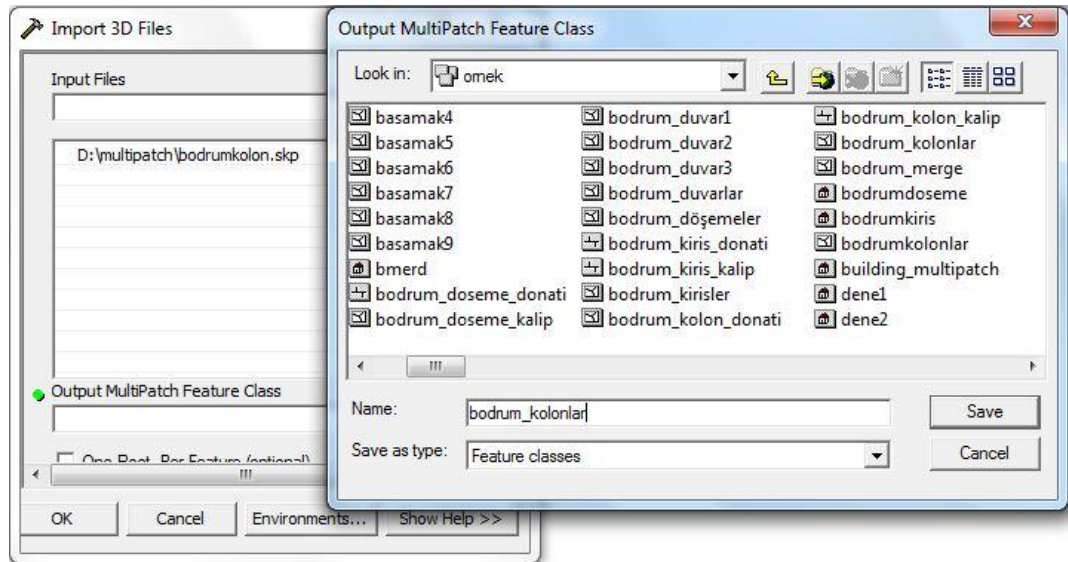
1. *ArcGIS ArcToolbox* içinde *3D Analyst*'deki *Conversion* araç çubuğunun altında *From Files* bulunmaktadır. *From Files* altındaki *Import 3D Files* bileşeni tıklanır.



2. Açılan pencerenin *Input Files* bölümüne tıklanıp bilgisayarda kayıtlı *SketchUp* dosyaları görüntülenir. *ArcGIS* ortamına transfer edilmek istenen dosya seçilip *Aç* düğmesine tıklanır.

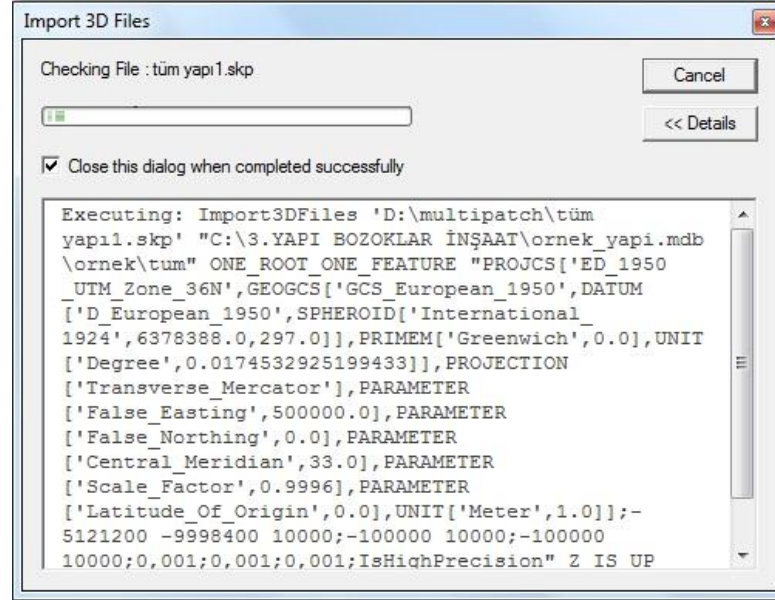


3. *Input 3D Files* penceresinden *Output Multipatch Feature Class* tıklanarak dosyanın hangi konumsal veritabanına, hangi veri setine ve hangi isimle kaydedileceği belirlenir. Var olan bir konumsal veritabanı ve veri seti mevcut değilse yaratılmalıdır.



4. Yine *Input 3D Files* penceresinden *Spatial Reference* bölümüne tıklanarak oluşturulacak *multipatch* dosyasına bir koordinat sistemi belirlenir.

5. *Import 3D Files* penceresinde OK düğmesine tıklandığında dönüşüm işlemi başlar ve *multipatch* dosyası oluşturulur.



6. *Multipatch* dosyalarında her bir eleman ayrı ayrı yaratılmayıp tek parça halinde dönüştürülmektedir. Katmana sağ tıklayıp öznitelik tablosundan 3B geometrinin tek parça olduğu görülebilir. Gerektiğinde veri alanları eklemek için *ArcMap* ortamında katmanın öznitelik tablosuna sağ tıklayıp *Add Field* seçilir.

