

ATÖLYE TİPİ ÇİZELGELEME VE OPERASYON SIRALAMA PROBLEMİNE GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

Ash ERDİLLER
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri
Mühendisliği Bölümü
erdiller@uludag.edu.tr

Â. Yurdun ORBAK
Uludağ Üniv.
Mühendislik-Mimarlık Fak.ültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
orbak@uludag.edu.tr

ÖZET

Atölye çizelgeleme probleminde makine kullanımı, arızalar, değişen siparişler gibi atölyedeki değişen koşulları dikkate almadan hazırlanan çizelgeler imalat ortamında birebir uygulanamamaktadır. Uygulanabilir çizelgeler oluşturmak için değişim esnekliğine sahip ve hızlı sonuç veren yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu bildiride, n tip işi işleyebilen m adet makinenin bulunduğu bir iş atölyesinden oluşan üretim sisteminin çizelgeleme ve operasyon sıralama probleminin çözülebilmesi için genetik algoritma tabanlı bir yaklaşım sunulmakta ve sonuçları irdelenmektedir. Kullanılan yaklaşım ile elde edilen çizelgeler aktif, ertelemesiz çizelgelerdir ve elde edilen çözümler arasından yüksek uygunluk değerli olan çizelgeler alternatif operasyon sıralarını oluşturmaktadır. Önerilen algoritma ile yakın optimal çözümler oldukça kısa hesaplama zamanlarında elde edilebilmektedir.

Anahtar kelimeler: İşlem Planlama, Çizelgeleme, Genetik Algoritmalar.

1. GİRİŞ

Üretim planlamanın önemli aşamalarından birisi atölye çizelgelemesidir. Atölye çizelgeleme atölyeye gelen işlerin zaman unsuru da dikkate alınarak makinelerle atanması işlemidir. Ana üretim planlama aşamasında yapılan planlar ve buna göre hazırlanan çizelgeler çoğunlukla atölye koşulları dikkate alınmadan yapılmaktadırlar. Bu nedenle ana üretim planlama aşamasında hazırlanan çizelgeler atölye ortamında birebir takip edilemezler. Oluşan bu sorunu önlemek ve çizelgeleme sürecini iyileştirmek ancak çizelgeleme ile üretim planlamanın ilgili diğer aşamalarını bütünleştirerek mümkündür.

Çizelgeleme süreçlerinin diğer üretim fonksiyonları ile tümleştirilmesi oldukça yeni bir yaklaşımdır. Tümleşik sistemlerin avantajlarını görerek çizelgeleme ile alternatif işlem planlarını tümleştiren araştırmacılar arasında Chryssolouris ve Chan (1984), Shaw ve Winston (1985), Zhao ve Kops (1987), Khoshnevis ve Chan (1990), Palmer (1994), Zhang ve Mallur (1994) ile Tan ve Khoshnevis

(1997) sayılabilir. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler arasında matematiksel programlama, kural ve bilgi tabanlı yaklaşımlar ile sezgisel yöntemler bulunmaktadır. Ayrıca, Chryssolouris ve Chan (1984) ile Shaw ve Winston (1985) alternatif kaynakların bulunduğu bir üretim sistemini bilgi tabanlı bir yaklaşımla çözmüşlerdir. Zhao ve Kops (1987) grup teknolojisine dayalı otomatik CAPP sistemi ile kilit makine yükleme algoritmasını birleştirmişlerdir. Sundaram ve Fu (1988), Zhao ve Kops (1987) tarafından önerilen kilit makine prosedürü ile aktif iş sıraları yaratma mekanizmasını birleştirmişlerdir. Palmer (1994) ile Brandimarte ve diğ. (1995) tavlama benzetimi yaklaşımını kullanarak çözümlerde belirgin iyileşmeler sağlanmıştır. Morad ve Zalzal (1999) tarafından sunulan genetik algoritma ile işlem yetenekleri ve alternatif makinelerin maliyetlerini de dikkate alınarak alternatif makinelerin bulunduğu hücreli imalat ortamında işlerin çizelgelenmesi yapılmaktadır. Lee ve diğ. (2001) geliştirdikleri simülasyon tabanlı genetik algoritma ile çizelge zamanı ve geç kalma gibi çizelgeleme amaçlarını belirgin bir şekilde azalttığı ortaya koyulmuştur.

Bu çalışmada, çizelgeleme ile işlem planlama aşamaları tümleştirilmesi amaçlanmaktadır. Oluşturulan sistem, belirli sayıda iş tipinin işlendiği ve alternatif makinelerin bulunduğu bir iş atölyesidir. Bu sistemde amaç, çizelge zamanı, geç kalan iş sayısı ve toplam geç kalma süresinin ağırlık fonksiyonunu enküçükleyecek çizelgenin oluşturulmasıdır. Çalışmada tanımlanan tümleşim problemine yakın-eniyi çözümler elde etmek için bir "çok amaçlı genetik algoritma" sunulmaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Çizelgeleme

Bir iş merkezindeki personel ve donanımın, işlerin teslim tarihlerini karşılamak üzere çizelgelenmesi atölye kontrolü olarak adlandırılır. Genellikle işler bir iş merkezindeki makinelerde belirli bir sırayla işlenir. Bütün işler ve makineler bölünmez olarak kabul edilir. Eğer bir makine meşgulse gelen işler sıraya girmek zorundadır. Burada, çizelgeleme kavramı ile işlerin sıralanması kastedilmektedir. Amaç, verilen bir iş topluluğunun belirli kriterleri eniyilemek için zaman unsuru da dikkate alınarak, bir makineler topluluğunda işlenmek üzere sıralanmasıdır.

2.1.1. Atölye Çizelgeleme Terminolojisi

Genellikle tüm çizelgeleme problemlerinde makine ve iş sayısının sonlu olduğu kabul edilir. Çizelgeleme problemindeki iş sayısı n ile, makine sayısı m ile gösterilebilir. Genellikle işler için j , makineler için ise i indisi kullanılır. Bir işin birden fazla işlem gerektirmesi durumunda (i, j) ikilisi j işinin i makinesindeki işlemini belirtir. Aşağıda çizelgelemede kullanılan kısaltmalar ve eniyileme kriterleri kısaca açıklanmaktadır:

- İşlem süresi (p_{ij}): p_{ij} , j işinin i makinesindeki işlem süresini göstermektedir.
- Hazır olma zamanı (r_j): j işinin en erken işlenmeye başlayabileceği zamanı belirtir.
- Teslim tarihi (d_j): j işinin tamamlanma veya müşteriye gönderilme zamanını gösterir. İşlerin teslim tarihinden sonra bitmesine izin verilebilir, ancak bunun bir ceza maliyeti vardır.
- Ağırlık (w_j): j işinin diğerlerine göre önceliğini belirten bir öncelik faktörüdür. Bu ağırlık elde tutma veya envanter maliyeti gibi işe yüklenmiş veya yüklenecek olan bir maliyet olabilir.
- Çizelge zamanı (makespan - $C_{\max}$): Son işin tamamlanma zamanına eşit olan çizelge zamanı, aynı zamanda tüm n işin tamamlanması için gerekli süredir. C_i bir i işinin tamamlanma zamanı olmak üzere, $C_{\max} = \max(C_1, C_2, \dots, C_n)$ olarak tanımlanır. Enküçük çizelge zamanı makine kullanım oranının yüksek olduğunu gösterir.
- Toplam pozitif geç kalma (tardiness - $\sum T_i$): İşin tamamlanma zamanı ile teslim tarihi arasındaki pozitif farkların toplamıdır.

2.1.2. Kısıtlayıcı Varsayımlar

Atölye çizelgeleme problemi ile ilgili kısıtlayıcı varsayımlar üç grupta toplanabilir. İşlerle ilgili varsayımlar ni , makinelerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar mi , işler ve makinelerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar nmi olarak adlandırılmışlardır.

İşlerle(n) ve Makinalarla (m) İlgili Kısıtlayıcı Varsayımlar

1. n ve m sabit olmalı ve bilinmelidir.

2. Bütün işler işlenmek ve bütün makineler işleri işlemek için aynı anda hazır durumdadır ve birbirinden bağımsızdır.
3. Bir sınırsız zaman dilimi boyunca bütün işler ve makineler hazır olarak kalacaktır.
4. Her iş şu üç durumdan birinde olabilir; (i) Bir sonraki makinede işlenmek için bekliyor olabilir, (ii) Bir makinede işlenebilir, (iii) Sonuncu makinede işlenmiş ve tamamlanmış olabilir.
- Her makine şu üç durumdan birinde olabilir: (i) Bir sonraki işi işlemek için bekleyebilir, (ii) Bir işi işleyebilir, (iii) Sonuncu işi tamamlamış olabilir.
5. Bütün işler ve makineler eşit önem derecesine sahiptir.
6. Her iş, o iş için tanımlanmış tüm makinelerde işlenmelidir ve her makine kendisi için tanımlanmış tüm işleri işlemelidir.
7. Bir iş aynı anda yalnızca bir makine tarafından işlenebilir.

İşler ve Makinelerle (nm) İlgili Kısıtlayıcı Varsayımlar

1. Bütün işlerin işlem süreleri sabit ve sıralamadan bağımsızdır.
2. Başlayan her işlem tamamlanana kadar devam etmek zorundadır. (no preemption)
3. Bir işin işlemlerinin sayısı sabit ve bilinmektedir.
4. Bir makinenin işlem sırası bilinmekte ancak bu işlem sırası sabitlenmek istenmektedir.

Bu varsayımlardan $n1$ ve $m1$ varsayımları önemli varsayımlardır ve problemin deterministik yapıda olmasını sağlarlar. $n2$ varsayımının sağlanmadığı çizelgeleme problemleri mevcuttur. İşlerin birbirine bağlı olduğu durumlar veya hazırlık sürelerinin varlığı işlerin hazır zamanlarını değiştirecektir. $n3$ varsayımı çoğunlukla her işin bir teslim tarihi olması nedeniyle gerçeğe uygun değildir. $m2$ ve $m3$ varsayımları makinelerin arıza, bakım, tamir durumları göz önüne alındığında geçerliliğini yitirir. Ara stok alanlarının olmadığı veya ara stok bulundurulmasına izin verilmediği durumlarda da $n4$ varsayımı geçerliliğini yitirecektir. $m4$ varsayımı her zaman geçerli olmadığı için çıkarılabilir. $m5$ ve $n5$ varsayımları her zaman geçerli olmadığı için çıkarılabilir. Problemin yapısı ile ilgili olan $n6$ ve $m6$ varsayımları oldukça önemlidir (Kan 1976). Hazırlık sürelerinin bulunduğu veya işin kesilmesine izin verilen durumlarda $nm1$ ve $nm2$ varsayımları geçerli değildir. $nm3$ ve $nm4$ varsayımları önemli varsayımlardır ve problemten çıkarılmalarına izin verilmez (Kan 1976).

2.1.3. Baskınlık Özellikleri

Permütasyon iş sıraları arasında belirtilen performans ölçütleri açısından her zaman en iyi sonucu veren sıralamalar "Baskın İş Sıraları Kümesi" olarak adlandırılır. Atölye çizelgeleme için permütasyon iş sıraları sayısı $(n!)^m$ şeklinde hesaplanır. Olası iş sıraları sayısı küçük problemler için bile oldukça büyük olmaktadır. Tüm sıraların tek tek ele alınması hesaplama zamanı ve etkinlik açısından anlamlı değildir. Bu sebeplerle atölye çizelgeleme problemleri için permütasyon iş sıraları baskın iş sıraları kümesini oluşturmazlar. Atölye çizelgeleme problemlerinde baskın iş sıraları yaratılması süreci 4 aşamadan oluşur. Bu aşamalar olurlu iş sıraları oluşturulması, yerel sola kayma, genel sola kayma ve gecikmeleri engellemedir (Baker 1994). Örnek olarak, Çizelge 1'de her işi 3 işlemden oluşan, 4 işin ve 3 makinenin bulunduğu atölye çizelgeleme problemine ait verileri bulunmaktadır. Çizelgede her işe ait işlemlerin işleneceği makine numaraları ve bu makinelerdeki işlem süreleri verilmektedir. İlk işten başlanarak işler çizelgelendiğinde elde edilen ilk çizelge Çizelge 2'de verilmektedir. Oluşturulan ilk sıralamada çizelge zamanı tüm işlerin işlem süreleri toplamına eşittir.

Çizelge 1 Ayarlamalı Yaratma Düzenegi için Örnek Problem Verileri

	Makineler			İşlem Süreleri		
	İşlem 1	İşlem 2	İşlem 3	İşlem 1	İşlem 2	İşlem 3
İş 1	# 1	# 2	# 3	4	3	2
İş 2	# 2	# 1	# 3	1	4	4
İş 3	# 3	# 2	# 1	3	2	3
İş 4	# 2	# 3	# 1	3	3	1

Çizelge 2 Ayarlamalı Yaratma Düzenegi Örnek Problemi için Olurlu İş Sırası

M1	1 ₁				2 ₂				3 ₃				4 ₁			
M2			1 ₂		2 ₁						3 ₂		4 ₂			
M3				1 ₃			2 ₃			3 ₁						4 ₃
	0	4	7	9	10	14	18	21	23	26	29	33	34			

Çizelge 3 Yerel Sola Kayma İşlemi ile Düzenlemiş İş Sırası

İşlerin makinelerdeki sıraları bozularak genel sola kayma işlemi yapılır. Bu işlem ile 2 numaralı iş dört birim, 3 numaralı iş on iki birim ve 4 numaralı iş 21 birim sola kaydırılmıştır. Yeni oluşan çizelge Çizelge 4'de verilmektedir. Bu durumda çizelge zamanı 11 birim azaltılarak 17 birim olmuştur.

136

3. GENETİK ALGORİTMALAR

Genetik algoritma, doğadaki evrim mekanizmasını örnek alan bir arama yöntemidir (Goldberg 1989). Genetik algoritmalar, doğada geçerli olan en iyinin yaşaması kuralını rassal bilgi değişimi ile birleştirerek bir arama algoritması oluştururlar. Her nesilde bir önceki neslin eniyileri kullanılarak yeni bireyler elde edilmeye çalışılır. Bunun için "iyi"nin ne olduğunu belirleyen bir *uygunluk* (fitness) fonksiyonu ve yeni çözümler üretmek için *yeniden üreme* (reproduction), *çaprazlama* (crossover) ve *değişim* (mutation) gibi operatörleri kullanır. Genetik algoritmaların bir diğer önemli özelliği de bir grup çözümle uğraşmasıdır. Bu sayede çok sayıda çözümün içinden iyileri seçilip kötülerini elenebilir (Goldberg 1989, Pirlot 1996). Genetik algoritmalarla ait çalışma prensibi Şekil 1'de verilmektedir.

Adım 1:	Olası çözümlerin kodlandığı bir çözüm grubu oluşturulur (çözüm grubu, biyolojideki benzerliği nedeniyle, nüfus (population), çözümlerin kodları (string) dizi olarak adlandırılır).
Adım 2:	Her dizinin ne kadar iyi uygunluk fonksiyonu yardımıyla olduğu bulunur.
Adım 3:	Bu diziler eşlenerek, üreme, çaprazlama ve değişim operatörleri uygulanır. Bu sayede yeni bir nüfus oluşturulur.
Adım 4:	Yeni dizilere yer açmak için eski diziler ortadan kaldırılır.
Adım 5:	Tüm dizilerin uygunlukları tekrar hesaplanır.
Adım 6:	Eğer nesil sayısına ulaşılmamışsa 3. adıma gidilir.
Adım 7:	O ana kadar bulunmuş en iyi dizi sonuçtur.

Şekil 1 Genetik Algoritmaların Çalışma Prensibi

3.1. Tümlleşik Çizelgeleme ve İşlem Planlama için Çok Amaçlı Genetik Algoritma

Bu çalışmada, m adet makinede, her biri k işlemenden oluşan n tip işin işlendiği bir atölye çizelgeleme problemi ele alınmaktadır. Problemden, her iş tipi için işlem birbirine bağlıdır. Üretim sisteminde kullanılan makineler birbirine benzer işleve sahiptir, fakat işleme hızları birbirinden farklıdır. Üretim sistemine iş tipleri bazında siparişler gelmektedir. Her siparişin belirli bir teslim tarihi bulunmaktadır. Bu problemde öngörülen amaçlar çizelge zamanının, geç kalan iş sayısının ve toplam pozitif geç kalmanın enküçüklenmesidir. Bu çalışmada problemin çözümü için *çok amaçlı bir genetik algoritma* önerilmektedir. Önerilen algoritma ile aktif ve gecikmesiz iş sıraları oluşturulmakta, bu şekilde çizelge zamanı enküçüklenmektedir. Çizelge zamanının enküçüklenmesi ile makine aylak zamanları azaltılmakta ve makine kullanım oranlarının artırılması sağlanmaktadır. Geç kalan iş sayısının azaltılması ve toplam pozitif geç kalmanın enküçüklenmesi, her siparişin teslim tarihinin karşılanması sağlamaktadır. Teslim tarihinin karşılanması bir taraftan teslimdeki gecikmelerden kaynaklanan ceza maliyetini enküçüklemekte, diğer taraftan müşteri memnuniyetinin artırılmasını sağlamaktadır. Bu problem için oluşturulan amaç fonksiyonu çizelge zamanı, toplam pozitif geç kalma süresi ve geç kalan iş sayısının ağırlıklı fonksiyonudur. Kriterler için kullanılan ağırlıklar w_i ($i = 1,2,3$) olarak tanımlanmışlardır. Bu şartlara göre oluşan amaç fonksiyonu; C_{max} çizelge zamanı, T_i geç kalma süresi ve NT_i geç kalan iş sayısı olmak üzere $Min_Z = w_1 \cdot C_{max} + w_2 \cdot \sum T_i + w_3 \cdot NT_i$ olarak ifade edilebilir.

Verilen amaç fonksiyonunda çizelge zamanı göreceli olarak diğer kriterlere göre daha büyük değerlere sahip olacaktır. Oluşacak dengesizliği önleyebilmek için amaç fonksiyonları normalize edilmelidirler. Amaç fonksiyonunun normalizasyonu için iki değer tanımlanmaktadır. Enbüyük toplam değer, tüm siparişlerin işlenebilmesi için gerekli en uzun toplam süredir ve TD ile ifade edilir. Geç kalan işlerin normalizasyonu için toplam sipariş sayısı kullanılır ve NS ile ifade edilir.

Bir çok problemde olduğu gibi işlem sıralama ve çizelgeleme problemlerinde de amaç fonksiyonları enküçüklenmek istenmektedir. Ancak genetik algoritmalarda kullanılan uygunluk fonksiyonu enbüyüklenme için uygundur. Bu problem için kullanılacak uygunluk fonksiyonu f , $f = 1 - Z = 1 - (w_1 \cdot \frac{C_{max}}{TD} + w_2 \cdot \frac{\sum T_i}{TD} + w_3 \cdot \frac{NT_i}{NS})$ şeklindedir. Uygunluk fonksiyonunun alabileceği en büyük uygunluk değeri çizelge zamanı, toplam değer ve w_i ağırlığına bağlıdır.

3.2. Çok Amaçlı Genetik Algoritmanın Uygulanması

Önerilen algoritmanın etkinliğini belirleyebilmek için 4 makine ve 5 iş tipinin bulunduğu bir atölye örneği oluşturulmuştur. Bu işlemler alternatif makinelerde işlenebilirler. İşlemlerin yapılabileceği alternatif makineler birbirine benzer işlevlere fakat farklı işleme hızlarına sahip makineler olabilmektedir. Örneğin A iş tipinin 2 numaralı işlemi için Makine 1, 2 ve 3 birbirinden farklı hızlara sahip alternatif makineleri oluştururlar. Bir modele ait verilerin bir kısmı Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6 Model 1 için Veriler

Siparişler			Sıralanmış Siparişler		
Sipariş Numarası	Sipariş Tipi	Teslim Tarihleri (saat)	Sipariş Numarası	Sipariş Tipi	Teslim Tarihleri (saat)
1	C	190	6	B	40
2	A	140	8	D	70
3	E	5	7	B	100
4	D	10	9	E	100
5	C	150	2	A	140

Model 1 için birey uzunluğu 68 olarak hesaplanmıştır. Seçilen nüfus büyüklüğü 30 birey seçilmiştir. Çaprazlama ve değişim olasılıkları olarak literatürde en sık kullanılan değerler olan 0.6 ve 0.01 seçilmiştir (Goldberg 1989). Verilen verilere göre başlangıç nüfusu oluşturularak başlangıç nüfusuna ilişkin hesaplamalar yapılır. Oluşturulan başlangıç nüfusu incelendiğinde elde edilen çizelge zamanlarının 118 ile 208 değerleri arasında, toplam geç kalma süreleri 125 ile 455 birim zaman değerleri arasında değer aldığı gözlemlenir. Geç kalan iş sayısı 3 ile 7 arasında değişmektedir. Oluşturulan modele göre ilk sıralamadan dolayı en az iki işin geç kalması beklenmektedir.

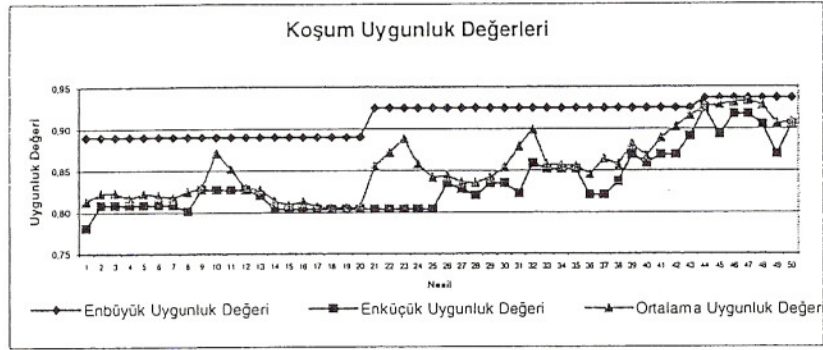
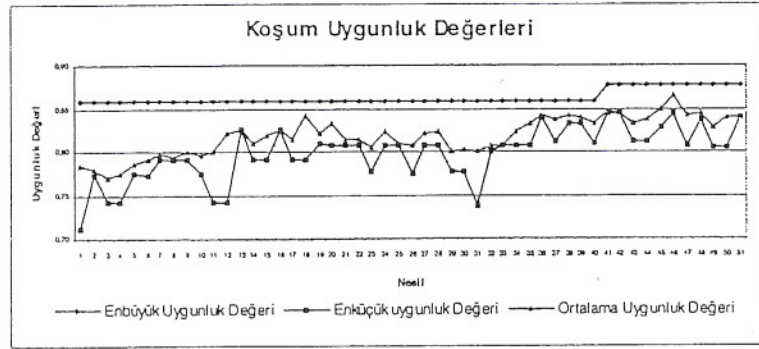
Genetik algoritmanın parametreleri ile başlangıç nüfusuna ait hesaplamalar Şekil 2'de verilmektedir. Başlangıç nüfusu için elde edilen enbüyük uygunluk değeri 0.8512, enküçük uygunluk değeri 0.7375 ve ortalama uygunluk değeri 0.7866 olarak hesaplanmıştır. İlk nüfus için elde edilen değerler 0.7375 ile 0.8512 arasında yer almaktadır. Tanımlanan problem göz önüne alındığında bu değerler ilk nüfus için beklenen değerlerdir.

SGA Parametreleri		Başlangıç Nesil İstatistikleri	
Nüfus büyüklüğü	= 30	Başlangıç nüfusu en büyük uygunluk değeri	= 8.51235206060870E-0001
Dizi uzunluğu	= 68	Başlangıç nüfusu ortalama uygunluk değeri	= 7.866382616110E-0001
Enbüyük nesil sayısı	= 50	Başlangıç nüfusu en küçük uygunluk değeri	= 7.37529400000189E-0001
Çaprazlama olasılığı	= 0.6	Başlangıç nüfusu uygunluk değerleri toplamı	= 2.35914748484960E+0001
Değişim olasılığı	= 0.01		

Şekil 2 Başlangıç Nüfusu Verileri

4. SONUÇLAR

Bu bildiride, atölye çizelgeleme ve işlem planlama aşamaları bütünleştirilmesi için bir algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritma ile gecikmesiz ve aktif iş sıraları tek aşamada ve tüm kriterler göz önüne alınarak üretilmektedir. Yaklaşımda çok amaçlı bir genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritmaların tek bir birey yerine bir nüfusla çalışma özelliği diğer yaklaşımlara göre önerilen yaklaşıma hız avantajı sağlamaktadır. Önerilen algoritma ile toplam maliyetleri doğrudan etkileyen çizelge zamanı, toplam pozitif geç kalma ve geç kalan iş sayısı kriterleri dikkate alınmış ve çözümü yapılan modeller için yakın-eniyi çözümlere ulaşılmıştır. Belirlenen uygunluk fonksiyonuna göre tüm modellerde % 85, sipariş sayısının 10'dan daha az olduğu modeller % 95 seviyesinde için uygunluk seviyesine ulaşılmıştır. Hesaplama sürelerinin nesil sayısına bağlı olarak 10 ila 100 CPU zamanı arasında değiştiği göz önüne alındığında bu tip bir problem için yakın-eniyi çözümlere kısa sürede ulaşıldığı söylenebilir.



Ele alınan problemde işlem sürelerinin bilindiği ve sabit olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım gerçek problemlerde çoğu zaman geçerli değildir. İşlem sürelerinin belirli dağılımlara uyduğu durumların göz önüne alınması problemi daha gerçekçi hale getirecektir. Ayrıca tanımlanan üretim sisteminde bulunan makinelerin bozulma, tamir, vb. sebeplerle kullanım dışı olma durumları dikkate alınmamakta, makinelerin her zaman kullanıma hazır olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayıma rağmen önerilen algoritma hesaplama hızı açısından atölye koşullarındaki değişikliklere karşı esnek bir yapıya sahiptir.

KAYNAKLAR

- BAKER, K.R.1994. Elements of Sequencing and Scheduling. Amos Tuck School of Business Administration. Hanover.
- BŁAŻEWICZ, J., W. DOMSCHKE, E. PESCH. 1996. The job shop scheduling problem: Conventional and new solution techniques. European Journal of Operational Research. 93:1-33.
- COCHRAN, J.K., S.M. HORNG, J.W. FOWLER. Baskıdaki Makale (2002). A multi-population genetic algorithm to solve multi-objective scheduling problems for parallel machines. Computers and Operations Research.
- GOLDBERG, D.E. 1989. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Addison-Wesley Pub. USA. p 1-87.
- KAN, R.A.H.G. 1976. Machine Scheduling Problems: Classification, Complexity and Computation. Martinus Nijhoff. The Hague. 145 p.
- MORAD, N., A. ZALZALA. 1999. Genetic algorithms in integrated process planning and scheduling. Journal of Intelligent Manufacturing. 10:169-179.
- PINEDO, M. 1995. Scheduling: Theory, Algorithms and Systems. Prentice Hall. NJ.

PIRLOT, M.1996. General local search methods. *European Journal of Operational Research*. 92: 493-511.

SINGH, N. 1995. *Systems Approach to Computer Integrated Design and Manufacturing*. John Wiley and Sons, NJ. p. 158-189.

SUNDARAM R.M., S.S. FU.1988. Process planning and scheduling-a method for integration for productivity improvement. *Computers and Industrial Engineering*. 15(1-4): 296-301.

TAN, W., B. KHOSHNEVIS. 2000. Integration of process planning and scheduling- a review. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 11:51-63.