

ALİŞİLMİŞ YÖNTEMLERLE İŞ PLANLAMASINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Y. Cengiz Toklu¹, David Arditi², T. Arda Çotuk²

SUMMARY

Many project planning and scheduling software packages are commercially available in the construction industry. Most of these software packages are based on the Critical Path Method (CPM) and have limited ability to provide users' needs. These software packages assume that the user would have solved many planning problems at the beginning. The first of these problems is preparing a network of project activities even though there may not be enough information. In addition, there may be problems with defining activity durations. Activity durations depend on the conditions prevailing on site such as temperature, precipitation, availability of labor and materials, and seasonal conditions. Therefore, an activity's duration may change from site to site.

CPM and bar charts are inadequate in planning and programming repetitive activities. It would be more appropriate to use line-of-balance based methods to solve the problems caused by repetitive activities. SYRUSS, CHRISS, RUSS and ALISS, the systems developed to solve these problems, are briefly presented in this paper.

Most claims between the owner and the general contractor originate from delays. In these cases, courts of law require documentation such as activity breakdowns, site reports and design analyses to find out the reasons of delays. Sometimes courts may reach unfair conclusions because of a lack of visualization of the progress of the project. PHOTO-NET was developed in order to solve this situation. PHOTO-NET, a system that follows the work schedule and synchronizes it with visual records, is presented in this paper.

ÖZET

İnşaat projelerinin planlamasında ticari anlamda kullanılmakta olan birçok yazılım paketi Kritik Yörünge Metodu esas alınarak hazırlanmıştır ve planlamacıların gereksinimlerinin ancak bir kısmını karşılayabilir durumdadır. Bu yazılım paketleri, planlamaya ait birçok problemin kullanıcı tarafından çözülerek sisteme girilmesi üzerine oluşturulmuştur. Bu makalede, alışılmış yöntemlerle yapılan planlama sırasında ağ hazırlanmasında, aktivite sürelerinin belirlenmesinde, kaynak dağılımı ve dengelenmesinde, proje süresinde tekrar edilen aktivitelerin programlanmasında karşılaşılan problemler ve çözümleri ele alınmaktadır. Ayrıca, mal sahibi ile ana yüklenici arasındaki anlaşmazlıkların büyük bir kısmını oluşturan projedeki gecikmeleri tesbit eden ve anlaşmazlık durumunda mahkemede kanıt olarak kullanılabilen görüntülü proje takip sistemi (PHOTO-NET) ile; tekrar edilen aktivitelerin planlamasında karşılaşılabilecek sorunları çözmek için, denge diyagramları kullanılarak geliştirilen SYRUSS, CHRISS, RUSS ve ALISS sistemleri de bu makalede sunulmaktadır.

¹ Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti

² Illinois Institute of Technology, Chicago, Illinois, ABD

1. GİRİŞ

Proje planlamasında ticari anlamda kullanılmakta olan pek çok yazılım paketi bulunmaktadır. Hemen hepsi Kritik Yörtinge Metodu (KYM) esas alınarak hazırlanan bu yazılımlar, planlamacıların gereksinimlerinin ancak bir kısmını karşılayabilir durumdadır.

Mevcut programlar pek çok sorunun programcı tarafından çözülmesinden sonra kullanılmak üzere planlanmışlardır. Bunların en başında ağ hazırlanması gelmektedir. Oysa ki başlangıçtaki bilgilerin ağın hazırlanmasına yetmeyeceği durumlar vardır. Bunların başında dallanma olan durumlarda yapılacak sıralama gelmektedir. Yanlış sıralama yapılması durumunda toplam sürenin artması kaçınılmaz olmaktadır. Diğer taraftan bazı durumlarda olaylar arasındaki ilişkilerin belirlenmesi belli bir zamanda hangi işlerin ne kadarlarının tamamlandığı bilindiği takdirde yapılabilecektir. Planlamaya başlarken bu bilgiye sahip olunmadığı açıktır. Bu durumda da planlayıcının doğru bir ağ kurması ancak tesadüflere bağlı olacaktır. Ağ kurulması ile ilgili diğer bir sorun da olaylar arasındaki ilişkilerin, bir takım özel durumlarda, programlar tarafından döngü olarak algılanabilmesidir.

Planlamaya başlanırken sürelerin belirlenmesinde de sorun vardır. Bazı olayların süresi aktivitenin yapıldığı zamanındaki sıcaklık, yağış gibi mevsim koşullarına bağlıdır. Bu yüzden aktivite verileri, planda yer aldıkları zamana bağlı olarak çevresel faktörlerin etkisiyle uzayacak ya da kısalacaktır. Mevcut programlar bu probleme de çözüm sunamamaktadır.

Kaynak dağılımı ve dengelemesi konularında da mevcut yazılımların pek çok yetersizlikleri bulunmaktadır. Bu yetersizlikler makalede irdelenmektedir.

Tekrar eden aktivitelerin programlanmasında Kritik Yörtinge Metodu ve Çubuk Diyagramlarının etkisiz kaldığı ve bazı durumlarda proje yöneticisini yanlış yollara sevk ettiği görülmektedir. Tekrarlanan ünitelerden kaynaklanabilecek sorunları çözmek amacıyla denge diyagramları gibi farklı modeller kullanmakta fayda vardır. Bu bağlamda geliştirilen sistemler (SYRUS, CHRISS, RUSS, ALISS) bu makalede sunulmuştur.

Mevcut programlar, ilerleyen teknolojiyi özümsemeye ve kullanma bakımından da geliştirmeye açıktır. Görüntüleme tekniklerinin kullanılması bu konulardan ilk akla gelenidir. Yüklenici firma ile mal sahibi arasındaki anlaşmazlıkların çoğu gecikmelerle ilgilidir. Bu durumlarda, mahkeme, gecikmelerin nedenlerini bulabilmek için geçmiş aktivite verileri, şantiye raporları ve dizayn analizleri gibi kanıtlara başvurmaktadır. Ancak bu veriler şantiyedeki inşaatın gelişmesini görüntülemediklerinden mahkemelerin adil olmayan kararlar vermesine yol açabilmektedir. Bu soruna çözüm olarak, iş programını şantiyedeki gelişmeyi gösteren bir film ile senkronize eden bir sistem geliştirilmiş (PHOTO-NET) ve bu makalede sunulmuştur.

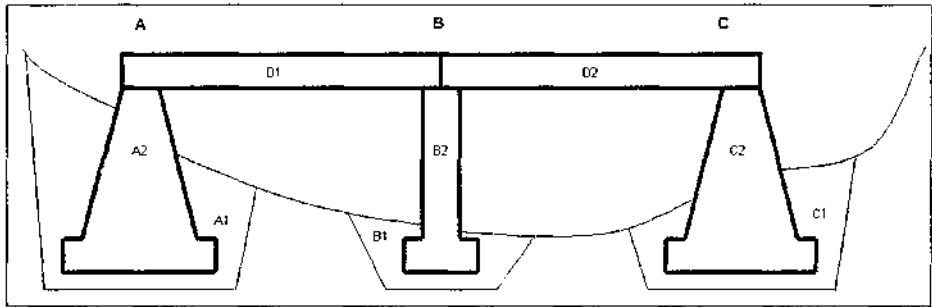
2. AĞ HAZIRLANMASINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

İnşaat projelerinin planlanmasında karşılaşılan problemler, bu makalede basitleştirilmiş bir köprü inşaatı problemiyle irdelenmiştir. Bu amaçla kaynak kısıtlamalarıyla ya da kaynak sınırlaması olmaksızın projelere uygulanabilecek bir genetik algoritma geliştirilmiştir [1]. Bu uygulamada, aktivitelerin başlangıç

tarihlerinden oluşan genler kullanılarak kromozomlar yaratılmıştır. Bu yapı, genetik algoritmanın bilinen çaprazlama (cross-over) ve değişim (mutation) operatörlerinin yanısıra üç yeni operatörün tanımlanmasıyla ele alınan problemlerin çözümünde son derece başarılı olmuştur. Tanımlanan bu yeni operatörler “başlangıca yapıştırma operatörü” (datum operator) ve “sola sıkıştırma operatörü” (left compression operator) adı verilen iki matematiksel operatör ile “az değişim operatörü” (fine mutation operator) olarak adlandırılan bir genetik operatördür. Operatörlerin uygulanacağı bireylerin seçiminde rulet çarkı modeli kullanılmış, ancak burada seçimler uygunluk fonksiyonuna (fitness function) doğrusal ve doğrusal olmayan bir şekilde bağlı olarak genelleştirilmiş bir yöntemin daha uygun olacağı belirlenmiştir. Oluşturulan algoritma, örnek probleme uygulanmıştır. Sonuçlar ve kullanılan parametrelerin etkileri tartışılmıştır.

2.1. Örnek Problem

Şekil 1.'de iki açıklıklı bir köprü projesinin basitleştirilmiş şemasında iş bölümlendirilmeleri görülmektedir [1]. Her bölümlendirmedeki aktiviteler Tablo 1.'de tanımlanmaktadır. Bu örnekte verilen aktivitelerde, bir aktivitenin önce gelen aktivite ile arasında Bitiş-Başlangıç (FS) ilişkisi olup aralarında zaman boşluğu yoktur (zero lag).

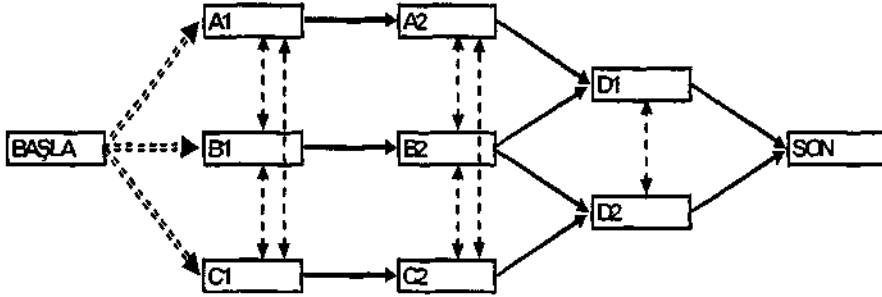


Şekil 1. Örnek problem: İki açıklıklı köprü yapımı

Tablo 1. Verilen örnek probleme ait aktivite bilgileri

Aktivite	Tanım	Öncül	Süre (gün)	Kaynak Kullanımı		
				Kayn.1	Kayn.2	Kayn.3
A1	A ayağı kazısı		15	1		
A2	A ayağı	A1	20		1	
B1	B ayağı kazısı		10	1		
B2	B ayağı	B1	30		1	
C1	C ayağı kazısı		27	1		
C2	C ayağı	C1	30		1	
D1	AB tabliyesi	A1, B1	24			1
D2	BC tabliyesi	B1, C1	18			1

Bu örnek problemde, üç kaynağın kullanıldığı varsayılmıştır. Bunlar kazı, ayak ve tabliye kaynaklarıdır ve hepsinden birer tane olduğu kabul edilmektedir. Şekil 2.'de aktivite ilişkileri gösterilmektedir. Bu şekilde bilinen fiziksel aktivite ilişkileri sürekli oklarla gösterilmiştir. Kesik çizgilerle belirtilmiş oklar başlangıçta tam olarak bilinmeyen, ya programcının taminlerine göre kesinleştirilecek, ya da kullanılan programın kaynak dengelenmesi (resource leveling) seçenekleriyle bulunacak ilişkilerdir. Baştaki çift çizgili oklar hangi ayaktan başlanacağı, sonraki tek çizgili oklar aynı kaynağı kullanan aktivitelerin hangi sırada yapılacağı ile ilgilidir.



Şekil 2. Çözüm öncesi aktivite ağı. (Sürekli çizgiyle belirtilmiş oklar başlangıçta bilinen ilişkileri göstermektedir.)

Kaynak sınırlaması olmadığında, bu ağdaki kesikli çizgili tek oklar kalkacaktır. Bu durumda KYM ya da doğrusal programlama ile proje planlaması kolaylıkla yapılabilir. Mevcut programlarla örnek problem bu kabule göre çözüldüğünde toplam süre 75 gün olarak bulunur (Şekil 3a).

Kaynak sınırlaması olduğunda Primavera, MS Project gibi mevcut ticari yazılımların yöntemleri çok güvenilir değildir. Bu programların KYM temelli olarak önerdikleri kaynak dengeleme (resource leveling) araçlarıyla varsayılan kabuller doğrultusunda elde edilen sonuçlar Şekil 3b'de (MS Project, toplam süre 114 gün) ve Şekil 3c'de (Primavera, toplam süre 139 gün) görülmektedir. Primavera'da alınan sonuçlar, bazı kullanıcı düzenlemeleri yardımıyla biraz daha verimli hale gelebilmektedir (Şekil 3.d, toplam süre 131 gün).

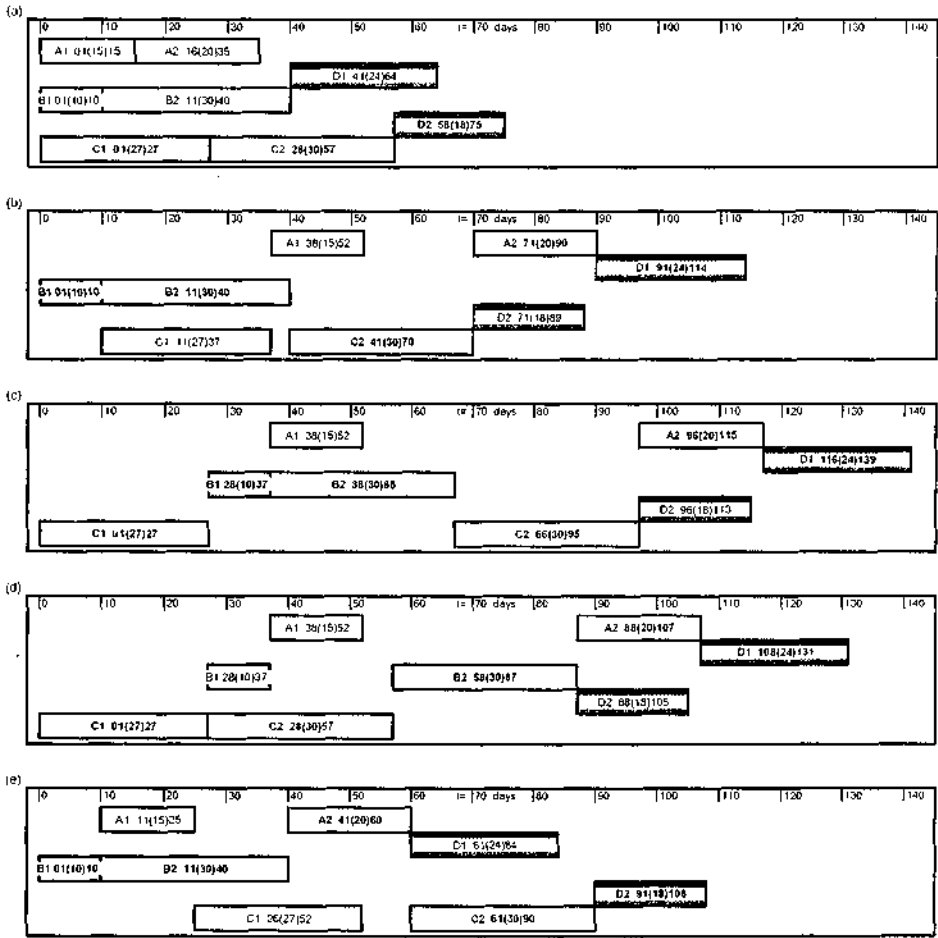
Bu problemde kaynak kullanımına bağlı oluşan gruplar göz önüne alınarak ilk grup için 3! (kazı ekibi), ikinci grup için 3! (köprü ayağı ekibi) ve üçüncü grup için 2! (tabliye ekibi) olasılık bulunmakta, sonuç olarak $6 \times 6 \times 2 = 72$ farklı alternatif söz konusu olmaktadır. Bu ihtimaller arasındaki en iyi olasılık Şekil 3e'de, bu olasılığa karşılık gelen ağ Şekil 4'de, tüm çözüm özetleri Tablo 2'de verilmiştir. Söz konusu Tablonun e satırından ve Şekil 3e'den görüleceği gibi en iyi çözümde toplam süre 108 gün olmaktadır. Basite indirgenmiş bu problemde bile bu kadar ihtimal oluştuğu ve mevcut programların en iyi sonuçtan çok uzakta değerler verdiği düşünüldüğünde, daha gelişmiş yöntemlere duyulan ihtiyaç daha iyi anlaşılmaktadır [1].

Çözüm	Süre	Kritik Yörünge	Kazı	Ayak	Tabliye
a	75	C1>C2>D2	paralel	paralel	paralel
b	114	B1>B2>C2>A2>D1	B1>C1>A1	B2>C2>A2	D2>D1
c	139	C1>B1>B2>C2>A2>D1	C1>B1>A1	B2>C2>A2	D2>D1
d	131	C1>C2>B2>A2>D1	C1>B1>A1	C2>B2>A2	D2>D1
	108	B1>B2>A2>C2>D2	B1>A1>C1	B2>A2>C2	D1>D2

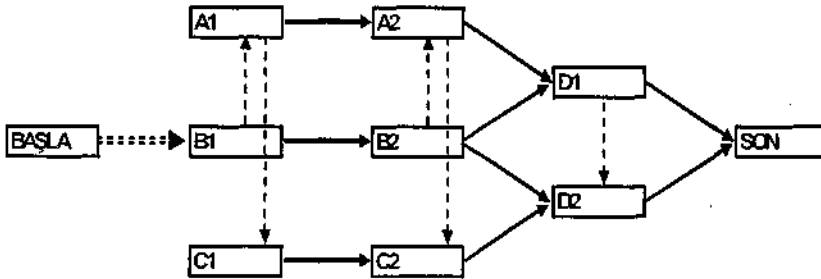
Tablo 2. İki Açıklıklı köprü probleminin çözümleri

2.2. Planlama problemine çözüm olarak Genetik Algoritmalar

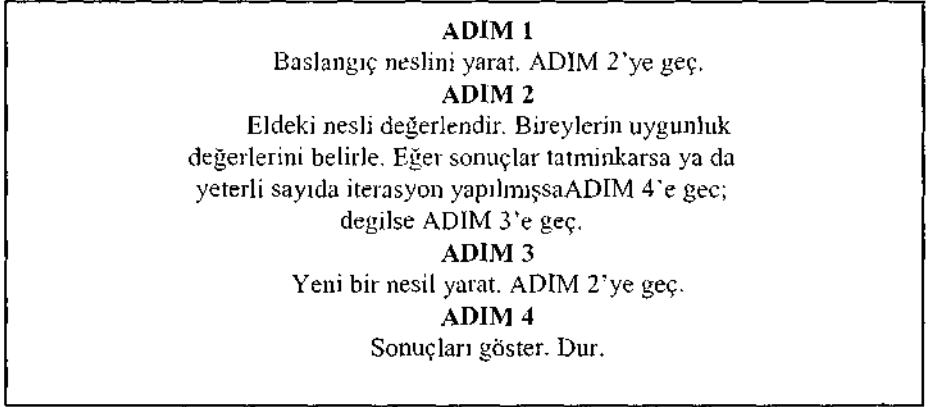
Genetik algoritmalar, kaynak sınırlamasının olduğu ve olmadığı durumlarda planlama problemlerine uygulanabilir. Uygulamanın prensip şeması Şekil 5.'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Farklı çözümler için çubuk diyagramlar. a) Kaynak sınırlaması olmadığı durum. b) Kaynak dengeleme (MS Project). c) Kaynak dengeleme (Primavera). d) Primavera'da kaynak dengelemesinde kullanıcı düzeltmesi ile alınan sonuç. e) Optimum çözüm



Şekil 4. En iyi çözüm aktivite ağı.

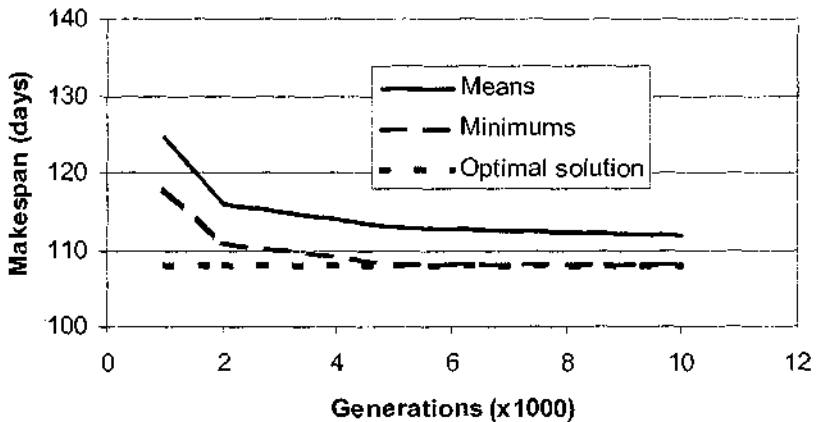


Şekil 5. Genetik Algoritma uygulamaları için prensip şeması

Burada yaratılan bireyler, genlerden meydana gelen kromozomlardan oluşturulmaktadır. Genetik algoritmalarındaki genler değiştirilerek planlama problemlerinin çözülmesi sağlanacaktır. Burada yapılan uygulamada kromozomlar, problemdeki gerçek aktivitelerin başlangıç tarihlerinden oluşmaktadır. Uygunluk değeri ile birlikte, çeşitli genetik operatörler kullanılmıştır. Bu operatörler sayesinde uygun kombinasyonu yakalamak için denemeler yapılmaktadır.

Genetik algoritma uygulamaları deterministik yaklaşımlar olmadıklarından, tek bir denemenin yeterli derecede güvenilir bir sonuç vermesi olası değildir. Bu nedenle, bu çalışmada genetik evrimin birbirinden izole edilmiş üç ayrı örnekleme kümesinde gerçekleştiği kabul edilmektedir.

Oluşturulan nesillerin sayısı arttırıldıkça, sonuçların optimum seviyeye daha çok yaklaştığı görülmektedir. Şekil 6.'da kaynak sınırlamasının olmadığı durumda oluşturulan nesil sayısının optimum seviyeye yaklaşımı görülmektedir.



Şekil 6. Nesil sayısının optimum seviyeye yaklaşma etkisi

Genetik algoritmalar, kaynak sınırlaması olmayan durumlara uygulanabildiği gibi, sadece birkaç ek hesaplama yapılarak, kaynak sınırlamasının olduğu planlama problemlerine de uygulanabilmektedir [1].

3. TEKRAR EDİLEN AKTİVİTELERİN PROGRAMLANMASINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

İnşaat projelerinde tekrarlanan üretimleri kontrol edebilmek amacıyla, 1960'lardan bu yana çalışılmaktadır. Otoyol projeleri, çok katlı yüksek binalar, tüneller ve altyapı projeleri, defalarca tekrarlanan üniteleri anlamak için uygun örneklerdir. Büyük çaplı bir projede planlama, programlama, çok sayıda bağımsız aktivitenin kontrolü gibi gereklilikler, proje yöneticisine oldukça ağır yük getirmektedir. Bu yüzden, proje yönetiminde çeşitli yazılımların kullanılmasında fayda vardır.

Tekrar eden aktivitelerin programlanmasında Kritik Yörünge Metodu ve Çubuk Diyagramlar kullanıldığında, bu metodların etkisiz kaldığı ve birçok problemle karşılaşıldığı görülmektedir. Bu tür projelerde tekrarlanan ünitelerden kaynaklanabilecek sorunları çözmek amacıyla farklı modeller kullanmakta fayda vardır [2]. Bugüne kadar bu amaçla oluşturulmuş, denge diyagramları (line-of-balance) ile çalışan SYRUS - System for Repetitive Unit Scheduling [3], RUSS - Repetitive Unit Scheduling system [4], CHRISS - Computerized High-Rise Integrated Scheduling System [5] ve ALISS - Advanced Linear Scheduling System [6] gibi modeller geliştirilmiştir.

Bu tip modellerin en kapsamlısı ve sonucusu ALISS - Advanced Linear Scheduling System'dir [5]. ALISS, birbiriyle ilişkilendirilmiş 10 tablodan oluşan bir veri tabanı üzerinden çalışmaktadır. Bu tablolar kullanıcı arayüzünde, proje ve aktivite bilgi girişi modülü, kısıtlamalar modülü, projenin değişmez tarihleri modülü, aktivite kritiklik-bolluk modülü ve maliyet modülü olarak 5 ana modül olarak tasarlanmıştır.

Advanced Linear Scheduling System (ALISS) Project (ALISS) 2017

File Edit View Records Window Help

Project Name: Starting Date: Working Hour / Per Shift: Create a New Project: From LMS Analysis:

Project Code: Completion Date: Number of Units to be Produced:

File Edit View Records Window Help

Activity Name: Predecessor:

Activity Code: Predecessor:

Required Man Hour to Finish: Record: of of

Due Date:

Maximum No of Workers on a Core:

Number of Available Cycles:

Duration (Days):

Learning Rate:

Subsided Cost:

5 Complete:

Cost to Date:

Milestone Date:

Notes:

Predecessor:

1 Predecessor:

2 Predecessor:

Control Panel:

Type of Constraint:

Type of Constraint:

Type of Constraint:

Record: of of

Go to Next Linear Activity:

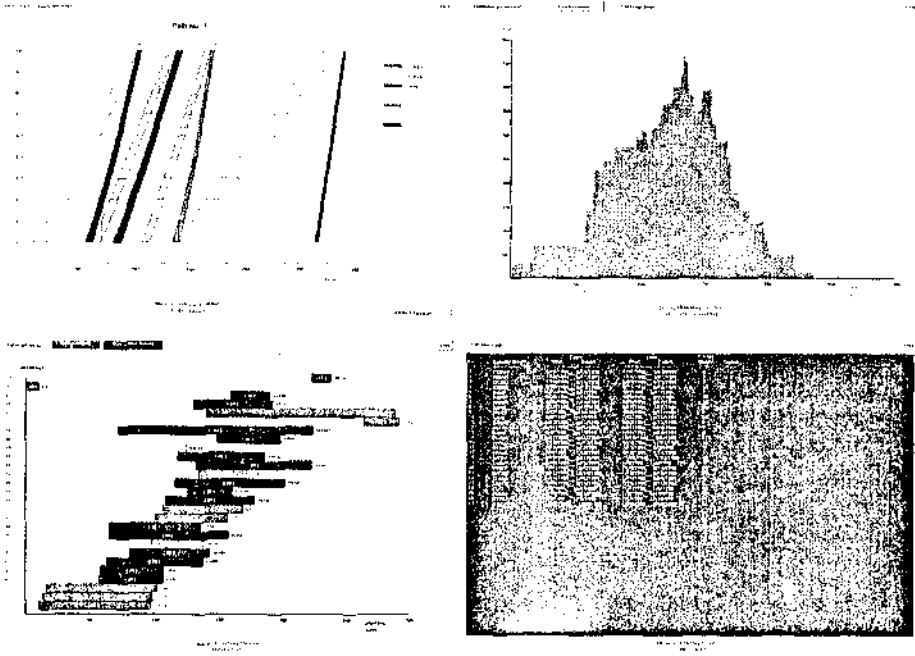
Create New Linear Activity:

Record: of of

Şekil 7. Veri Girişi Ekranı – ALISS

Tekrarlanan ünitelerle ilgili üretilen yazılımlar, yapım yönetiminde kolay kullanılabilen ve tekrarlamamın doğasına uygun olarak bütün aktivitelerde maksimum verimliliği hedefleyen bir karakterdedirler. Bu yazılımlarda, farklı aktivitelerin farklı öğrenme grafikleri olacağı hesaba katılmakta ve kullanıcıların karmaşık algoritmalarından haberdar olmayabileceği düşünülerek kullanıcı arayüzleri oluşturulmaktadır. Örneğin, ALISS yazılımı, grafiklerle üretim miktarlarını ve süreleri veren anlaşılır grafik çıktılar sunmaktadır (Şekil 8). İstenildiğinde ekranda her bir ünitenin yörüngesi görüntülenebilmekte ve başlangıç bitiş zamanları okunabilmektedir. Şekil 7’de sunulan menü yardımıyla kolayca kullanılabilen bu yazılımın kendi başına çevrim içi çalışan ya da Internet üzerinden çevrim dışı çalışan versiyonları bulunmaktadır.

ALISS yazılımında, kullanıcı tarafından girilen bilgiler veri tabanında korunmakta, (çevrim içi ve çevrim dışı kurulum modelleri için Access, SQL gibi farklı veri tabanları vardır), istenildiğinde denge diyagramlarını basit çubuk diyagramı çıktıları haline dönüştürebilmekte (Şekil 8) ve proje yöneticisine büyük kolaylık sağlamakta, önce gelen aktivite ağı kullanmakta, kümülatif maliyet ya da maliyet histogramları verebilmekte (Şekil 7), girilen aktivite zamanları ile projenin değişmez tarihleri



Şekil 8. Çıktı bilgileri - ALISS

(milestones) arasında uyumsuzluk olduğunda düzeltmekte, denge diyagramlarından basit çubuk diyagramlarla raporlama yapabilmekte ve proje ilerleme takip aracı ile projenin tamamlanma yüzdelerini ve hesaplanan maliyet ile harcanmakta olan maliyetlerin karşılaştırmasını gözleyebilmektedir.

4. GECİKMEDEN ÖTÜRÜ OLUŞAN ANLAŞMAZLIKLARDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

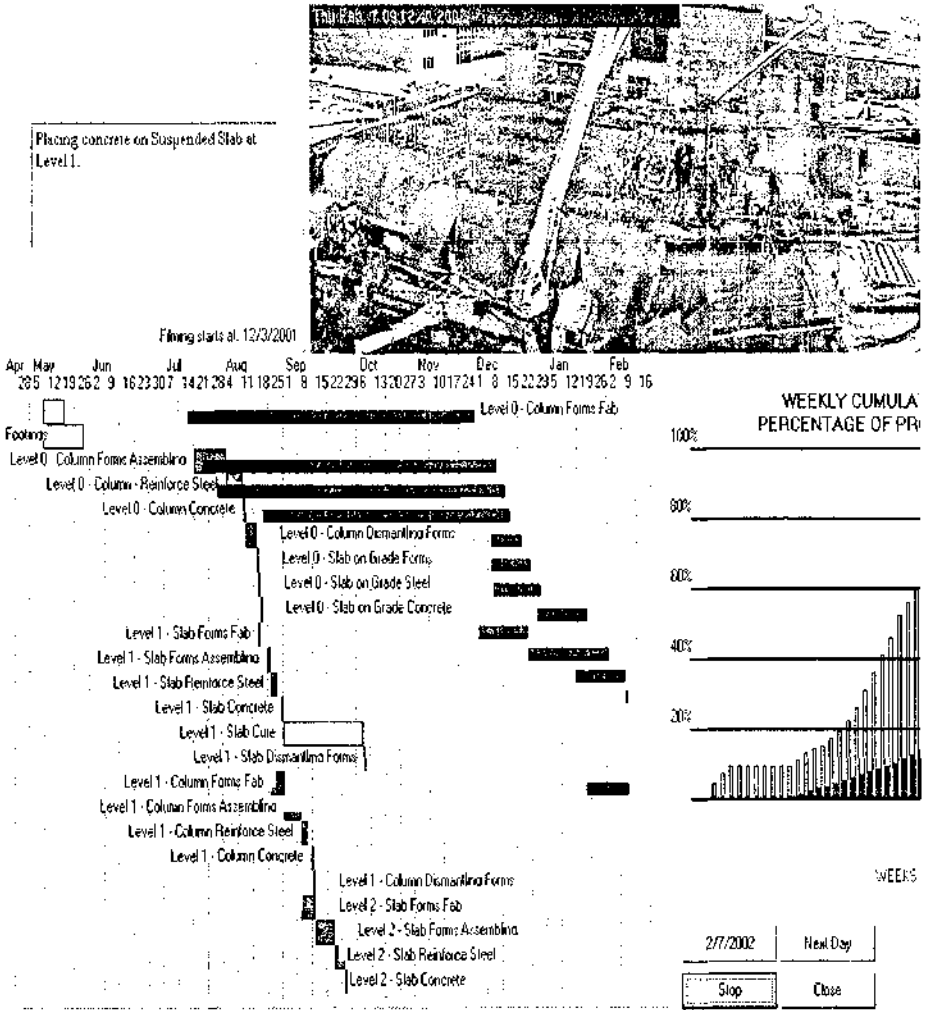
İnşaat endüstrisi, çok sayıda kaynağa ihtiyaç duyulması, her projenin bir kereye mahsus inşa edilmesi ve ihtiyaç duyulan teknolojiler sebebiyle, oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu ortamda, yüklenici firmalar daha önce tecrübe etmedikleri bir çok aktiviteyi planlamak ve sürelerini hesaplamak durumundadır. Yüklenici firma yaptığı bu hesapları baz alarak, bütün kaynaklarını yönlendirmekte ve böylece karlılığını koruyabilmektedir. Firmalar, hesaplarını yaparken geçmiş tecrübelerindeki üretim bilgilerini kullanmaktadırlar ve bu yüzden güvenilir geçmiş kayıtlarından faydalanmaktadırlar. Bu kayıtları hem güvenilir hem verimli şekilde toplayabilmek ve ihtiyaç duyulduğunda tekrar kullanabilmek için, geçmiş aktiviteleri film mantığıyla tekrar oynatarak gösterebilen bir yazılım, ihtiyaca uygun bir çözüm olmuştur.

Yüklenici firma ile mal sahibi arasında görülen anlaşmazlıklar, inşaat sektöründe sıkça rastlanan bir sorundur. Bu anlaşmazlıkların çoğu gecikmelerle ilgilidir. Proje ilerleyişi sırasında gecikme yaratan nedenler arasında projedeki değişiklikler, geciken çizimler, önceden bilinmeyen zemin koşulları, kötü hava

koşulları, ve kısıtlı malzeme akımı gibi birçok faktör bulunmaktadır. Bu sorunlarla karşılaşma olasılığı, proje büyüdükçe artmakta ve daha ciddi boyutta anlaşmazlıklar söz konusu olabilmektedir.

Hukuksal bir anlaşmazlık durumunda, mahkeme gecikmelerin nedenlerini bulabilmek için geçmiş aktiviteleri, raporları ve tasarımları inceleyecektir. Bu nedenle, geçmiş aktivitelerin görüntülerini üretilirken kaydeden, hangi üretimin ne zaman yapıldığı ya da yapılmadığı hakkında mahkemeye bilgi verebilen, ve şantiyedeki üretimin iş programını nasıl etkilediğini açıkça gösteren bir yazılım inceleme süresini oldukça kısaltacaktır.

Bu amaçla yönelik olarak PhotoNet adlı bir yazılım geliştirilmiştir [7, 8]. Bu yazılım, sayıları dörde kadar çıkabilen kameralardan elde edilen video görüntülerini, internet üzerinden uzaktan kontrol edilebilen bir bilgisayara kaydetmektedir. Yazılımın planlama modülü Kritik Yörünge Metodu teknikleri kullanılarak geliştirilmiştir. Yazılım aynı anda birkaç kameranın görüntülerini eş zamanlı olarak görüntüleyebildiği gibi, çubuk diyagramları ve kümülatif proje tamamlama histogramı da çıkarabilmektedir [9, 10]. Bu sistemle tüm yapım aktiviteleri görüntülenebilmekte ve kaydedilebilmektedir. Kaydedilen görüntülerden oluşturulan film ile proje programı, eş zamanlı çalışmak üzere ilişkilendirilmektedir. Böylelikle, hem çubuk diyagramlarla projenin planlanmış programı (mavi çubuk diyagramı) ile güncel ilerleme (kırmızı çubuk diyagramı) kıyaslanabilirken, hem de bu süreçteki ilerleyiş diyagramla ilişkili olarak izlenebilmektedir (Şekil 9). İstenildiğinde, bu süreçte projenin ilerleyişine ve tamamlanmasına ait histogramlar da takip edilebilmektedir.



Şekil 9. Çıktı bilgileri – PHOTO-NET

Bu sistem yardımıyla gecikmeler saptanabilmekte, yüklenicinin kullandığı ekipmanlar ve performansı görülmekte, kötü hava koşullarının etkileri izlenebilmekte, malzeme teslimleri gözlenebilmekte, iş kazaları incelenebilmekte, tahmin edilen sürelerin uygunluğu onaylanabilmekte, çalışan iş grupları izlenebilmekte ve projenin tamamlanan kısmı açıkça ve kolaylıkla görülebilmektedir. Yapılan vaka çalışmalarında, üst düzey yöneticilerin şantiye sahasına daha az uğradıkları, bazı sorunları monitörden izleyerek çözdükleri, ayrıca geçmiş kayıtlarındaki üretim verileri ile yapılan üretimi karşılaştırma fırsatını

buldukları gözlenmiştir. Ayrıca, bu sistem yardımıyla şantiyedeki depolama alanlarının, malzeme teslim alanlarının ve atölyelerin verimli şekilde çalışıp çalışmadıkları gözlenebilmektedir. Bu sistem, özellikle yönetimin şantiyeyi gezmesinin pek uygun olmadığı ya da uzaktan yönetilen inşaat projelerinde yararlı olmaktadır.

5. SONUÇ

İnşaat sektöründe proje planlamasında kullanılan ve Kritik Yörünge Metodu baz alınarak hazırlanan birçok yazılım paketinin, muhtemel problemleri kullanıcının proje başlangıcında çözerek sisteme girmesini öngörmektedir. Planlamada alışılmış yöntemlerin kullanılması durumunda birçok sorunla karşılaşılması olağandır. Bu makalede ağ hazırlanmasında, aktivite sürelerinin belirlenmesinde, kaynak dağılımı ve dengelenmesinde, proje süresinde tekrar edilen aktivitelerin programlanmasında karşılaşılan sorunlar ve çözümleri ele alınmıştır ve çözüm önerileri sunulmuştur. Ayrıca, tekrar eden aktivitelerin planlamasında çıkabilecek problemlere çözüm öneren, denge diyagramları kullanılarak hazırlanmış SYRUSS, CHRISS, RUSS ve ALISS sistemleri bu makalede sunulmuştur. Son olarak, mal sahibi ile ana yüklenici firma arasında çıkabilecek gecikme kökenli sorunların çözümüne yönelik PHOTO-NET görüntülü proje izleme sistemi anlatılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Toklu, Y. C. (2002) "Application of Genetic Algorithms to Construction Scheduling With or Without Resource Constraints" Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 29, No. 3, pp: 421-429.
2. Arditi, D., Tokdemir, O.B. and Suh, K. (2002) "Challenges in Line-of-Balance Scheduling," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 128, No. 6, pp: 545-556.
3. Arditi, D. and Psarros, M.K. (1987) "SYRUS - System for Repetitive Unit Scheduling," Proceedings of the NORDNET/INTERNET/PMI '87 Conference on Project Management, Reykjavik, Iceland.
4. Arditi, D., Tokdemir, O.B. and Suh, K. (2001) "Scheduling System for Repetitive Unit Construction Using Line-of-Balance Technology," Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 8, No. 2, pp: 90-103.
5. Arditi, D., Sikangwan, P. and Tokdemir, O.B. (2002) "Scheduling System for High Rise Building Construction," Construction Management and Economics, Vol. 20, No. 4, pp: 353-364.
6. Tokdemir, O.B., Arditi, D and Balcik, C. (2005) "ALISS: Advanced Linear Scheduling System," paper under review.
7. Abeid, J. and Arditi, D. (2003) "PHOTO-NET: An Integrated System for Controlling Construction Progress," Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 10, No.3, pp: 162-171.
8. Abeid, J., Allouche, E., Arditi, D. and Hayman, M. (2003) "PHOTO-NET II: A Computer Based Monitoring System Applied to Project Management," Automation in Construction, Vol. 12, No. 5, pp: 603-616.

9. Abeid Neto, J. and Arditi, D. (2002) "Time-Lapse Digital Photography Applied to Project Management," *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 128, No. 6, pp: 530-535.
10. Abeid, J. and Arditi, D. (2002) "Linking Time-Lapse Digital Photography and Dynamic Scheduling of Construction Operations," *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol. 16, No. 4, pp: 269-279.