

$n/m/F/\theta_1\tilde{C}_{max} + \theta_2\tilde{T}_{max}$ PROBLEMİ İÇİN BULANIK GENETİK ALGORİTMA

İzzettin Temiz, Serpil Erol

Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara

Özet: Çizelgeleme alanında yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu problem verilerinin önceden bilindiği ve belirli olduğu modeller üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak imalat sistemlerinde, insan faktörü, işlem hataları, işlerin yüklenmesi, işlem biriminin kapasitesi, işlem teknikleri, hammadde kalitesindeki değişiklikler gibi işlem zamanı ve teslim tarihini etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bu yüzden kesin ve belirli veriler yerine bulanık sayıların kullanılması daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Diğer taraftan gerçekte karşılaştığımız pekçok problem genellikle birbirleri ile çelişen birden fazla amacı eşzamanlı optimize etmeyi gerektirir. Bu çalışmada işlem zamanlarının ve teslim tarihlerinin bulanık sayılarla ifade edildiği çok makinalı akış tipi çizelgeleme problemlerinde bulanık tamamlanma zamanı (\tilde{C}_{max}) ve bulanık maksimum gecikme (\tilde{T}_{max}) amaçlarını eş zamanlı eniyileyen, genetik algoritma tabanlı çok amaçlı çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Algoritma sonucunda, karar vericiye daha gerçekçi seçim yapabileceği bulanık amaçlara ilişkin pareto optimal çözümler kümesi sunulmaktadır. Karar verici bu etkin (pareto) çözümler yardımıyla daha sağlıklı karar verebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Çizelgeleme, Bulanık Küme, Genetik Algoritma, Pareto Optimal

FUZZY GENETIC ALGORITHM FOR $n/m/F/\theta_1\tilde{C}_{max} + \theta_2\tilde{T}_{max}$ PROBLEM

Abstract: Most of the studies done on scheduling concentrate on the models whose problem parameters are known and determined in advance. However in manufacturing systems there are various factors such as human factor, operation faults, loading of jobs, processing unit capacity, processing techniques, changes in the quality of raw material that affect processing times and due-dates. Hence using fuzzy data instead of definite and fixed data will assure to reach more realistic results. On the other hand, many problems we confront require to optimize simultaneously more than one objectives that usually conflict with each other. In this study, multi objective solution method based on genetic algorithm, optimized fuzzy completion times and fuzzy maximum tardiness objectives simultaneously for the multi-machine scheduling problems in which processing times and due dates are expressed in fuzzy numbers, was developed. As a result of algorithm, pareto optimal solutions set, which help to decision maker to do more realistic selection, concerning fuzzy objectives is offered to decision maker. Decision maker will make more realistic decisions by this effective (pareto) solutions.

Keywords: Scheduling, Fuzzy Set, Genetic Algorithm, Pareto Optimal

1. Giriş

Pek çok alanda uygulama imkanı bulan bulanık küme teorisi üretim yönetimi alanında da başarıyla uygulanmıştır. Geçmişte üretim çizelgeleme alanında işlem zamanları ve teslim tarihleri genellikle kesin değerler olarak ele alınmışlardır. Ancak bu varsayım pekçok durum için geçerli değildir. Bunun yerine işlem zamanları ve teslim sürelerindeki belirsizliği de modellere dahil edebilmek için bulanık küme teorisinin kullanılması daha gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Geçmiş yıllarda Adamopoulos ve Pappis (1996), Han ve arkadaşları (1994), Ishii ve arkadaşları (1992) bulanık teslim tarihi kavramını, Ishibuchi ve arkadaşları (1994), Kuroda ve Wang (1996), Stanfield ve arkadaşları da bulanık işlem zamanı kavramını çizelgeleme problemlerinde kullanmışlardır.

Çizelgeleme çalışmalarında çeşitli amaçların birlikte ele alınması ile maliyetlerde önemli düşüşler sağlanmaktadır. Bu önemlerine rağmen çok makinalı sistemlerde çok amaçlı çizelgeleme problemlerine yeterli önem verilmemiştir. Çizelgeleme problemleri NP-zor problem sınıfında yer aldığından, problem boyutu büyüdükçe çözümü analitik yöntemlerle mümkün olamamaktadır. Bunun yerine sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Genetik algoritmaların büyük boyutlu problemler için iyi sonuç verdiği ve optimale yakın sonuca daha hızlı ulaştığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir. Gerçek yaşamdaki problemler birden fazla amacın birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Amaçların birlikte değerlendirilmesi sonucunda maliyetlerde önemli düşüşler sağlanmaktadır. Bu çalışmada akış tipi problemler için işlem zamanları ve teslim tarihlerinin üçgen bulanık sayılarla ifade edildiği durumu ele alan, bulanık

tamamlanma zamanı ve bulanık maksimum gecikme kriterlerini en iyilenmeye çalışan çok amaçlı bir yaklaşım sunulmaktadır. Zaman parametreleri bulanık olduğu için tamamlanma zamanı ve maksimum gecikme de bulanık sayı olarak hesaplanır.

2. Problemin Tanımı

Çok amaçlı akış tipi çizelgeleme problemi matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\min \tilde{f}(x) = [\tilde{f}_1(x), \tilde{f}_2(x)]$$

$$\tilde{f}_1 = \max \tilde{C}_i$$

$$\tilde{f}_2 = \max \tilde{T}_i$$

Bu ifadelerde yeralan x çözüm dizisini, \tilde{C}_i i işinin bulanık tamamlanma zamanını ve \tilde{T}_i de i işinin bulanık gecikme zamanını belirtmektedir. Çoklu performans veya vektör optimizasyonu olan çok amaçlı optimizasyon, amaç fonksiyonlarından oluşan bir vektörel maliyet fonksiyonunun bileşenlerini eniyilemeye çalışır. Problemin çözümü noktalar ailesinden oluşur ve bunlara pareto optimal çözümler kümesi denir. Pareto optimalite şartı;

$$f_i(x) \leq f_i(x^*) \quad \forall i = 1, 2, 3 \text{ için ve}$$

$$f_i(x) < f_i(x^*) \quad \text{en az bir } i \text{ için}$$

şartlarını sağlayan başka bir $x \in S$ vektörü yok ise $x^* \in S$ pareto optimaldir.

Pareto çözümler çeşitli yaklaşımlarla elde edilir. Bunlardan biri de ağırlıklandırma yaklaşımıdır. Seçilen her ağırlık için elde edilen çözüm bir pareto noktadır. Ağırlıklar değiştirilerek tüm pareto çözümlerden oluşan eğri elde edilir (Gen ve Cheng, 2000).

Bulanık iki amaçlı akış tipi çizelgeleme problemi için önerilen algoritmanın adımları aşağıda verilmiştir.

Adım-1 N sayıda alternatif çözümden oluşan başlangıç yığını oluştur.

Adım-2 Yığındaki her bir bireyin bulanık amaç fonksiyon değerlerini kullanarak uygunluk değerlerini ve seçilme olasılıklarını sırasıyla (1) ve (2) denklemleri ile hesapla.

$$\tilde{f}(i) = \theta_1 * \tilde{C}_{max_i} + \theta_2 * \tilde{T}_{max_i} \quad (1)$$

$$P(i) = (\tilde{f}^{max} - \tilde{f}_i) / \sum_{i=1}^N (\tilde{f}^{max} - \tilde{f}_i) \quad \sum_{i=1}^N (\tilde{f}^{max} - \tilde{f}_i) \neq 0 \quad (2)$$

Adım-3 Pareto optimal çözümler kümesini belirle.

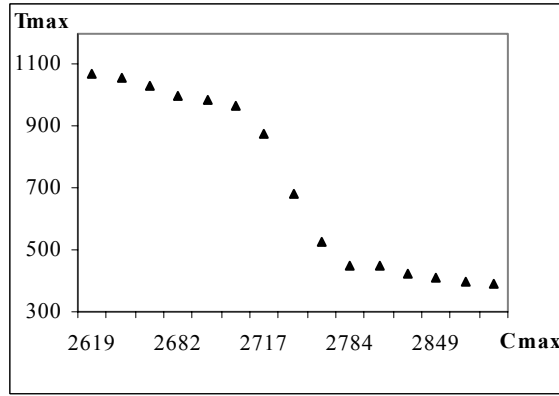
Adım-4 Rulet çemberine göre ebeveyn bireyleri belirle ve bu bireylere P_c olasılığı ile çaprazlama işlemini uygula. Çaprazlama sonucu oluşan bireyleri de P_m olasılığı ile mutasyona ugrat.

Adım-5 Yeni yığın uygunluk değerlerini hesapla. Bir önceki yığında her bir amacı eniyileyen bireyleri yeni nesil yığına ilave et. Yeni nesil yığın boyutu N'e eşit olana kadar artakalanları uygunluk değerlerine göre yeni üretilen bireylerden seç. Pareto optimal çözümler kümesini güncelle.

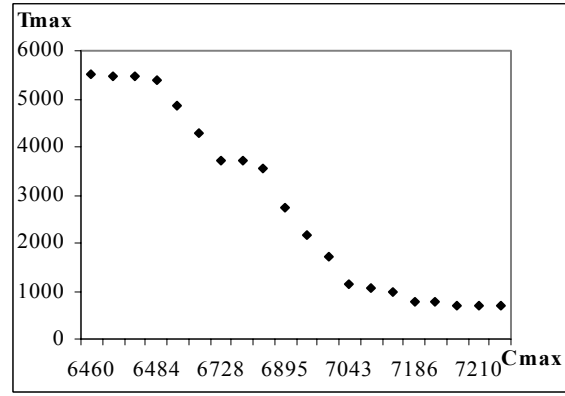
Adım-6 Maksimum nesil sayısına ulaşıldıysa algoritmayı sonlandır ve Pareto optimal çözümleri getir. Aksi takdirde nesil sayısını 1 artırarak *Adım-2*'ye geri dön.

3. Örnek Problemler

Geliştirilen bulanık algoritmayı test etmek için Ishibuchi ve arkadaşlarının (2003) test problemleri olan 20iş-20makina ve 80iş-20makinalı akış tipi çizelgeleme problemlerinden faydalanılmıştır. Öncelikle kesin (crisp) değerlerden oluşan işlem zamanları ve teslim süreleri bulanık üçgen sayılara dönüştürülmüştür. Üçgen bulanık sayılara dönüştürme işlemi, bir faaliyetin uzun zaman almasının, daha kısa zaman almasından daha olası olacağı mantığıyla gerçekleştirilmiştir. Üçgen bulanık sayının orta değeri (x) kesin sayı olan test problem verilerinden oluşurken, alt ve üst noktalar sırasıyla $\delta_1 < 1$ ve $\delta_2 > 1$ olacak şekilde $[\delta_1 x, x]$ ve $[x, \delta_2 x]$ aralıklarından rassal olarak belirlenmiştir. Algoritmada yığın boyutu 100, $P_c=0,95$, $P_m=0,05$ ve çaprazlama yöntemi olarak doğrusal sıralı çaprazlama yöntemi (LOX) kullanılarak çalıştırılmıştır. 1500 nesil sonucunda 20iş-20makina problemi için 15, 80iş-20makina problemi için ise 20 pareto optimal sonuç bulunmuştur. Bulanık üçgen sayılardan oluşan tamamlanma zamanı ve maksimum gecikme kriterlerine ilişkin pareto optimal değerler normal değerlere dönüştürülmüş haliyle çizilen grafikleri Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Elde edilen pareto çözümler kümesi içinden en iyi pareto optimal noktanın seçimi için çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunların en yaygın olanı, en iyi değerlerden ayrılışlar temeline dayanan *min-max* yaklaşımıdır. Maksimum ayrılışın minimize edildiği nokta bulunmaya çalışılır.



Şekil 1. 20 İş 20 Makina Problemi pareto çözümler



Şekil 2. 80 İş 20 Makina Problemi pareto çözümler

$Z_i = \frac{|f_i(x) - f_i^{min}(x)|}{f_i^{min}(x)}$ eşitliği yardımıyla amaçların en iyi değerlerden ayrılışlarının normalize edilmiş değerleri belirlenir. İki amaçlı problemin en iyi x^* pareto noktası $\min_{x \in \Omega} \{ \max\{Z_1, Z_2\} \}$

ile belirlenir (Belegundu ve Chandrupatla, 1999). Bu yaklaşıma göre 20iş-20makina problemi için en iyi pareto nokta bulanık tamamlanma zamanı (2810,2845,2892), bulanık maksimum geçikme zamanı (285,399,549), 80iş-20makina problemi için en iyi pareto nokta ise bulanık tamamlanma zamanı (7109,7211,7275) ve bulanık maksimum geçikme zamanı (0,787,1316) olan çözümler olarak belirlenir.

4. Sonuç

Bu çalışmada işlem zamanlarının ve teslim sürelerinin bulanık olduğu akış tipi çizelgeleme problemlerinde tamamlanma zamanı ve maksimum gecikme kriterlerini eş zamanlı en iyileyme çalışan çok amaçlı optimizasyon yaklaşımına ilişkin genetik algoritma sunulmuştur. Algoritma sonucunda karar vericiye tamamlanma zamanı ve maksimum gecikme süreleri bulanık sayılardan oluşan baskın çözümler seti sunulmaktadır. Karar verici nihai sonucu, elde edilen bu baskın çözümler setinden belirler. Bu çalışmadaki amaç tüm baskın çözümler setinin belirlenmesidir. Nihai sonucun belirlenip seçilmesine ilişkin yaklaşım ayrı bir çalışma olarak ileride ele alınacaktır.

Kaynaklar

- Adamopoulos, G. I. and Pappis, C. P., A Fuzzy-linguistic approach to a multi-criteria sequencing problem, *European Journal of Operational Research*, 92(3), pp. 628-636, 1996.
- Belegundu, A.D. and Chandrupatla, T.R., *Optimization Concepts and Applications in Engineering*, Prentice-Hall, New Jersey, 1999,
- Gen, M. and Cheng, R., *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley & Sons, Inc. New York, 2000
- Han, S., Ishii, H., and Fujii, S., One machine scheduling problem with fuzzy due dates, *European Journal of Operational Research*, 79(1), pp.1-12,1994.
- Ishibuchi, H., Yamamoto, N., Murata, T. and Tanaka, H., Genetic algorithms and neighborhood search algorithms for fuzzy flowshop scheduling problems, *Fuzzy Sets and Systems*, 67(1), 81-100,1994.
- Ishibuchi, H., Yoshida, T. and Murata, T., Balance between Genetic Search and Local Search in Memetic Algorithms for Multiobjective Permutation Flowshop Scheduling, *IEEE Trans. on Evolutionary Computation*, 7(2), pp.204-223, 2003.
- Ishii, H., Tada, M. and Masuda T., Two scheduling problems with fuzzy due-dates, *Fuzzy Sets and Systems*, 46, pp.339-347,1992.
- Kuroda, M. and Wang, Z., Fuzzy job shop scheduling, *International Journal of Production Economics*, 44, pp.45-51, 1996.
- McCahon, C. S. and Lee, E. S., Jop Sequencing with Fuzzy Processing Times, *Computers and Mathematics with Applications*, 19(7), pp.31-41, 1990.
- Stanfield, P.M., King, R.E. and Joines, J.A., Scheduling arrivals to a production system in a fuzzy environment, *European Journal of Operational Research*, 93(1), pp.75-87, 1996.