

RİSK ALTINDA PROJE ÇİZELGELEMeye İKİ AMAÇLI GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIMI

Murat Kılıç

Doğuş Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Acıbadem, İstanbul

Gündüz Ulusoy

Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 34956 Tuzla, İstanbul

Funda Sivrikaya Şerifoğlu

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İşletme Bölümü, 14280, Bolu

Özet: Bu çalışmada risk altında proje çizelgeleme problemi için bir karışık tam sayılı programlama modeli ve genetik algoritmalar üzerine kurulu sezgisel çözüm yaklaşımları sunulmaktadır. Problemden her faaliyetle ilgili olarak tanımlanmış ve gerçekleştirildiklerinde sadece ilgili faaliyetlerin süresini etkileyen riskler bulunmaktadır. Kaynak kısıtlarının olmadığı varsayılmıştır. Amaçlar, beklenen proje süresini ve dört bileşenden oluşan beklenen toplam maliyeti enküçüklemektir. Maliyet bileşenleri; genel giderler, işçilik maliyeti, risk azaltıcı önlemlerin maliyeti ve gecikme maliyetidir.

Anahtar Kelimeler: *Proje Çizelgeleme, Risk, Çok Amaçlı Optimizasyon, Genetik Algoritmalar*

A BIOBJECTIVE GENETIC ALGORITHM APPROACH TO PROJECT SCHEDULING UNDER RISK

Abstract: In this paper, a mixed integer programming model and heuristic solution approaches based on genetic algorithms are proposed to attack the problem of project scheduling under risk. Problem formulation involves predefined risks for activities, which, when they occur, affect only the duration of the associated activities. The problem does not consider resource constraints. The objective is to minimize both the expected makespan and the expected total cost, which is the sum of four cost components: the overhead cost, the labor cost, the cost of reducing risks and the penalty cost for lateness.

Keywords: *Project Scheduling, Risk, Multi Objective Optimization, Genetic Algorithms*

1. Problemin Tanımı

Deterministik koşullar altında proje çizelgeleme problemi üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Kolisch ve Padman, 2001; Özdamar ve Ulusoy, 1994). Risk altında proje çizelgeleme problemi üzerine ise fazla çalışma yoktur (Ulusoy, 2002; Tavares, Ferreira ve Coelho 1998). Bu çalışmada, risk altında ve kaynak kısıtsız bir ortamda, amaçların, beklenen proje süresini ve beklenen toplam maliyeti enküçüklemek olduğu bir proje çizelgeleme problemi ele alınmaktadır. Maliyet bileşenleri; genel giderler, işçilik maliyeti, risk azaltıcı önlemlerin maliyeti ve gecikme maliyetidir. Problem, faaliyetlerin düğümlere atandığı bir ağ üzerinde modellenmiştir. Problemin çözümü için karışık tam sayılı programlama modeli ve genetik algoritmalar üzerine kurulu sezgisel çözüm yaklaşımları sunulmaktadır.

İncelenen problemde, faaliyetlerin yürütülmesi sırasında ortaya çıkabilecek olayları temsil eden riskler ve bunların etkileri önceden tanımlıdır. Problemden bir projeye ait bir küme faaliyet $\{1, \dots, J\}$ verilmiştir. Her faaliyet ile ilgili olarak bir küme risk $\{1, \dots, N_j\}$ tanımlanmıştır. Risklerin, gerçekleştirildiklerinde, ilgili faaliyetlerin sadece süresini etkiledikleri varsayılmıştır. Bir proje yöneticisi, belirli bir maliyeti olan önlemler alarak, bir riskin gerçekleşme olasılığını ve etkisini azaltabilir. Alınabilecek önlemlerin seviyesine göre, her bir risk için bir küme durum $\{1, \dots, K_{jn}\}$ tanımlanmıştır. Durum 1, ilgili riski azaltmaya yönelik hiç bir önlemin alınmadığı durumu modellemektedir. Bu durumla ilgili maliyet sıfırdır. Birden büyük rakamlarla nitelenen durumlarda ise giderek artan önlemler ve dolayısıyla ilgili riskler için giderek düşen gerçekleşme olasılıkları ve etkileri söz konusudur. Faaliyet j ile ilgili n riskinin k durumuna uygun önlemler alındığı takdirde, riskin gerçekleşme olasılığı P_{jnk} olacaktır. Etkisi ise faaliyetin süresini, I_{jnk} ile ifade edilen bir yüzdelik oran kadar uzatmak olacaktır. Risklerin bağımsız oldukları ve ilgili faaliyete etkilerinin toplanabilir olduğu varsayılmıştır. Bir faaliyet ile ilgili tüm risklerin belirlendiği ve proje süresi boyunca değişiklik olmayacağı varsayılmıştır.

Tablo 1'de örnek bir faaliyet gösterilmiştir. Faaliyet X ile ilgili olarak tek bir risk ve bu risk ile ilgili olarak da üç durum söz konusudur. Hiç bir önlem alınmadığı takdirde (durum 1), faaliyetin beklenen süresi $d'_x = 20 + 0.7 * 0.5 * 20 = 27$ ZB olacaktır. Risk seviyesini durum 1'den durum 2'ye azaltacak önlemler

alandığı takdirde, faaliyetin beklenen süresi $d'_x = 20 + 0.6 * 0.5 * 20 = 26$ ZB olacaktır. Bu önlemleri almanın maliyeti 150 PB'dir.

Tablo 1. Örnek bir faaliyet için risk seviyeleri
Faaliyet X Süre (d_x): 20 ZB $|L_x|=1$ $W_{lx}=3$

Durum	Gerçekleşme Olasılığı (P_{ink})	Etki (I_{ink})	Maliyet (PB) (C_{ink})
1	0.7	0.5	0
2	0.6	0.5	150
3	0.6	0.4	300

ZB: zaman birimi, PB: para birimi

3. Matematik Model

Notasyon:

- $\{J\}$: Faaliyet kümesi $j=1, \dots, J$;
 - $\{P_j\}$: Faaliyet j 'nin öncülleri kümesi;
 - $\{L_j\}$: Faaliyet j için kullanılan kaynak kümesi;
 - $\{N_j\}$: Faaliyet j ile ilgili risklerin kümesi;
 - d_j : Faaliyet j 'nin riskler göz önüne alınmadığında süresi;
 - d'_j : Faaliyet j 'nin ilgili riskler altında beklenen süresi;
 - C_p : Gecikmenin birim ceza maliyeti;
 - C_o : Birim genel gider;
 - C_l : Kaynak (işgücü) tipi l 'nin birim maliyeti;
 - C_{jnk} : Faaliyet j ile ilgili risk n 'nin seviyesinin durum l 'den durum k 'ya azaltılmasının maliyeti;
 - K_{jn} : Faaliyet j ile ilgili risk n 'nin seviye (durum) sayısı;
 - P_{jnk} : Faaliyet j ile ilgili risk n 'nin durum k 'da gerçekleşme olasılığı;
 - I_{jnk} : Faaliyet j ile ilgili risk n 'nin durum k 'da, gerçekleşirse, etkisi;
 - W_{lj} : Faaliyet j 'ye atanan işgücü tipi l 'ye ait kişi sayısı;
 - T_{plan} : Proje için belirlenmiş termin tarihi;
 - $E(TC)$: Beklenen toplam maliyet;
 - EST_j : Faaliyet j 'nin en erken başlama zamanı;
 - EFT_j : Faaliyet j 'nin en erken bitiş zamanı;
 - EFT_j : Projenin beklenen bitiş zamanı;
 - y : Projenin beklenen gecikme süresi;
- $$X_{jnk} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j. \text{ aktivitenin } n. \text{ riskinin } k. \text{ durumu seçildiyse} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases};$$

Matematik Model:

$$\text{Min} E(TC) = y * C_p + \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_j} \sum_{k=1}^{K_{jn}} C_{jnk} * X_{jnk} + C_o * EFT_j + \sum_{j=1}^J \sum_{l_j=1}^{L_j} W_{l_j} * d'_j * C_{l_j} \quad (1)$$

$$\text{Min} E(C_{\max}) = EFT_j \quad (2)$$

Kısıtlar:

$$EST_1 = 0 \quad (3)$$

$$EST_j = \max \{ EFT_i \mid i \in P_j \} \quad j = 1, \dots, J \quad (4)$$

$$EFT_j = EST_j + d'_j \quad j = 1, \dots, J \quad (5)$$

$$d'_j = d_j + d_j * \sum_{n=1}^{N_j} \sum_{k=1}^{K_{jn}} X_{jnk} * I_{jnk} * P_{jnk} \quad j = 1, \dots, J \quad (6)$$

$$C_{jn1} = 0 \quad j = 1, \dots, J; n = 1, \dots, N_j \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^{K_{jn}} X_{jnk} = 1 \quad j = 1, \dots, J; n = 1, \dots, N_j \quad (8)$$

$$y = \begin{cases} EFT_J - T_{plan}, & \text{eğer } EFT_J > T_{plan} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (9)$$

$$X_{jnk} \in \{0, 1\} \quad j = 1, \dots, J; n = 1, \dots, N_j; k = 1, \dots, K_{jn} \quad (10)$$

4. Çözüm Yaklaşımı

Faaliyet ve risk sayısı arttıkça matematik modelin çözümü için gerekli zaman hızla arttığından, problemi çözmek üzere bir genetik algoritma (GA) yaklaşımı geliştirilmiştir. Kromozomlar üzerinde toplam risk sayısı kadar gen bulunmakta, her bir gen, ilgili risk için seçilmiş olan durumu temsil etmektedir. Rulet tekerleği seçimi, tek-nokta çaprazlama ve bit mutasyonu operatörleri kullanılmıştır. Bu operatörler, bir biri ardına değil paralel olarak uygulanmaktadır. Bir kromozomun uygunluk değeri, iki bileşenin çarpımı olarak hesaplanmaktadır. Birinci bileşen, kromozomun tüm nesil üyeleri ile yapılan bir Pareto turnuvasında baskın geldiği kromozom sayısının nesil büyüklüğü içindeki oranını vermektedir. Bu oran büyüdükçe uygunluk değeri artmaktadır. İkinci bileşen ise kromozomun en yakın komşusu ile arasındaki Öklid uzaklığının nesildeki en büyük uzaklığa oranını içermektedir. Bu oran düştükçe, uygunluk değeri de düşmektedir. Kromozom ile en yakın komşusu arasındaki uzaklığın az olmasının, kromozomun kalabalık bir bölgede olduğunu işaret ettiği varsayılmıştır. Böylece, ikinci bileşen bir paylaşım fonksiyonunun görevini üstlenmektedir.

Genetik algoritmanın sonuçları üzerinde iyileştirme yapmak üzere iyileştirme algoritmaları geliştirilmiştir. Amaç, kritik olmayan faaliyetlerin risk seviyelerini düşürmek için gereğinden fazla harcama yapmayı engellemektir. Kritik yol üzerindeki faaliyetlerin risk seviyelerini ve dolayısıyla proje süresini değiştirmeden, kritik olmayan faaliyetler için daha az masraflı risk seviyelerinin (daha az maliyetli önlemlerin) seçilmesi sağlanmaktadır. Karşılaştırma bazı sağlamak üzere GAMS kullanılarak her problem için bir yaklaşık baskın çözümler kümesi oluşturulmuştur. Genetik algoritma koşullarının sonuçları, 15 faaliyetlik problemler için çok iyidir. Problem büyüklüğü arttıkça GA'nın performansında düşme olmakta, iyileştirme algoritmalarının performansında gelişme görülmektedir.

Kaynaklar

- De, P.E., Dunne J., Ghosh J.B. ve Wells C.E.**, Complexity of the discrete time-cost tradeoff problem for project networks. *Operations Research*, 45 (2), 302-306, 1997.
- Demeulemeester, E.L., Herroelen W.S. ve Elmaghraby S.E.**, Optimal procedures for the discrete time/cost tradeoff problem in project networks. *European Journal of Operational Research*, 88, 50-68, 1996.
- Fonseca, C.M. ve Fleming P.J.**, An overview of evolutionary algorithms in multiobjective optimization. *Evolutionary Computation*, 3, 1-16, 1995.
- Jaskiewicz A.**, Genetic local search for multi-objective combinatorial optimization. *European Journal of Operational Research*, 137, 50-71, 2002.
- Jones, D.F., Mirrazavi S.K. ve Tamiz M.**, Multiobjective metaheuristics: An overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 137(1), 1-9, 2002.
- Kolisch, R.**, ve Padman R., An integrated survey of deterministic project scheduling. *Omega*, 29, 249-272, 2001.
- Özdamar, L.ve Ulusoy, G.**, A survey on the resource-constrained project scheduling problem. *IIE Transactions*, 27, 574-586, 1994.
- Tavares L.V., Ferreira J.A.A. ve Coelho J.S.**, On the optimal management of project risk. *European Journal of Operational Research*, 107 (2), 451-469, 1998.
- Ulusoy, G.**, Resource constrained scheduling in project planning, *N. Erkip and M. Köksalan (ed), Yöneylem Araştırması Halim Doğrusöz'e Armağan (METU, Ankara)*, 6. Bölüm, 89-128, 2002.
- Wei, C.C. ve Wang C.M.F.**, Efficient approaches of linearization in project compression. *Computers & Industrial Engineering*, 44, 695-706, 2003.