

ÇOK OBJEKTİFLİ ÜRETİM PLANLAMASI PROBLEMİNİN BULANIK MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA İLE ÇÖZÜLMESİ

Adil Baykasoğlu, Türkyay Dereli, Tolunay Göçken, G. Sena Daş
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, 27310, Gaziantep

Özet: Bu çalışmada, çok objektifli üretim planlama modeli bulanık bir modele dönüştürülerek üç değişik tabu arama algoritması ile çözülmüştür. Bu algoritmalar bulanık modeli herhangi bir dönüşüme gerek duymadan doğrudan çözebilmektedirler. Problemin çözümü için, her bir tabu arama algoritması için C programlama dilinde yazılmış olan MOAPPS 1.0 (Multiple Objective Aggregate Production Planning Software) bilgisayar programı revize edilmiş ve MOAPPS 1.0'm üç değişik versiyonu oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Üretim Planlama, Bulanık Hedef Programlama, Tabu Arama Algoritması

SOLUTION OF MULTI OBJECTIVE PRODUCTION PLANNING PROBLEM USING FUZZY MATHEMATICAL PROGRAMMING

Abstract: In this study, the multi objective production planning model is transformed to a fuzzy model and solved with three different tabu search algorithms. These algorithms can solve a fuzzy model directly, without using a transformation process. The computer program MOAPPS 1.0 (Multiple Objective Aggregate Production Planning Software), written in C language is revised and its three different versions is used for solving the problem.

Keywords: Production Planning, Fuzzy Goal Programming, Tabu Search Algorithm

1. Giriş

Bir çok problem ve model sözel değişkenler veya kısıtlar içermektedir. Karar verici problemdeki bazı parametreleri, kısıtları vb. kesin olarak ifade edememekte veya problemde çevre etkilerinden kaynaklanan belirsizlikler bulunmaktadır. Günümüzde, bu tür belirsizlikleri yok sayarak problemi tüm parametreleri kesinmiş gibi modellemek yerine bu tür problemler bulanık matematiksel programlama (BMP) kullanılarak daha doğru, daha gerçekçi şekilde çözülebilmektedir. BMP üzerinde çok çalışılan bir konu haline gelmiştir. Fakat BMP'nin esas zorluğu bulanık modellerin klasik optimizasyon yöntemleri ile çözülmesinin zorluğudur. Bu nedenle genelde BMP problemleri çözümlenirken önce bulanık olmayan modele dönüştürülmekte daha sonra klasik çözüm yöntemlerinden biri kullanılmaktadır. Bu çalışmada bu dönüştürme işlemi yapılmadan, modern sezgisel yöntemlerden biri olan tabu arama algoritması kullanılarak, bulanık hedef programlama (BHP) modeline dayalı üretim planlama probleminin doğrudan çözülebileceği gösterilmiştir.

2. Bulanık Çok Objektifli Üretim Planlama Probleminin (BÇÖÜP) Tabu Arama Algoritması İle Çözümü

Bu çalışmada, Masud ve Hwang'ın (1980) çok objektifli üretim planlama modeli BHP modeline dönüştürülerek çözülmüştür. Problem, BHP problemlerinin çözümü için geliştirilmiş üç yöntem -max-min metodu (Narasimhan, 1980), preemptive metot, additive metot (Tiwari vd. 1987)- ile tabu arama algoritması kullanılarak çözülmüştür. Her bir yöntem için bir tabu arama algoritması oluşturulmuştur. Bu algoritmalar ile BHP problemleri doğrudan yani bulanık olmayan probleme dönüştürme yapılmadan çözülebilmektedir.

BÇÖÜP modelinin matematiksel formülasyonu denklem 1'de gösterilmektedir. Bulanık modelde sadece hedef değerleri bulanık sayı olarak tanımlanmıştır. Bu problemin bulanık olmayan modeli Baykasoğlu (2000, 2001) tarafından çok objektifli tabu arama algoritması ile çözülmüştür. Problem tanımı, model karakteristikleri, model değişkenleri, parametreler vd. Baykasoğlu (2000, 2001) dan incelenebilir. Burada sadece BÇÖÜP modelinin matematiksel formülasyonu verilecektir.

BÇÖÜP modelinde çözüm vektörünü oluşturan beş karar değişkeni bulunmaktadır, $Sol_Vec = (H_t, L_t, P_{it}, O_{it}, S_{it})$. Karar değişkenleri tamsayı değişkenlerdir. P tane önceki geçerli çözüm vektörlerinden rasgele seçilen karar değişkenlerinin indisleri (i, ürün, t, periyot) tabu olarak kabul edilir ve tabu listesi oluşturulur. BÇÖÜP problemini oluşturulan tabu arama algoritmaları ile çözmek için C programlama dilinde yazılmış olan MOAPPS 1.0 (Multiple Objective Aggregate Production Planning

Software) programı (Baykasoğlu 2001) revize edilmiş ve MOAPPS 1.0'ın üç değişik versiyonu oluşturulmuştur.

$$\sum_t \sum_i r_i S_{it} - \sum_t \sum_i c_{1i} (P_{it} + O_{it}) - \sum_t c_{2t} W_t - \sum_t \sum_i c_{3i} (\alpha_i O_{it}) \geq \text{goal}_p \quad (1)$$

$$1/T \left\{ \sum_i \sum_t r_i I_{it}^- \right\} \leq \text{goal}_b$$

$$\sum_t (H_t + L_t) \leq \text{goal}_h$$

$$1/T \left\{ \sum_i \sum_t c_{4i} I_{it}^+ \right\} \leq \text{goal}_{inv}$$

subject to

$$(2) W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \quad \forall t$$

$$(3) W_t \leq W_{t \max} \quad \forall t$$

$$(4) \sum_i \alpha_i P_{it} \leq \delta W_t \quad \forall t$$

$$(5) \sum_i \alpha_i O_{it} \leq \delta \beta_t W_t \quad \forall t$$

$$(6) H_t L_t = 0 \quad \forall t$$

$$(7) I_{it}^+ - I_{it}^- = I_{it-1}^+ - I_{it-1}^- + P_{it} + O_{it} - S_{it} \quad \forall i, t$$

$$(8) S_{it \min} \leq S_{it} \leq S_{it \max} \quad \forall i, t$$

$$(9) I_{it-1}^+ - I_{it-1}^- + P_{it} + O_{it} \geq S_{it \min} \quad \forall i, t$$

$$(10) I_{it}^+ I_{it}^- = 0 \quad \forall i, t$$

$$(11) \sum_i b_i P_{it} \leq \bar{M}_t \quad \forall t$$

$$(12) \sum_i b_i O_{it} \leq \alpha_t \bar{M}_t \quad \forall t$$

$$(13) \sum_i b_i P_{it} \geq \bar{M}_{t \min} \quad \forall t$$

$$(14) I_{it}^+, I_{it}^-, P_{it}, O_{it}, S_{it}, W_t, H_t, L_t \geq 0 \quad \forall i, t$$

BÇOÜP problemi iki ürünli, sekiz periyotlu bir problemidir. Dört amaç için hedef değerler ve toleranslar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Hedef değerleri ve toleransları

$goal_p$	7 657 833	d_p^L	3 000 000
$goal_b$	0	d_b^R	290 000
$goal_h$	500	d_h^R	9000
$goal_{inv}$	6000	d_{inv}^R	550 000

Tablo 2. İşletme ve maliyet verileri

Ürün	İşçilik zamanı (a_i , h/unit)	Makina zamanı (b_i , h/unit)	Üretim maliyeti (işçilik dışında) (C_{1i} , \$/unit)	Standart maliyet (C_{4i} , \$/unit)	Satış geliri (r_i , \$/unit)
1	2	1,5	15	40	70
2	3	2	20	60	100

Tablo 3. Satış, işgücü ve makine kapasite verileri

Period	1	2	3	4	5	6	7	8
$S_{1t \min}$ (lb)	4000	10 000	4000	4500	9000	4500	3000	6000
$S_{1t \max}$ (lb)	12 000	19 000	15 000	16 000	18 000	16 000	10 000	14 000
$S_{2t \min}$ (lb)	3000	8000	7000	2000	6000	1500	4000	6000
$S_{2t \max}$ (lb)	6000	18 000	15 000	5000	12 000	4000	10 000	12 000
$W_{t \max}$ (adam-gün)	5000	4000	4500	3000	5000	5500	4500	4000
M_t (makine-saat)	32 000	28 400	29 600	20 000	32 000	33 600	29 600	264000

Tablo 4. Diğer veriler

Periyot	1	2	3	4	5	6	7	8
α_t	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6
β_t	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
diğer	$c_2 = \$64, c_3 = \$15, I_{10}^- = 500, I_{20}^+ = 500, w_0 = 3500$							

Bulanık olmayan ÇOÜP modeli daha önce literatürde değişik yöntemlerle çözülmüştür. Aşağıdaki tabloda bulanık olmayan ÇOÜP modelinin literatürde yer alan bazı çözümleri ve oluşturulan tabu arama algoritmaları ile BÇOÜP modeli için elde edilen çözümler verilmiştir.

Tablo 5. Tekniklerin karşılaştırılması

Yöntem	Amaç fonksiyonu 1	Amaç fonksiyonu 2	Amaç fonksiyonu 3	Amaç fonksiyonu 4
İdeal çözüm	7 675 833	0	500	6000
Öncelikli hedef programlama-simpleks çözümü (Masud and Hwang, 1980)	7 250 000	150 000	2000	80 000
STEM (step method)	6 902 601	163 724	3088	24 298
SEMOPS (sequential multiple objective problem solving)	6 900 000	165 000	3066	23 332
Tabu arama algoritması (Baykasoğlu [10])	7 698 459	0	1183	362 973
BÇOÜP (önerilen yöntem)				
Preemptive metod ¹	7 657 916	0	2797	446 200
Max-min metod ²	7 189 055	45 071	1578	92 008
Additive metod ³	7 733 393	371	899	33 318

¹: preemptive metod çözümü için kullanılan tabu arama parametreleri; $S_{it}, H_t, L_t, P_{it}, O_{it}$ için adım büyüklükleri 150,100,50,50,50, tabu listesi genişliği 20, komşu çözüm sayısı 15, maksimum iterasyon sayısı 10000.

²: max-min metod çözümü için kullanılan tabu arama parametreleri; $S_{it}, H_t, L_t, P_{it}, O_{it}$ için adım büyüklükleri 50,35,100,100, 100, tabu listesi genişliği 20, komşu çözüm sayısı 15, maksimum iterasyon sayısı 10000.

³: additive metod çözümü için kullanılan tabu arama parametreleri; $S_{it}, H_t, L_t, P_{it}, O_{it}$ için adım büyüklükleri 150,35,150,150, 150, tabu listesi genişliği 20, komşu çözüm sayısı 15, maksimum iterasyon sayısı 10000.

Tablo 5 incelendiğinde bulanık olmayan model için tabu arama algoritması ile elde edilen sonucun diğer çözüm yöntemleri ile elde edilen sonuçlara göre daha iyi olduğu görülmektedir. Tablodan görüldüğü gibi BÇOÜP modeli için elde edilen çözümler tatmin edicidir. BÇOÜP modeli için preemptive metotla elde edilen sonuçlar ilk iki amaç için diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlara (Baykasoğlu'nun metodu hariç) göre daha iyi sonuç vermiştir. BÇOÜP modeli için max-min metod ve additive metotla elde edilen sonuçlar ise ilk üç amaç için diğer çözümleri (Baykasoğlu'nun metodu hariç) göre daha iyi sonuç vermiştir.

3. Sonuç

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, ÇOÜP problemini BHP ile modelleyerek tabu arama algoritması ile doğrudan çözmenin çok iyi bir alternatif çözüm metodu olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca görülmektedir ki oluşturulan tabu arama algoritmaları BHP problemlerini çözmede etkili yöntemlerdir.

Kaynaklar

Masud, A.S.M., Hwang, C.L., An aggregate production planning model and application of three multiple objective decision methods. Int. J. Prod. Res., 18(6), 1980.

Baykasoğlu, A., Çok objektifli üretim planlaması problemlerinin çok objektifli yasaklı tarama yöntemi ile çözümü. 3. GAP Mühendislik Kongresi, 181-189, Mayıs 2000, Şanlıurfa, Turkey.

Baykasoğlu, A., MOAPPS 1.0: aggregate production planning using the multiple-objective tabu search. Int. J. of Prod. Res., 29(16), 3685-3702, 2001.

Narasimhan, R., Goal programming in a fuzzy environment. Decision Sciences, 11, 325-336, 1980.

Tiwari, R.N., Dharmar, S., Rao, J.R., Fuzzy goal programming – an additive model. Fuzzy Sets and Systems, 24, 27-34, 1987.