

ÖNCELİK KURALLARI PROJE BOYUTU VE KAYNAK SAYISININ PROJE SÜRESİNE ETKİSİ

Recep KANIT¹, Ömer ÖZKAN^{**}

SUMMARY

Priority rules are one of the methods that are used most frequently in project programming problems which are limited in intuitive resources. It is not yet determined which priority rule is continuously performable. In this study, the effect of the dimensions of the project and number of resources to performances of priority rules is examined. 10 project in different dimensions are programmed as 3, 5, 7 resourced in limited resource circumstances. In the programming, MRPL, LFT and MNSLCK priority rules are used. In general, the performance of MRPL is observed to be higher. As the number of resources increase, a decrease in the performance of the priority of MRPL is observed.

Key Words: Project Programming, Limited Resources, Intuitive Methods, Priority Rule.

ÖZET

Sezgisel kaynak kısıtlı proje programlama problemlerinde öncelik kuralları en sık kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Hangi öncelik kuralının sürekli performanslı olduğu tespit edilememiştir. Bu çalışmada proje boyutlarının ve kaynak sayısının öncelik kurallarının performanslarına etkisi incelenmiştir. 10 farklı boyutta proje, kısıtlı kaynak koşullarında 3, 5, 7 kaynaklı olarak programlanmıştır. Programlamada MRPL, LFT ve MNSLCK öncelik kuralları kullanılmıştır. Genel olarak MRPL önceliği daha performanslı görülmüştür. Kaynak sayısının artması ile MRPL önceliğinin performansında bir düşüş görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Proje Programlama, Sınırlı kaynak, sezgisel metotlar, öncelik kuralı

¹ Doç. Dr., Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Beşevler, Ankara.

^{**} Yard. Doç. Dr. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, ALAPLI MYO, 67850, Alaplı, Zonguldak.

GİRİŞ

Proje Programlama üç ana bölüme ayrılır; projelendirme, programlama ve kaynak dağıtımını [1]. Proje programlamada, CPM, PERT, zaman-maliyet dengeleme ve kaynak kısıtlı proje programlama kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden herhangi bir tanesi proje süresini minimum yapmayı garanti edemez [2].

Kaynakların kısıtlı olduğu koşullarda çözüm yapan üç ana programlama yöntemi bulunmaktadır. Sezgisel yöntemler ile çözüm yapabilen programlama modelleri de bunlardan biridir. Sezgisel yöntemler, basit bir kurala dayanarak çözüm kümesinin bulunmasını kolaylaştıran yöntemler olarak tanımlanabilir [3]. Sezgisel yöntemler iki temel konu üzerine yoğunlaşır, bunlardan ilki zamanı [4,5], ikincisi de proje maliyetini minimum yapmaktadır [6,7,8,9,10]. Araştırmacılar bu iki ana konuyu minimize eden çözüm algoritmaları üretmişleridir [11,12,13]. Sezgisel yöntemlerin en iyi çözümü sağlayıp sağlamadığı, karşılaştırma yapılmadan anlaşılamamaktadır. Sezgisel yöntemler, büyük olasılıkla her zaman en iyiye yakın veya yeterli sayılabilecek çözümleri sağlayan yöntemler olarak tanımlanır [14].

Sezgisel yöntemlerde proje süresini minimum yapmak için basit öncelik kuralları kullanılmaktadır. Bu öncelik kuralları şu şekilde sıralanabilir [15,16];

- Önce gelen programlanır (MRPL),
- Minimum geç başlama zamanı (LST),
- Minimum erken bitiş zamanı (EFT),
- Minimum geç bitiş zamanı (LFT),
- Minimum bolluk (MNSLK),
- En fazla kaynak talebi (GRPW),
- Rastal faaliyet Seçimi (RAN),
- Kaynak sıralama yöntemi (RSM),
- En kısa süreli iş (SPT),
- En fazla kaynak kullanan (GRU)
- Mümkün olan fazla iş (MJP)

Sezgisel yöntemlerde kullanılan öncelik kuralları projenin büyüklüğüne ve kullanılan kaynak sayısına göre farklı sonuçlar vermektedir. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda bir çok araştırmacı proje süresini minimum yapan öncelik kuralını belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan çalışmaların ortak birleştiği nokta çalışmaların her birinde farklı öncelik kuralı daha performanslı bulunmuştur [17,18,19,20]. İnşaat projeleri gibi kendine özgü kuralları ve kaynakları olan projelerde MRPL ve LFT öncelikleri diğerlerine göre daha performanslı görülmüştür [21,22].

Yapılan çalışmalarda farklı öncelik kuralının performanslı görülmesi, proje programlama problemlerinde öncelik kurallarının proje büyüklüğüne, yapısına, işlevine ve kaynak sayısına göre farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu amaçla farklı büyüklüklerde 10 proje 3, 5 ve 7 kaynaklı olarak projelendirilmiştir. Bu şekilde toplam 10 proje üzerinde proje boyutunun ve kaynak sayısının öncelik kurallarının performanslarına etkisi incelenmiştir.

PROJE ALGORİTMASI VE ÖCELİK KURALLARI

Kaynakların kısıtlı olduğu koşullarda kullanılan öncelik kuralları projenin boyutlarına, kaynak sayısına ve kısıt miktarına göre farklı sonuçlar vermekte ve

Proje boyutları da projedeki kaynak sayısı ve kısıt miktarı proje süresini etkilemektedir. Bu durumda proje süresini minimum yapacak olan öncelik kuralının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada literatürde bir çok çalışmada uygulanan ve bilinen MRPL, LFT ve MNSLCK öncelik kuralı kullanılacaktır. Belirtilen üç öncelik kuralı 10 farklı boyuttaki projede 3, 5 ve 7 kaynak kısıtlı durumda uygulanacaktır. Böylece proje boyutlarının, kaynak ve kısıt sayısının proje süresine etkisi incelenecektir. Öncelik kurallarından hangisinin hangi boyut projede, kaç kaynak kısıtlı durumda proje süresini minimum yapmada performanslı olduğuna karar verilecektir. Proje öncelik kuralı algoritması Şekil 1’de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan öncelikler aşağıda açıklanmıştır;

a. İşlemin başlangıcından proje sonuna kadar geçen zamanın (MRPL) büyük olması

önceliği. Bu özelliğin büyük olması işlemin önce programlanmasını gerektirmektedir [23].

$$MRPL = TpE - TiE - Sij$$

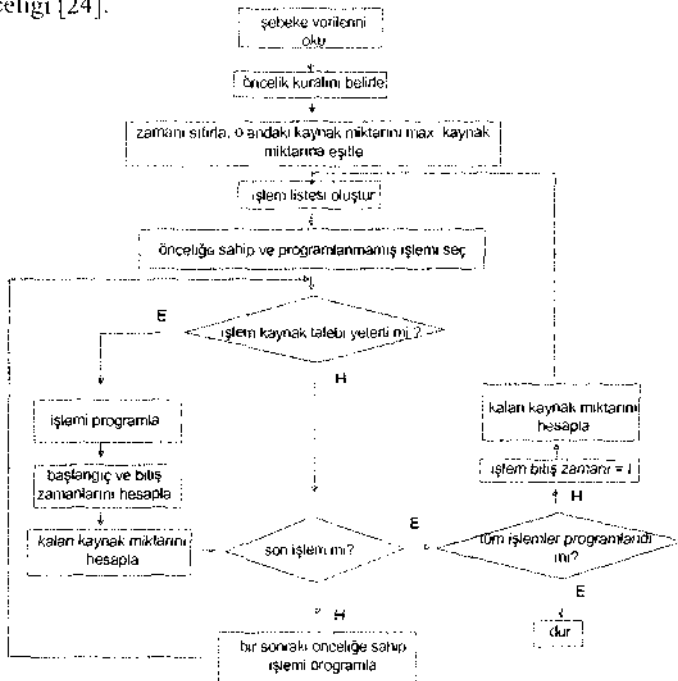
TpE: Proje süresi (Project time)

TiE: İşlem başlangıç süresi (Activity start time)

Sij : İşlem bolluğu (slack)

b. Bolluk miktarı en az olan işlemin önce programlanması (MNSLK) önceliği [18].

c. Geç başlama zamanı küçük olan işlemin önce programlanması (LFT) önceliği [24].



Şekil 1. Öncelik kuralı algoritması

PROJE PROGRAMLAMA

10 farklı boyuttaki proje, MRPL, LFT ve MNSLCK öncelik kuralına göre kaynak kısıtlı olarak projelendirilecektir. Projelerin programlanmasında öncelikle; Proje işlemlerinin başlangıç ve bitiş düğüm noktaları, faaliyetlerin zamanları Visual Basic dilinde yazılmış olan programa yüklenir bu yükleme neticesinde algoritmada da belirtildiği gibi Erken Başlama (ES), Erken Bitiş (EF), Geç Başlama (LS), Geç Bitiş (LF), Bolluk (S) ve her faaliyetin başlangıç zamanı (B) ve bitiş zamanı (F) program tarafından hesaplanarak çizelge oluşturulur. Bu şekilde projeler öncelikle kaynak kısıtsız olarak projelendirilir. Proje sonuçlarına göre MRPL, LFT ve MNSLCK öncelik kurallarına göre projelerin kaynak kısıtlı programlanması yapılır.

Proje işlemleri 3, 5 ve 7 kaynaktan oluşmakta ve her işlem 3, 5, 7 kaynağı ayrı ayrı kullanmaktadır. Her işlemin günlük ihtiyacı olan kaynak miktarı proje bilgilerinde mevcuttur. Projelerin kaynak kısıtlı programlanmasında tüm projelerin günlük kullanacakları kaynaklar belirtilmiş ve projelerin bu kaynak miktarları dışına çıkmaları engellenerek kaynak kısıtı oluşturulmuştur. 10 farklı projenin günlük kullanacağı kaynak miktarları şu şekildedir;

- Kaynak kısıtı 1 : 3 birim / gün
- Kaynak kısıtı 2 : 2 birim / gün
- Kaynak kısıtı 3 : 4 birim / gün
- Kaynak kısıtı 4 : 5 birim / gün
- Kaynak kısıtı 5 : 2 birim / gün
- Kaynak kısıtı 6 : 2 birim / gün
- Kaynak kısıtı 7 : 5 birim / gün

İlk grupta ilk üç kaynağı, ikinci grupta ilk beş kaynağı, üçüncü grupta ise ilk yedi kaynağı kullanacaktır. Bu şekilde kaynak sayısının öncelik kurallarına etkisi incelenecektir.

PROJE SONUÇLARI

Üç kaynaklı Proje Programlama

Projeler üç kaynak kısıtına göre programlanmış ve proje sonuçları Tablo 1' de verilmiştir. Tablo da her projenin işlem sayısı, kaynak kısıtsız ve üç öncelik kuralına göre proje programlama süresi verilmektedir.

Tablo 1. Proje sonuçları

Proje Adı	İşlem Sayısı	Kaynak (gün)	Öncelik Kuralları (gün)		
			MRPL	LFT	MNSLCK
1.	10	31	42	42	42
2.	10	33	45	54	54
3.	12	31	48	48	48
4.	17	43	58	53	55
5.	17	39	65	71	76
6.	25	50	87	96	91
7.	23	39	100	101	105
8.	31	65	115	116	120
9.	37	70	123	124	131
10.	36	74	136	139	146

İşlemlerin 3 kaynak kullandığı projelerin sonuçları incelendiğinde, MRPL 7 projede tek başına olmak üzere 9 projede performanslı, LFT 1 projede tek başına olmak üzere 3 projede, MNSLCK önceliği ise iki projede en kısa proje süresini vermiştir. MRPL önceliğinin 1 proje dışında en kısa süreyi vermesi performanslı olduğunu göstermektedir. MNSLCK önceliği ise iki projede en kısa süreyi verdiği durumda diğer projelerinde benzer sonuçları vermesi bu önceliğin performanslılığı konusunu düşündürmektedir.

Beş Kaynaklı proje Programlama

Projeler beş kaynak kısıtına göre programlanmış ve proje sonuçları Tablo 2' de verilmiştir. Tablo da her projenin işlem sayısı, kaynak kısıtsız ve üç öncelik kuralına göre proje programlama süresi verilmektedir.

Tablo 2. Proje sonuçları

Proje Adı	İşlem Sayısı	Kaynak kısıtsız (gün)	Öncelik Kuralları (gün)		
			MRPL	LFT	MNSLCK
1. Proje	10	31	55	53	59
2. Proje	10	33	63	63	72
3. Proje	12	31	59	59	57
4. Proje	17	43	65	65	71
5. Proje	17	39	84	92	92
6. Proje	25	50	96	101	103
7. Proje	23	39	113	119	115
8. Proje	31	65	131	130	141
9. Proje	37	70	147	154	161
10. Proje	36	74	161	165	161

İşlemlerin 5 kaynak kullandığı projelerin sonuçları incelendiğinde, MRPL 4 projede tek başına olmak üzere 7 projede performanslı, LFT 2 projede tek başına olmak üzere 4 projede, MNSLCK önceliği ise 1 projede tek başına olmak üzere 2 projede en kısa proje süresini vermiştir. Beş kaynaklı projede de MRPL önceliği en fazla projede en kısa süreyi vermiştir. Ancak üç kaynaklı projelerde vermiş olduğu en kısa süre sayısında azalma görülmektedir.

Yedi Kaynaklı Proje Programlama

Projeler yedi kaynak kısıtına göre programlanmış ve proje sonuçları Tablo 3' de verilmiştir. Tablo da her projenin işlem sayısı, kaynak kısıtsız ve üç öncelik kuralına göre proje programlama süresi verilmektedir.

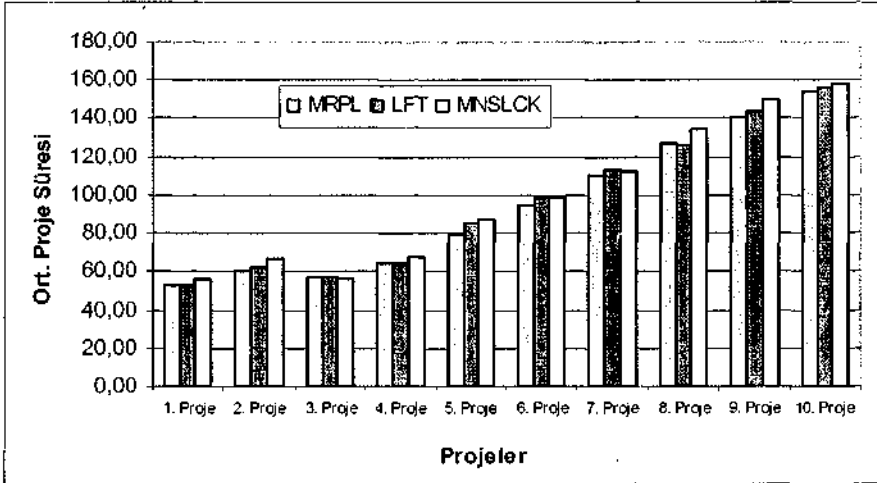
Tablo 3. Proje sonuçları

Proje Adı	İşlem Sayısı	Kaynak (gün)	Öncelik Kuralları (gün)		
			MRPL	LFT	MNSLCK
1. Proje	10	31	61	63	69
2. Proje	10	33	72	71	75
3. Proje	12	31	65	65	62
4. Proje	17	43	71	74	76
5. Proje	17	39	89	94	94
6. Proje	25	50	101	101	103
7. Proje	23	39	117	119	117
8. Proje	31	65	135	133	141
9. Proje	37	70	151	152	157
10.	36	74	164	164	166

İşlemlerin 7 kaynak kullandığı projelerin sonuçları incelendiğinde, MRPL 4 projede tek başına olmak üzere 6 projede performanslı, LFT 3 projede tek başına olmak üzere 5 projede, MNSLCK önceliği ise 1 projede tek başına olmak üzere 2 projede en kısa proje süresini vermiştir. Yedi kaynaklı projede de MRPL önceliği en fazla projede en kısa süreyi vermiştir. Ancak diğer projelerde vermiş olduğu en kısa süre sayısında azalma görülmektedir.

Proje Boyutunun ve Kaynak Sayısının Proje Süresine Etkisi

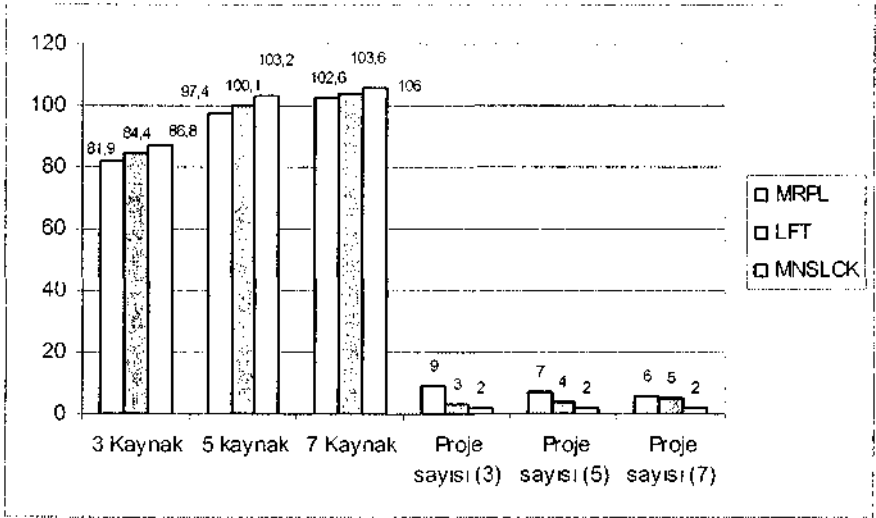
Proje boyutlarının öncelik kurallarının performanslarına etkisi incelendiğinde şu proje ortalama sürelerin şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 2. Proje boyutlarının öncelik kurallarının performanslarına etkisi

Farklı kaynaklara kullanıldığı projelerin ortalaması göz önüne alındığında, MRPL önceliği 6 projede tek başına olma üzere 7 projede, LFT önceliği iki projede tek başına olmak üzere üç projede. MNSLCK önceliği ise 1 projede tek başına performanslı görülmüştür. Proje boyutları giderek artmaktadır. Proje boyutlarının bu çalışmada herhangi bir etkisi görülmemektedir.

Kaynak sayısının öncelik kurallarının performanslarına etkisi incelendiğinde şu proje ortalama süreleri şekil 3' de görülmektedir.



Şekil 3. Kaynak sayısının öncelik kuralları performanslarına etkisi

Kaynak sayısının öncelik kurallarının performanslarına etkisi incelendiğinde ortalama proje sürelerinde MRPL en kısa süreyi vermekte. Ancak kaynak sayısı arttıkça MRPL ile diğer öncelik kurallarının ortalama proje süreleri arasındaki fark azalmaktadır. En kısa süreyi verdikleri proje sayıları da bunu destekler mahiyettedir. 3 kaynak kullanımında 9 projede en kısa süreyi verirken kaynak kullanım sayısı arttıkça en kısa süreyi verme sayısı da azalmaktadır. MRPL önceliğinin kaynak sayısı ile performansı arasında ters bir ilişkinin varlığı görülmektedir.

DEĞERLENDİRME

Öncelik kuralları basit kurallar ile çözüm yapabilen, optimum çözümü sürekli olarak veremeyen ancak optimum çözüme yakın sonuçlar verebilen sezgisel algoritmalarıdır. Öncelik kurallarının bir çok farklı şekilde kullanımı mevcuttur. Bu kullanımlarından hangi öncelik kuralının her zaman performansı olduğunu iddia etmenin mümkün olmadığı bu güne kadar yapılan çalışmalarda görülmektedir. Bu amaçla çalışmamızda Öncelik kurallarının performanslarının proje boyutu ve kaynak sayısına göre irdelenmesi yapılmıştır. Projelerin programlamasında üç öncelik kuralı uygulanmıştır. Öncelik kuralları giderek boyutu büyüyen 10 farklı projede ve değişen kaynak sayısında irdelenmiştir.

Yapılan 30 farklı çözüm neticesinde Proje boyutunun artması ile öncelik kuralının performansı arasında bir ilişkinin varlığı ispat edilememiştir. Ancak kaynak sayısı ile projelerin performansları arasında bir ilişkinin var olduğu görülmüştür. Kaynak sayısı arttıkça en performanslı görülen MRPL önceliğinin performansında düşüş görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Karshenas, S. and Haber, D., (1990) "Economic Optimization of Construction Project Scheduling", *Construction Management and Economics*, 8, 135-146.
2. Leu, S.S. and Yang, C., (1999) "GA-Based multicriteria optimal model for construction scheduling", *Journal of Construction Engineering and Management*, 125, 6, 420-427.
3. Demeulemeester, E. and Herroelen, W., (1992) "A Branch-and-bound procedure for the multiple resource-constrained project scheduling problem", *Management Science*, 38, 12, 1790-1803.
4. Slowinski, R., (1980) "Two approaches to problems of resource allocation among project activities – a comparative study", *Journal of the Operational Research Society*, 31, 711-23.
5. Talbot, F.B., (1982) "Resource constrained project scheduling with time-resource tradeoffs: the nonpreemptive case", *Management Science*, 28, 1197-1210.
6. Doersch, R.H. and Patterson, J.H., (1977) "Scheduling a project to maximize its present value: a zero-one programming approach", *Management Science*, 23, 882-889.
7. Padman, R. and Smith-Daniels, D.E., (1993) "Early-tardy cost trade-offs in resource constrained projects with cash flows: an optimization-guided heuristic approach", *European Journal of Operational Research*, Vol. 64, 295-311.
8. Patterson, J.H., Slowinski, R., Talbot, F.B. and Weglarz, J., (1990), "Computational experience with a backtracking algorithm for solving a general class of precedence and resource constrained scheduling problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 49, 68-79.
9. Russel, R.A., (1986) "A comparison of heuristics for scheduling projects with cash flows and resource restrictions", *Management Science*, Vol. 32, 1291-1300.
10. Yang, K.K., Talbot, F.B. and Patterson, J.H., (1993) "Scheduling a project to maximize its net present value: an integer programming approach", *European Journal of Operational Research*, Vol. 64, 188-198.
11. Bell, C.E. and Han, J., (1991) "A New heuristic solution method in resource-constrained project scheduling", *Naval Research Logistic*, Vol. 38, 315-331.
12. Boctor, F. F., (1990) "Some efficient multi-heuristic procedures for resource-constrained project scheduling", *European Journal of Operational Research*, Vol. 49, 1, 3-13.
13. Ulusoy, G. and Ozdamar, L., (1989) "Heuristic performance and network resource characteristics in resource constrained project scheduling", *Journal of Operations Research Society*, Vol. 40 12, 1145-1152.
14. Wiest, J.D., (1967) "Heuristic model for scheduling large projects with limited resources", *Management Science*, Vol. 13, 6, 359-377.
15. Özdamar, L. and Ulusoy, G., (1994) "A Local constraint based analysis approach to project scheduling under general resource constraints", *European Journal Of Operational Research*, Vol. 79, 287-298.

16. Özdamar, L. and Ulusoy, G., (1996) "A Note on a iterative forward/backward scheduling technique with reference to a procedure by Li and Willis", *European Journal of Operational Research*, 89: 400-407.
17. Abbasi, G.Y., Arabiat, Y. A., (2001) "A Heuristic to maximise the net present value for resource-constrained project scheduling problems", *Project Management Journal*, 32 (2): 17-24.
18. Davis, E.W. and Patterson, J.H., (1975) "A Comparison of heuristic and optimum solution in resource-constrained project scheduling", *Management Science*, 21 (8): 944-955.
19. Schirmer, A , (1999) "Resource Constrained project Scheduling: An evaluation of adaptive control schemes for parameterized sampling heuristic", *Int. Journal Product Research* Vol 39 No 7, 1343-1365
20. Klein, R., (2000) "Project Scheduling with time-varying resource constraints, *International Journal Production Research*, Vol 38 (16), 3937-3952.
21. Kanit, R., Özkan, Ö., Erdal, M., (2005) "Priority Rules Performance in Construction Investment", *Journal of Politeknik*, Vol. 8 no 1 , 101-109.
22. Kanit, R., Özkan, Ö., Erdal, M., (2004) " Study performance of priority rules in the programming of road projects which have limited resources" II. *International Traffic and Road Safety Congress and Exhibition*, Ankara, Turkey.
23. Brooks, G. H. and White, C.R., (1965) "An Algorithm for Finding Optimal or Near Optimal Solutions to the Production Scheduling Problem", *Journal of Industrial Engineering*, January-February, 34-40.
24. Ahuja, H.N., (1976) "Construction performance control by network", John Willey Publishing, New York.