

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE SİMÜLASYON YAKLAŞIMI

Murat Kuruoğlu¹ Burkay Alpyıldız² Uğur Müngen³

ÖZET

Ülkemizde ve dünyada endüstrinin büyük bir hızla gelişiyor ve elektro-nikleşiyor olması bilgisayar teknolojisinin kullanımını her sektörde zorunlu kılmıştır. Bu teknolojinin yaygınlaşmasındaki en önemli etkenlerden birisi de insanoğlunun kontrol altına alamadığı zamandır. Zamanın hatalı kullanımının sebep olduğu mali problemlerin minimuma indirilmesi için de işletmeler ve organizasyonlar zamanı kontrol altında tutmaya mecbur kalmışlardır. Zamanı kontrol altına almak adına yapılmış bilimsel çalışmalar sonucunda ise farklı teknikler ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi de sistem görüşü ve simülasyon yaklaşımıdır. Bu çalışmanın amacı, günlük hayattaki zaman kavramından sıyrılarak, bilgisayar ortamında geliştirilen sanal ortamda, sistemlerin incelenmesini ve üzerlerinde türlü deneylerin yapılmasını, normal hayatta olduğundan çok daha kısa sürede sağlayan, simülasyon yaklaşımını ve uygulamalarını incelemektir. Çalışma bir başlangıç, giriş niteliği taşımakta olup, devamında yapılacak, pratik hayata yönelik çalışmalar için bir temel olması amaçlanmıştır. Simülasyon yaklaşımı ve sistem anlayışının, inşaat sektöründe gerek planlama gerekse uygulama aşamasında kullanılması ile büyük ve kapsamlı inşaat projelerinde verimli sonuçların elde edileceği açıktır. Kullanımda kolaylık ve kısa sürede sistem performansının, farklı

¹ İTÜ İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul.

² İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

³ İTÜ İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul.

senaryolar altında değerlendirilerek, yönetici mühendislere farklı bakış açılarını ve denemeleri uygulama fırsatının verilmesi, bu yaklaşımın en temel özelliğidir. Bütün bunların yanında eğitim sisteminde, gerek lisans gerekse yüksek lisans programlarında bu yaklaşımın kullanılarak öğrencilerin pratik hayata hazırlanmasının da yapılan araştırmada mümkün olabildiği görülmüştür. İlerideki çalışmaların aynı zamanda akademik eğitime yönelik yapılması gerekmektedir.

1. GİRİŞ

Günümüz inşaat sektöründe ve diğer endüstrilerde kaydedilen gelişmelere her geçen gün bir yenisi eklenmektedir. Ancak günümüz Türkiye' sinde her ne kadar bu gelişmeler takip edilmeye çalışılıyorsa da ne yazık ki, durumları değerlendirme ve olaylara bakış açımızda tikanıklıklar yaşamaktayız. 17 Ağustos 1999 sabahı milletçe yaşadığımız felaket, yönetim boşluğunun önemini, zamanlama ve organizasyonun ne kadar değerli ve insan hayatı üzerinde ne kadar etkili olduğunu acıları ile yaşamamızı sağlamıştır. Üzülerek belirtmek gerekir ki yönetim ve zaman kavramlarının insan hayatı üzerindeki etkilerini ancak başımıza gelen felaketlerde gündeme getirebilmekteyiz. Yaşanan bu gelişmeler karşısında öncelikle vatandaş olarak, ardından insan hayatında en önemli görevlerden biri olan güvenli barınma ihtiyacını karşılamada birinci dereceden sorumlu olan mühendisler olarak sorumluluklarımızı bilincimize kazımak durumdayız. Sorunlara getirilecek akılcı ve çözümcü yaklaşımları kullanmak, sistematik düşünmek özellikle biz mühendislerin ilk görevidir. Bu çalışma birçok sektörlerde tüm dünyada kullanılmakta olan sistem yaklaşımı ve simülasyon uygulamalarından bahsetmektedir.

Sistem, kelime anlamı ile dizge, takım olarak tanımlanabilir. Buna paralel bir tanım da Sistem yaklaşımı için geçerlidir. Kaba tanımı derinleştirmek gerekirse sistem, belirli bir işlemi yerine getirmek için bir araya gelmiş ve aralarında etkileşim bulunan nesnelere kümesidir. Mühendislik tanımı olarak ise daha ölçülebilir bir ifade ile sistemin, belirli girdileri olan ve bunlara uygun bir şekilde işleyerek, belirli çıktılar arasındaki ilişkiyi gösteren bir fonksiyonu, en büyükleme amaçlı varlıklar veya öğeler topluluğu olduğunu söylemek mümkündür. (Erkut, H.,1992)

Bu tanımların ertesinde üç temel nokta ortaya çıkarılabilir:

- Sistem öğelerden oluşmuştur
- Öğeler arasında ilişkiler vardır
- Sistem belirli bir amaca yönelmiştir

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ

Sonuç olarak sistem tanımını aşağıdaki gibi yapmak mümkün olabilmektedir:

“Belirli girdileri olan; çalışma alanı içinde kendi kaynaklarının, aktivitelerinin bulunduğu, kaynaklara bağlı olarak ya da olmayarak bu aktiviteler arası belirli ilişkilerin tanımlandığı, bu ilişkiler sonucunda ise bir amaç doğrultusunda belirli çıktılarının elde edildiği bir yapıdır.”

Sistemlerin de kendi özellikleri mevcuttur. Üretim sistemlerinin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Dinamiktirler
- Kompleks ilişkiler vardır
- Pek çok kurallar vardır
- Rassal çevresel koşullar içerir

Bu aşamada sistem görüşünü incelerken inşaat üretiminin özellikleri ile genel üretim sistemlerinin özelliklerinin benzerliklerin görülmesi gerekmektedir.

İnşaat üretiminin özelliklerini Prof.Dr. Doğan SORGUÇ, Yapı İşletmesi Ders Notları'nda belirtmiştir ve konuyla ilgili olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. İnşaat sanayiinde üretim yeri gezici, ürün sabittir.
2. İnşaat işletmeleri ellerindeki proje dışında uzun vadeli faaliyet programları yapamazlar.
3. İnşaat sürecince daima belirsizlikler vardır.
4. İhale teklifindeki tahmini maliyet, çeşitli açılardan ve değişik koşullarda edinilen tecrübeye dayanılarak saptanır.
5. İnşaat sektöründe açık rekabetten söz edilemez.
6. İnşaatıta ussallaşma, işveren veya proje bürosu tarafından öncelikle tasarım aşamasında yapılmalıdır.
7. İnşaat işçisinin büyük çoğunluğu geçici olarak çalışır.
8. İnşaat emek yoğun teknoloji kullanır.
9. İnşaat uygulamasına gayri resmi ilişkiler hakimdir. (Sorguc,1993)

Belirtilen özellikler, her sistem içerisinde olduğu gibi çeşitlilik arz ederler. Ancak genel üretim özelliklerini taşımakla beraber konuya özel farklılıklar da içermektedir.

2. SİMÜLASYON TANIMLARI

Simülasyon kavramı hakkında yapılmış tanımlarda ortak özellik simülasyon kavramının gerçek durum ve problemleri temsil etmeleridir. Temel nokta ise gerçek koşulların veya problemlerin, fikri veya matematiksel, gerçek şartlarla denk modellerinin ortaya çıkarılmasıdır. (Erkut, H.,1992)

Erwin RAUSCH isimli araştırmacının “Simulation and Gaming in Futuring and Other Uses” başlıklı yazısında simülasyon ve yönetim oyunları hakkındaki tespitleri dikkat çekmektedir. Erwin RAUSCH’a göre:

“Simülasyon tanımının temeli, bir uçak kokpitinde camlar yerine yerleştirilmiş bir bilgisayar ekranı ve kokpitte kullanılan aletlerin aynı bilgisayara bağlanmasıdır. Böylece pilot adayı sanki gerçek bir uçakta kalkış, uçuş ve iniş işlemlerini yapıyormuş gibi uçağı kontrol edebilmektedir. Böylece simülasyon işlemi başlamıştır... Bu kavramla beraber oyundan söz edebilmek için, simülasyon kavramında olmayan, kazanan tarafın bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.”

Erwin RAUSCH, bir röportajında “-eğer böyle olsaydı- dendiğinde, bu bir simülasyondur” demektedir.” (Forrest,J.,1995)

Bir başka tanımda ise simülasyon, gerçek sistemin modelinin tasarlanması ve bu model ile, sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirmek için deneyler yürütülmesi süreci olarak özetlenmektedir. (Erkut,H.,1992)

2.1 Simülasyon Yaklaşımı ve Sistem Anlayışı

Buna göre simülasyon, aşağıdaki işlevleri yerine getiren deneysel ve uygulamalı bir yöntemdir:

- Sistemin davranışını gözler ve tanımlar.
- Gözlenen davranış için geçerli olan hipotezler ve teoriler kurar.

- Bu teorileri, gelecekteki davranışı öngörmek için kullanır. Yani, sistemdeki veya işleme yöntemindeki değişiklikler sonucu oluşacak olan etkileri araştırır. (Erkut, H.,1992)

Yukarıdaki bütün irdelemelerin ardından Simülasyon:

Bir sistemin performansının, o sistemin bilgisayar ortamında bir modelinin oluşturulması ile sistem üzerinde yapılacak denemelerle,büyük maliyetler ve zaman kayıpları ortaya çıkacakken, daha kısıtlı bir zamanda, çok daha düşük maliyetlerle arttırılabilmesi yolunun geliştirilmesidir.

2.2 Proje Yönetimi, Yapı İşletmesi ve Simülasyon

Bu bölümde, proje, proje yönetimi ve yapı işletmesi kavramları başlı başına birer inceleme konusu olduğundan ve bu çalışma dahilinde incelenmek gibi bir amaç güdülmendiğinden kısa tanımlar ile Simülasyon yaklaşımı ile ortak noktaların bulunması hedeflenmiştir.

Proje kavramı, amaçlanan bir hedef doğrultusunda, belirli süreler dahilinde, belirli kaynaklar ile sonuca ulaşma süreci olarak kısaca özetlenebilir.

Proje yönetimi ise yukarıda kaba bir şekilde tanımlanmış proje kavramının içerdiği süreçlerin kalitesinin ve sonuca yönelik performansın yükselmesi için yapılan çalışmalar bütünü şeklinde özetlenebilir.

İnşaat sektörü içerisinde gerçekleşen projelerin ve kurumsal yapıların incelendiği, inceleme sonucunda elde edilen sonuçların değerlendirilerek, performansın arttırılması için yapılan çalışmalar bütününe ise Yapı İşletmesi denir.

Simülasyon yaklaşımının temel taşı olan modelleme sürecinin elemanları ve bu elemanların inşaat üretimindeki karşılıkları görülecektir. Bu elemanlar sırasıyla ele alındığında:

• Bileşenler:

Bileşenler modellenen inşaat süreci ile ilgili olarak değişebilir. Ancak bazı değişmez bileşenler vardır ki bunlar; kaynaklar, zaman ve iş gücüdür.

- **Değişkenler:**
Tıpkı bileşenler gibi değişkenler de, modellenen süreçle birlikte farklılıklar gösterebilir. Ayrıca değişkenlerin tanımında açıklandığı gibi farklı koşullarda (farklı projelerde ve farklı metotlar uygulandığında vs.) ve değişik sistem durumlarında farklı değerler alırlar. Örneğin iklim, coğrafi faktörler, jeolojik etkenler hep değişkenlerden sayılabilir.
- **Parametreler:**
Sistem analizi yapan kişinin vereceği keyfi değerler olarak tanımının yapılması mümkündür. Sistem analizi boyunca değişmezler.
- **İlişkiler:**
Sistemin bileşenleri, değişkenleri ve parametreleri arasındaki bağlantılardır. Örneğin bir inşaat projesindeki sıralı aktiviteler zincirindeki süresel ilişkiler, zaman planlaması için büyük önem taşımaktadır.
- **Varsayımlar:**
Modeli gerçek durumdan soyutlayan kabullerdir.
- **Kısıtlar:**
Değişkenlerin değerleri veya kaynakların nasıl tahsis edileceği üzerindeki sınırlandırmalardır. Süresel, çevresel ve benzeri kısıtlar inşaat projelerinde sıkça rastlanan durumlardır.
- **Ölçütler:**
Ölçüt fonksiyonu, sistemin hedeflerinin veya amaçlarının ve bunların nasıl değerlendirileceğinin bir durumudur. Bu incelenen projelerde farklılık gösterecek bir durum olmakla beraber, örnek olarak kalite standartlarını vermek mümkün olacaktır.

Yukarıda belirtilen her bir madde inşaat üretimi özelliklerince karşılanabilmektedir. Bu da bizlere gösterebilmektedir ki, inşaat projelerinde farklı süreçlerin, sistem yaklaşımı çerçevesinde tanımlanarak modellenmesi mümkün olup, modellenmiş sistem üzerinde farklı senaryoların incelenmesi ve simülasyon uygulamalarının yapılması mümkündür. Aşağıda ise Avustralya'da uygulanmakta olan simülasyon örnekleri gösterilmektedir.

3. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE SİMÜLASYON UYGULAMALARI

Bu çalışma hakkında yapılan Internet araştırmasında, simülasyon konusunda dünya üzerinde faaliyet gösteren 20'yi aşkın firmanın Internet sayfaları incelenmiştir. Bu inceleme sırasında Avustralya'da faaliyet gösteren Evans & Peck Management isimli firmanın İnşaat Sektöründe 1988 yılından bu yana inşaat operasyonlarında bazı yazılımlar kullanmak suretiyle modelleme ve simülasyon uygulamaları yaptığı konusunda bilgiler alınmıştır.

Ayrıca alınan bilgilere göre University of New South Wales, Sydney'de İnşaat Mühendisliği Bölümü öğrencileri, lisans ve lisansüstü eğitimlerinde 40 kullanıcılık ithink laboratuvar yazılım paketini kullanmaktadırlar.

3.1 Sydney Limanı Tünel Geçiş Projesi

Proje, James C. Senogles ve Graeme M. Peck tarafından hazırlanmış olup, Ulusal Yapı İşletmesi Konferansı, Sydney/1994'te sunulmuştur.

Çalışma özetle aşağıdaki konuları içermektedir:

- Bilgisayar ortamında modellenmiş proje ve aktivitelerin, problem olarak görülen değişen çevresel koşullar altında davranışlarının tartışılması.
- Simülasyon modelinin, bir yazılım sayesinde, iş akışı ve gerekli veriler sayesinde geliştirilmesi
- Geliştirilen modelin pratik uygulamasının anlatılması
- Sonuç

İNŞAAT projelerinde CPM (Critical Path Method) yaklaşımı ile süresel ve mali planlama konularındaki modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Ancak çok tekrarlı aktivitelerle karakterize edilen (tünel, boru hattı vs.) projelerde CPM yaklaşımı uygun olamayabilmektedir. Çünkü bu tarz projelerde aktivite süreleri rastlantısal koşullara bağlı olup, zamana bağlı değişen olasılıkları barındırır. Dolayısı ile yukarıda özetlenen karakteristikleri barındıran projelerde CPM metodu yetersiz kalabilmektedir. Bahsi geçen tünel Sydney kentinin yerleşim bölgeleri ile işyerlerinin bulunduğu bölgeleri birbirine bağlamaktadır. Model aşağıda maddeler halinde belirtilmiş durumları simüle etmeyi amaçlamaktadır:

- rassal çevresel koşullar içeren, tekrarlı aktivite döngüleri
- çevresel kabuller ve jeolojik durumlar ile belirli kısıtlamaların sistem üzerine etkileri
- müteahhit firmanın farklı koşullar altında karar verebilmesini sağlayabilmek
- gerekli parametrelerin değiştirilmesi ile esnek bir senaryo analizinin gerçekleştirilebilmesini sağlamak

Sonuç olarak yukarıda anlatılanlar vasıtası ile, inşaat projelerinde simülasyon metodlarının türlü çevresel koşullar sayesinde ortaya çıkabilecek gecikmelerin incelenmesi sağlanmıştır. (Senogles&Peck,1994)

3.2 Çok Katlı Yapılarda Bilgisayar Simülasyon Tekniklerinin Kullanılması

Çok katlı bina inşaatlarında işgücü verimindeki en önemli kısıtlayıcı unsur, personelin boyuna olarak etkili bir şekilde taşınmasıdır. Bu durumlarda kullanılan mevcut asansör sistemlerinin uygulaması, proje planlayıcısının deneyimine ve bu doğrultuda vereceği kararlara bağlıdır. Dolayısı ile kaynaklar ve maliyetler gözönüne alınarak yapılacak bir optimizasyona, sistematik ve esnek bir çözüm getirebilecek araçlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu makale oluşturulmuş bir bilgisayar modelinden bahsetmekte olup, boyuna personel taşınmasını simüle ederek sistem performansı hakkında tahminlerin yapılmasını sağlayarak işgücü verimini arttırmayı amaçlamaktadır.

Makale, James C. Senogles ve Mark Heffernan tarafından hazırlanmış olup, Uluslararası Yüksek Binalar Konferansı, Kuala Lumpur, Malaysia /1992'de sunulmuştur.

Çalışma özetle aşağıdaki konuları içermektedir.

- Genelleştirilmiş yukarı taşıma sistemi modelinin ve sistem performansının incelenmesi.
- Bilgisayar simülasyonu ve konu hakkındaki uygulamaların incelenmesi.
- Sonuç.

Çok katlı bina inşaatlarında entegre kaynak kullanım sisteminin performansı, optimum verimi sağlamakta en kritik rolü oynamaktadır. Bu sistemlerde genelde krenler ve yukarı taşıma sistemlerinin ortak kullanımı ile malzeme ve personel taşınması yapılmaktadır. Boyuna taşıma sistemlerinde iki önemli kısıtlayıcı faktör, işgücünün yer seviyesinden çalışılacak yüksekliğe taşınması için gereken süre ve malzeme taşınması için gerekli süre zarfında kullanılacak krenlerin kapasitesidir.

Sistemin davranışları hakkındaki parametreler aşağıda tabloda gösterildiği gibi oluşturulmuştur:

- | | | |
|--------------------------|---|--|
| 1. Bina verileri | - | İnşaatı bitmiş kat sayısı
Kat yüksekliği
Kat alanı
Taban alanı |
| 2. Taşıma aracı verileri | - | Kullanılabilir sayı
İhtiyaç duyulan hedefler
Kapasiteler
Hızlar
Lokasyonlar |
| 3. Yükleme verileri | - | İşgücü dağılımı
Yükleme oranları
Yükleme boşaltma sayıları
Ortalama çalışma takımı sayısı |

Boyuna taşıma bileşenlerinin simülasyon modelinin oluşturulmasında kullanılan algoritmalar, muhtemel duruş ve yolculuk sürelerinin hesaplanması için asansör tasarım bilgileri gözönüne alınarak oluşturulmuştur. Öncelikle herhangi bir ağırlıktaki yolcuların gideceği yerler birbirinden bağımsız değildir. Çünkü çalışma takımları beraber yolculuk etmektedirler. Bunu için de asansör yükleri tek yolcu yerine çalışma takımları olarak tanımlanmıştır. İkinci olarak yolcuların dönüş dağılımları normalden farklı olup Poisson dağılımına uymamaktadır. Üçüncü olarak da, optimum yükleme şartlarını sağlamak üzere belirli bir düzeyde asansör işletmesi yöntemleri uygulanmalıdır. Son olarak ise geçici asansör hızları normal asansör hızlarından daha düşük olduğundan ivmelenme gibi etkiler ihmal edilmiştir. (Senogles&Hefferman,1992)

Yatay hareketler ise asansörlerin lokasyonlarına ve binanın kat alanına bağlı olmak üzere, ortalama yürüme hızına ve alınan yola göre simüle edilmiştir.

Yukarıda anlatılan VERTIGO (VERTical Transportation Model) isimli model planlama ve işletme safhalarında Sydney bölgesinde pekçok projede kullanılmıştır. Boyuna taşıma kolaylıklarının zamanlama ve uzaklık anlamında maliyet/fayda oranlarının kullanılıyor olması, çok katlı bir yapı için doğal bir uygulamadır.

28 katlı bir otel inşaatında işgücündeki artıştan kaynaklanan verimlilikteki düşüş mevcut taşıma sistemi limitleri içerisinde değerlendirilmiş olup maliyetler ve bunlara bağlı olarak projenin ilerleme hızındaki değişiklikler incelenmiştir.

Sonuç olarak çok katlı yapılarda personel ve malzeme taşınmasını simüle eden bir bilgisayar modeli geliştirilmiştir. Sistemin avantajları, universal uygulama alanının olması, hazır kullanım olanağının olması ve düşük derecede bilgisayar bilgisinin yeterli olmasıdır.

4. SONUÇ

Yeni binyılda iş ve eğitim hayatında, ülkemizde daha yaygın kullanım sahası bulacak olan bilgisayar teknolojisi ve sağladığı faydalardan kaçmak olanaksız olmuştur. Moda deyimle açıklamak gerekirse “internette sörf yapmak”, sağladığı sınırsız imkanlardan yararlanmak ve bilgisayar teknolojisinin günlük yaşama etkilerini görmemek elde değildir.

Bu çalışmada, bilgisayar ortamında simülasyon kavramı ve kullanımı konusunda araştırmalar, farklı sektörlerden örnekler ve bütününde yatan sistem yaklaşımı kabaca incelenmiştir. Çalışma bir başlangıç, giriş niteliği taşımakta olup, devamında yapılacak, pratik hayata yönelik çalışmalar için bir temel olması amaçlanmıştır.

Simülasyon ve sistem yaklaşımı konularında pek çok bilgi Internet aracılığı ile toplanmıştır. Konu hakkında iki uluslararası kongrenin bildirileri taranmış; simülasyon konusunda uluslararası alanda faaliyet gösteren, yirmiye yakın firmanın çalışmaları Internet yoluyla incelenmiştir. Ayrıca

özellikle inşaat projelerinde bilgisayar kullanımı ve simülasyon konuları ile uğraşan, Avustralya'da faaliyet gösteren bir firmadan, inşaat projelerinde simülasyon uygulamaları konusunda örnekler elde edilmiştir. Konu hakkında, UNSW (University of New South Wales)'de yapı işletmesi konusunda, lisans ve yüksek lisans programlarında simülasyon yaklaşımı ve uygulamaları konusunda dersler verildiği öğrenilmiştir.

Simülasyon yaklaşımı ve sistem anlayışının, inşaat sektöründe özellikle planlama aşamasında ve inşaat öncesi süreçlerde kullanılması ile büyük ve kapsamlı inşaat projelerinde verimli sonuçların elde edileceği açıktır. Yukarıdaki bölümlerde anlatılan yurtdışı uygulamalarındaki başarı, kısa zamanda simülasyon uygulamalarının yaygınlaşacağını ve daha fazla uygulama sahası bulacağını işaret etmektedir. Kullanımda kolaylık ve kısa sürede sistem performansının, farklı senaryolar altında değerlendirilerek, yönetici mühendislere farklı bakış açılarını ve denemeleri uygulama fırsatının verilmesi, bu yaklaşımın en temel özelliğidir.

Bütün bunların yanında eğitim sisteminde, gerek lisans gerekse yüksek lisans programlarında bu yaklaşımın kullanılarak öğrencilerin pratik hayata hazırlanması da mümkün olabilmektedir. İlerideki çalışmaların aynı zamanda akademik eğitime yönelik yapılması gerekmektedir. Bu konuda akademik anlamda çalışma fırsatlarının yaratılması büyük önem taşımaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Forrest, J.**, 1995. "The Outlook For Simulation And Gaming In Management Training". Sınıf Projesi. University Of Houston-Clear Lake.
- Erkut, H.**, 1992. Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, İrfan Yayımcılık ve Ticaret, Çağaloğlu-İstanbul.
- Sorguç, V.D.**, 1993. Yapı İşletmesi Ders Notu I, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- System Dynamics Society web sayfası,**
ISDC'97 (Uluslararası Sistem Dinamikleri Konferansı Makaleleri),
19-22 Ağustos 1997, İstanbul,
- ISDC'97 (Uluslararası Sistem Dinamikleri Konferansı) web sayfası,**
Powersim web sayfası,

Sistem Dinamikleri Yazılım Bilgileri,

Pilcher, R., Principles of Cons. Mgmt. 3rd edition, 1992-(Mcgraw-Hill Int. Series in Civil Engineering)

Senogles, J.C. ve Peck, G.M., 1994. Application of Computer Simulation Techniques to Evaluation of Environmental Impacts on The Underground Construction for The Sydney Harbour Tunnel Project, The National Construction and Management Conference, Sydney, Avustralya, 17-18 Şubat 1994, s.305-315.

Senogles, J.C. ve Heffernan, M., 1992. Optimisation of Work-force Transportation in High-Rise Construction Using Computer Simulation Techniques, International Conference On Tall Buildings-Reach For The Sky, Kuala Lumpur, Malaysia, 28-30 Temmuz 1992, s.205-208

Barrón, A., Telefónica de España "SD in Spain: present state of the art"

Groessler, A., "As time goes by-Self-Proceedings Management Simulations"

Forrest, J., "System Dynamics, Alternative Futures, and Scenarios"

Packer, D.W. ve Glass-Husain, W., "Designing Interactive Multi-User Learning Laboratories", International System Dynamics Conference, Istanbul, Turkey August 19, 1997

Alpyıldız, B. "Simülasyon Yaklaşımının İnşaat Sektöründeki Yeri", Bitirme Ödevi Çalışması, İTÜ, 1998-1999 Öğretim Yılı