

## KESİKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİNDE DETAYLI PROGRAMLAMA

### 1. GİRİŞ

Dr. Erhan Kozan \*

Üretim yönetiminin amacı verimliliği artırarak en düşük maliyetle üretimi sağlamak ve işletme kapasitelerinden optimum yararlanmaya yöneliktir. Günümüz işletmelerinde kapasitelerden optimum yararlanma üretim planlama programlama olarak tanımlanan üretim yönetimi alt işlemleri ile en iyi şekilde sağlanabilmektedir. Bu alt işlemlerden üretim planlaması, işletme kapasitelerinin optimum kullanılmasında zaman sürecini esas alarak kaynak dağılımını sağlayarak gelecek dönemler için üretim sürecinin düzey ve sınırlarını belirlemekte ve buna ilişkin olarak sermaye, işgücü ve stok seviyeleri ve bunların birleşimi ile ilgili kararların alınmasını kapsamaktadır. Üretim planlamasının ayrıntılı bir şekli olan üretim programlaması ise, dışarıdan sağlanan parçaların tedarik sürelerini, işlemler için gerekli parça miktarını, üretim sürelerini ve ürünlerin işlem zamanlarını ve yerini belirliyerek talebi miktar ve zaman ölçüleri bakımından karşılamak amacıyla yapılmaktadır.

Üretim yönetimde üretim faaliyetlerini çeşitli başlıklar altında toplamak genel bir ilkedir. Böyle bir ayırım yapmanın nedeni ise değişik tip üretim faaliyetleri için (örneğin kesikli ve sürekli üretimler) geçerli ilke ve yöntemlerin değişik olmasıdır. Üretim planlama/programlama fonksiyonunda bu üretim tiplerine göre büyük farklılıklar gösterdiğinden her üretim tipi için ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir.

Üretim yönetimde üretim faaliyetlerini çeşitli başlıklar altında toplamak genel bir ilkedir. Böyle bir ayırım yapmanın nedeni ise değişik tip üretim faaliyetleri için (örneğin kesikli ve sürekli üretimler) geçerli ilke ve yöntemlerin değişik olmasıdır. Üretim planlama/programlama fonksiyonu da bu üretim tiplerine göre büyük farklılıklar gösterdiğinden her üretim tipi için ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir.

Kesikli üretim sistemlerinde üretim planlama işlemi Toplam planlama/Ana programlama adı altında yapılmaktadır. Planlamanın devamı olarak yapılması gereken programlama işlemi kesikli üretim sistemlerinde detaylı programlama olarak adlandırılmakta ve Toplam planlama/Ana programlama çıktıları kullanarak bunları ayrıntı düzeyinde tamamlamaktadır. Dolayısıyla planlama ve programlama işlemlerinin ayrı ayrı ancak birbirlerini tamamlayıcı niteliklerinin göz önünde bulundurulması yapılmalarında büyük yarar vardır.

Kesikli üretim sistemlerinde toplam planlama/Ana programlama olarak adlandırılan planlama olgusu bu derginin bir önceki sayısında "Toplam Planlama/Ana prog-

(\*) Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Yönetimi Bölümü Öğretim Görevlisi.

ramlama: Bir Yaklaşım" adı altında size sunulmuştu<sup>(1)</sup>. Bu çalışmada ise bir önceki çalışmayı tamamlayıcı nitelikte olacak detaylı programlama ve bununla ilgili problemler ele alınacaktır.

## 2. DETAYLI PROGRAMLAMA

Kesikli üretim sistemlerinin programlanması problemi, kontrol edilemeyen değişkenlerin (makina bozulması, yeni iş talepleri gibi) etkileri nedeniyle mevcut programlama problemlerinin en karmaşığı olarak görülmektedir. Ayrıca, kesikli üretim sistemlerinde, ürün ve parça çeşitliliği, ürünün oluşması için gerekli süreç sayısı, parçaların izlediği rotalar işlem süreleri ile ilgili kararlar sık sık değişikliğe uğramaktadırlar. Bu değişiklikler de kesikli üretim sistemlerinde detaylı programlama işlevini diğer sistemlere göre oldukça karmaşık kılmaktadır.

Üretimde, talebin karşılanmasında karşılaşılan darboğazların genellikle kapasite yetersizliğinden kaynaklandığı varsayılmıştır. Ancak, bu gibi durumlarda herhangi bir üretim sistemi incelendiğinde atelye içindeki kabarık sayıda yarı-mamül (ara stok) yığınları ve bir kısım tezgahların çalışırken diğerlerinin boş durduğu görülebilmektedir<sup>(2)</sup>. Kolayca gözlenebilen bu durumlar, sorunun program yetersizliğinden kaynaklandığının en iyi göstergeleridir. Bunlara ilaveten, yüksek seviyede fazla çalışma talebi, zamanında tamamlanamayan işlerin çokluğu, düşük tezgah/işgücü kullanım oranları gibi göstergeler programlamanın önemini ve gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Dolayısıyla, işlemler için belirlenen başlama ve bitiş zamanlarını dikkate alan, işlemlerin makinalara atanması ve sıralanması süreci olan detaylı programlama ve bununla ilgili problemlerin kapsamlı olarak tartışılmasında yarar vardır.

### 2.1 Sıralama Problemlerinin Genel Karakteristikleri

Programlama problemleri, üretim sistemlerinin belirli özelliklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu özellikler;

- İş siparişlerinin sisteme geliş biçimi,
- Tezgah sayısı,
- Tezgahlar arası iş akış biçimi, ve
- Kullanılan kriterler,

---

(1) Daha fazla bilgi için bakınız: Kozan, E., "Toplam Planlama/Ana programlama: Bir Yaklaşım" Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 2 Sayı 3, Nisan 1984. s. 119-135.

(2) Kobu, B., Üretim Yönetimi, İşletme fakültesi Yayınları No. 67, İstanbul, 1979. s. 47.

olarak sıralanabilir.

Kesikli üretim sistemlerinin programlamasında karşılaşılan problemler, genellikle sıralama problemleri için kurulan modellerle çözümlenir. Genelde, sıralama problemleri statik ve dinamik problemler olarak iki ana grupta toplanmaktadır<sup>(3)</sup>.

Statik sıralama problemlerinde belirli bir dönemdeki işlerin biliniyor olması ve bu işlerde değişiklik olmaması varsayılmaktadır. Dinamik sıralama problemlerinde ise böyle bir sınırlama bulunmamaktadır. Bu nedenle, dinamik sıralamada belirli bir dönem için sıralama yapılması söz konusu olmamaktadır. Ayrıca, dinamik sıralamada, değişik zamanlarda, değişik özelliklerdeki işlerin sistemde bulunması bu sıralamanın sürekli değişmesini gerektirmektedir. Bu iki ana sıralama grubu, sistemdeki tezgah sayılarına ve iş akış biçimine göre alt gruplara ayrılmaktadır.

### 2.1.1 Statik Sıralama Problemleri

Kesikli üretim yapan sistemlerdeki sıralama problemlerinin çözümlenmesinde analitik yöntemlerle belirli statik sıralama problemleri çözümlenebilmektedir. Geliştirilen analitik yöntemlerle, tek tezgahlı sıralama problemi, iki tezgahlı sıralama problemi ve üç tezgahlı sıralama problemi için uygun çözümler bulunabilmektedir<sup>(4)</sup>. Bu tip problemlerde tezgah sayısı üçü geçtiğinde problemin boyutu aşırı büyümekte ve çözüm bulmak çok güçleşmektedir. Bu nedenle, tezgah sayısı üçü geçen ve karışık iş akışı gözlenen bu sistemlerde uygun çözüm bulan yöntemler oldukça kısıtlıdır. Mevcut yöntemlerde ise belirli kriterlere göre sonuç elde edilebilmektedir. Ancak, seri şekilde birbirlerine bağlı ve aralarında iş transferi bulunan üçten fazla tezgah bulunduran kesikli üretim sistemlerinde darboğaz yaratan tezgah sayısı bir, iki veya üç ise uygun çözüm bulunması kolaylaşmaktadır. Bu tür durumlarda tezgah sayısı iki veya üçe indirgenerek analitik yöntemlerle uygun çözümler bulunabilmektedir.

### 2.1.2. Dinamik Sıralama Problemleri

Dinamik sıralama problemlerinin çözümlenmesinde stokastik modellerden yararlanılmaktadır<sup>(5)</sup>. Stokastik modellerdeki elemanlar probabilistik olup, bu elemanlar işlem rotaları, işlem süreleri, süreç sayıları, ürün ve parça çeşitliliği, mühendislik hiz-

(3) Elmaghraby, S.E., "The machine Sequencing Problem Review and Extensions", Naval Research Logistic Quarterly, V.15, 1968, s. 205-232.

(4) Johnson, S.M., "Optimal Two-and Three-Stage Production Schedules with Set up Times Included", Naval Research Logistics I (Mart 1954). s. 61-68.

(5) Elmaghraby, S.E.; a. e. g., s. 205.

metleri, işlem karakteristikleri, işlem uygunluğu ve geçerliliği gibi değişkenlerden oluşmaktadır.

Yukarıdaki özellikleri içeren dinamik problemlerin çözümünde en uygun analitik yaklaşımlar kuyruk teorisi uygulamalarıdır. Bu yaklaşımların kullanılabilmesi, iş gelişleri, işlem süreleri ve iş akışlarıyla ilgili bir takım varsayımların yapılmasını gerektirmektedir. Ancak varsayımların çokluğu, özellikle çok tezgahlı ve karmaşık iş akışlı problemlerde bu yaklaşımların uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Dinamik sıralama problemlerinin çözümlenmesinde en geçerli yöntem, büyük ölçekli bilgisayarlar kullanılarak çözüm sağlanabilen benzetişim modelleridir. Literatürde, bu tür benzetişim modellerine Jackson (6), Nelson (7), Smith (8) ve Baker ve Dzielinski'de (9) raslanmaktadır.

Detaylı programlama problemlerinin çözümlenmesi için geliştirilen yöntemlerin yapısını işlerin tezgahlara atanması, sıralanması ve bunlarla ilgili problemler oluşturmaktadır. Bu nedenle, bir sonraki kısımda atama ve sıralama işlevlerinin aşamaları ve amaçları açıklanmaktadır.

## 2.2. Sıralama İşlemi

İşletmeler, detaylı programlamada malzeme, işlem ve makinalara ait belirli bilgilerden faydalanmak zorundadırlar. Bu bilgiler teknik resimler, ürünün kalite spesifikasyonları, malzeme listeleri, yardımcı araç, gereç ve aparatların cinsi, miktarı, kalitesi, tedarik şekli ve mevcut malzeme miktarlarıdır.

Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında, ürünün hammadde halinden mamül hale gelinceye kadar fabrika içinde izlediği yolu ve bu esnada uygulanan işlemleri ayrıntılı bir biçimde belirliyen rotalar saptanmaktadır. Rotalar kullanılarak da işlemlerin tezgahlara ilk ataması yapılmaktadır. Daha sonra ise, iş merkezlerinin kapasite olanakları göz önünde bulundurularak, işlemlerin tezgahlardaki çakışma ve gereksiz beklmelerini önlemek amacıyla, işlemlerin tezgahlardaki sıralaması yapılmaktadır (10).

- 
- (6) Jackson J.R., "Jobshop-Like Oueueing Systems", Management Science, Vol. 10, No. 1 Ekim 1963, s. 131-132.
- (7) Nelson, R.T., "Labor and Machine Limited Production Systems", Management Science, Vol. 13, No. 9 Mayıs 1967, s. 648-671.
- (8) Smith W.E., "Various Optimization for Single Stage Production", Naval Research Logistics Quarterly, Vol. 3, Mart 1956, s. 59-66.
- (9) Baker, C.T. ve Dzielinski, P.B., "Simulation of a Simplified Jopshop", Management Science, Vol. 6, No. 3 (Nisan 1960), s. 211-223.
- (10) Dilworth, J.B., a. g. e. s. 257.

Yukarıda kısa özeti verilen sıralama işlemi, üç aşamadan oluşmaktadır (11). Bunlar;

i- İşlerin ilk ataması

Makinaların kapasiteleri göz önünde tutularak, parçaların tezgahlara ilk ataması yapılır. Her parçanın tezgahlarda ne zaman işleneceği belirlenir.

ii- İşlerin Sıralanması

Tezgahlarda bir birlerine bağımlı olarak işlenen işlerin tezgahlarda beklemekten ve çakışmadan akışı sağlanır. Bu nedenle her parçanın iş merkezlerindeki birbirine bağımlı başlama ve bitiş zamanları belirlenir.

iii- Siparişlerin Programlanması

Her iş merkezinde işlem görecektir işlerin öncelik sıralarının saptanması işlemidir. Görüldüğü gibi, sıralama işlemi, işlerin tezgahlara bir zaman ölçüğü içinde dağıtılmalarıdır. Bir sıralama problemi ise ancak aşağıdaki dört çeşit bilginin ışığı altında açıklığa kavuşturulabilir;

i- İşler ve İşlemler.

ii- Sistemdeki makina tipleri ve sayıları

iii- Sıralama disiplinlerinin, sıralama yöntemleri üzerindeki kısıtlamaları.

iv- Sıralama kriterleri.

Kesikli üretim sistemlerinde, üretim miktarının az, buna karşılık ürün çeşidinin çok olması, üretilen ürün cinsinin sık sık değişmesi ve üretilecek ürün miktarlarının tam olarak bilinmemesi, bu tür sistemlerde programlama işlevini güçleştirmektedir. Yapılacak her yeni iş için ayrı bir iş emrinin hazırlanması, her iş emrindeki iş/işlem sıraları farklı olduğu için, belirsizliklere neden olmaktadır. Bu sorun yükleme ve programlamanın yeniden yapılmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla programlamanın uygulanabilirliği bu belirsizliklerin kısmen de olsa ortadan kaldırılmasına bağlıdır. Bu ise ancak bir takım varsayımlarla sağlanabilmektedir.

### 2.3. Sıralamada Amaçların Belirlenmesi

Programlama kararları çoğunlukla değişik amaçlara yönelik verilirler. Bu amaçlar genellikle birbirleriyle rekabet halindeki alternatiflerdir. Kesikli üretim sistemlerinde çoğunlukla aşağıdaki alternatiflerin biri veya birkaçı programlama için amaç olarak alınabilirler (12).

(11) Carson, B.G., Bolz, A.H., ve Young, H.H., Production Handbook, Ronald Press Co. New York, 1972, 3. baskı, s. 3. 35.

(12) O'Brien, James. J., Scheduling Handbook, New York Mc Graw-Hill, 1969.

- Makinaların, araçların ve gereçlerin boş beklemelerinin minimizasyonu.
- İşçilerin boş beklemelerinin minimizasyonu.
- Ara stokların minimizasyonu.
- İş yükleme maliyetlerinin minimizasyonu.
- Teslim tarihinden önce bitirilen iş miktarının maksimizasyonu.
- İmalat maliyeti yüksek olan işleri mümkün en kısa sürede bitirme.

Pratikte mutlak bir en iyi çözüm bulunması imkansız derecede güçtür. Çünkü sistemde her hariç tutulan öğe ve ikame kriterlerinin üst seviyeli amaçlarında tam olarak temsil edilememesi bizi en iyi çözümden uzaklaştırmaktadır. Ayrıca, değişik amaçlar arasında uyumun sağlanamaması da en iyi çözümü engellemektedir. Yukarıda verilen programlama amaçları incelendiğinde amaçlar arasında çelişkiye varan farklılıklar gözlenmektedir. Bu nedenle programlama problemlerinde salt en iyi çözümü bulabilmek için amaçları birlikte değerlendirmeye yarayacak, maliyetlerin minimizasyonu gibi, ortak bir amaç kullanılabilir. Diğer bir deyişle, programlamanın amacı bu maliyet unsurlarından bir veya bir kaçının meydana getireceği toplam maliyetin minimize edilmesidir. Eilon (13) programlama problemlerinde işlem sıralanmalarını belirlemek amacıyla bir doğrusal programlama modeli geliştirmiştir. Modelde amaç olarak yalnız, işlerin makinalardaki işlem sıralarının belirlenmesini almıştır. Eilon, modelinde programın kapsadığı periodlardaki işlem sürelerine ilişkin maliyetleri minimize etmeye çalışmaktadır.

Programlama problemlerinin karmaşıklığına rağmen çözüme çabuk ve kolay ulaşma isteği bizi, amaç fonksiyonunun kurulmasında çeşitli karar kurallarını kullanmaya yöneltmektedir. Karar kurallarının kullanılması iyi bir programlama için pratik bir yol olmasına rağmen, genelde ideal programlardan bizi saptırmaktadırlar. Johnson'un (14) belirttiği gibi, deneyler kesikli üretim sistemlerinde işlemlerin sıralanması için uygun bir "Öncelik kuralının" seçilmesinin yararlı olacağını göstermektedir.

Kesikli üretim sistemlerindeki işlerin, bir iş merkezinde işlenip diğerine gönderilmeleri ve işlem görmek için diğer bir bekleme hattına girmeleri gerekmektedir. İş biten parçaların merkezi terketmelerinden sonra bekleme hattından bazı karar kurallarına dayandırılarak diğer bir iş seçilmektedir. Bu süreç, sistemin genellikle bekleme hatları şebekesi olarak değerlendirilmesine neden olmaktadır. Bu şekilde ele alınan sistemlerde, gerçek ve yaratılan işlem zamanlarına dayandırılarak değişik tipteki karar kurallarının

(13) Eilon, Ş., Elements of Production Planning and Control, Mc Millan Co., 1969 (3. Baskı). s. 345.

(14) Johnson, A.R., Newell W.T. ve Vergin, C.R., a. g. e., s. 385.

sıralama üzerindeki etkileri incelenmektedir. Örneğin, Conway, Maxwell ve Miller bu konuda 92 değişik karar kuralını incelemişlerdir <sup>(15)</sup>. Bunların çoğu diğerinin birleşimi şeklinde olduğundan sayılarını azaltarak incelenmeleri de mümkündür. Bu karar kurallarının en etkililerini kullanarak yapılan diğer bir çalışma ise Nanot tarafından yapılmıştır <sup>(16)</sup>. Nanot bu çalışmasında, on adet karar kuralını altı değişik kesikli üretim sisteminde, iki milyondan fazla sıralama alternatifinin benzetişimini yaparak, test etmiştir. Nanot tarafından kullanılan karar kuralları şu şekildedir;

- i- İlk gelene ilk servis.
- ii- En erken bitirme süresi
- iii- Statik artık (Teslim tarihi ile merkeze varış tarihi arasındaki süre farkı).
- iv- Statik artık ile kalan işlem zamanı oranı.
- v- Statik artığın kalan işlem sayısına oranı.
- vi- Sistemde ilk olana ilk servis.
- vii- Son gelene ilk servis.
- viii- Dinamik artık (Teslime kadar olan süre ile kalan işlem süresi farkı).
- ix- Dinamik artığın tahmini kalan işlem süresine oranı.
- x- Dinamik artığın kalan işlem sayısına oranı.

Nanot, Conway ve Maxwell<sup>(17)</sup>, Bowman<sup>(18)</sup> ve diğerleri bu konudaki araştırmalarında, "En Erken Bitirme Süresi" karar kuralının kullanılması halinde, diğer karar kurallarına göre, en küçük ortalama tamamlanma süresinin bulunacağını vurgulamışlardır. Fakat "En Erken Bitirme Süresi" karar kuralının işlerini tamamlanma süresi ile ilgili standart sapmasının, "Sistemde ilk olana ilk servis" ve "Dinamik artık" karar kurallarının işlerin tamamlanma süresi ile ilgili standart sapmasından az bir farkla büyük olduğunu belirlemişlerdir.

- 
- (15) Conway, R.W., Maxwell, W.L., ve Miller, L.W., 'Theory of Scheduling Reading, Mass, Addison-Wesley Pub. Co. 1967.
  - (16) Nanot, Y.R., "An Experimental Investigation and Comparative Evaluation of Priority Disciplines in Job-shop like Queuing Networks", Ph. D. dis., UCLA, 1963'den Johnson, R.A., Newell, W.T. ve Vergin, R.C. Operations Management: A system concept, New York, Houghton Miffling, 1972, s. 385.
  - (17) Conway, R.W. ve Maxwell W. L., "Network Scheduling by the shortest Operation Discipline" Operations Research Vol. 10, No. 1, 1962, s. 51-73.
  - (18) Bowman, E.H., "The Scheduling-Sequencing Problem" Operations Research Vol. 7, No. 7, 1959, s. 621-675.

Le Grand <sup>(19)</sup> siparişlerin zamanında yetiştirilmesine önem verilmesi durumunu göz önünde bulundurarak incelediği sistemlerde, her sipariş için "Dinamik artışın tahmini kalan işlem süresine oranı" kuralının diğer kurallara göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Carrol <sup>(20)</sup> ise bekleme süresi maliyetinin işlem süresine oranını <sup>(21)</sup> kullanarak yaptığı denemeler sonucu, bu oranın büyüklüğüne göre siparişlerin sıralanması gerektiğini vurgulamıştır. Bu kuralın teslim tarihinin karşılanmasında diğer karar kurallarına göre en iyi sonucu verdiğini gözlemiştir.

Yukarıda verilen öncelik karar kurallarının bir üretim çevresinden diğerine göre daha farklı sonuçlar vereceği açıktır. Ayrıca bu karar kuralları işletmelerin değişik kriterlere verdikleri ağırlıklara bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Örneğin, işlerin zamanında teslimine önem veren bir kritere fazla ağırlık verildiğinde "En Erken Bitirme Süresi" karar kuralı diğer karar kurallarına göre üstünlük sağlamaktadır. Bu konuda Le Grand <sup>(22)</sup> Hughes Aircraft şirketinde gerçek verilerle altı öncelik karar kuralını on değişik kriter üzerinde karşılaştırmıştır. Sonuçları Tablo 1'de verilen bu çalışma, kriterlere eşit ağırlıklar verildiğinde "En Erken Bitirme Süresi" karar kuralının en iyi ortalama performansı verdiğini göstermektedir.

Belirli bir durum için seçilecek karar kuralı, işyeri büyüklüğü, siparişlerin geliş davranışları, büyüklükleri, benzerlikleri, değerleri, siparişlerin bekleme süreleri, ara stok maliyetleri ve makinalardan faydalanma faktörlerine göre değişmektedir <sup>(23)</sup>. Bu nedenle, herhangi bir öncelik kuralının her sistem için en ideal olduğunu söylememiz mümkün değildir <sup>(24)</sup>.

---

(19) Le Grand, "The development of a Factory Simulation System", *Management Technology 3*. 1963'den Buffa, S. Elwood; "Readings in Production and Operations Management, John Wiley, New York, 1966.

(20) Carrol, R.W., "Heuristic Sequencing of Single and Multiple Component Jobs", *Unpublished Ph. D. dis., Sloan School of Management, M.I.T., 1965.*

(21) Bekleme süresi maliyetinin işlem süresine oranı COVERT olarak da anılır.

(22) Le Grand, a.g.e.

(23) Johnson, A.R., Newell W.T., ve Vergin, C.R., a. g. e. s. 387.

(24) Kesikli üretim sistemlerinde işlemlerin makinalarda sıralanması için seçilecek en ideal karar kuralı, en küçük tamamlanma süreleri ortalamasını ve tamamlanma süreleri için en küçük standart sapmayı birlikte verendir.



**TABLO 1**  
**DEĞİŞİK KRİTERLERE GÖRE ÖNCELİK KARAR KURALLARININ**  
**KARŞILAŞTIRILMASI**

| Grup                               | Kriterler<br>(Eş ağırlıklı)                                       | Öncelik Karar Kuralları |             |             |             |             |             |
|------------------------------------|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                    |   | EEBS                    | DA/KİS      | İĞİS        | EKBZ        | SİİS        | RS          |
| (1)                                | Tamamlanan iş sayısı  | 1.00                    | 0.87        | 0.86        | 0.84        | 0.94        | 0.84        |
| (2)                                | Geç tamamlanan işlerin yüzdesi                                    | 0.83                    | 1.00        | 0.54        | 0.48        | 0.62        | 0.68        |
| (3)                                | Tamamlanan işlerin dağılımlarının ortalaması                      | 1.00                    | 0.63        | 0.54        | 0.46        | 0.64        | 0.79        |
| (4)                                | Tamamlanan işlerin dağılımlarının standard sapması                | 0.20                    | 1.00        | 0.20        | 0.22        | 0.24        | 0.20        |
| (5)                                | Atölyelerde bekleyen ortalama iş sayısı                           | 1.00                    | 0.73        | 0.73        | 0.68        | 0.84        | 0.67        |
| (6)                                | Siparişlerin ortalama bekleme süresi                              | 1.00                    | 0.52        | 0.38        | 0.36        | 0.51        | 0.66        |
| (7)                                | Siparişleri stokta taşımanın yıllık maliyeti                      | 0.76                    | 0.96        | 0.84        | 0.91        | 1.00        | 0.80        |
| (8)                                | Beklemedeyken stok maliyetinin makinadayken stok maliyetine oranı | 0.91                    | 0.99        | 0.98        | 1.00        | 0.99        | 0.93        |
| (9)                                | İşçilerden faydalanma yüzdesi                                     | 1.00                    | 0.92        | 0.93        | 0.91        | 0.87        | 0.92        |
| (10)                               | Makina kapasitelerinden faydalanma yüzdesi                        | 1.00                    | 0.92        | 0.93        | 0.91        | 0.97        | 0.91        |
| Ortalama Performansa göre sıralama |   | 8.70<br>(1)             | 8.54<br>(2) | 6.93<br>(5) | 6.77<br>(6) | 7.62<br>(3) | 7.40<br>(4) |

Kaynak: Le Grand'ın adı geçen araştırması.

EEBS: En erken bitirme süresi

DA/KİS: Dinamik artışın tahmini kalan işlem süresine oranı.

İĞİS : İlk gelene ilk servis.

EKBZ: Her işlemin planlanan en küçük başlama zamanı.

SİİS : Sistemde ilk olana ilk servis.

RS : Rasgele sıralama.

Koşulların değişmesi halinde karar kurallarının yeni koşullara uydurulması gerekmektedir. Uygun bir karar kuralının seçimi işlerin talep tarihinde teslim edilip edilmediğine, iş merkezlerindeki boş zamanları, ara stok seviyelerini ve diğer koşulları periodik olarak kontrol etmeye yarayan etkin bir bilgi geri besleme sisteminin kurulmasına bağlıdır. Bu şekilde aksayan yerlerin bulunup düzeltici kararların verilmesi mümkündür.

### 3. SONUÇ

Bu çalışmada kesikli üretim sistemlerinde detaylı programlama ve bununla ilgili problemler kapsamlı olarak ele alınmaktadır. Programlama yapılırken karşımıza çıkan sorunlardan önemli bir tanesi en iyi programlamanın ne olduğudur. Ancak bu seçtiğimiz kriterlere bağımlı olduğundan, bir kriter için en iyi sonucu veren bir programlama diğer bir kriter için en iyi sonucu vermeyebilir. Örneğin maliyeti çok olan işlerin mümkün olan en kısa sürede bitirilmesi amaç alındığında "En Erken Bitirme Süresi" karar kuralı olarak alınmaktadır. Ara stokların minimizasyonu amaç olarak alınsa idi, en fazla stok alanına gereksinim duyan işlerin ilk önce işlenmesine yönelik bir karar kuralı kullanılacaktı. Dolayısıyla kullanılacak detaylı programlama yönteminin değişik karar kurallarına uydurularak kullanılması gereklidir. Bu nedenle bu çalışmada kesikli üretim sistemlerinin programlanmasında kullanılacak kriterleri, nerede ve niçin kullanılabileceklerini, değişen şartlar altında hangilerinin seçilmesi gerektiğini belirlemeye yardımcı olmak amacıyla genel bir çerçeve çizilmeye çalışılmıştır.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Baker, C.T. ve Dzielinski, P.B., "Simulation of a Simplified Jopshop", *Management Science*, Vol. 6, No. 3, Nisan 1960.
- Bock, R.H., ve Holstein, N.K., *Production Planning and Control*, (2. Baskı) Charles E. Merrill Books Inc. Columbus, Ohio, 1964.
- Bowman, E.H., "Production Scheduling by the Transportation Method of Linear Programming". *Operations Research*, Vol. 4, No. 1, Şubat 1956.
- "The Schedule-Sequencing Problem", *Operations Research*, Vol. 7, No. 2, 1959.
- Carrol, R.W., "Heuristic Sequencing of Single and Multiple Component Jobs", Unpublished Ph. D. dis. Sloan School of Management, M.I.T., 1965.
- Carson, B.G., Bolz, A.H., ve Young, H.H., *Production Handbook*, (3. baskı), Ronald Press Co. NewYork, 1972.
- Conway, R.W., ve Maxwell, W.L., "Network Scheduling by the Shortest Operation Discipline", *Operations Research*, Vol. 10, No. 1, 1962.
- Dilworth, J.B., *Production and Operations Management: Manufacturing and Nonmanufacturing*, Random House, 1979.
- Eilon, S., *Elements of Production Planning and Control*, (3. baskı) McMillan Co., 1969.
- Elmaghraby, S.E., "The Machine Sequencing Problem-Review and Extensions", *Naval Research Logistic Quarterly*, V. 15, 1968.
- Jackson, J.R., "Job shop-like Queueing Systems", *Management Science*, Vol. 10, No. 1, Ekim 1963.
- Johnson, S.M., "Optimal Two-and Three-stage Production Schedules with Set up Times Included", *Naval Research Logistics Quarterly* 1 Mart 1954.
- Johnson, A.R., Newell, T.W., ve Vergin, C.R., *Operation Management: A System Concept*, Houghton Mifflin Boston, 1972.
- Kobu, B., *Üretim Yönetimi*, İşletme Fakültesi Yayınları, No: 67. İstanbul, 1967.
- Kozan, E., "Toplam Planlama/Ana programlama: Bir Yaklaşım", *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 2, Sayı 3, Nisan 1984.
- Le Grand., "The Development of a Factory Simulation System Using Actual Operating Data", *Management Technology* 3. 1963.den *Readings in Production and Operation Management*. Buffa E.S., Edition, John Wiley, New York, 1966.
- Nanot, Y.R., "An Experimental Investigation and Comparative Evaluation of Priority Disciplines in Job Shop-Like Queueing Networks" Ph. D. diss, UCLA, 1963'den Johnson, A.R., Newell, T.W., ve Vergin, C.R., *Operations Management: A System Concept*, NewYork, Houghton Mifflin, 1972.
- Nelson, R.T., "Labor and Machine Limited Production Systems", *Management Science*, Vol. 13, No. 9, Mayıs, 1967.
- O'Brien, J.J., *Scheduling Handbook*, NewYork, Mc Graw-Hill, 1969.
- Smith, W.E., "Various Optimization for Single Stage Production", *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 3, Mart, 1956.

