



ENGINEERING SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy

2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0163

Serkan Kaya¹

Ömer Akgöbek²

Orhan Engin³

Harran University¹

Zirve University²

Selcuk University³

serkankaya@harran.edu.tr

omer.akgobek@zirve.edu.tr

orhanengin@yahoo.com

Sanliurfa-Turkey

**ERKEN VE GEÇ CEZALI PERMÜTASYON AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNİN
DAĞINIK ARAMA METASEZGİSELİ İLE ÇÖZÜMÜ**

ÖZET

Akış tipi çizelgeleme probleminde, n adet birbirinden bağımsız iş, aynı sıra ile birbirinden farklı m adet makinede işlem görmektedir. Bu araştırmada, erken ve geç cezalı, ortak teslim tarihi olan permütasyon akış tipi çizelgeleme problemleri incelenmiştir. Erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme, NP-Zor problemler kapsamında yer almaktadır. Bu problemlerin çözümünde, yapay zekâ tekniklerinden olan dağınık arama metasezgiseli kullanılmıştır. Erken ve geç cezalı, ortak teslim tarihli permütasyon akış tipi kıyaslama problemi, önerilen dağınık arama metodu ile çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Erken ve Geç Cezalı, Permutasyon Akış Tipi, Dağınık Arama, Metasezgisel Yöntemler, Kıyaslama Problemleri

**SCATTER SEARCH METAHEURISTIC FOR SOLVING THE FLOW SHOP SCHEDULING WITH
EARLINESS AND TARDINESS PENALTIES**

ABSTRACT

In a permutation flow shop scheduling problem, n independent jobs have to be processed in the same order on m different machines. In this study, the permutation flow shop scheduling problem with earliness and tardiness penalties and common due date for jobs is considered. The permutation flow shop scheduling with earliness and tardiness penalties is known NP-hard problem. A scatter search which known a metaheuristic method is used to solve this permutation flow shop scheduling problem. A benchmark permutation flow shop scheduling with earliness and tardiness penalties and common due date problem is solved by proposed scatter search method.

Keywords: Earliness and Tardiness Penalties, Permutation Flow Shop, Scatter Search, Metaheuristic Methods, Benchmark Problems

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çizelgeleme, bir karar verme veya birden fazla amacın optimize edilmesi ile ilgili bir süreçtir. Amaçların optimize edilmesi sürecinde çeşitli performans kriterleri kullanılmaktadır. Çizelgeleme literatüründe kullanılan önemli performans kriterlerinden biri de, teslim tarihidir. Teorik ve gerçek yaşam çizelgeleme problemlerinde, önceden belirlenen teslim tarihlerinde işlerin tamamlanması, gerçekleştirilmesi istenen bir amaçtır. Ayrıca ortalama gecikme, ortalama akış zamanı, geciken iş sayısı ve maksimum gecikme de literatürde kullanılan diğer performans kriterleridir.

Erken ve geç cezalı çizelgeleme probleminin en yaygın kullanımı, Tam Zamanında Üretim (TZÜ) sistemidir. TZÜ'de işlerin istenilen zamanda hazır olması istenilir. Erken ve geç bitirilmesine müsaade edilmez.

Erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme problemleri ile ilgili literatürde yapılan sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. Erken ve geç cezalı performans kriteri, çizelgeleme literatüründe ağırlıklı olarak tek makine üzerinde kullanılmıştır. Erken ve geç cezalı çizelgeleme problemleri ile ilgili ilk çalışma Sidney tarafından 1977 yılında yapılmıştır. Sidney, tek makine problemlerinde maksimum erken ve geç cezanın minimize edilmesi için polinomial bir algoritma önermiştir (Chandra ve diğ., 2009). Erken ve geç cezalı akış tipi çizelgeleme problemleri ile ilgili sınırlı sayıda yapılan çalışmalardan ikisi aşağıda özetlenmiştir. Chandra ve diğ. (2009) ortak teslim tarihli erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme problemini dikkate almışlardır. Problemi üç alt bölümde incelemişlerdir. Bunla; (i) teslim tarihinde bütün işlerin geciktiği, (ii) teslim tarihinin sınırlandırılmadığı ve (iii) teslim tarihinin ikisi arasında olduğu durumlardır. Bu üç durum için sezgisel bir yöntem önermişler ve sınırlı sayıda uygulama ile sezgisel yöntemin performansını analiz etmişlerdir. Orta ölçekli bir ilaç üretim firmasında uygulama yapmışlardır. Yeung ve diğ. (2004) iki aşamalı ortak teslim tarihli makine çizelgeleme problemleri üzerinde çalışmışlardır. Problemin NP-zor olduğunu göstermişlerdir. Problemin çözümü için dal sınır algoritması ile sezgisel bir yöntem önermişlerdir.

Bu çalışmada da erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için dağınık arama algoritması ilk defa önerilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Tam zamanında üretim sisteminde, erken ve geç cezalı çizelgeleme süreçleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde işlerin erken ve geç bitirilmesine müsaade edilmez. Erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme, NP-zor problemler kapsamında yer almaktadır. Bu çalışmada da erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme problemlerinin optimum veya optimuma yakın çözümlerini elde etmek için metasezgisel yöntemlerden olan dağınık arama algoritması ilk defa önerilmiştir.

3. ERKEN VE GEÇ CEZALI PERMUTASYON AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME (FLOW SHOP SCHEDULING WITH EARLINESS AND TARDINESS PENALTIES)

Bu çalışmada, m -makine ve n -iş'den oluşan ve ortak teslim zamanına (d) sahip permütasyon akış tipi çizelgeleme problemi dikkate alınmıştır. Bütün işlerin sıfırinci zamanda hazır olduğu varsayılmaktadır. Amaç fonksiyonu olarak, toplam erken süre ve toplam geç süre cezalarının maksimum değerinin minimize edilmesi seçilmiştir. Problemin çözümünde kullanılan notasyonlar aşağıda sunulmuştur (Pinedo, 2008).

C_{ij} : j 'inci işin i 'inci makinede tamamlanma zamanını gösterir. Bu, j 'inci işin en son i 'inci makinedeki tamamlanma zamanıdır.

L_j : j 'inci işin geç zamanını gösterir ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$L_j = C_j - d_j$$

Eğer j 'inci iş geç tamamlanır, L_j pozitif olur. Eğer teslim tarihine göre erken tamamlanır, L_j negatif olur.

T_j : j 'inci işin gecikme zamanını gösterir ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$T_j = \max(C_j - d_j, 0) = \max(L_j, 0)$$

Geç ve gecikme arasındaki en büyük fark, gecikmenin hiçbir zaman negatif olamayacağıdır. Son dönemde araştırmacılar, düzenli olmayan ölçütler üzerinde çalışmaktadırlar. Örneğin, j 'inci iş d_j teslim tarihine sahip ise amaç erkenlik cezası aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$E_j = \max(d_j - c_j, 0)$$

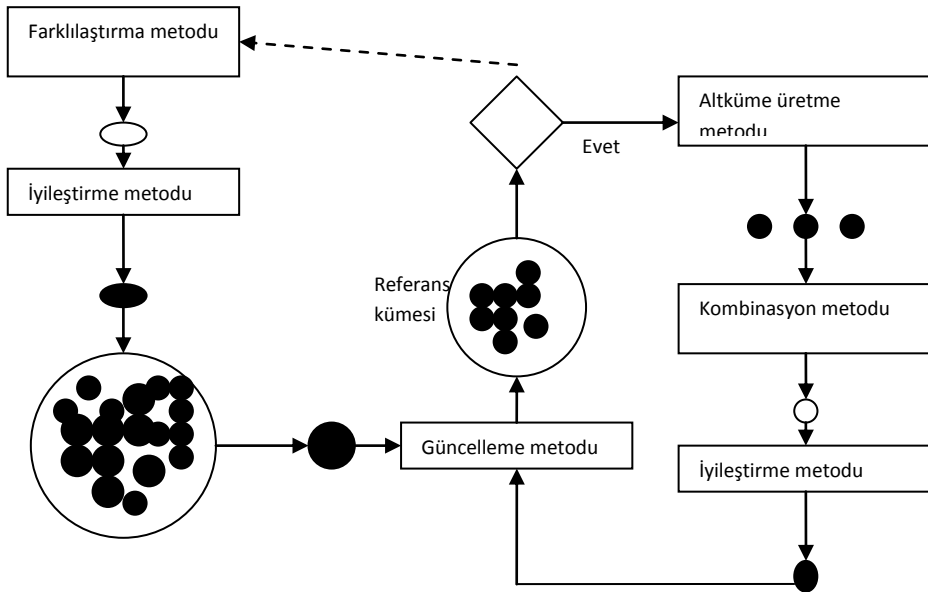
Erkenlik (earlines) cezası: C_j içinde artmayan değerdir.

Toplam erkenlik ve toplam geçlik için amaç denklemi aşağıdaki gibi olur:

$$\sum_{j=1}^n E_j + \sum_{j=1}^n T_j$$

4. DAĞINIK ARAMA METODU (SCATTER SEARCH METHOD)

Dağınık arama metodu ilk olarak 1977 yılında Glover tarafından geliştirilmiştir (Marti ve diğ., 2006). Dağınık arama metodu yeni çözümler elde edebilmek için referans küme adı verilen bir kümedeki çözümleri birleştirir. Dağınık Arama Metodunun diğer evrimsel algoritma metotlarından temel farkı, çözümü seçme yoludur. Dağınık Arama metodunda sistematik olarak referans kümesinden iki ya da daha fazla çözüm seçilerek yeni sonuçlar üretilir (Oktay ve Engin, 2006). Dağınık arama süreci Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir (Oktay ve Engin, 2006 ve Sagarna ve Lozano, 2006).



Şekil 1. Dağınık arama süreci (Oktay ve diğ.,2006 ve Sagarna ve diğ.,2006)
(Figure 1. Scatter Search process(Oktay et al.,.2006 and Sagarna et al.,,2006))

Dağıntık arama metodu, son yıllarda çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanılan ve başarılı sonuçlar veren bir meta sezgisel yöntemdir. Dağıntık arama metodunun çizelgeleme problemlerinde kullanımı ile ilgili literatürde son yıllarda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Engin ve diğ., (2009) çok amaçlı, bulanık permütasyon açık tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için dağıntık arama metodunu kullanmıştır. Motor piston imalatı yapan bir işletmede uygulama yapmışlardır. Rahimi-Vahed ve diğ., (2008) iki kriterli beklemez akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için çok amaçlı bir dağıntık arama metodu önermişlerdir. Önerdikleri metodu çok amaçlı genetik algoritma ile kıyaslamışlardır. Noorul ve diğ., (2007) genel akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için yeni bir dağıntık arama algoritması geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri algoritmayı, kıyaslama problemleri üzerinde, Tabu aramaları ile kıyaslamışlardır. Nowicki ve Smutnicki (2006) akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için dağıntık arama algoritmasını önermişlerdir. Dağıntık arama metodunun adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Cano ve diğ. 2004):

- İyi ve farklı bireyler içeren başlangıç popülasyonu rassal olarak oluşturulur,
- Popülasyondan en iyi çözümleri seçerek referans kümesi türetilir,
- Referans kümesinden iyi altkümeler seçilir,
- Yeni bireyler oluşturmak için seçilen altkümelerdeki bireyler zekice birleştirilir
- Kombinasyonlar iyileştirilir. Bunun için yeni bireyleri iyileştirmek için uygulanan özelleştirilmiş bir prosedür uygulanır,
- Referans kümesi güncellenir,
- Yeni referans kümesi güncelleninceye kadar Adım 3'den Adım 6'ya adımları tekrarlanır,
- Sonlanma kriteri gerçekleşinceye kadar Adım 1'den Adım 8'e kadar olan işlemler tekrarlanır.

5. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu araştırmada, m -makine ve n -iş'ten oluşan ortak teslim tarihli permütasyon akış tipi çizelgeleme problemleri incelenmiştir. Bu amaçla Delphi programlama dili kullanılarak bir yazılım geliştirilmiştir (Akgöbek, 2005). Yazılımda, işlerin erken ve geç bitirilmesinden dolayı ortaya çıkan toplam cezanın minimize edilmesi sağlanmıştır. Her bir işin erken ve geç süresi, işlerin en son makinedeki tamamlanma zamanı ile teslim tarihi arasındaki fark hesaplanmıştır.

Bu çalışmada literatürde yer alan ve İşler ve diğ., (2009) tarafından kullanılan 6-iş x 2- makine permütasyon akış tipi çizelgeleme problemi dikkate alınmıştır. Çözülen problemin işlem zamanları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Örnek problem işlem süreleri (6-iş x 2- makine)
(Table 1. The processing times for proposed problem (6-jobx2-machine))

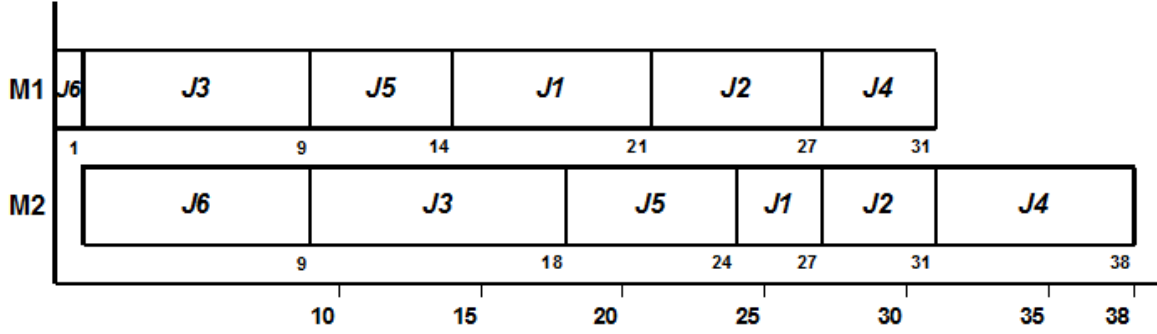
Makine \ İş	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
	M ₁	7	6	8	4	5
M ₂	3	4	9	7	6	8

Kıyaslama probleminin dağıntık arama ile çözümünde erken tamamlanma ceza katsayısı $\alpha=0.8$, geç tamamlanma ceza katsayısı $\beta=1.2$, öğrenme eğrisi parametresi $LR=0.8$, buna bağlı olarak $a=-0.322$ ve ortak teslim tarihi belirleme katsayısı $h=0.8$ alındığında $d=27.2$ olarak kullanılmıştır (İşler ve diğ, 2009). Başlangıç popülasyon sayısı 10, iterasyon sayısı 100 olarak alınmış ve en iyi sonuç 6. iterasyonda bulunmuştur.

Ortak teslim tarihine göre 6-iş x 2-makine problemi dağınık arama algoritması ile çözüldüğünde iş sırası 6-3-5-1-2-4 olarak bulunmuştur. Amaç, minimize edilmiş maksimum erken ve geç cezalı amaç fonksiyonu değeri aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$Z = \Sigma(\alpha E_j + \beta T_j) = 42.16 \quad (1)$$

(1) nolu ifadede bulunan amaç fonksiyonu global optimum değerini göstermektedir. Problemin en iyi çözümüne ait Gantt diagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Örnek problemin çözümüne ait Gantt diyagramı
(Figure 2. The Gantt chart for proposed scheduling problem)

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu araştırmada, m -makine ve n -iş'ten oluşan ve ortak teslim zamanına (d) sahip permütasyon akış tipi çizelgeleme problemi dikkate alınmıştır. Bu araştırmada da erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için dağınık arama algoritması ilk defa önerilmiştir. Literatürde yer alan 6-iş x 2-makine problemi dağınık arama algoritması ile çözülmüştür. Ortak amaç fonksiyonu için seçilen problemde global optimum değerine ulaşılmıştır. Dağınık arama algoritmasında yapılacak parametre optimizasyonu yardımıyla, erken ve geç cezalı permütasyon akış tipi çizelgeleme problemlerine oldukça başarılı sonuçlar bulunacağı düşünülmektedir.

REFERANSLAR (REFERENCES)

1. Akgöbek, Ö., (2005). Delphi ile Görsel Programlama Sanatı, ISBN:975-295-493-6, Beta Basım, İstanbul.
2. Cano, D.B., Santana, J.B., Rodriguez, C.C., Del Amo, I.J.G., Torres, M.G., Garcia, F.J.M., Batista, B.M., Perez, J.A.M., Vega, J.M.M., and Martin, R.R., (2004). Nature-inspired Components of the Scatter Search. Technical Report.
3. Chandra, P., Mehta, P., and Tirupati, D., (2009). Permutation flow shop scheduling with earliness and tardiness penalties, International Journal of Production Research 47, 20, 5591-5610.
4. Engin, O., Kahraman, C., and Yılmaz, M.K., (2009). A Scatter Search Method for Multiobjective Fuzzy Permutation Flow Shop Scheduling Problem: A Real World Application, Computational Intelligence in Flow Shop and Job Shop Scheduling(Ed. Uday K. Chakraborty) Springer.
5. İşler, M.C., Çelik, V. ve Toklu, B., (2009). İki Makine Akış Tipi Öğrenme Etkili Çizelgelemede Ortak Teslim Tarihinden Mutlak Sapmaların En Küçüklenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 24, 2, 351-357.
6. Marti, R., Laguna, M., Glover, F.G., (2006). Principles of scatter search, European Journal of Operational Research 169, 359- 372.

7. Noorul, H.A., Saravanan, M., Vivekraj, A.R., Prasad, T., (2007). A scatter search approach for general flow shop scheduling problem, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 31, 731-736
8. Nowicki, E. and Smutnicki C., (2006). Some Aspects of Scatter Search in the Flow-Shop Problem, European Journal of Operational Research 169, 654-666
9. Oktay, S. ve Engin, O., (2006). Endüstriyel Problemlerin Çözümünde Dağılık Arama Yöntemi: Literatür Araştırması, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 3, 144- 155.
10. Pinedo, M.J., (2008). Scheduling: Theory, Algorithms and Systems, Third Edition.
11. Rahimi-Vahed. A.R., Javadi. B., Rabbani. M., and Tavakkoli-Moghaddam, R., (2008). A multi-objective scatter search for a bi-criteria no-wait flow shop scheduling problem, Engineering Optimization 40, 4, 331- 346.
12. Sagarna, R. and Lozano, J.A., (2006). Scatter Search in Software Testing, Comparison and Collaboration with Estimation of Distribution Algorithms, European Journal of Operational Research, 169, 392-412
13. Yeung, W.K., Oğuz C., and Edwin Cheng, T.C., (2004). Two-stage flowshop earliness and tardiness machine scheduling involving a common due window, International Journal of Production Economics 90, 421-434.