

SİPARİŞ TİPİ ATÖLYELERDE İŞ SIRALAMA PROBLEMİ İÇİN BİR GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI

Murat Baskak

İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34367, Maçka, İstanbul

Vural Erol

Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sistem Mühendisliği, 34357, Beşiktaş, İstanbul

Özet: Üretim sistemlerinde iş sıralama problemi, belli bir performans ölçütünü eniyileyecek iş akış sırasını (tezgâhlara gelen işlerin yapılma sırasını) belirlemek olarak bilinir. İş sıralama problemleri, işlerin geliş şekline göre Akış tipi ve Sipariş tipi olmak üzere ikiye ayrılır. Akış tipi iş sıralama problemlerinde, belirli bir dönem için iş listesi bilinmektedir ve tüm işlerin makinalarda işlenme sırası aynıdır. Sipariş tipi problemlerde ise iş listesi sürekli ve rasgele değişmekte, işler düzensiz aralıklarla atölyeye gelmektedir. Burada en önemli nokta ise işlerin makinalarda işlenme sıralarının farklı olabilmesidir. Bu tip problemlerde genel amaç, genellikle tüm işlerin tamamlanma süresini en küçükmektir. Bu durumu gerçekleştirmek için kullanılan en etkili yöntemlerden biri de Genetik Algoritmalar'dır (GA). GA, olası tüm çözümlerin değil de salt bâzı seçilmiş çözümlerin denenmesi yoluyla beklenen optimum sonucu bulmaya çalışan, parametre kodlama temeline dayanan bir arama tekniğidir. GA'lar doğada geçerli olan "en iyinin yaşaması" kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üretir. Bunun için "iyi" nin ne olduğunu belirleyen bir uygunluk fonksiyonu ve yeni çözümler üretmek için yeniden kopyalama ve değiştirme gibi operatörleri kullanır. GA'lar, "Yapay Zekâ" nın gittikçe genişleyen bir kolu olan evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçasını oluşturmaktadır. Bu bildiride, GA yöntemiyle Sipariş tipi iş sıralama problemlerinin çözümü incelenmekte, bu konuda Visual Basic.Net'te hazırlanan bir program kullanılarak bir elektrik motoru fabrikasında yapılan uygulamanın sonuçları değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Üretim Plânlama, Çizelgeleme, Yapay Zekâ, Uzman Sistemler

Abstract: In production systems, it is known that job sequencing problem is the determination of work flow sequence (jobs that come to workbenches for operating) which improves a certain performance criterion. There are two kinds of job sequencing problem according to work arrival condition, as Flow type and Order type. In Flow type job sequencing problems, work list for a specific period is known and all of the work operating sequences on machines are same. As for Order type job sequencing problems, work lists can be randomly changeable and jobs comes to workshops unperiodically. Order type job sequencing problem's the most important feature is that work operating sequences on machines can be different. The general objective in these type problems is usually minimizing the completion time of all works. For realizing this situation, Genetic Algorithms (GA) is one of the most effective methods. GA is a search method based on parameter encoding that purposes optimum outcome using some of chosen solutions. GA produces continually improving solutions on the basis of nature rule which provides "living which has best properties". Because of this, it uses fitness function that determines "best properties" and cross over operator for producing new solutions. GA is an evolutionary calculation technique which expands with Artificial Intelligence. In this article, problem solutions in Order type job sequencing with GA is examined and application results from a electrical motor factory, by using a program which is prepared in Visual Basic.Net are evaluated.

Keywords: Production Planning, Scheduling, Artificial Intelligence, Expert Systems

1. Giriş

Günümüzün rekâbete dayalı ortamında, işletmeler en az miktarda kaynak kullanarak, müşteri gereksinimlerine en hızlı yanıt verebilecek tekniklerle en kaliteli ürün ve hizmet üretmenin peşindedirler. Bu yüzden, hızlı değişen müşteri talepleri karşısında özellikle üretim plânlarını en çabuk oluşturan işletmeler rekâbette bir adım öne geçecektir. Etkili plânlar kurabilmek için de işletmeler optimizasyon tekniklerinden yararlanmak zorundadırlar. Klâsik analitik yöntemler, şimdye kadar plânların oluşturulmasında en çok kullanılan yöntemlerden biri idi. Ama, üretim sistemlerinde bulunan çok fazla rassal parametre ve sürekli değişen çevre, kurulması istenen bu plânların yavaş oluşturulmasına ve etkisizleşmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, çok değişkenli sistemlerde oldukça etkili olan ve gelişimini hâlâ sürdüren bir optimizasyon tekniği olan "Genetik Algoritma" yöntemi, araştırmacılar tarafından bu plânların oluşturulmasında kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, bir Endüstri Mühendisliği konusu olan İş Sıralama üzerinde Genetik Algoritma yöntemi incelenmektedir ve bu

yöntemle Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama problemine çözümler sunan bir programla uygulama yapılmaktadır.

2. Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama Problemi

Aynı tezgâhtan/tezgâhlardan geçecek birden çok iş olduğu takdirde, bu işlerin yapılma sırasının belirlenmesi işlemine İş Sıralama denir. İşlerin her tezgâhta hangi zamanda başlaması ve bitmesi gerektiğinin plânlanıp gösterildiği çizelgelere iş çizelgesi, bu plânlama çalışmasına, yâni elde edilen iş sıralarına zaman boyutunun katılması işlemine iş çizelgeleme denir (Acar, 2001).

Üretim sistemlerinde sıralama problemi, belli bir performans ölçütünü eniyileyecek iş akış sırasını (tezgâhlara gelen işlerin yapılma sırasını) belirlemek olarak bilinir. Klâsik İş Sıralama problemi işlerin geliş şekline göre iki türe ayrılır (Acar, 2001):

a. **Akış Tipi Atölyelerde İş Sıralama:** Bu tip problemlerde, belirli bir dönem için iş listesi bilinmektedir. Tüm işlerin makinalarda işlenme sırası aynıdır. İşler, boş olan bir atölyeye hemen işlenmek üzere düzenli olarak gelirler. Bu tip problemlerde genel amaç, işlerin tezgâhlardan geçiş sırasını bulmaktır.

b. **Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama:** Bu tip problemlerde ise iş listesi sürekli ve rasgele değişmekte, işler düzensiz aralıklarla atölyeye gelmektedir. Burada en önemli nokta ise işlerin makinalarda işlenme sıralarının farklı olabilmesidir. Bu tip problemlerde genel amaç, tüm işlerin işlenme süresini (yayıma süresi) en küçüklemek, tezgâh boş bekleme süresini veya bekleyen iş sayısını en azlamak vb. olabilir.

Diğer optimizasyon problemlerinde olduğu gibi, işlerin sıralanmasında da toplam etkinliğin en iyilenmesi istenir. Atölye performansını değerlendirmek için kullanılan ölçüt, sıralama probleminde önemli rol oynamaktadır. Etkinliğin en iyilenmesinde seçilebilecek kimi ölçütler şunlardır:

- Tüm işlerin tamamlanma zamanının (İş tamamlanma zamanlarının en büyüğü veya en son sırada yapılan işin bitiş zamanı veya yayılma süresi) en küçüklenmesi
- İş sırasının ortaya çıkardığı ortalama bekleme süresinin en küçüklenmesi
- Kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısının yansıttığı üretim içi stok düzeyi (geciken iş sayısı, yarı işlenmiş ürün miktarı) değerinin en küçüklenmesi

Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama probleminin çözüm uzayı oldukça geniştir. Bu nedenle yöneylem modelleriyle en az yayılma süresini verecek iş sırasını bulmak oldukça zor ve zaman alıcıdır. Örneğin, 8 iş ve 4 makinanın bulunduğu bir sistemin çözüm uzayı $[(8!)^4 =] 2,64 \cdot 10^{18}$ elemanlıdır. Bu nedenle iş listesinin sürekli ve rasgele değiştiği Sipariş Tipi Atölyelerde (değişken) sıralama problemlerinde çözüme ulaşmak için tümüyle farklı teknikler kullanmak gerekir. Bu tekniklerden biri de öncelik kurallarına göre sıralama yapmaktır. Öncelik kuralları, herhangi bir tezgâhta, belli bir işin bitiminden sonra hangi işe başlanacağı konusunda karar verici kişiye yol gösteren basit mantıksal kurallardır. İşlerin özellikleri ya da sistemin durumuna göre işlere öncelik değerleri vermede kullanılırlar. Örneğin, bir parçanın üretimi için gerekli işlem sayısı, parçanın kalan işlem süresi vb. Ama bu teknik, %100 güvenilir olmadığı gibi, gerçekte elde edilebilecek en iyi sonuca çok uzak çözümler sunabilmektedir. İş Sıralama, iyi bilinen zor kombinatoriyal optimizasyon problemlerinden biridir. Son otuz yılda bu problemlerin çözümü için yeteri kadar araştırma yapılmış olup, öncelik kurallı ve dal-sınır tekniğine dayanan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu tip problemler, NP türü problemler kapsamında olduğundan bilgisayarların hızlarının artması ile daha etkin çizelgeleme yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır (Baker, 1974). Genetik Algoritmalar da Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama problemini çözmek için süre ve alınan sonuç açısından en iyi yöntemlerden biridir.

3. Genetik Algoritmalar Kullanılarak Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama Yapılması

Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama problemlerinde genel amaç permütasyon tipi her bir işin her bir makinaadaki yapılış sırasını belirleyerek en kısa tamamlanma süresini elde etmektir. Son on yıl boyunca değişik kodlama teknikleri geliştirilmiştir. Çözümün kromozomlara nasıl kodlanacağı GA'da anahtar niteliğinde bir çalışmadır. Kromozomların kodlanması ve şifre çözümü aşamasında, üç kritik noktaya dikkat edilmesi gerekir (Cheng ve diğ., 1996):

1. Kromozomun uygunluğu kontrol edilir.
2. Kromozomun belirlenen koşulları (kısıtları) sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir.
3. Kodlama haritasında, kromozomun tek olduğu kontrol edilir.

Koşulları sağlamayan bir kromozom, çözüm uzayındaki değerleri şifreleyemez; böyle bir kromozom, evrime uğrayamaz. GA ile kurulacak modelde, iş çizelgeleme problemi ile ilgilenileceği için aşağıda bu konuda geliştirilen kodlama yöntemleri anlatılmaktadır. Uygulamamızda (programda), İş Sıralama problemleri ile ilgili olarak geliştirilen 9 temsil yönteminden Operasyona Dayalı Kodlama yöntemi

kullanılmaktadır. Bu kodlama ilk olarak Davis tarafından çizelgeleme problemlerinde kullanılmıştır. Çizelgeleme problemi, n iş- m makina için, m alt kromozomdan oluşturulur ve her bir alt kromozom dizisindeki semboller n iş sayısı uzunluğunda olur. Her bir sembol, makinadaki ilgili bir operasyonu gösterir. Makina önüne, kuyruktaki beklemelerinin durumunu analiz etmek için, simülasyonla kromozomlardan asıl çizelge çıkarılır. Bir kromozomun, [(2 3 1) (1 3 2) (2 1 3)] olduğu varsayılır ise, m_1 makinası için ilk gen (2 3 1) işleri tercih listesidir; m_2 makinası için (1 3 2) işleri ve m_3 makinası için ise (2 1 3) işleridir (Davis, 1985).

4. Hazırlanan Genetik Algoritma Yazılımı

Visual Basic.Net 2002 ile yazılan programda amaç, Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama problemlerinde yayılma süresini en küçükleyen sonucu GA yöntemini kullanarak bulmaya çalışmaktır. Özetle, Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama problemlerinde makinaların operasyonları belli bir sıraya göre yapmasını bir sistem olarak görürsek, amaç, sistemin çıktısını yani tüm işlerin bitirildiği zamanı en küçüklemektir. Tüm işlerin bitirildiği zaman ise yapılan son operasyonun bitiş zamanıdır.

Programda kullanılan GA yönteminin çalışma ilkesi şu şekildedir :

1. **Başla:** n adet kromozomdan (probleme uygun çözümler) oluşan bir popülasyon üret veya kullanıcının başlangıç popülasyonunu girmesini bekle.
2. **Uygunluk:** Her kromozomun uygunluğunu hesapla (her çözüme ilişkin yayılma süresini bul).
3. **Yeni popülasyon üret:** Aşağıdaki adımları yeni bir popülasyon oluşuncaya dek yinele.
 - a. **Seçim:** Herhangi bir popülasyondan uygunluk değerlerine göre iki ebeveyn seç (ne kadar az yayılma süresi, o kadar çok seçilme şansı).
 - b. **Çaprazlama:** Çaprazlama olasılığına göre bireyleri yeni birey oluşturmak için çaprazla. Eğer hiç çaprazlama olmazsa çocuk, ebeveyninin kopyası olacaktır.
 - c. **Mutasyon:** Mutasyon olasılığına göre yeni bireyi değişikliğe uğrat.
 - d. **Onaylama:** Oluşturulan bireyi yeni popülasyona yerleştir.
4. **Popülasyonu değiştir:** Algoritmanın bir sonraki adımında oluşturduğu yeni popülasyonu kullan.
5. **Test et:** Eğer bitiş koşulu sağlanmışsa (son nesile ulaşılmışsa) dur ve varolan popülasyon içindeki en iyi çözümü, çıktı olarak bildir.
6. **Geri dön:** Adım 2'ye dön.

5. Sonuç ve Öneriler

Genel anlamda Üretim Plânlama, belirli miktar ve kalitedeki ürünlere olan istemi veya siparişleri karşılamak için varolan olanakları en uygun şekilde kullanan ve işletme amaçlarına olumlu yönde katkıda bulunan bir faaliyetler kümesidir. Genel olarak **Sipariş (Atölye) Tipi Üretim Sistemleri** ve **Akış (Ürün Hattı) Tipi Üretim Sistemleri** olmak üzere iki tip üretim organizasyonu vardır. Genellikle üretim sistemlerinde bu iki tipin karışımı olan bir örgüt yapısı görülmektedir. Tümüyle sipariş tipi veya akış tipi bir fabrika bulmak oldukça zordur. Bu nedenlerle en uygun çözümü bulunamayan akış tipi çizelgeleme problemlerinin GA ile çözüm performansının artırılması düşünülmüştür. Bu nedenle GA'larla Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama programı fabrikalarda üretim çizelgelerinin hazırlanmasında oldukça yararlı olacaktır. Ayrıca bu konu, Üretim Plânlamada yer alan en uyguna yakın iş çizelgelerinin hazırlanmasını amaçlayan Optimum Üretim Teknolojisi yaklaşımını da desteklemektedir.

Kaynaklar

- Acar, N., *Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları*, Milli Produktivite Merkezi Yayınları No: 280, Ankara, 2001.
- Cheng, R., Gen, M., Tsujimura, Y., A Tutorial Survey of Job Shop Scheduling Problems Using Genetic Algorithms-I, Representations, *Computers and Industrial Engineering*, Vol : 30, No: 4, p. 983 – 997, 1996.
- Croce, F. D., Tadei, R., Volta, G., A Genetic Algorithm for Job Shop Scheduling, *Computers and Industrial Engineering*, Vol:25, No: 1-4, Pergamon, 1995.
- Çölesen, R., Veri Yapıları ve Algoritmalar, *Papatya Yayıncılık*, İstanbul, 2002.
- Davis, L., Job Shop Scheduling with Genetic Algorithm, In : *Proceeding of the First International Conference on Genetic Algorithms*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, p. 36-40, 1985.
- Engin, O., Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalar ile Çözüm Performansının Artırılmasında Parametre Optimizasyonu, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
- Gen, M., Cheng, R., Genetic Algorithms and Engineering Optimization, *John Wiley Sons, Inc, USA*, 2000.
- Goldberg, D. E., Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning, *Addison-Wesley Publishing Company, USA*, 1989.
- Holland, J.H., Adaptation in Natural and Artificial Systems, *University of Michigan Press, Ann Arbor*, 1975.
- Wang, D., Gen, M., Cheng, R., Scheduling Grouped Jobs on Single Machine with Genetic Algorithms, *Computers and Industrial Engineering*, 36, p. 309-324, 1999.