

Bilgi Akışının Modellendiği Simülasyonları Geliştirmede Karşılaşılan Güçlükler

Esin Ergen

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat
Bolumu, Yapı İşletmesi Anabilim Dalı,
Maslak, İstanbul, 34469
Tel: (212) 285 69 12
E-posta: esin.ergen@itu.edu.tr

Burcu Akıncı

Carnegie Mellon University, Civil and
Environmental Engineering, Pittsburgh,
PA, USA, 15213
Tel: +1 (412) 268 29 59
E-posta: bakinci@cmu.edu

Öz

İnşaat sektöründe mevcut bilgi akışındaki problemleri tespit etmek ve yapılacak değişikliklerin bilgi akışını ne oranda iyileştirebileceğini belirlemek için kullanılan yöntemlerden biri simülasyonlardır. Ancak, simülasyon geliştirme sırasında, hem inşaat süreçlerinin özellikleri, hem de bilgi akışı modellenmesine özgü sorunlar sebebiyle bazı güçlükler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, birçok alt süreçten oluşan inşaat süreçlerini çok detaylı modellemek, tüm sürecin sadece küçük bir kısmının ele alınmasına sebep olurken detaylarına inmeden modellemek ise çok gerçekçi olmayan genel sonuçlar elde edilmesine sebep olmaktadır. Bu bildiride yer alan çalışmanın amacı, inşaat sektöründe bilgi akışının modellendiği simülasyonlarda, bilgi akışına ve ilgili süreçlere ait özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin modellemede yarattığı güçlüklerin açıklanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, inşaat sahasında formlerin bilgi toplama ve bu bilgiyi proje mühendisine aktarma süreçlerinin modellendiği sürece dayalı stokastik ayrık olaylı (discrete-event) bir simülasyon çalışması incelenecektir. Bunun yanısıra, prekast elemanlarla ilgili bilgi aktarımı sürecinin yine aynı tür bir simülasyon geliştirmek için modellenmesinde karşılaşılan sorunlar değerlendirilecektir. Bu iki çalışmanın incelenmesi sonucunda, inşaat proje sürecinde bilgi akışının simülasyon amacıyla modellenmesinde karşılaşılan güçlükler belirlenecek ve bu güçlüklerle sebep olan faktörler incelenecektir.

Anahtar sözcükler: Simülasyon, bilgi akışı, inşaat, yapım, süreç modellemesi.

Giriş

Bilgi, inşaat sektöründe kullanılan başlıca kaynaklardan biridir. Etkin bir bilgi akışı için bilginin zamanında yerine ulaşması, eksiksiz ve yanlışsız olması ve istendiği anda kullanıma hazır olması gibi bazı unsurlar gerekmektedir. Eksik veya zamanında yerine ulaşmamış bilgi, inşaat sektöründe karşılaşılan problemlerin %50 ila %80'inin ana sebebi olarak tespit edilmiştir (Howell ve Ballard, 1997; Thomas ve diğ., 1997). Bilgi akışında karşılaşılan sorunlar inşaat projelerinde zaman ve maliyet artışına sebep

olmakta ve proje performansını olumsuz yönde etkilemektedir (Halfawy ve Froese, 2002).

Son dönem çalışmalarda, inşaat projelerinde imalat süreci ve sonrasında bilgi akışını iyileştirmek için radyo frekanslı tanımlama teknolojisi (RFID), lazer tarayıcı gibi ileri veri toplama teknolojilerinin kullanılması önerilmiştir (Jaselskis ve diğ., 1995; Akıncı ve diğ., 2005; Ergen ve diğ., 2006). Bu teknolojilerin imalat süreci ve/veya sonrasında hangi aşamalarda ve ne oranda kullanılması gerektiğini belirlemek için teknolojilerle ilgili fayda-maliyet analizleri yapılması gerekmektedir. Bunun için de, bilgi akışının modellendiği ve kullanılacak bilgi teknolojilerinin dahil edildiği simülasyon modellerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Daha önce inşaat sektörü ile ilgili yapılmış simülasyon modelleri incelendiğinde, daha çok fiziksel üretim aktiviteleriyle ilgili simülasyonlar geliştirildiği görülmektedir. Bilgi akışının modellendiği çalışmaların sayısı çok fazla olmadığı gibi, var olan bu tür çalışmalar, tamamına yakını bilgi akışı ile ilgili aktivitelerden oluşan tasarım aşamasına odaklanmıştır.

Bilgi akışının modellendiği simülasyon çalışmalarında, hem inşaat süreçlerinin özellikleri, hem de bilgi akışı modellenmesine özgü sorunlar sebebiyle bazı güçlükler ortaya çıktığı görülmektedir. Örneğin, birçok alt süreçten oluşan inşaat süreçlerini çok detaylı modellemek, tüm sürecin sadece küçük bir kısmının ele alınmasına sebep olurken detaylarına inmeden modellemek ise çok gerçekçi olmayan genel sonuçlar elde edilmesine sebep olmaktadır. Bu bildiride yer alan çalışmanın amacı, inşaat sektöründe imalat süreci ve/veya sonrasında bilgi akışının modellendiği simülasyonlarda, bilgi akışına ve ilgili süreçlere ait özelliklerin belirlenmesi ve bu özelliklerin modellemede yarattığı güçlüklerin açıklanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, bilgi akışı ile ilgili yapılmış iki stokastik ayrık olaylı (discrete-event) simülasyon çalışması incelenecektir.

Birinci çalışmada, inşaat sahasında formenlerin bilgi toplama ve bu bilgiyi proje mühendisine aktarma süreçlerinin modellendiği sürece dayalı bir simülasyon geliştirilmiştir. İkinci çalışmada, prekast yapı elemanlarla ilgili bilgi akışının tüm tedarik zinciri boyunca incelenmesi ve değerlendirilmesi için bir simülasyon geliştirilmiştir. Bu iki çalışmanın incelenmesi sonucunda, inşaat proje sürecindeki bilgi akışı ile ilgili simülasyon modellerinin geliştirilmesinde karşılaşılan güçlükler belirlenmiş ve bu güçlüklerle sebep olan faktörler incelenmiştir.

Literatür İncelemesi

Bir proje veya şirket için hangi bilgi teknolojisinin seçilmesi gerektiği veya hangi aşamalarda kullanılmasının fayda getireceğinin belirlenebilmesi için var olan bilgi akış sistemi ile önerilen yeni sistemin karşılaştırılması ve aradaki farkın saptanması gerekir. Bunun için bilginin her iki sistemde de değerinin ölçülmesi gerekir. Bilginin değeri üç farklı biçimde ölçülebilir (Ahituv ve Neumann, 1994). (1) *Bilginin gerçekçi değerini* elde etmek için var olan bir sistemde bilgi grupları kullanıldığında veya özellikleri değiştirildiğinde nasıl sonuçlar vereceği incelenir. Bu yönetmede sistemi detaylıca modellemeye gerek kalmaz, ancak bu değer elde edilmesi için sistemin kurulmuş olması gerekir. Bu sebeple yeni bir bilgi teknolojisi seçimi için uygun değildir. (2) *Bilginin sübjektif değeri* çeşitli kişilerin bireysel görüşlerine başvurularak elde edilir. Bu tür değeri elde etmek nispeten daha kolaydır ancak bu değerler sübjektiftir ve farklı kişilerden toplanan değerleri karşılaştırmak daha zordur (örneğin, Stewart ve Mohamed,

2003). (3) Bilginin normatif değeri sistemin simülasyon modelinden elde edilir. Yeni bir sistem kurulmadan faydasının belirlenmesini sağlar. Ancak tüm parametrelerin iyi bilindiği sistemlerde kullanılabilir. Bu bildiride yer alan çalışmada, bilginin değerinin belirlenmesi için simülasyon yöntemi kullanılmıştır.

Bir simülasyon modeli geliştirmenin öncesinde, incelenen süreç ve bilgi akışına dair detayları elde edebilmek için bu süreç ve bilgi akışının modellenmesi fayda sağlar. Bunun için geliştirilmiş çeşitli araçlar bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak veri akış diyagramları (DFD), bağlılık yapısal matrisi (DSM), bütünleşik tanımlama metotları (IDEF0 ve IDEF3) (Mayer ve diğ. 1995; Oloufa ve diğ. 2004) ve bir çalışmada süreç modelinden ürün modeli geliştirme aracı olarak geliştirilen GT-PPM verilebilir (Eastman ve diğ., 2002). Bu çalışmada geliştirilen simülasyonlardan ilkinde süreç ve bilginin modellenmesi için IDEF3, ikincisinde ise GT-PPM kullanılmıştır çünkü her iki modelleme tekniği de süreç ile bilgi akışının grafik olarak modellenmesine olanak sağlamaktadır.

İnşaat alanında, fiziksel üretim süreci ve genel bilgi akışı modellenmesi ve simülasyonu ile ilgili birçok çalışma olduğu halde (Martinez ve Ioannou, 1999; Polat ve diğ., 2007), detaylı bilgi akışının diğer aktivitelerle birlikte incelendiği modeller fazla değildir. Var olan bilgi akışı ile ilgili modeller ise tamamına yakını bilgi işlenmesi ve akışından oluşan tasarım evresine odaklanmaktadır (Oloufa ve diğ. 2004). Örneğin VDT (Virtual Design Team-Sanal Tasarım Ekibi) çalışması, organizasyonel teori doğrultusunda bir inşaat tasarım ekibinin bilgiyi işleme süreçlerini modellemiştir (Kunz ve diğ. 1998). İnşaat süreci veya sonrası ile ilgili bilgi akışına dair çalışmalarında da genellikle sadece bilgi akışı modellenmektedir. Örneğin değişiklik talimatı ile ilgili bilgi akışının modellenmesi (Hiremath ve Skibniewski 2004), tasarım değişikliği durumunda bilgi akışının incelenmesi (Chang ve diğ. 2001) veya bina içindeki demirbaşların takibinin yapılması (Davidson ve Skibniewski 1995). Bu bildirideki çalışmada ise, birinci örnek olayda aynı anda farklı üretim ve yönetim aktiviteleri gerçekleştiren kişilerin sadece zaman çizelgeleri ile ilgili bilgi akışına dair gerçekleştirdiği aktiviteler modellenmiştir. İkinci örnek olay çalışmasında aynı anda farklı üretim ve yönetim aktiviteleri gerçekleştiren kişilerin hem prekast yapı elemanının geçtiği süreçlerde gerçekleştirdikleri aktiviteler (imalat, depolanma, sahaya gönderiliş vb.), hem de bununla ilgili bilgi akışına dair aktiviteler modellenmiştir.

Örnek Olaylar

Birinci örnek olayda, yaklaşık 5000 aktiviteden oluşan bir iş programı olan ve 38 ay süren bir otoyol inşaatı projesi incelenmiştir (Akıncı ve diğ., 2006). Bu projeye 19 km.'lik otoyol yapımı ve 18 adet yapı inşaatı (köprü, istinat duvarı gibi) dahildir. Bu çalışmada sadece sahadaki imalatlarla ilgili zaman çizelgelerinin hazırlanması ile ilgili bilgi akışı incelenmiştir. İncelenen bilgi akışı, zaman çizelgesi oluşturma sürecinde direkt olarak görev yapan formenler, saha mühendisleri ve zaman çizelgesinden sorumlu mühendis arasındaki dikey bilgi akışı ile sınırlıdır. Bu kişiler arasındaki yatay bilgi akışı ve bu kişilerin aynı anda gerçekleştirdikleri farklı üretim ve yönetim aktiviteleri dahil edilmemiştir. İkinci örnek olayda ise, prekast yapı elemanlarıyla ilgili bilgi akışı prekast elemanın imalatından kullanım aşamasına kadar incelenmiştir. İlk örnek olaydan farklı olarak sadece bir aşamaya odaklanılmamış, prekast elemanın

geçtiği tüm aşamalar (saha dışında imalat, sahada montaj vb.) incelenmiştir. Bu bilgi akışında alt düzey yönetimle ilgilenen ve prekast imalatçısı firma, yüklenici ve bina sahibine bağlı olarak çalışan elemanlar yer almıştır. Bu kişilerin prekast üretimi ve bilgi akışı ile direkt ilgili olmayan aktiviteleri modele dahil edilmemiştir.

İki örnek olay çalışmasının da amacı, bilgi akışında ne tür eksiklikler olduğunun belirlenmesi ve bilgi akışının daha etkin bir hale gelmesinde yeni veri toplama teknolojilerinin (RFID ve lazer tarayıcı) rolünün belirlenmesidir. Bunun için her iki örnek olayda, bilgi akışını sağlamak için ne kadar zaman harcadığı belirlenmiş ve teknolojilerin kullanılmasıyla harcanan bu zamanın ne oranda değiştiği saptanmıştır. Birinci örnek olayda, incelenen proje üyelerinin bilgi akışı için harcadıkları zaman iki farklı grupta ele alınmıştır: (1) katma değer sağlamayan aktiviteler olarak tanımlanan ve eksik veya yanlış bilgilerin tamamlanması için tekrar bilgi toplanmasından oluşan aktivitelerin süresi, (2) ikincil görev olarak adlandırılan ve veri toplama ve transferi ile ilgili olan aktivitelerin süresi. İkinci örnek olayda ise, tüm bilgi akışı aktivitelerine ayrılan zaman hesaplanmıştır.

İlk örnek olaydaki sürecin modellenmesi için IDEF3 diyagramları kullanılırken, ikinci örnek olay için GT-PPM adındaki süreç modelleme aracı kullanılmıştır. İki örnek olay için de statik stokastik ayrık olaylı simülasyonlar geliştirilmiştir. Simülasyon ortamı olarak, birinci örnek olayda Java programlama dilinde geliştirilmiş açık kaynak kodlu ayrık olay simülatörü (DESim) kullanılmıştır. Bu simülatör kullanılarak Java programlama dilinde bilgi akışlarının modellendiği üç simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesinde varolan bilgi akışı modellenirken, diğer ikisinde iki yeni bilgi toplama teknolojisinin kullanılmasıyla öngörülen bilgi akışı modellenmiştir. İkinci örnek olayda ise, Arena adlı simülasyon paket programı kullanılarak, var olan sürecin ve RFID kullanılmasıyla farklılaşacak sürecin modellendiği iki ayrı simülasyon modeli geliştirilmiştir. Birinci örnek olay için simülasyon girdileri bilgi toplama, transfer ve kayıt süreleri, farklı yöntemlerin kullanılma olasılıkları, eksik bilgi oranları gibi verilerden oluşurken, ikinci örnek olayda bu girdilerin yanı sıra bilgiye ulaşma süreleri ve prekast elemanlarla ilgili gerçekleştirilen fiziksel aktivitelerin süreleri ve olasılıkları da dahil edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: İki örnek olay için geliştirilen simülasyon modellerinin özellikleri

	1.örnek olay	2. örnek olay
Konu	Sahadaki imalatların zaman çizelgelerinin oluşturulması sürecindeki bilgi akışı	Prekast yapı elemanlarının imalatından kullanım aşamasına kadar bilgi akışı
Kapsadığı aşamalar	Sahada imalat	Saha dışındaki imalattan işletme ve bakım aşamasına kadar
Modellenen süreç	Bilgi akışı	- Bilgi akışı - Prekast elemanla ilgili fiziksel üretim aktiviteleri
Süreci modelleme aracı	IDEF3	GT-PPM
Simülasyon yazılımı	Java'da özel geliştirilmiş bir yazılım	Arena

Karşılaşılan Güçlükler

İki örnek olayın simülasyon modellerinin geliştirilme sürecinde, inşaat sektörünün karakteristik özelliklerinden, bilgi akışının ve simülasyon modellerinin özelliklerinden kaynaklanan güçlüklerle karşılaşmıştır. Takip eden paragraflarda, bu güçlükler ana başlıklar halinde verilmiş ve her bir güçlüğün iki örnek olayda gözlemlenen sebepleri açıklanmıştır.

Bilgi akışı aktiviteleriyle ilgili parametrelerin belirlenmesi güçtür

Simülasyonda modellenecek bilgi akışı aktivitelerinin sırası ve süresi gibi parametrelerin belirlenmesinde güçlüklerle karşılaşmış, bazı değerler çok geniş aralıklarda tespit edilebilmiştir. Bu durumla ilgili belirlenen sebepler şunlardır:

İnşaat projelerindeki belirsizlik ve dinamik ortam: İnşaat projeleri belirsizliğin çok olduğu dinamik bir ortamda gerçekleştirilir ve gerçekleştirilme süreci oldukça karmaşıktır. Bir kişi birden fazla aktivitede yer alabilir ve ne zaman hangi işi yapacağı, hangi işe ne kadar zaman ayıracağı çoğunlukla proje ile ilgili firma içi veya dışından kaynaklanan dinamik faktörlere bağlıdır. Bu sebeple, simülasyonda kullanılması gereken bu parametrelerin (aktivitelerin sırası ve süresi gibi) elde edilmesi zordur.

İnşaat süreçlerinin üretim aktivitelerinin akışına göre planlanmış olması: İnşaat süreçleri üretim aktivitelerinin akışına göre planlanmıştır. Bilgi akışını sağlamak ikincil görev olarak düşünülmekte ve üretim aktivitelerinden arta kalan zamanda düzensiz olarak gerçekleştirilmektedir. Bu durum da, simülasyondaki bilgi akışı ile ilgili aktivitelerin sıralarının ve sürelerinin belirlenmesinde güçlük oluşturmaktadır. Örneğin ikinci örnek olayda prekast elemanların kalitesinin sahada denetlenmesinin ardından denetleme sonuçlarının kayıtlara geçmesi için denetleyen kişinin ofise dönmesi gerekmektedir. Bu kişinin ne zaman ofise döneceği sahada yapacağı diğer denetlemelerin türüne, sayısına ve hava şartları gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu şartlar altında, kişinin ofise dönme süresi simülasyona dahil edilmemiştir. Ancak bu durumda, simülasyonda bilgi sahadan el ile toplandıktan hemen sonra kayıtlara geçecek şekilde modellenmiş; RFID gibi otomatik veri toplama teknolojilerinin sağlayacağı hemen kaydedilme özelliği, el ile veri toplama yönteminde de bulunuyor gibi gözüktüğü için RFID'den bu durumda elde edilecek fayda belirlenememiştir.

Bilgi akışı ile ilgili verimlilik bilgilerinin kayıtlarının tutulmaması: Çoğunlukla şirketlerde sahadaki imalatlarla ilgili aktivitelerin verimlilik bilgileri adam/saat değerleri olarak toplanır ve kayıt edilir. Ancak, bilgi akışı ile ilgili verimlilik bilgilerinin kayıtları olmadığı için bu değerler tahmini olarak elde edilir veya yerinde gözlem yapılarak toplanması gerekir. Örneğin, birinci örnek olayda eksik veri oranının belirlenmesi için tutulan zaman çizelgelerinden faydalanılmıştır, ancak veri toplamanın ne kadar sürdüğü, eksik verilerin hangi durumlarda nasıl toplandığı ile ilgili kayıtlar olmadığı için bu veriler birebir yapılan görüşmelerden tecrübeye dayalı olarak elde edilmiştir. Bunun sonucunda da bazı veriler geniş bir aralıkta değişim göstermektedir.

Bilgi akışının detaylı modellenmesi gerekmektedir

Bilgi akışı imalat aktivitelerine göre daha detaylı modellenmesi gerekmektedir. Bu durumla ilgili şu iki sebep gözlemlenmiştir:

Bilgi akışı ile ilgili süreçlerde birçok istisnai durum olması: İnşaat projelerinin dinamik yapısı sebebiyle özellikle daha esnek olan bilgi akışı ile ilgili süreçlerde birçok istisnai durum oluşmaktadır ve bilgi akışını sağlamak için farklı durumlar için çoğunlukla birden fazla yöntem izlenilmektedir. Bu yöntemlerin hepsini dahil etmek simülasyonun çok detaylı olmasına sebep olmaktadır. Örneğin, birinci örnek olayda zaman çizelgesinde eksik bir veri olduğunda önce formla bağlantıya geçilmekte, eğer formenden veriye ulaşılamazsa veriyi toplamak için üç farklı yol izlenebilmektedir: Verileri çizimlerden elde etmek, sahaya giderek sahadan toplamak veya tecrübeye ve işin boyutlarına göre bir tahminde bulunmak. Birinci örnek olayda küçük bir kesit incelendiği için (zaman çizelgeleri ile ilgili bilgi akışı), bu üç farklı yol modellenmiştir, ancak ikinci örnek olaydaki gibi geniş bir süreci kapsayan bir akışı bu detayda modellemek modele hakim olmayı zorlaştırmaktadır.

Bilgi akışı ile ilgili aktivitelerin, imalat aktivitelerine göre daha alt seviyede aktivitelerden oluşması: Sadece fiziksel imalat aktivitelerinden oluşan simülasyon modelleriyle karşılaştırıldığında, bilgi akışıyla imalat sürecinin birlikte olduğu simülasyon modellerini geliştirmek çok daha karmaşıktır çünkü bilgi akışı ile ilgili aktivitelerin, imalat aktivitelerine göre daha detaylı modellenmesi gerekebilir. Tümünü imalat aktivitelerinden oluşan bir simülasyonda imalat aktiviteleri yaklaşık aynı detay seviyesinde modellenir. Ancak bilgi akışının da dahil olduğu modellerde, bilgi akışını iyileştirmek için kullanılacak teknolojilerin modele daha alt düzey aktivite seviyesinde dahil olması gerekebilir. Örneğin birinci örnek olayda, sahadan bilgi toplamak için lazer tarayıcı kullanıldığı durumda, bir aktivite ile gösterilebilecek bilgi toplama işleminin bir kaç alt düzey aktiviteden oluşması gerekmektedir: tarayıcı için uygun yerlerin seçilmesi, tarayıcının kurulması, bilgi toplanması gereken alanların taranması, tarayıcının başka bir bölgeye taşınması, elde edilen verinin islenmesi ve bilginin elde edilmesi. Bu aktivitelerin bir kısmı günde sadece bir kere gerçekleştirilirken (elde edilen verinin işlenmesi gibi), bir kısmı da her tarama için tekrarlanmaktadır (alan taraması gibi). Bu nedenle, simülasyonun bilgi akışı ile ilgili kısmı daha detaylı modellenmesi gerekmektedir.

Belirtilen sebeplerden dolayı gerçeğe yakın bir simülasyon modeli için çok fazla detaya inilmesi gerekirken, bu durum özellikle birçok aşamayı kapsayan süreçlerde (örneğin ikinci örnek olay) modellemeyi zorlaştırmaktadır. Yapılan çalışmalara göre süreç modellenmesinde bir sürecin grafik olarak modellenmesi sırasında anlaşılabilir olması için 14'den fazla aktivite kullanılmamalıdır (Kock ve McQueen, 1996). Bu durumda, ikinci örnek olayda yapıldığı gibi yaklaşık 14 aktivitelik birçok süreç modeli geliştirilmesi ve bunların birbirine bağlanması gerekmektedir. Ancak model büyüdükçe hakimiyet de zorlaşmaktadır. Bu durumla karşılaşmamak için, birinci örnek olayda simülasyon modelinin detaylı olarak modellenmesi ve incelenen tüm parametrelerin modele dahil edilebilmesi amacıyla simülasyon modeli sadece zaman çizelgesi oluşturma faaliyetiyle sınırlı tutulmuş ve simülasyonda yer alan kişilerin diğer hiç bir aktivitesine yer verilmemiştir. Sonuç olarak sahadan veri toplama faaliyetlerinin sadece bir kısmı incelenebilmiştir.

Bilgi akışı modellenmesinde imalat ile ilgili aktivitelerin dahil edilip edilmemesinin sonuçları önceden değerlendirilmelidir

Bilgi akışı ile ilgili aktiviteler, genellikle inşaat imalat aktiviteleri ile iç içe yer almaktadır. Bu sebeple bilgi akışıyla ilgili bir süreç modellendiğinde, bu sürecin akışını kesintiye uğratmamak için sürecin içinde yer alan imalat aktivitelerine de yer vermek

gerekmektedir. Bu durumda hem modeldeki aktivite sayısı artmakta, hem de imalat aktiviteleri ile bilgi akışı aktivitelerine ait simülasyon sonuçlarının (toplam süre gibi) ayrı değerlendirilmesi gerekmektedir (bkz. ikinci örnek olay). Birinci örnek olayda olduğu gibi imalat aktivitelerinin dahil edilmediği, sadece bilgi akışı ile ilgili aktivitelerin modellendiği durumlarda ise bilgi akışı ve imalat aktiviteleri arasındaki etkileşim belirlenmemektedir. Örneğin, birinci örnek olayda, sadece bilgi akışında karşılaşılan katma değeri olmayan aktiviteler için ne kadar zaman harcandığı belirlenmiştir ancak katma değeri olmayan aktivitelerin diğer aktivitelerin ne kadar gecikmesine veya aksamasına sebep olduğu veya tam tersi bir durumun sonuçları belirlenmemiştir.

Bilgi akışının simülasyon boyunca farklı detay düzeyinde modellenmesi gerekebilir
Bilgi akışında kullanılan veriler her bir proje üyesi tarafından farklı detay düzeyinde ele alınabilir. Örneğin, formlar zaman çizelgesinde yer alan tüm kalemleri (her imalat için harcanan süre ve imalat miktarı gibi) tek tek doldurdukları için bilgiyi daha alt düzeyde ele alırken, mühendisler ve zaman çizelgesinden sorumlu kişiler bilgi akışını zaman çizelgesi boyutunda ele almaktadır. Bu durum simülasyon modelini daha karmaşık hale getirmektedir.

Simülasyon modelinin geçerliğinin belirlenmesi için ayrı bir çaba harcanması gerekir
Simülasyon modelinin gerçek durumu yansıtmadığını belirlemek için çeşitli duyarlık analizleri yapılması gerekir. Duyarlık analizleri ile modelin çeşitli değişkenlerden ne derece etkilendiğinin, bu değişimlere ne derece duyarlı olduğunun araştırılır. Bazı üç değerler veya sonucu önceden bilinen belirli değerler verilerek simülasyonun güvenilirliği sorgulanır. Bu süreç özel geliştirilmiş görsel olmayan simülasyon araçları kullanıldığında daha güçtür (bkz. İkinci örnek olay). Bu süreci kolaylaştırmak için bazı araştırmacılar (Kamat ve Martinez, 2005) simülasyonun görselleştirildiği araçlar geliştirerek simülasyon çalışırken gerçeğe benzer durumlar oluşturup oluşturmadığını kontrol etmeye olanak sağlamıştır.

Sonuç olarak, iki örnek olaya dayanarak belirlenen güçlüklerin büyük çoğunluğunun inşaat sektöründeki bilgi akışı ile ilgili özelliklerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. İki örnek olay için geliştirilen modeller karşılaştırıldığında, daha küçük bir sürecin modellendiği birinci örnek olayın daha kolay modellenbildiği ve duyarlık analizlerinin daha hassas sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sonuç

İnşaat projelerinde imalat süreci ve sonrasında bilgi akışını iyileştirmek için kullanılacak ileri veri toplama teknolojilerinin/bilgi teknolojilerinin kullanıma geçebilmesi için bu teknolojilerin sağladığı faydanın belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılan yöntemlerden bir tanesi bilgi akışının modellendiği ve kullanılacak bilgi teknolojilerin dahil edildiği ve faydanın değerlendirildiği simülasyon modellerinin geliştirilmesidir.

İnşaat sektöründe, bilgi akışının modellendiği simülasyon çalışmalarında, hem inşaat süreçlerinin özellikleri, hem de bilgi akışı ve simülasyon modellemesine özgü sorunlar sebebiyle bazı güçlükler ortaya çıktığı görülmektedir. İnşaat projelerinin belirsizliğin çok olduğu dinamik bir ortamda gerçekleştirilmesi, inşaat süreçlerinin üretim aktivitelerinin akışına göre planlanmış olması ve bilgi akışı ile ilgili verimlilik

bilgilerinin kayıtlarının tutulmaması sebebiyle bilgi akışı aktiviteleriyle ilgili parametrelerin belirlenmesi güçlükler gözlemlenmiştir. Bilgi akışı ile ilgili süreçlerde birçok istisnai durum olması ve bilgi akışı ile ilgili aktivitelerin imalat aktivitelerine göre daha alt seviyede aktivitelerden oluşması, bilgi akışının detaylı modellenmesini gerektirmektedir.

Bunun yanı sıra, bilgi akışı ile ilgili aktiviteler, genellikle inşaat imalat aktiviteleri ile iç içe yer almaktadır. Bu sebeple bilgi akışı modellemesinde imalat ile ilgili aktivitelerin dahil edilip edilmemesinin sonuçları önceden değerlendirilmelidir. Ayrıca, bilgi akışında kullanılan veriler her bir proje üyesi tarafından farklı detay düzeyinde ele alınabileceği için bilgi akışı simülasyon boyunca farklı detay düzeyinde modellenebilir, bu da modelin daha karmaşık olmasına sebep olur. Son olarak simülasyon modelinin gerçek durumu yansıtmayı yansıtmadığını belirlemek için çeşitli duyarlık analizleri yapılması gerekir; bu da simülasyon modelinin geçerliğinin belirlenmesi için ayrı bir çaba harcanmasını gerektirir.

Gerçekleştirilen iki örnek olay çalışmasının sonuçlarından, bilgi akışı incelenen simülasyonlar detaylı bir modelleme gerektirdiği için yapım sürecinin bir aşamasına odaklanan süreç modellemesinin daha başarılı olduğu görülmüştür. Ancak yeni bir bilgi toplama teknolojisinin kullanılacağı durumlarda, genellikle teknoloji bir kaç aşamada birden kullanıldığında faydası maliyetini karşılayabileceği için yapım sürecinin tüm evrelerinin modellenmesi gerekmektedir. İleride bu güçlükler göz önüne alınarak inşaat sektöründeki bilgi akışının modellenmesine yardımcı olacak simülasyon modelleri geliştirilmelidir. Bu modellerden elde edilecek veriler yeni teknolojilerin kullanılması veya süreç değişiminin önerilmesi için temel alınacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmanın bir kısmı National Science Foundation (NSF) tarafından 0223283 no'lu fon ile bir kısmı de High Concrete, Inc. ve Pennsylvania Infrastructure Technology Alliance (PITA) tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmada belirtilen fikirler, bulgular ve sonuçlar veya tavsiyeler yazarlara aittir ve NSF'in, High Concrete'in veya PITA'nın görüşlerini yansıtmamaktadır.

Kaynaklar

Akinci, B., Boukamp, F., Gordon, C., Huber, D., Lyons, C., Park, K. (2005) A Formalism for Utilization of Sensor Systems and Integrated Project Models for Active Construction Quality Control. Automation in Construction, 15 (2), pp. 124-138.

Akinci, B., Kiziltas, S., Ergen, E., Karaesmen, Itir Z., Keceli, F. (2006) Modeling and Analyzing the Impact of Technology on Data Capture and Transfer Processes at Construction Sites. Journal of Construction Engineering and Management, 13 (11), pp. 1148-1157.

Ahituv, N., Neumann, S. (1994) Principles of Information Systems for Management, W.M. Brown Pub., fourth edition, 704 sayfa.

Chang, H. E., Christodoulou, S., Griffis, F.H. (2001) Improving the Construction Project Process by a Collaborative Construction Information System (CCIS) - an Approach to Integrating Construction Systems in Fiapp. ASCE Conference on Computing in Civil Engineering, Specialty Conference on Fully Integrated and Automated Project Processes (FIAPP), Virginia, USA., Sep. 26-29, 2001.

Davidson, I. N., Skibniewski, M.J. (1995) Simulation of Automated Data Collection in Buildings. Journal of Computing in Civil Engineering, 9 (1), pp. 9-20.

Eastman, C.M., Lee, G., Sacks, R. (2002) A New Formal and Analytical Approach to Modeling Engineering Project Information Processes, CIB W78, Aarhus, Denmark, 2002, pp. 125-132.

Ergen, E., Akinci, B., East, B., Kirby, J. Tracking Components and Maintenance History Within a Facility Utilizing Radio Frequency Identification Technology. Journal of Computing in Civil Engineering, 21(1), pp.11-20.

Halfawy, M., Froese, T. (2002) Building Integrated Architecture/Engineering/Construction Systems Using Smart Objects: Methodology and Implementation. Journal of Computing in Civil Engineering, 19 (2), pp. 172-181.

Hiremath, H. R., Skibniewski, M.J. (2004) Object-Oriented Modeling of Construction Processes by Unified Modeling Language. Automation in Construction, 13, pp. 447-468.

Howell, G., Ballard, G. (1997) Lean Construction Factors Affecting Project Success in the Piping Function. L. Alarcon, ed., AA Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Jaselskis, E. J., Anderson M. R., Jahren, C. T., Rodriguez, Y., Njos S. (1995) Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry. Journal of Construction Engineering and Management, 121(2), pp. 189-196.

Kamat, V.R., Martinez, J.C. Dynamic 3D visualization of articulated construction equipment. Journal of Computing in Civil Engineering, 19 (4), pp. 356-368.

Kock, N., McQueen, R.J. (1996) Product Flow, Breadth and Complexity of Business Processes: An Empirical Study of Fifteen Business Processes in Three Organizations, Business Process Re-engineering & Management, 2 (2), pp. 8-22.

Kunz, J. C., Christiansen, T.R., Cohen, G.P., Jin, Y., Levitt, R.E. (1998) The Virtual Design Team. Communications of the ACM, 41 (11), pp. 84-91.

Martinez, J. C., Ioannou, P. G. (1999) General-Purpose Systems for Effective Construction Simulation. Journal of Construction Engineering and Management, 125 (4), pp. 265-276.

Mayer, R. J., Menzel, C. P., Painter, M. K., deWitte, P.S., Blinn, T., Perakath, B. (1995) Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 Process Description Capture Method Report. Knowledge Based Systems, Incorporated, Texas.

Oloufa, A. A., Hosni, Y.A., Fayez, M., Axelsson, P. (2004) Using DSM for Modeling Information Flow in Construction Design Projects. Civil Engineering and Environmental Systems, 21 (2), pp. 105-125.

Polat, G., Arditi, D., Mungen, U. (2007) Simulation-Based Decision Support Tool for Economical Supply Chain of Rebar. Journal of Construction Engineering and Management, 133 (1), 29-39.

Stewart, R. A., Mohamed, S. (2003) Evaluating the value IT adds to the process of project information management in construction. Automation in Construction, 12 (2), pp. 407–417.

Thomas, S. R., Tucker, R.L., Kelly, R.W. (1997) An Assessment Tool for Improving Team Communications. Technical Report, RR105-11, Construction Industry Institute (CII), Texas, Austin.