

İŞ ÇİZELGELEMESİ - II -

Feray ODMAN ÇELİKÇAPA*

İş çizelgelemesinde her zaman işlerin gelişi, sırası ve süresi bilinmemektedir ve bu konularda belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Bu durumda işlerin gelişi, sırası ve süresi hakkında tahminler yapılmakta ve bunlar stokastik değerlere sahip olmaktadır. Çizelgeleme süreci de daha karmaşıklaşmaktadır.

Ayrıca elde edilen çizelgelerin optimalliğinin araştırılması gerekmektedir. Programcının belirlediği heuristik hareket kurallarına göre oluşturulan çizelge diğer bir kural için geçerli olmamaktadır. Çizelge kümelerinin içinden seçilen çizelgenin amaca uygun olup olmadığı ve hangi ürünlerin üretilmesinin uygun olduğu araştırılmalıdır. Son yıllarda araştırma konusu olan dinamik çizelgeleme ise çizelgelemeye esneklik sağlamaktadır.

1. STOKASTİK İŞ ÇİZELGELEMESİ MODELİ

M iş atölyesindeki değişik tipteki makinelerdir ve Φ_i ise makine kümelerini temsil etmektedir. İşler rassal olarak atölyeye ulaştığı için her iş Φ_i makineler kümesinde işlem görecektir. Bu nedenle $\Psi_i \subset \Phi_i$ dir ve $M_j, j = 1, \dots, k$, $M_j \in \Psi_i$ ilişkisi de i işinin gerçekleştirilmesi için makinelerin sıralamasını gösterir. i kümesi ve benzer işlem sıralaması işlere göre rassal olarak değişir. Aynı şekilde i işinin her makinedeki işlem süresi de stokastik kabul edilir.

Yukarıda belirtilen atölye karakteristiklerine göre, atölye şu şekilde yönetilir. Yeni bir iş alındığında bu iş üretim planına eklenir ve üretim yöneticisi işin karakteristiğine, atölyedeki duruma göre yaklaşık bir işin

* Yrd. Doç. Dr.; Uludağ Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Üretim Pazarlama Bilim Dalı

tamamlanma süresini belirler. Bu süreye üretim işlemindeki yaklaşık gecikme süresi de eklenerek geçici olarak belirlenen teslim tarihi müşteriye bildirilir. En sonunda iş üretim sistemine dahil edilir. Fiili tamamlama süresi ise işlem sürelerindeki değişimlere ve diğer üretimle ilgili olan faktörlere göre ortaya çıkar. Çizelgelemenin ana amacı belirlenen zaman dilimi içinde bütün işleri tamamlamak ve teslim tarihinde veya teslim tarihinden önce siparişi karşılamaktır. Belirtilen stokastik iş atölyesi özelliklerine göre amaca ulaşmakta sorunlarla karşılaşılabilir. Ayrıca bazı işlerin gecikmesi söz konusu olabilir.

Stokastik iş atölyesi çizelgelemesinde kullanılacak üç ayrı algoritma tartışılabilir¹:

Algoritma 1

Girdi: İş kümesi Ω_i , α_i , β_i , γ_i , δ_i parametreleri $i \in \Omega$ (Bu parametreler sırasıyla diğer işlem için boş süre, teslim tarihi için kalan süre, yakın işlemin beklenen süresi ve i işi için kalan sürenin toplam beklenen değeri)

Çıktı: M_j makinesi tarafından gerçekleştirilecek iş kümesi Ω_i

1. aşama- Eğer atölye dolu ise, iş sıralamasını α_i 'nin artan sıralamasına göre yap. Aksi takdirde sıralamayı δ_i 'ye göre yap. $S = \{J_1, \dots, J_n\}$ kümesindeki sıralama J_i işinin önce işleme tabi tutulacağını belirtmektedir. $i - n$ izin ver ve ikinci aşamaya geç.

2. aşama- Eğer atölye dolu değil ise, üçüncü aşamaya geç. Eğer $\beta_i \geq \beta_{i-1}$ ise dördüncü aşamaya geç. Aksi takdirde $\gamma_i < \gamma_{i-1}$ ise, S sıralamasındaki J_i and J_{i-1} işlerini değiştir ve dördüncü sıralamaya geç.

3. aşama- Eğer $\gamma_i \geq \gamma_{i-1}$ ise dördüncü aşamaya geç. Aksi takdirde $\alpha_i < \alpha_{i-1}$ ise S sıralamasındaki J_i and J_{i-1} işlerini değiştir ve dördüncü aşamaya geç.

4. aşama- $i - i - 1$ 'e izin ver. Eğer $i = 1$ ise, dur. Bu şekilde işler S sıralamasına göre işleme tabi tutulacaktır. Aksi takdirde ikinci aşamaya geri dön.

Yukarıdaki algoritma kullanılarak, bir makinada iş tamamlandığında herhangi bir makede bekleyen işlerin sırası değişmektedir.

İkinci algoritmada parametreler için W_1, W_2, W_3, W_4 sembolleri ile ifade edilen ağırlıklar belirlenmektedir. Atölye dolu olduğunda 1. algoritma kullanılmaktadır. $(W_1 + W_2 + W_3) = 1$ 'e göre her i işi için üç parametrenin ağırlıklı kümülatif değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

1 R. Ramesh, J.M. Carry: "An Efficient Approach to Stochastic Job Shop Scheduling = Algorithms and Empirical Investigations", *Computer Industrial Engineering*, Vol. 18, No. 2, 1990, s. 184.

$$R_i = \left\{ \frac{W_1 (\alpha_i - \alpha_{\min})}{(\alpha_{\max} - \alpha_{\min})} \right\} + \left\{ \frac{W_2 (\beta_i - \beta_{\min})}{(\beta_{\max} - \beta_{\min})} \right\} + \left\{ \frac{W_3 (\gamma_i - \gamma_{\min})}{(\gamma_{\max} - \gamma_{\min})} \right\}$$

Eğer atölye dolu değilse, o zaman $(W1 + W3 + W4) = 1$ 'e göre her i işi için ağırlıklı kümülatif değer aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$R_i = \left\{ \frac{W_1 (\alpha_i - \alpha_{\min})}{(\alpha_{\max} - \alpha_{\min})} \right\} + \left\{ \frac{W_2 (\gamma_i - \gamma_{\min})}{(\gamma_{\max} - \gamma_{\min})} \right\} + \left\{ \frac{W_3 (\delta_i - \delta_{\min})}{(\delta_{\max} - \delta_{\min})} \right\}$$

Burada işler kümülatif değerlere göre sıralanır ve en küçük kümülatif değere sahip olan iş daha önce işleme tabi tutulur.

Algoritma 3'te ise yukarıda belirtilen parametrelere ek olarak iki kontrol parametresi eklenmiştir ve bu parametrelerin hesaplanması şöyledir:

$$P1 = (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) / \alpha_{\max}$$

$$P2 = (\delta_{\max} - \delta_{\min}) / \delta_{\max}$$

P1 ve P2 parametreleri kuyruktaki işler için diğer işlem için kalan boş süre ve toplam kalan işlem süresi için değerlerin dağılımını belirtmektedir. Bu iki parametre 0 ve 1 arasında dağılmaktadır. θ_1 ve θ_2 'ye göre $P1 \leq \theta_1$ ve $P2 \leq \theta_2$ durumunda işler algoritma 2'ye göre sıralanmaktadır. Eğer $P1 > \theta_1$ ve $P2 > \theta_2$ ise geciken işler kritiktir ve akış süreleri incelenir. Eğer $P1 \leq \theta_1$ ve $P2 > \theta_2$ ise akış süreleri kritiktir. Bu durumda akış sürelerini kontrol edebilmek için çizelgeleme toplam kalan işlem süresi kriterine göre yapılır. Sonuçta $P1 > \theta_1$ ve $P2 > \theta_2$ ise her iki amaç için kritik bir durum söz konusudur. $(P1 - \theta_1) > (P2 - \theta_2)$ durumunda işler diğer işlem için kalan boş süre kriteri ve tersi bir durumda ise toplam kalan işlem süresi kriterine göre sıralanır.

Stokastik iş çizelgelemesinde yukarıda belirtilen bilgilerin çerçevesinde uygulamada işlem sürelerinin belirsiz olabileceği ve yöneticilerin bu durum ile çok sık karşılaşabileceği varsayımı ile bu uygulama gerçekleştirilmiştir.

Bir önceki örnekte PERT yöntemi ile hesaplanan işlem sürelerinin beklenmedik faktörler veya arızalar ile daha uzun olabileceği düşünülerek, etkin işlem süreleri hesaplanmıştır. PERT süresi ile etkin işlem süresi bölündüğünde α bulunmaktadır. $\alpha = 1$ ise çizelgeleme yapan kişinin işlem süreleri hakkında tam bilgiye sahip olduğu söylenebilir. Örnekte $\alpha = 0.1$ değerinin etkileri incelenmiştir. Aslında bu oranlar işletmelerin üretim teknolojilerinin yapısına göre artabilir veya 0.01 gibi oranlarda gerçekleşebilir. Buradaki 0.1'lik değer işletmedeki üretim yöneticisinin deneyimlerine dayanarak belirlenmiştir.

İş çizelgesi için bilgisayarda 20 tane çizelge simüle edilmiş ve bu çizelgelerden her performans kriterine en uygun olanı seçilmiştir.

Aşağıdaki tablo incelendiğinde tablonun birinci kısmındaki sonuçlar $\alpha = 0.1$ olarak alındığındaki verilere ilişkindir ve ikinci kısımdaki sonuçlar ise PERT sürelerine göre düzenlenmiştir. İşlerin tamamlanma, bekleme, gecikme sürelerinde doğal olarak değişim görülmektedir. Bu şekilde çizelgelemeyi yapan kişiler ilk kısımdaki süreleri baz alırlarsa, çizelgeler daha uygun olacaktır.

Tablo: 1
İş Çizelgeleme Sonuçları

PERFORM. KRİTERLERİ	$\alpha = 0.1$						
	MTS	AOTS	MBS	AOBS	AOG	AOA	OSI
MTSmin	363	214	344	175	175	175	14
AOTSmin	393	190	315	152	152	152	11
MBSmin	378	211	335	172	172	172	13
AOBSmin	370	187	342	187	187	187	12
AOGmin	371	189	344	149	149	149	12
AOAmin	372	189	344	150	189	189	12
OSİmin	380	191	325	151	191	191	12
OMKmax	380	196	342	196	196	196	12
MTSmin	331	197	314	161	197	197	14
AOTSmin	355	172	301	136	172	172	11
MBSmin	347	178	296	143	178	178	12
AOBSmin	353	173	299	137	173	173	11
AOGmin	358	172	288	136	172	172	11
AOAmin	358	172	288	136	172	172	11
OSİmin	353	177	299	141	177	177	12
OMKmax	331	187	314	151	188	188	13

2. AMAÇ PROGRAMLAMA İLE OPTİMALLIĞIN ARAŞTIRILMASI

Amaç programlama doğrusal programlamanın özel bir şeklidir ve bu yöntem ile iş çizelgesinde değişik amaçlar birleştirilerek optimal çözüm bulunabilir.

Daha önceki uygulamalarda iş çizelgesi için işlerin rotası, işlem süreleri, ürün teslim süreleri girilerek alternatif çizelgeler ve bu çizelgelere ilişkin sonuçlar elde edilmiştir. Ancak her çizelgenin oluşturulmasındaki amaçlar farklı olabilmektedir. Amaç programlamada ise amaç fonksiyonunda belirtilen ağırlık katsayılarına göre amaçlar arasındaki hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır.

Birinci amaç önceden belirlenen düzeye yakın stok miktarını stok limiti olarak kabul etmek ve bunu aşmamaktır:

$$\sum_{i=1}^n \text{Maliyet } (t) i X_i + \bar{d}_1 - \dot{d}_1 = \text{Stok}$$

Stokta kalan her sipariş işletme için zamanın bir fonksiyonu olarak maliyet unsurudur. Buradaki maliyet (ti) stokta bekleyen her siparişin zamana bağlı olarak ortaya çıkan maliyetidir. Eğer siparişin üretimi müşteriye teslim süresini aşarsa, gecikme sözkonusu olacaktır. Bu durumda stok maliyeti fonksiyonu aşağıdaki şekli alacaktır²:

$$\text{Maliyet } (t) = C_i t^2$$

Ci sabit maliyet ve t ise sipariş teslim tarihinden önceki veya sonraki süreyi ifade etmektedir.

İkinci amaç stok ve süre açısından mevcut şartlar içinde önceden belirlenmiş veya elde edilmiş gelire ulaşmaktır:

$$\sum_{i=1}^n \text{Kâr } (t) i X_i + \bar{d}_2 - \dot{d}_2 = \text{Gelir}$$

Sipariş müşteriye ulaştırılıncaya kadar depoda beklemekte ve işletme zamanın bir fonksiyonu olarak gelir kaybına uğramaktadır. Kâr (t)i bu kaybı ifade etmektedir.

$$\text{Gelir } (t) = \text{Gelir } (o) - \text{Kiti}^2$$

JIT (Just in Time - Tam zamanında üretim) üretim sisteminde olduğu gibi sipariş hemen müşteriye teslim ediliyorsa, bu durum Gelir (o)i ile ifade edilmektedir. Ki daha sonra teslim maliyetidir ve zamana göre bu maliyet değişmektedir. ti ise teslim süresidir.

Üçüncü ve son amaç ise siparişler için maksimum kabul edilebilir süreyi aşmamaktır:

$$\sum_{i=1}^n \text{Süre } i X_i + \bar{d}_3 - \dot{d}_3 = \text{Süre}_{\max}$$

Buradaki Süre i her sipariş için gereken işlem süresidir. Her amacın ne ölçüde gerçekleşebildiğini anlayabilmek için dk^- ve dk^+ değişkenleri kullanılmıştır. Ayrıca bu modelde JIT üretim sistemi sözkonusudur. Bir başka ifade ile sipariş anında üretilmekte ve stok bulunmamaktadır.

2 Ayrıntılı bilgi için bakınız: T.L. Jacobs, J.R. Wright, "Optimal Inter-process Steel Production Scheduling", *Computer Operations Research*, Vol. 15, No. 6, 1988. ss. 497-507.

Yöneticinin amacı, amaçlardan toplam sapmayı minimize etmektir. Amaçların hiyerarşik sıralanması veya amaçların ağırlık katsayıları W_k ile ifade edilirse, modelin amaç fonksiyonu şu şekilde ifade edilebilir:

$$\text{Min } Z = W1d1^- + W2d^- + W3d^- + W4d^+ + W5d^+ + W6d^+$$

Bu formülasyonda her sapma için ayrı bir ağırlık belirlenecektir. Stokla ilgili sapmalarda pozitif sapmanın kabul edilmesi mümkün değildir. Ağırlık katsayıları karar vericinin amaçlar arasındaki seçimini de belirtmektedir. Eğer karar verici sapmanın oluşmasını istemiyorsa, amaç fonksiyonunda bu amaç için diğerlerine oranla büyük bir ağırlık belirleyecektir. Bu da sapmanın sıfır veya sıfıra yakın olmasına neden olacaktır. Yukarıda açıklanan model ile X_i (i , sipariş için indeks ve X_i ise i siparişi için tam sayılı karar değişkenidir) değeri 1 olursa i siparişinin üretilebileceğini ve 0 olursa i siparişinin üretiminin optimal olmadığı sonucuna ulaşılır.

Bir demir çelik işletmesinde yukarıdaki model için katsayılar Tablo 2'deki gibidir.

Tablo: 2
Formülasyon Katsayıları

Siparişler	Teslim süresi	Maliyet (t/j)	Gelir (t/j)	Süre i
1	+ 8	0.64	0.36	27.28
2	+ 8	0.64	0.36	136.11
3	+ 4	0.16	0.84	99.19
4	+ 3	0.09	0.91	198.36
5	- 2	0.04	0.96	81.83
6	+ 1	0.01	0.99	27.27
7	0	0.00	1.00	99.20
8	+ 1	0.01	0.99	99.06
9	- 3	0.09	0.91	54.54
10	+ 4	0.16	0.84	379.01

Aynı örnek için amaç fonksiyonu katsayıları ise 1.0, 0.75, 0.25, 2.0, 0.38, 0.25 olarak seçilmiştir. Buradaki model sadece on sipariş bloğu içindir. İşletmelerde bu model günlük uygulanarak çizelgelerin optimallliği araştırılabilir ve döner çizelgeye hangi siparişlerin alınacağına karar verilebilir.

Yukarıdaki örneğin sonuçları ise $X_1 = 0$, $X_2 = 0$, $X_3 = 1$, $X_4 = 1$, $X_5 = 1$, $X_6 = 1$, $X_7 = 1$, $X_8 = 1$, $X_9 = 1$ ve $X_{10} = 1$ bulunmuştur. bu verilere göre bu üretim döneminde 0 değerine sahip siparişler çizelgeden çıkartılıp, yerine diğer siparişler konulabilir. Ayrıca bu modelin uygulanmasında önemli olan stok ve gelir fonksiyonlarının doğru belirlenmesi ve amaçlar için seçilen ağırlıklara dikkat edilmesi gerekmektedir.

3. DİNAMİK İŞ ÇİZELGELEMESİ

Dinamik iş çizelgeleme problemleri girdi bilgilerinin özelliklerine göre iki grupta incelenebilir:

- Deterministik iş atölyesi modeli: Bu tür problemlerde işlem süreleri, teslim süreleri gibi bilgiler üretim programcıları tarafından işlemler başlamadan önce bilinmektedir.

- Stokastik iş atölyesi modeli: Bu tür problemlerde ise programcılar girdi bilgilerini işlem başlamadan önce tam olarak bilmemektedir. Girdi bilgileri genellikle çeşitli sayısal bilgileri içeren olasılık dağılımlarından elde edilir.

Programcılar dinamik iş çizelgeleme problemlerinde iki soru ile karşılaşılır: "Çizelgeleme nasıl yapılacaktır?" ve "Bu tür çizelgelemenin benimsenmesi durumunda çizelgeleme performansında ilerleme olacak mıdır?" Bir başka ifadeyle, kullanılan çizelgeleme politikasını değiştirmenin işletmeye sağlayacağı yararlar nelerdir?

Dinamik çizelgeleme problemleri bir şebeke ağı içinde kuyruklama ile ilgili problemlerdir. Burada problemin deterministik veya stokastik özellikler taşıması genel yapıyı değiştirmez. Atölye içindeki her makine ise şebeke ağı için servis veren kaynaklardır. Kuyruk sistemi içinde her atölyedeki her iş müşterilere bağlı olarak değişir. Tek bir makinenin işlem süresini minimize etmek gibi çizelgeleme problemlerinde problemin çözümü ve analizi kolaydır. Ancak karmaşık yapıdaki ve birkaç amacın olduğu problemlerde çözüm ve analiz güçtür. Örneğin en kısa kalan işlem süresi kuralına göre deterministik çizelgeleme probleminde işlem süreleri, işlerin geliş süreleri gibi bilgilerin dağılımlarına gerek duyulur.

Şebeke ağının oluşturulmasında işlerin etkin işlem sürelerinin belirlenmesini incelersek önceden belirlenen ve önceden belirlenemeyen işlem süreleri ile karşılaşabiliriz. Bazı işler belirlenen süreden daha uzun sürebilir ve programcı bu işlerin fiili işlem süresi ile ilgili kesin veya yaklaşık bilgilere sahip olması mümkündür. Ayrıca önleyici bakım, molalar, vardiya bitiminin işlem sürelerine etkisi bilinebilir. İşlem sürelerinin önceden belirlenememesi ise beklenmeyen arızalardan veya bazı işlemlerin tekrarlanmasından kaynaklanabilir. Bu nedenlerden dolayı çoğu durumda, deterministik dinamik çizelgeleme yerine stokastik dinamik çizelgelemenin daha gerçekçi olduğu savunulmaktadır.

Stokastik dinamik çizelgeleme problemlerinde; çizelgeleme için girdi bilgileri ile ilgili olasılık dağılımları incelenerek, deterministikteki önceden belirlenemeyen bilgi kaybı minimize edilmeye çalışılır. Ayrıca simülasyon ile açık atölye, kapalı atölye, simetrik atölye sistemleri gibi değişik senaryolarda

çizelgelemenin benzetimleri gerçekleştirilir. Bütün bu çalışmaların amacı dinamik çizelgelemeden maksimum düzeyde yarar sağlamak, işletme içinde oluşturulacak şebeke ağının etkinliğini arttırmak ve çizelgeleme sürecini gerçek zamanlı yapıya dönüştürmektir.

Kural temeline dayanan çizelgelemede, üretim hattının her durum için en uygun heuristik kuralının belirlenmesi mümkün olmayabilir. Örneğin minimum boş süre kuralına göre çizelgelemede teslim sürelerinden sonraki gecikmeler minimize edilmekte, ancak işlemler arası stokların ve toplam işlem süresinin artması ile karşılaşılabilir. Programcılar bir kaç amacı birlikte uygulayamamakta ve o anki şartlara göre seçim yapmak zorunda kalmaktadırlar. En uygun kural seçimi makinelerin hepsinin çalışmasına veya durmasına veya makinelerin kapasitelerine göre de değişebilmektedir.

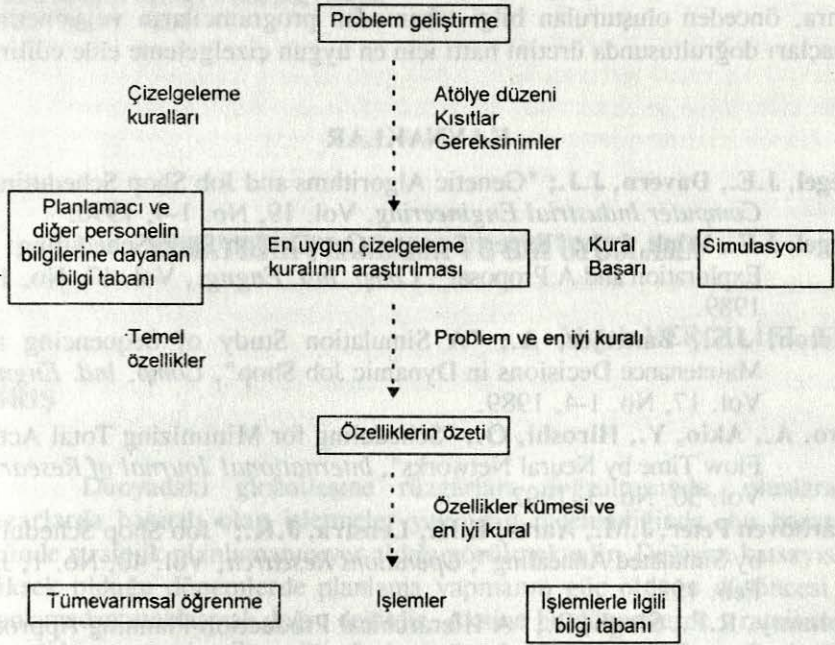
Bu tür eksiklikleri gidermek ve sistemi dengeleyebilmek için dinamik çizelgelemeyi denemekte yarar vardır. Bu şekilde sistemin işleyişi etkinlik kazanmaktadır. Ayrıca son yıllarda geliştirilen üretim teknolojileri de dinamik çizelgelemeyi zorunlu kılmaktadır. Dinamik çizelgelemeyi uygularken aşağıda belirtilen konularda dikkatli olmak gerekmektedir:

- Kural seçimi; üretim gereksinim ve kısıtlarına göre gerçek zamanlı üretim hattına uygun olarak yapılmalıdır.

- Kural seçimi mümkün olduğunca kısa zamanda yapılmalıdır. Aksi takdirde gerçek işlemlerde gecikme olacaktır.

Yukarıda belirtilen konulardan ikincisini gerçekleştirebilmek için ve üretim hattı ile en uygun kurallar arasındaki ilişkiyi sağlayabilmek için "doğru bilgi"ye gereksinim duyulur. Çizelgeleme ile ilgili uzman sistemler hazırlanırken programlama mühendisleri kanalı ile elde edilen bilgiler kullanılarak gerçek işlemlerle ilgili çizelgeleme kurallarında değişiklik yapılır. Ancak bu sistemler için üretim hattı ile ilgili yüzeysel ve kaba bilgiler kullanılır ve karar alma ayrıntılı değildir. Dinamik çizelgeleme için de bu alanda güçlü bir bilgi elde etme mekanizmasına gerek duyulur.

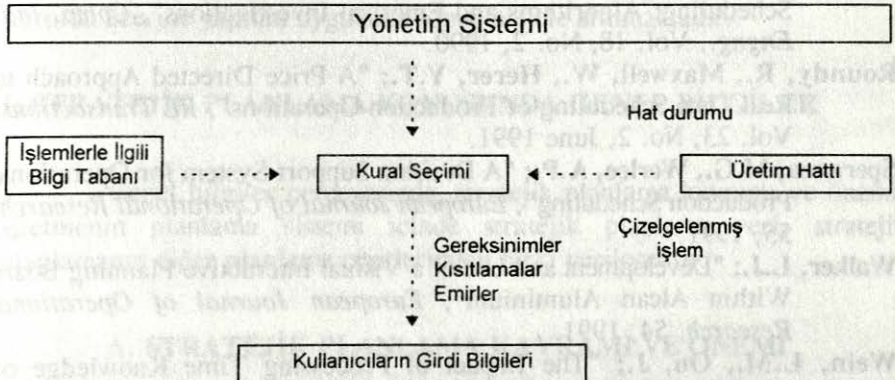
Dinamik iş çizelgelemesini uygulamak kolay değildir. Ancak bazı teknolojik gereksinimler ve bu sistemin sağladığı yararlar sonucu endüstri işletmeleri yöneticileri sistemi uygulamak veya uygulamamak ikilemi arasında kalırlar. Böyle bir seçim sonucu yöneticilerin dinamik çizelgelemeyi uygulama kararı almaları durumunda, yöneticiler Şekil 1'de görüldüğü gibi hareket edebilirler. Buradaki ilk aşama atölye ile ilgili bilgiler, kısıtlar ve gereksinimlere bağlı kalarak en uygun çizelgeleme kuralını araştırmaktır ve benzetişim yapmaktır. Bu aşamadan sonra da değişik gruplar için hangi kural daha uygun ise, bunlara ilişkin bilgiler bilgisayara yüklenir.



Şekil: 1

Sistemin Aşamaları

Kaynak: S. Nakasuda, T. Yoshida, "Dynamic Scheduling System Utilizing Machine Learning As A Knowledge Aquisition Tool", *Int. J. Prod. Res.* Vol. 30, No. 2, s. 414.



Şekil: 2

Sistemin İşleyişi

Kaynak: S. Nakasuka, a.g.e., s. 414.

Şekil 2'de olduğu gibi programcılar girdi bilgilerini sisteme girdikten sonra, önceden oluşturulan bilgi tabanından programcıların ve yönetimin amaçları doğrultusunda üretim hattı için en uygun çizelgeleme elde edilir.

KAYNAKLAR

- Biegel, J.E., Davern, J.J.; "Genetic Algorithms and Job Shop Scheduling", *Computer Industrial Engineering*, Vol. 19, No. 1-4, 1990.
- Biegel, J.E., Wink, L.J.; "Expert Systems Can Do Job Shop Scheduling: An Exploration and A Proposal", *Comp. Ind. Engng.*, Vol. 17, No. 1-4, 1989.
- Burton, J.S., Banerjee, A.; "A Simulation Study of Sequencing and Maintenance Decisions in Dynamic Job Shop", *Comp. Ind. Engng.*, Vol. 17, No. 1-4, 1989.
- Ikvo, A., Akio, Y., Hiroshi, O.; "Scheduling for Minimizing Total Actual Flow Time by Neural Networks", *International Journal of Research*, Vol. 30, No. 3, 1992.
- Laarhoven Peter, J.M., Aarts, E.H., Lenstra, J.K.; "Job Shop Scheduling by Simulated Annealing", *Operations Research*, Vol. 40, No. 1, Jan-Feb. 1992.
- Mohanty, R.P., Singh, R.; "A Hierarchical Production Planning Approach for a Steel Manufacturing System", *Int. Jour. of Operations and Production Management*, Vol. 12, No. 5, 1992.
- Nakasuka, S., Yoshida, T.; "Dynamic Scheduling System Utilization Machine Learning As A Knowledge Acquisition Tool", *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 30, No. 2, 1992.
- Ramesh, R., Carry, J.M.; "An Efficient Approach to Stochastic Job Shop Scheduling: Algorithms and Emprical Investigations", *Comp. Ind. Engng.*, Vol. 18, No. 2, 1990.
- Roundy, R., Maxwell, W., Herer, Y.T.; "A Price Directed Approach to Real Time Scheduling of Production Operations", *IIE Transactions*, Vol. 23, No. 2, June 1991.
- Speranza, M.G., Werlee, A.P.; "A Decision Support System for Operational Production Scheduling", *European Journal of Operational Research*, 55, 1991.
- Walker, L.J.; "Development and Use of a Visual Interactive Planning Board Within Alcan Aluminium", *European Journal of Operational Research*, 54, 1991.
- Wein, L.M., Ou, J.; "The Impact of Processing Time Knowledge on Dynamic Job Shop Scheduling", *Management Sciences*, Vol. 37, No. 8, August 1991.
- Woodruff, D.L., Spearman, M.L.; "Sequencing and Batching for Two Classes of Jobs with Deadlines and Setup Times, *Production and Operations Management*, Vol. 1, No. 1, Winter 1992.