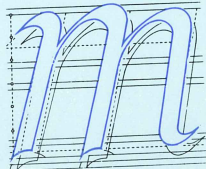


# MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

*Cilt : 1 Sayı : 3 Nisan 1987*



*matim*

Makina Mühendisliği Bölümü  
ODTÜ - ANKARA

### Sahibi

Makina Tasarım ve İmalat Derneği

### Sorumlu Yayın Yönetmeni

Abdülkadir ERDEN

*ODTÜ-MATİMAREN*

### Yayın Kurulu

Haluk AKSEL

*ODTÜ-MATİMAREN*

Ömer Gündüz BİLİR

*ODTÜ-MATİMAREN*

Abdülkadir ERDEN

*ODTÜ-MATİMAREN*

Bilgin KAFTANOĞLU

*ODTÜ-MATİMAREN*

Kemal ÖZGÖREN

*ODTÜ-MATİMAREN*

R. Orhan YILDIRIM

*ODTÜ-MATİMAREN*

### Danışma Kurulu

Sümevir AKÇASU

*TÜBİTAK*

Mustafa AKKURT

*İTÜ*

Alpay ANKARA

*ODTÜ*

Özdemir BENGİSU

*DEÜ*

Ekrem BÖLÜKBAŞ

*ÇİMSATAŞ*

Mustafa DORUK

*ODTÜ*

Şükrü ER

*Işık Mak. San. A.Ş.*

Nuh ERGENEMAN

*T. Traktör ve Zir. Mak. A.Ş.*

Belgin ERKAN

*TPAO*

Hadi FEKE

*T. Şişe ve Cam Fb. A.Ş.*

Günay GÜNGEN

*MKEK*

Macit KARABAY

*ODTÜ*

Mahmut MUCUOĞLU

*MEPA-RABAK A.Ş.*

Ziya ÖZKAN

*BMC San. ve Tic. A.Ş.*

Ömer SAATÇIOĞLU

*ODTÜ*

Arslan SANIR

*HEMA Dişli San. ve Tic. A.Ş.*

Ergin TANBERK

*BİMEL A.Ş.*

Lutfullah ULUKAN

*İTÜ*

Orhan YEŞİN

*ODTÜ*

Necip YÜKSEL

*BORUSAN Holding A.Ş.*

### Yazışma Adresi

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi

Makina Mühendisliği Bölümü

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

06531 ANKARA

### Telefon

(4) 223 71 00/Yayın Yönetim: 2584/Sekreter: 2590



# MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt: 1 Sayı: 3 Nisan 1987

JOURNAL OF  
MECHANICAL DESIGN  
AND PRODUCTION

Vol: 1 No: 3 April 1987

Yılda 4 Sayı yayınlanır.

## TELİF HAKKI

Makina Tasarım ve İmalat Dergisinde yayınlanan bütün yazıların telif hakkı MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERNEĞİ'nindir. Yayınlanmış yazıların başka bir yerde tekrar yayınlanması, çoğaltılması ve dağıtılması, yayın kurulundan yazılı izin almak koşulu ile mümkündür. Makalelerdeki görüşlerden doğacak sorumluluk makale yazarına aittir.

## ABONE KOŞULLARI

Yıllık 4 sayı için abone bedeli gerçek kişiler için 6.000 TL, firma ve kuruluşlar için 15.000 TL, öğrenciler için 3.000 TL. dir. Abone olmak için aşağıda verilen banka hesabına abone bedelinin yatırılması ve açık adresiniz ile banka makbuzunun adresimize gönderilmesi yeterlidir.

## REKLAM KOŞULLARI

Arka kapak içinde belirtilen Reklam İlkelerine uyması koşulu ile, derginin bu amaçla ayrılan sayfaları firmalara tahsis edilebilir. Bunun için aşağıda verilen banka hesabına tam sayfa için 200.000 TL. yatırılması ve banka makbuzu ile yayın kuruluna başvurulması yeterlidir.

## BANKA HESAP NUMARASI

T. İş Bankası

ODİJ Şubesi ANKARA

Hesap No: 6610-235339

(Makina Tasarım ve İmalat Dergisi)

## İÇİNDEKİLER

<b>SUNUŞ</b>	112
<b>GENEL DEĞERLENDİRME MAKALELERİ</b>	
Yöneylem Araştırmasının Verimliliğe Katkısı Ömer SAATÇIOĞLU	113
Çok Amaçlı Karar Problemlerinin Çözümünde Pratik Yaklaşımlar Murat KÖKSALAN	117
İnsangücü Planlaması ve Verimliliğe Katkısı Ömer SAATÇIOĞLU	122
Stok Hareketinin Verimliliğe Etkisi Nesim ERKİP	127
Stok Takip ve Kontrolde Bilgisayar Kullanımı Nesim ERKİP	134
Çizelgelemenin Verimliliğe Katkısı Ömer KIRCA	142
Çizelgelemede Bilgisayar Kullanımı Ömer KIRCA	147
Etkileşimli Karar Verme-Uygulama Örneği Suna KONDAKÇI, Murat KÖKSALAN	157
<b>ENDÜSTRİYEL DESTEKLİ PROJELER</b>	164
<b>BİLİMSEL VE TEKNİK TOPLANTILAR</b>	166
<b>YENİ ÜRÜNLER</b>	167
<b>DERNEK ÜYELERİ</b>	169

Dizgi : Asuman ERİPEK

Pikaj ve Montaj : Can BERKMEN



SANEM MATBACILIK SAN. TİC. A.Ş.

Tel : 29 65 42 - 30 35 65

Necatibey Caddesi No:31 Sıhhiye - ANKARA

Bu dergideki makaleler OLYMPIA Elektronik Yazı Sistemleri ile dizilmiştir.  
Yetkili Satıcı: İPAŞ Büro Makinaları A.Ş., Karanfil Sokak No: 59, ANKARA  
Tel.: 118 23 06, 125 54 75

Çağımızda bilgisayar teknolojisinin dev adımlarla gelişmesi ve bu akımın ürün veya hizmet üreten tüm üretim sistemlerine yansımaları organizasyonların performanslarını büyük ölçüde etkilemiş ve üretkenlik (Productivity) ve verimlilik (Efficiency) kavramlarına yeni boyutlar getirmiştir. Organizasyonların veya alt birimlerinin yüklendiği fonksiyonları veya görevleri yerine getirmede sürdürülmektedir. Organizasyonların performanslarını, üretkenliklerini ve verimliliklerini artırıcı yöntem ve tekniklerde de gelişmeler olmakta ve bunların bilgisayarlar yardımıyla uygulamaları yolunda büyük adımlar atılmaktadır. Bu tür yaklaşımların temelinde doğal olarak sınırlı kaynakların etkin bir şekilde kullanılması ve böylece kuruluşların performansını ve dolayısıyla verimliliğini yükseltmek vardır. Performansı, giderek verimliliğin optimizasyonunu hedef alan bu çağdaş yaklaşımların yeşerdiği ilk ülke Japonya olmuştur. Bu akımın, öncülüğünü yapan Japonya'da verimlilik ulusal bir tercih olarak ortaya konmuştur. Verimliliğin toplumca artırılması çabası toplumu uzun vadede refaha aksi ise fakirliğe götürür sloganı Japon üretkenlik merkezince açık olarak ilan edilmiştir. Söz konusu merkez, verimliliği ulusal düzeyde artırmak için çalışmalarını bir verimlilik programı çerçevesinde sürdürmektedir. Merkezin bu program için tanımladığı amaç aşağıda verilmiştir.

"Verimlilik Programı, ulusal kaynakların, insan gücünün ve diğer olanakların bilimsel yöntemlerle en iyi kullanılmasını, üretim maliyetlerinin düşürülmesini, pazarların genişletilmesini, işsizliğin yok edilmesini, gerçek ücretlerin artırılmasını ve üretkenlerin, yönetenlerin ve tüketenlerin yaşam standartlarının yükseltilmesini amaçlar."

Japonya'daki bu akıma paralel olarak Amerika Birleşik Devletlerinde ve bazı Avrupa ülkelerinde verimliliği artırma konusunda çalışmalar yapılmakta, uyarıcı ve yol gösterici yayınlar çıkmaktadır.

Ülkemizde de verimliliği artırma konusunda bazı girişimler vardır, ancak bu girişimlerin etkinliği istenilen düzeyde değildir. İhracat seferberliğinin yapıldığı bu sıralarda kaliteli ve düşük maliyette ürün ve hizmet üretebilmek için verimliliğin artırılması kaçınılmaz bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bakımdan ülkemiz için yeni bir seferberlik alanı olarak verimliliği artırmayı öngörüyoruz. Bu seferberliğin önemli bir parçası olarak uygulanmakta olan verimliliği artırıcı teknik ve yöntemlerin değerlendirilmesi, yaklaşım eksikliklerinin saptanması ve bu yönde tekliflerin belirlenmesi için araştırmalar yapılmasını gerekli görüyoruz.

Bu özel sayıda, verimliliği artırmada Yöneylem Araştırma ve Endüstri Mühendisliği yöntem ve tekniklerinden bir bölümünün katkıları sekiz makalede ele alınmıştır. Her iki bilim dalı da eldeki kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını ile ilgilidir ve bu konudaki uygulamalar 1800'lerin başlarına kadar gitmektedir. 1950'lerde Yöneylem Araştırmasının endüstriyel sistemlerdeki uygulamaları giderek artmış ve bu sistemlerin verimliliğine olan katkıları daha somut bir şekilde ortaya çıkmıştır. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliğinin ülkemizde bu yönde kullanılması ile ilgili uygulamalı araştırmalar çeşitli kuruluşlarca yapılmaktadır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ve Sistem Bilimleri Araştırma Merkezi bu tür çalışmalarını yürüten kuruluşların önde gelenlerindedir. Umudumuz, bu araştırmaların desteklenmesi ve Türk Endüstrisinin verimliliğini artırmada endüstri-üniversite işbirliğinin etkin bir düzeye getirilmesidir.

Prof.Dr. Ömer SAATÇIOĞLU



## Yöneylem Araştırmasının Verimliliğe Katkısı

Ömer SAATÇIOĞLU

Prof.Dr.  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Bu makalede yöneylem araştırmasının üretim sistemlerinde, verimliliğe olan katkısı ele alınmıştır. İnsan, makina, malzeme ve paradan oluşan kaynakların etkin bir şekilde kullanımında önemli ölçüde yararı bulunan yöneylem araştırmasının kaynakların verimliliğini artırmadaki katkısı her bir kaynak üzerinde irdelenmiştir. Yöneylem araştırmasının verimliliğe olan katkısı, tasarım ve yönetime ilişkin karar problemleri ve faaliyetler üzerinde açıklanmıştır. Açıklamalarda ayrıntıya gidilmemiş ve daha çok ele alınan konulara dikkat çekme biçimi benimsenmiştir.

### GİRİŞ

Yöneylem Araştırması, insan-makina sistemlerinin davranışlarını analiz etmek ve bu sistemlerin amaç ve hedeflerine uygun tasarım, yönetim ve kontrollerine ilişkin problemlerini çözmek için bilimsel bir yaklaşımdır. Başka bir ifadeyle, yöneylem araştırması yöneticiye tasarımcıya yardım ederek onun politikasını ve eylemini bilimsel olarak saptayan bir bilim dalıdır. Yöneylem araştırmasının uğraş alanına giren problemlerin ilgi alanları ve nitelikleri çok farklı olmakla beraber bu problemlerin temelinde, eldeki sınırlı kaynakların en iyi kullanımı veya çözüm alternatiflerinden en iyisini seçmek ile bir sistemin davranışını bilimsel olarak belirlemek vardır.

Öte yandan bir üretim sisteminin verimliliği, değerli bir çıktı (ürün veya hizmet) yaratmak için kaynakların (girdilerin) etkin ve yararlı kullanımı derecesidir diye tanımlanabilir [1]. Buna göre, üretim sistemlerinin kaynaklarının en iyi bir şekilde kullanımını sağlayacak yöneylem araştırması yöntem ve teknikleri doğal olarak verimliliğin artışına katkısı olacak yaklaşımlar olacaktır.

Özellikle çağımızdaki bilgisayarlardaki hızlı gelişmeler ile yöneylem araştırması tekniklerinin kullanım etkinlikleri artmış ve kuruluşların performanslarında da büyük artışlar olmuştur. Böylece bilgisayarlarla hız kazanan yöneylem araştırması, kuruluşların performansının giderek, verimliliğinin en iyilenmesini hedef alan çağdaş bir yaklaşımın temel taşlarından birisi olmuştur.

Bu makalede, yöneylem araştırmasının verimliliğe olan katkısı, ürün veya hizmet, üreten sistemlerin temel kaynakları olan,

- i) insan,
- ii) makina,
- iii) malzeme ve
- iv) para

üzerinde açıklanmıştır. Açıklamalarda ayrıntıdan kaçınılmış ve daha çok ele alınan konulara dikkat çekme biçimi benimsenmiştir.

### İNSANGÜCÜ

Yöneylem araştırmasının insanın verimliliğini artırmadaki katkısı iki aşamada ele alınabilir:

1. Organizasyonel yapının tasarlanması ve revizyon aşaması,
2. Yönetim aşaması.

İnsangücünün verimini yükseltmenin ön koşulu kuşkusuz verimli bir organizasyonel yapıdır. Kuruluş içinde yürütülen faaliyetlerin ve alınan kararların etkin bir sistematiği olmalı ve bu sistematik verimli bir bilgi akış sistemi ile bütünleştirilmelidir. Yöneticilerin karşılaşılabilecekleri karar problemlerinin çözümü için, takip edilecek yöntem öncelikle belirlenmeli ve çözüm için gerekli bilgiler istenildiği şekilde ve zamanda temin edilebilmelidir. Yöneylem araştırması, kuruluşun karar verme mekanizmasının tasarlanması ve mekanizmayı destekleyen modellerin kurulabilmesine katkıda bulunabilecek bir bilim dalıdır.

Organizasyonel yapı içinde iki tür karar için karar mekanizmasından söz etmek mümkündür [2]. Bunlar;

1. Rutin nitelikteki kararlar,
2. Rutin olmayan nitelikteki kararlardır.

Rutin nitelikteki karar verme, önceden saptanmış, mantık ve aritmetik işlemler sonucunda karar vermedir. Bu işlemleri insan yapabileceği gibi bir elektronik hesap makinası da yapabilir. Bu tür karar vermenin temeli genellikle bir karar modelidir.

Rutin olmayan nitelikteki karar verme, bazı mantıksal ve aritmetik işlemleri gerektirmekle beraber, ayrıca sezgi ve yargıyı kullanmayı gerektiren karar verme şeklidir. Bilgisayarların hızlanması bu tür kararların etkileşimli olarak verilmesini sağlamıştır. Bu yöntemin temelinde, karar verici ile kuruluş birimleri ve ortam arasında anında haberleşme ve değişen koşullara uyum vardır. Böylece karar mekanizmasında kullanılan modellerin parametreleri anında değiştirilebilmekte ve karar vericinin sezgi ve yargısında oluşacak değişiklikler, çözüme hemen yansiyabilmektedir. Ayrıca karar probleminde bir aşamada elde edilen çözümün, kullanıcından gelen görüşler çerçevesinde, çözüm üzerinde ikinci ve diğer aşamalarında gerekli düzeltmeler yapılabilir. Bu ve diğer niteliklerinden ötürü etkileşimli karar verme mekanizması organizasyonların karar verme sürecini verimli bir duruma getirebilmektedir.

Yöneylem araştırmasının organizasyonel yapının tasarımındaki diğer önemli bir katkısı, bilişim veya karar destek sistemlerinin tasarlanması sırasında olmaktadır. Bu tür bilgi sistemlerinin amacı, karar vericiye istediği bilgiyi istenilen zamanda temin etmektir. Karar vericinin istediği bilgiyi belirlemek ancak organizasyon içinde ele alınacak karar problemlerinin doğru olarak formülasyonu ve kurulacak model ile mümkün olacaktır. Problem formülasyonunda karar modelinde öngörülen parametrelerin hesaplanmasında kullanılacak bilgiler, bir bakıma bilgi sistemlerinde kapsanacak bilgilerin temelini oluşturacaktır. Karar problemlerinin formülasyonu ve model geliştirme, yöneylem araştırma yönteminin önemli aşamalarıdır ve bu aşamaların bilgi sistemlerinin tasarlanmasındaki katkısı çok fazladır.

Yöneylem araştırmasının insan gücü verimliliğine katkısı, yönetim aşamasında da geçerlidir. Bu katkı, insan gücünün en iyi iş yönetiminin ve ortamının belirlenmesinden, insan gücünün planlanmasına, yönetimin talep ve kontrol aşamasına kadar geniş bir yelpaze içinde düşünülebilir.

İşin verimli bir şekilde nasıl yapılacağını belirlerken, yöneylem araştırması yöntemi ve ergonomi bilim dalının ilkelerine göre, alternatif iş yöntemleri geliştirilir ve öngörülen ölçütler ve kısıtlar çerçevesinde bu alternatifler değerlendirilir ve en iyisi seçilir. Değerlendirme aşamasında insan gücünün fizyolojik ve psikolojik yapısı, iş ortamı, teknolojik kısıtlar ile ekonomik kısıtlar göz önünde tutulur.

İnsan gücü planlaması ile kuruluşun performansını artırmak, yöneylem araştırmasının uğraş alanlarından birisidir.

Doğru işe doğru miktarda ve doğru zamanda doğru insan gücü almak ve eğitmek insan gücü planla-

masının kapsamını oluşturur. Yöneylem araştırmasının insan gücü planlamasının hemen hemen her aşamasında katkısı vardır [3], [4], [5], [6]. Katkı alanları aşağıda verilmiştir.

1. Kadro ihtiyaçlarının tahmini
2. Personel kayıplarının tahmini
3. İnsan gücü arzının tahmini
4. İnsan gücünün işlere atanması
5. İnsan gücünün kuruluş içinde ilerleme planlaması
6. İşler arası transferlerin yapılması
7. Performans değerlendirmesi
8. Teşvik prim sisteminin tasarımı
9. Eğitim planlaması.

Nitelikli insan gücünün verimlilik potansiyeli yüksektir, ancak bu insan gücünün etkin bir şekilde yönetilmesi ve böylece verimliliğin artırılması gerekir. Takip ve kontrol yönetimin kaçınılmaz fonksiyonlarıdır ve yöneylem araştırması bu fonksiyonların etkin bir şekilde yürütülmesinde katkıda bulunabilir. Geliştirilen etkileşimli karar mekanizması ve bilgi sistemleri takip ve kontrolün verimli olarak yürütülmesinde yararlı olacak unsurlardır.

### MAKİNA (EKİPMAN)

Makinanın üretim sisteminin önemli bir kaynağı olarak verimliliğe olan katkısı oldukça fazladır. Özellikle makina yoğun sistemlerde kullanılan teknoloji düzeyi, organizasyonların performansını ve verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Çağımızda, teknolojinin hızla gelişmesi, bilgisayar yardımıyla tasarım ve imalat sistemlerinin ortaya çıkması ve daha önemlisi robotlaşma akımı, endüstrinin yapısını değiştirmiştir. Günümüzde endüstriyel otomasyon gündemdedir. Endüstriyel otomasyon, ürün kalitesini ve değişen pazar ihtiyaçlarını karşılayarak bu pazara gereken hızda mal sürümünü ve esnekliğini artıracaktır.

Yöneylem araştırması makinanın verimliliğini artırmada aşağıdaki konularda katkıda bulunabilir:

1. Makinanın en iyi tasarımı
2. Süreç planlamasında
3. Makinaların yerleştirilmesinde
4. Makinaların yüklenmesinde
5. İşlerin makinalara çizelgelenmesinde
6. Üretim hattının dengelenmesinde
7. Makinaların bakım ve onarımında

Makinaların öncelikle verimli kullanıma olanak sağlayacak bir şekilde tasarlanması gerekir. Yöneylem araştırmasının en iyileme tekniklerinden yararlanarak makinaların en iyi tasarımı yapılabilir.

Çeşitli ürünlerin üretildiği bir üretim sisteminde, bir işlemin birden fazla makina tarafından farklı süre ve maliyette yapılması durumunda işlemlerin mantıksal sıralanmasından oluşan süreçten çok sayıda alternatif yaratmak mümkün olur. Bu alternatifler içinde bir tanesi en iyi süreç olacaktır ve bu süreç yine yöneylem araştırması teknikleri ile bulunabilir [7], [8].

İş yerinde makinaların iş akışına, malzeme akışına, işçinin çalışma ortamına, malzeme nakliye sistemleri ve diğer faktörlere göre en iyi bir şekilde yerleş-



mesi sistemin performansı bakımından çok önemli bir problemdir. Bu problemin sistemin performansını artıracak şekilde çözmek üzere bir çok yöneylem araştırması tekniği geliştirilmiştir [ 9].

Makinaların işlerle yüklenmesi problemi makinaların verimli çalışması amaçlanan bir başka üretim problemidir. Bu problemin temelinde makinaların tam kapasiteye yakın çalışması espirisi yatmaktadır. Bu probleme en iyi çözümler getirmek üzere geliştirilmiş yöneylem araştırması yaklaşımları bulunmaktadır [ 7].

İşlerin makinalara zaman içinde atanması probleminde, keza makinaların verimli bir şekilde kullanımı amaçlanmıştır. Bu problemde genellikle farklı ürünleri üretmek için gerekli işlemler, önceden belirlenmiş öncelik kurallarına veya ölçütlere bağlı olarak makinalara atanır. Ürünlerin işlem sıralarını ve önceliklerinin farklı olması, ayrıca makina işlem zamanları ile maliyetlerindeki farklılık ve problemin zaman boyutu, çizelgeleme problemini çok karmaşık bir duruma sokabilmektedir. Bu probleme elde edilecek çözümler, sistemin performansını önemli mertebede etkileyecek niteliktedir. Kombinatoryal bir problem olan çizelgeleme problemine yine yöneylem araştırması yaklaşımları ile çözümler bulunabilmektedir [ 7], [ 10].

Üretim hattı dengeleme problemi, montaj türü üretim sistemlerinde işlerin ve makinaların iş istasyonları bazında dengelenmesi ve böylece verimli bir akışın sağlanmasını kapsar. Montaj hattını dengelemek üzere geliştirilmiş ve yöneylem araştırması çerçevesinde ele alınan bir çok sezgisel yöntem vardır [ 9].

Makinaların verimini etkileyen önemli bir unsur da, makinaların zaman içinde bakımı ve gerektiğinde onarımıdır. Makinaların çoğu zaman çalışır durumda olması için koruyucu bakıma ve periyodik parça yenileme programına ihtiyaç vardır. Bakıma rağmen bozulan makinanın en kısa bir zamanda çalışır duruma getirilmesi, sistemin performansı bakımından yine çok önemli bir problemdir. Stokastik süreçlerle ilgili yaklaşımların daha çok kullanıldığı bu probleme çözüm getirmek üzere teknik ve yöntemler geliştirilmiştir [ 11].

## MALZEME

Malzeme bir üretim kaynağı olarak belirlenir, temin edilir, depolanır, sistem içinde birbirinden diğerine taşınır ve kullanılır. Malzemenin istenilen miktarda ve zamanında temin edilmesi üretim oranını olumlu şekilde etkileyecek, giderek çıktı miktarı artacak ve verimlilik artacaktır. Hemen kullanılmayan malzemelerin depolanması ve istenildiği zaman hızlı bir şekilde çekilmesi konunun diğer bir boyutunu oluşturmaktadır. Yöneylem araştırmasının malzemenin kaynaklanan performans ve verim artışına katkısı aşağıdaki problem alanlarında olabilir:

1. Stok kontrol problemi
2. Malzemenin depolanması ve hızlı erişilebilmesi problemi

Stok kontrol problemi, gelecekteki bir ihtiyacı

karşılama üzere malzemenin stokta bulundurulması için o malzemenin ne miktarda ve ne zaman sipariş verilmeli veya üretilmelidir sorularına cevap veren politikaların saptanması ile ilgilidir. En iyi envanter politikalarının bulunması, yöneylem araştırması yöntemi çerçevesinde ele alınan ilk problem alanlarından birisidir. Tipik bir optimizasyon problemi olan envanter problemine çözüm, genellikle sipariş maliyeti, stok bulundurma maliyeti ve yok satma veya siparişi sonradan karşılama maliyetlerinin ödünleştiği noktada bulunur. Envanter kontrol problemleri, yöneylem araştırmacıları tarafından çeşitli açılardan ele alınmış ve bu konuda çok sayıda yayın yapılmıştır [ 12], [ 13].

Depoda malzemeye hızlı erişmek ve çekip kullanım alanına götürmenin verimliliğe katkısı küçümsenemez. Özellikle malzeme türünün çok ve malzeme hacim ve ağırlığının fazla olduğu depolama sistemlerinde bu sorun verimlilik açısından daha da önem kazanmaktadır. Bu konu yöneylem araştırması tekniklerinden daha çok benzetim tekniği ile ele alınmış ve depolama senaryoları ile erişim sırasında vinçlerin ve malzeme nakliye sistemlerinin çizelgeleme senaryoları geliştirilmiş ve değerlendirilmiştir.

## PARA

Para, kuruluşların temel kaynağı olarak verimliliği ve performansı önemli ölçüde etkiler. Paranın verimliliği etkileyen önemli unsuru kullanım biçimidir. Kuruluşlarda paranın kullanımı iki temel alanda yoğunlaşmaktadır:

- i) yatırımlar sırasında,
- ii) işletme sırasında.

Yatırımın planlı bir biçimde yapılması, paranın verimli kullanımının önemli bir boyutunu oluşturur. Bu aşamada, üretilen ürün veya hizmete olan talep ve buna bağlı olarak kapasite planlaması, yatırım planlamasının temel girdileridir. Artık kapasiteyi asgari düzeyde tutacak, ölçek ekonomisine ve günün teknolojisi ile ekonomik koşullarına dayalı bir yatırım planını gerçekleştirmek, yatırımlarda verimli para kullanımının temelini oluşturur.

Yatırımların zaman içinde planlanan kapasiteye ve uygun kullanılacak ana para ile kredi maliyetlerini enazlayacak şekilde yapılması için yöneylem araştırması teknikleri kullanılmış ve optimal çözümler elde edilmiştir [ 14], [ 15].

Yatırımların öngörülen zamanda gerçekleştirilmesi problemi, keza yöneylem araştırmasının proje yönetim teknikleri tarafından ele alınmıştır. Günümüzde özellikle karmaşık büyük yatırımların yönetimi, bilgisayar yardımıyla proje yönetim teknikleri ile yapılmakta ve inşaat faaliyetleri zaman ve maliyet açısından kontrol altında tutulabilmektedir.

Paranın işletme sırasında kullanımı verimlilik açısından daha da önemlidir. Kullanılan her liradan en fazla yararı sağlamak, verimli para kullanımının temel amacı olmalıdır. Verimli para kullanımının temelinde, tüm kaynakların etkin kullanımı ve tasarrufu zihniyeti vardır. Kaynakların etkin kullanımı işletme maliyetinin ve çıktı maliyetinin düşmesine

neden olur. Ekonomi ve teknoloji savaşının sürdüğü bu sıralarda, paranın etkin yönetimi, belki de kuruluşların performansı ve verimliliği açısından önde gelen konulardan birisidir.

Paranın işletme sırasında yönetiminde kullanılan tekniklerden finansman planlaması, yöneylem araştırmasının en çok katkıda bulunduğu tekniklerdir [16].

## SONUÇ

Yöneylem araştırması kaynakların etkin kullanımına önemli ölçüde katkıda bulunan bir bilim dalıdır ve bu bakımdan kaynakların verimliliğini artırmadaki yararı yadsınmaz. Bu makalede yöneylem araştırmasının verimliliğe katkısı, her bir kaynak üzerinde ele alınmış, ancak katkılar faaliyetler veya karar problemleri üzerinde açıklanmıştır. Katkı alanı olan faaliyetler veya karar problemleri hangi kaynakla daha çok ilgili ise, o kaynağın başlığı altında ele alınmıştır. Esasında üzerinde durulan çoğu faaliyet ve karar problemi birden fazla kaynağı ilgilendirmektedir. Bu makalede iletilmek istenen mesaj, yöneylem araştırması yaklaşımlarından yararlanarak üretim sistemlerinin karar probleminin çözülebileceği ve böylece çoğu faaliyetlerin ve görevlerin etkin bir şekilde yürütülebileceği, giderek kaynakların verimliliğinin artırılabilirliğidir.

## CONTRIBUTION OF OPERATIONS RESEARCH ON PRODUCTIVITY

In this paper the contributions of operations research on the productivity of production systems are pointed out. Operation research deals with the effective utilization of resources; man, machine, material, money and information and hence contributes to the productivity of resources. These contributions are verified on individual resources. They are

explained on the decision problems and activities related with the design and management of production systems. The intention has become to attract attention on topics discussed rather than the details.

## KAYNAKÇA

- 1 Erbesler, A., *İnsangücü Verimliliğini Artırmaya Yönelik Organizasyon Modelleri ve Teşvik Edici Yöntemler*, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 305, Ankara, 1984.
- 2 Doğrusöz, H. ve diğerleri, *Bütünleşik Sistem Tasarım ve Kuruluş ve Gelişme Stratejisi*, T.S.E., Yönetim Bilişim Sistemi Araştırma Projesi Cilt.1, Ankara, 1974.
- 3 Bryant, D.T. ve Niehaus, R.J., *Manpower Planning and Organization Design*, Plenum Press, New York, 1978.
- 4 Grinold, R.C. ve Marshall, K.T., *Manpower Planning Models*, Elsevier North Holland, Inc., New York, 1977.
- 5 Fişek, H. ve diğerleri, *Türkiye Elektrik Kurumu Bilgisayar Destekli Bütünleşik İnsangücü Planlama Sistemi Araştırma Projesi*, 1-9 Cilt, SIBAREN, ODTÜ, Ankara, 1977.
- 6 Saatçioğlu, Ö., *Özendirme ve Personel Niteliklerine Dayalı Atama Hedef Programlama Modeli*, Endüstri Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Ankara, 1984.
- 7 Johnson, L.A., ve Montgomery, D.G., *Operations Research in Production Planning Scheduling and Inventory Control*, John Wiley and Sons Inc. New York, 1974.
- 8 Fox, R.L., *Optimization Methods for Engineering Design*, Addison Wesley Publishing Co., New York, 1971.
- 9 Francis, R. ve White, A.J., *Facility Layout and Location*, Prentice Hall, New York, 1974.
- 10 Bellman, R. ve diğerleri, *Mathematical Aspects of Scheduling and Applications*, Pergamon Press, Oxford, 1982.
- 11 Jardine, A.K.S., *Maintenance, Replacement and Reliability*, Wiley, New York, 1973.
- 12 Love, S., *Inventory Control*, McGraw Hill, New York, 1979.
- 13 Peterson, R. ve Silver, E.A., *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, John Wiley, New York, 1979.
- 14 Hansmann, F., *Operations Research Techniques for Capital Investments*, Wiley, 1968.
- 15 Doğrusöz, H., *Planning Models for the Development of Production Systems of Non-Renewable Resources*, North Carolina State University Raleigh, N.C., 1981.
- 16 William, F., Hamilton and Michael A. Moses, *Operations Research (U.S.)*, 3 (1973), 677-692.



# Çok Amaçlı Karar Problemlerinin Çözümünde Pratik Yaklaşımlar

Murat KÖKSALAN

Y.Doç.Dr.  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Gerek günlük yaşantımızda verdiğimiz basit kararlar, gerekse iş hayatında karşılaştığımız karmaşık karar problemleri, çoğunlukla, birden fazla kriterin değerlendirilmesini gerektirir. Bu makalede, bu tip karar problemlerine örnekler verilecek ve bazı pratik çözüm yöntemleri tartışılacaktır.

## GİRİŞ

Gerçek hayatta tek kriterin değerlendirilip karar verildiği durumlara çok az rastlanır. Karar problemlerinin büyük bir çoğunluğunda birden fazla kriteri değerlendirmek gerekmektedir. Bir giyim eşyası alırken fiyatını ve yakışıp yakışmadığını; taksit ve otobüs arasında seçim yaparken fiyat, rahatlık ve zaman faktörlerini değerlendirmek günlük yaşantımızdaki tipik **çok amaçlı karar verme** (ÇAKV) örnekleridir. Bu kararları, yukarıda bahsedilen ve/veya diğer bazı faktörleri de değerlendirerek kolayca verebiliriz. Otomobil veya ev satın almak gibi daha büyük yatırım gerektiren (ve çoğu insan için ömür boyu bir kez verilebilecek) kararlarda, değerlendirme ve sonuca ulaşma daha zorlaşır.

Çok daha karmaşık konularda ise, yöneticiler sık sık karar vermektedirler. Enerji üretimi ve dağıtımı, su kaynaklarının değerlendirilmesi, toplu taşımacılık, sağlık sistemleri planlaması, fabrika yer seçimi, ürün tasarımı, yatırım planlaması ÇAKV konusunda örnek olarak verilebilecek konulardır. ÇAKV teknikleri bu ve benzeri konularda çok sayıda uygulama alanı bulmuştur.

Örneğin bir toplu taşımacılık planlaması probleminde aşağıdaki amaçlar gözetilebilir:

- a) hava kirlenmesinin azaltılması,
- b) gürültünün azaltılması
- c) trafik kazalarının azaltılması,
- d) ulaşımın kolaylaşması,
- e) maliyetin azaltılması.

Her ne kadar ÇAKV yaklaşımlarının kullanımı artıyorsa da, bir çok karar probleminde hala tek amaç gözetilen çözüm yöntemleri kullanılmaktadır. Bunun nedeni, büyük ölçüde, çok amaç gözetilmesi

halinde çözümün zorlaşmasıdır. Örneğin A ve B ürünlerinin fiyatları, sırasıyla 1000 ve 2000 TL ise, sadece fiyatı gözeterek A ürününü alacağımız açıktır. Fakat B ürünü daha kaliteli ise, hangi ürünün seçileceği konusunda bir şey söylenemez. Sonuç kişiden kişiye değişir ve kişinin B ürünündeki kalite farkı için fazladan 1000 TL ödeyip ödemeyeceğine bağlıdır.

Doğal olarak, kriter sayısı arttıkça problemin çözümü de zorlaşmaktadır. İkinci bölümde ÇAKV problemlerine genel olarak nasıl yaklaşılacağı konusunda bir öneri getirilmektedir. Üçüncü bölümde bazı tanımlar yapılmakta ve dördüncü bölümde bir kaç pratik çözüm yöntemi tartışılmaktadır.

## ÇAKV PROBLEMİNE GENEL YAKLAŞIM

ÇAKV çözüm yöntemleri probleme genel yaklaşımın yalnızca bir bölümüdür. Problemin tanımlanması, karar verici ve fiziksel çevrenin etkileriyle çözüm yöntemi etkileşim halindedir. Şematik olarak bir yaklaşım önerisi Şekil 1'de verilmiştir.

Amaçların tanımlanması tüm yaklaşımın başarısını etkileyecek en önemli faktördür. Bu nedenle amaçların tanımlanması konusunun biraz daha detaylı incelenmesinde yarar vardır.

### Amaçların Tanımlanması

Amaçların tanımlanmasında bize yardımcı olacak bazı kaynaklar kullanabiliriz:

1. Yayınlar: Daha önce benzeri bir problemle

uğraşmış kişilerin yayınlanmış deneyimleri çok yararlı olabilir. Fakat, kendi problemimizin söz konusu problemlerden farklılıklarının belirlenmesine de özen göstermelidir.

2. Halen bu tür kararları belli metodlar kullanılarak veya kullanmadan, veren kişiler varsa, onların deneyimlerinden, göz önüne aldıkları faktörlerden yararlanılabilir.

3. Verilecek kararların sonuçlarından etkilenecek kişilerle anket yapıp onlar için hangi faktörlerin önemli olduğu saptanabilir.

4. Çözmeye çalıştığımız konuda uzman olan kişilerin fikri alınıp, gerekirse onlarla birlikte çalışılabilir.

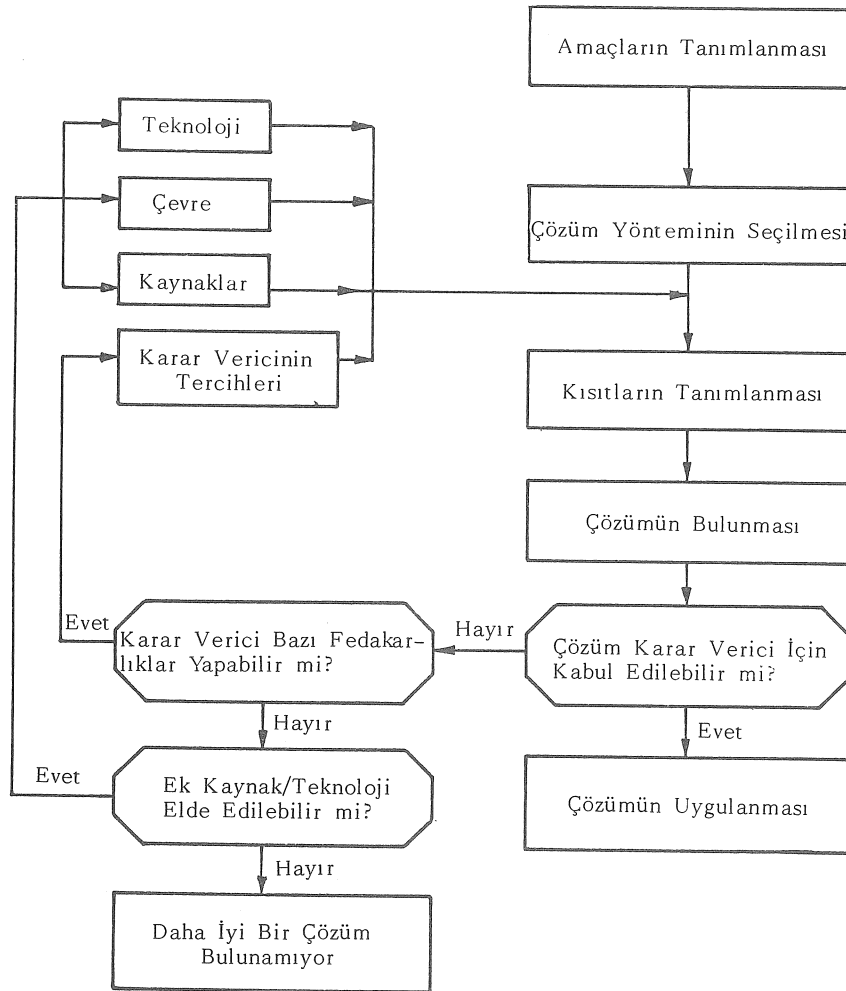
Amaçların tanımlanması de kendi başına yeterli değildir. Tanımlanan amaçların operasyonel olması,

yani ölçülebilir bir hale getirilmesi gerekir. Örneğin, **iyi bir yaşam** amacı çok geçerli bir amaç olmasına rağmen ölçülemeyeceği için operasyonel değildir. Bu nedenle bu amacı daha işe yarar hale getirebilmek için alt seviye amaçları tanımlamak gerekmektedir. Bu konuyu bir örnek üstünde daha detaylı inceleyelim.

#### ÖRNEK Toplu Taşıma Sistemi Seçimi [1]

Kurulan sistemin genel amacının etkilenecek insanlara **rahat bir yaşam** sağlamak olduğunu varsayalım. Yukarıda bahsettiğimiz nedenlerden, bu amacın daha işe yarar şekilde tanımlanması gerekmektedir. Rahat bir yaşama yönelik üç alt seviye amacı tanımlayabiliriz:

1. en rahat ulaşımın sağlanması
2. en güvenli ulaşımın sağlanması
3. sistem maliyetinin en düşük seviyede tutulması



Şekil 1 ÇAKV problemine genel yaklaşım



Bu seviyedeki amaçlar da, bir üst seviyeden daha belirgin olmakla beraber, operasyonel değildir. Bunlardan birincisini, daha alt seviye amaçlar cinsinden şu şekilde tanımlayabiliriz:

- en kısa seyahat süresinin sağlanması,
- kalkıştaki gecikmelerin önlenmesi,
- varıştaki gecikmelerin önlenmesi,
- ulaşım ücretlerinin en aza indirilmesi,
- sisteme ulaşımın kolay olması.

Bu kez de amaçların çok detaylı tanımlandığı düşünülebilir. Kalkıştaki ve varıştaki gecikmeleri seyahat süresi içinde düşünürsek (b) ve (c)'den vazgeçebiliriz. Ayrıca (a) ve (e) yerine **kapıdan kapıya en kısa seyahat süresinin sağlanması** amacını tanımlayabiliriz ve bu amacı dakika cinsinden ölçebiliriz. Kalan diğer amacı (d) ise parasal olarak ölçebiliriz. Böylece **en rahat ulaşımın sağlanması** amacını ölçülebilir iki alt düzey amaç ile tanımlamış olduk. Benzeri bir yaklaşımla diğer iki üst düzey amacın da alt düzey amaçlar cinsinden tanımlanması gerekir.

## TANIMLAR

Çok amaçlı karar problemleri iki genel başlık altında toplanabilir:

- Sürekli seçeneekli problemler,
- Ayrık seçeneekli problemler.

Birinci tip problemlerde kısıtlar matematiksel denklemlerle (eşitsizliklerle) tanımlandığı için sonsuz sayıda seçeneke olabilir. Bu problemlerin tanımlanması ve çözüm teknikleri (2)'de detaylı olarak incelenmiştir. Ayrık seçeneekli problemlerde ise, problem doğrudan seçeneke cinsinden tanımlanır; biz tartışmamızı bu problemler üstünde yoğunlaştıracamız.

Problemimizde k tane amaç (kriter) varsa her hangi bir seçeneği  $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ik})$  olarak tanımlayabiliriz. Burada, i seçeneğinin j kriterindeki değeri  $x_{ij}$  olarak tanımlanmaktadır.

Örneğin problemimiz otomobil satın alma problemi, kriterlerimiz de fiyat (lira cinsinden) ve benzin harcaması (km/litre) cinsinden olursa:

$$X_1 = (3.000.000, 10)$$

fiyatı 3 milyon TL olan ve bir litre benzinle 10 km yol giden bir otomobili sembolize eder.

Herhangi bir seçenekten, bütün kriterlerde daha kötü olan bir seçeneği etkin olmayan seçeneke olarak tanımlıyoruz. Örneğin,  $X_1$  seçeneğinin yanı sıra  $X_2 = (3.500.000, 7)$  ve  $X_3 = (4.000.000, 15)$  seçeneklerine tanımlayalım.  $X_2$ ,  $X_1$ 'e göre etkin olmayan bir seçenekektir, çünkü hem daha pahalı hem de benzin harcaması daha fazladır. Buna karşı  $X_1$  ve  $X_2$  etkin seçeneklerdir. Problemin çözümü olarak bulunacak seçeneke etkin seçeneklerden birisi olacaktır. Problemde sadece bir tane etkin seçeneke varsa, o seçeneke en iyi çözümdür. Karar problemlerinde tek bir etkin seçeneğinin olması durumuna rastlamak pek mümkün değildir. Çünkü bu, kabaca **en iyinin en**

**ucuza** satılması demektir. Başka bir deyişle karar problemlerinde değişik amaçlar birbirleriyle genellikle çelişirler.

ÇAKV problemlerinde seçeneke sayısını azaltmak için ilk iş olarak etkin olmayan seçenekleri eleyebiliriz. Böylece seçim sadece etkin seçenekler arasında yapılacaktır.

## PRATİK ÇÖZÜM TEKNİKLERİ

ÇAKV problemlerinin çözümü için, özellikle son 25 yılda, çok sayıda teknik önerilmiştir. Bu teknikler gerek öğrenebilme, gerekse uygulanabilme açısından çok değişik zorluk derecelerindedir [1,3,4,5,6,7]. Burda karmaşık olmayan tekniklerden bir kaçını tartışacağız.

### Amaçları Önem Sırasına Dizme

Bu yaklaşım iki aşamalı, pratik bir yaklaşımdır. Birinci aşamada hedef, kabul edilemez özellikleri olan seçenekleri elemektir. İkinci aşamada ise, **en iyi** seçeneke bulunur.

Karar verici, istediği her kriter için kabul edemeyeceği seviyeleri belirler. Seçenekler taranır ve bu durumda olanlar elenir. Karar verici daha sonra kriterleri önem sırasına dizer. Seçenekler en önemli kriterlere göre değerlendirilir. Bu kriterlere göre en üstün seçeneklerin dışında kalan seçenekler elenir. Tek bir seçeneke kalıncaya kadar, önem derecesi bir seviye düşük olan kriter ile bu işlem tekrarlanır.

### ÖRNEK

Daha önceki otomobil satın alma problemindeki kriterleri kullanarak aşağıdaki seçenekleri tanımlayalım:

$$X_1 = (3.000.000, 10)$$

$$X_2 = (4.000.000, 15)$$

$$X_3 = (5.000.000, 17)$$

$$X_4 = (1.000.000, 1)$$

$$X_5 = (1.500.000, 8)$$

Karar verici satın alacağı otomobilin 3.500.000 TL'den ucuz olmasını ve bir litre benzinle 5 km'den az gitmemesini istesin. Otomobilin satış fiyatının benzin harcamaya kriterinden daha önemli olduğunu varsayalım.

Birinci aşamada, fiyatının 3.500.000 TL'den yüksek olduğu için  $X_2$  ve  $X_3$  seçeneklerini, bir litre benzinle 5 km'den az yol kat ettiği için de  $X_4$  seçeneğini eleriz. İkinci aşamaya  $X_1$  ve  $X_5$  seçenekleri kalır. Bu iki seçeneği, daha önemli kriter olan, fiyat cinsinden karşılaştırdığımız zaman, daha ucuz olan  $X_5$  seçeneğini seçeriz.

### Ağırlıklı Yarar Fonksiyonu

Çok amaçlı problemlerde çözümün zorluğu değişik amaçların değişik ölçeklerde ölçülmesinden kaynaklanmaktadır. Bütün amaçlar aynı ölçek ile

Çizelge 1 Şehirlerin kriter değerleri

Seçenek	Ağırlık			Toplam Yarar
	0.35	0.40	0.25	
	Kriter	Ham maddeye Yakınlık	Teşvik	Kalifiye İşçi
Adana	6	0	4	6.35
Ankara	10	3	9	6.95
Antalya	2	0	6	2.20
Bilecik	7	6	6	6.35
Erzurum	0	10	1	4.25
İstanbul	9	3	10	6.85

ölçülebilse idi problem tek amaçlı probleme dönüşürdü. Örneğin, bütün amaçları parasal olarak ölçebilesek, her seçeneğin toplam maliyetini hesap edip, en düşük maliyetli seçeneği seçebilirdik.

Ağırlıklı yarar fonksiyonu ile yapılmak istenilen, bütün amaçları ölçebilecek suni bir fayda ölçüğü yaratmaktır. k kriterli bir problem için  $X_i$  seçeneğinin getirdiği toplam yarar

$$f(X_i) = w_1 x_{i1} + w_2 x_{i2} + \dots + w_k x_{ik}$$

olarak bulunur. Burada  $w_i$ , i kriterinin diğer kriterlere göre önemini gösteren ağırlık katsayısıdır. Bu katsayılar karar verici ile etkileşerek bulunur.

Değerlendirilecek bütün seçenekler için toplam yarar bulunduktan sonra, en yüksek toplam yararı sağlayan seçenek en iyi seçenek olarak seçilir.

### ÖRNEK

Basitleştirilmiş bir fabrika yer seçimi problemi ele alalım. Göz önüne almak istediğimiz kriterler:

1. Hammaddeye yakınlık,
2. Teşvik kredileri,
3. Kalifiye işçi sayısı

olsun. Fabrika yeri olarak seçeneklerimiz ise, Adana, Ankara, Antalya, Bilecik, Erzurum ve İstanbul olsun. Hammaddeye yakınlık, yıllık gerekli tonxkm taşıma cinsinden, teşvik, değişik bölgelere verilen kredi cinsinden, kalifiye işçi sayısı ise, iş için müracaat eden Endüstri Meslek Lisesi Mezunları sayısı cinsinden ölçülebilir. Çizelge 1'de bu kriterlerin her bir seçenek için değerleri 0-10 arasında kalibre edilmiş olarak verilmiştir. Ayrıca, kriterlerin önem derecesini gösteren ağırlıklar da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi en fazla toplam yarar sağlayan Ankara seçeneğidir. Fakat, İstanbul, Bilecik ve Adana seçe-

nekleri de toplam yarar açısından pek farklı görünmemektedir. Özellikle kriter değerlerinin ve ağırlıkların fazla hassas seçilemediği göz önüne alınırsa bu seçeneklerin birbirinden fazla farklı olmadığı sonucuna varılacaktır. Bu nedenle, bu dört seçenek üstünde daha detaylı ve hassas bir araştırma yapmak yararlı olabilir. Örneğin daha az önemli olan ve önceden kullanılmayan bazı faktörler (kriterler) de bu aşamada göz önüne alınabilir.

### SONUÇ

Bu makalede, karar problemlerinin genelde birden fazla amacın değerlendirilmesini gerektirdiğini vurguladık. Ayrıca, ÇAKV probleminin çözümü için bazı pratik yaklaşımları tartıştık.

Önerilen çözüm yöntemlerinin işlevi sadece probleme bir çözüm bulmak değildir. Tersine, karar verici ile birlikte problemi daha iyi tanımak, seçenekleri ve aralarındaki farkları ortaya çıkarmak, önceden karar verici tarafından ifade edilen tercihleri yeniden gözden geçirmek için kullanılabilir. Örneğin, karar vericinin verdiği bilgiler ışığında bulunan sonuç karar vericiyi tatmin etmeyebilir. Bu süreçte karar verici başta verdiği bilgilerin tercihlerini tam ifade etmediğini öğrenip bu bilgileri değiştirebilir. Bunun yanı sıra karar vericiye değişik verilerle elde edilmiş değişik sonuçlar gösterilip, verilerle sonuçlar arasındaki ilişki kavranmaya çalışılabilir.

Sonuç olarak, elimizdeki yöntemleri ancak verilecek kararlara destek olarak kullanabiliriz. Bu yöntemlerin karar vericinin yerine geçmesi düşünülemez. Değişik problemlerde çok değişik şekillerde destek sağlayabiliriz bu yöntemlerle. Bu desteğin detayları ise, probleme özeldir ve problem çözmenin sanatsal yanıdır.

**PRACTICAL APPROACHES TO THE SOLUTION  
OF MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING  
PROBLEMS**

In almost any decision making situation we have to evaluate multiple criteria. We routinely make such decisions in our daily life using our judgment and common sense. For complex systems, however, we need to use a decision aid to guide our judgment in order to cope with the complexity of the problem. A large number of Multiple Criteria Decision Making methods have been developed. In this paper we introduce the problem, discuss various application areas and briefly mention several practical methods that can be easily used by practitioners.

**KAYNAKÇA**

- 1 Keeney,R.L. ve Raiffa,H., *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, Wiley, New York, 1976.
- 2 Cohon, J.L., *Multiobjective Programming and Planning*, Academic Press, New York, 1978.
- 3 Goicoechea,A., Hansen,D.R. ve Duckstein,L., *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Bussiness Applications*, Wiley, New York, 1982.
- 4 Zeleny, M., *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw Hill, New York, 1982.
- 5 Zionts, S., *Multiple Criteria Decision Making: An Overview and Several Approaches*, Working Paper No. 454, SUNY, Buffalo, 1982.
- 6 MacCrimmon, K., An Overview of Multiple Objective Decision Making, in Cochrane, J.L. and Zeleny, M. (eds.), *Multiple Criteria Decision Making*, University of South Carolina Press, 1973.
- 7 Roy, B. and Vincke, P., Multicriteria Analysis: Survey and New Directions, *European J. of Op. Res.* 8, (1981) 107-218.

# İnsangücü Planlaması ve Verimliliğe Katkısı

Ömer SAATÇIOĞLU

Prof.Dr.  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Bu makalede, insangücü planlamasının tanımı, yöntemi, kararları ve verimliliğe olan katkısı ele alınmıştır. İnsangücü planlaması, işe almaları, eğitimi, terfileri, iç transferleri, fazla işgücünü ve emeklilikleri planlamak ve kontrol etmek, teknoloji düzeyi, iş düzeni, eğitimi ve davranışsal faktörler gibi insangücü etkinliğini artırıcı faktörler üzerinde önlemler almaktır şeklinde tanımlanmıştır. İnsangücü planlaması yöntemi çerçevesinde kapsanan problemlerden, kadro ihtiyaçlarının tahmini, personel kayıpları, insangücü arzı ve personel bulma, personel dağıtımı ve eğitim planlaması problemlerinin tanımları yapılmış ve bazı özelliklerine değinilmiştir.

## GİRİŞ

İnsangücü planlaması genel olarak, organizasyonların amaçları doğrultusunda, insangücünden etkin ve verimli biçimde yararlanmak için gerekli insangücü politikalarını formüle etmektir şeklinde ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle, insangücü planlaması, uygun zamanlarda doğru işlere doğru sayıda ve nitelikteki personelin atanmasını sağlayacak ve insangücü etkinliğini artıracak plan ve programlar hazırlamaktır.

İnsangücü planlamasının özellikle insangücünün verimliliğine ve giderek organizasyonun performansına katkısı yadsınamaz. İnsangücünü işe atarken, insangücünün niteliklerini ve işin gerektirdiği ihtiyaçları göz önünde tutmak ve böylece istenilen uyumu sağlamak verimli iş düzeninin temel ön koşuludur. Keza iş sırasında, insangücünün işi istenilen beceri düzeyinde ve severek yapmasını sağlayıcı önlemlerle insangücü verimi daha da çok artırılabilir.

Bu makalede, insangücü planlaması tanıtılacak, yönetimi üzerinde durulacak ve verimliliğe olan katkısı belirtilecektir. Konuların takdiminde teknik ayrıntıya inilmeyecektir.

## TANIMLAR

İnsangücü planlamasını açık bir ifadeyle, işe almaları, eğitimi, terfileri, iç transferleri, fazla işgücünü ve emeklilikleri planlamak ve kontrol etmek, teknoloji düzeyi, iş düzeni, eğitimi ve davranışsal faktörler gibi insangücü etkinliğini artırıcı faktörler üzerinde önlemler almaktır.

İnsangücü planlaması kapsamında ele alınan diğer konular, ardıllık planlaması (succession planning), kariyer planlaması, işgücü devri (turnover), ayrılmalar (attrition) ve işçi hareketliliği (labor mobility) dir. **Ardıllık planlaması**, organizasyondaki yukarı kademelerin ya da anahtar mevkilerin daima uygun kişilere verilmesini sağlamak için yapılan plandır. Bu plan aynı zamanda bireysel pozisyonlar ya da tüm bir mevki sınıfı içinde hazırlanabilir. Öte yandan **kariyer planlaması**, yetenekli veya gereken beceriye sahip yeni elemanların organizasyondaki görevlerinin saptanmasında yol göstermeye yöneliktir. Bu yol göstermenin amacı, bireye kendi ilerlemesinde olduğu kadar, yeteneklerinin organizasyonun amaçları için kullanılmasında yardım etmektir.

**Terfi ve transfer politikaları**, doğrudan ardıllık planlaması ve kariyer planlamasına bağlıdır. Terfiler, organizasyon içinde arzu edilen kademe seviyelerini elde etmek için yapılır. Bazı terfiler, belli bir zaman içinde, yukarıdan aşağıya bir piramit yapısı elde edecek şekilde yapılır. Diğerleri, değişik insangücü grupları arasındaki eşitliği koruyacak şekilde yapılır.

**İç transfer**, personelin bir birimden diğer birime geçiş sürecidir. Organizasyon içinde iç transfer çeşitli nedenlere bağlı olarak gelişebilir. Yönetim açısından iç transfer mekanizması, personelin tecrübesini artırmak veya açık pozisyonları doldurmak için kullanılır. Öte yandan bazı durumlarda iç transfer, personelin arzusuna bağlı olarak gerçekleşebilir. Bu durumlarda ya personelin birim yöneticisi ile ilişkileri bozuktur veya personel yaptığı işten memnun değildir.

**İşe alma**, ihtiyaçlarına göre uygun nitelikte insangücünü kuruluşa sokma süreci olarak verimlilik bakımından önemli bir faaliyettir. İşe alma kısıtlarının saptanması kritik sorunlardan birisidir. Eğitim, personelin organizasyona girişinden ayrılışına kadar, etkin kullanılması için kaçınılmaz bir süreçtir. Her işe uygun personeli bulmak kolay olmadığı gibi, hızla değişen teknolojiye ve yönetim bilimine ayak uydurmuş personeli hazır olarak bulmak bazı durumlarda mümkün değildir. Ayrıca organizasyon içinde bazı kademelerin gerektirdiği beceri düzeyinde insangücünü hemen içerden bulmak mümkün olmayabilir. Bu durumlarda, organizasyon içi veya dışı eğitim programlarından yararlanmak ve söz konusu işlerin ihtiyaçlarına göre insangücünü eğitmek en akılcı yoldur. İşe alma ve eğitim politikaları üzerinde hem ardillik planlamasının hem de kariyer planlamasının etkisi vardır.

**Fazla işgücü**, mevcut işgücü ile gerekli işgücü arasındaki farktır ve bazen kuruluşlarda istenen bir olgudur. Ancak bu tür fazla işgücü hem bireyin hem de organizasyonun yaşamında rahatsızlıklara yol açabileceğinden dikkatli planlanmalıdır. Fazla işgücü, yedek için kullanılabilir gibi birimlerdeki açığı karşılamak üzere de kullanılabilir.

**İşgücü devri**, personelin organizasyonda kalış süreleri ile ilgili giriş-ayrılış hareketini gösteren bir göstergedir. İşgücü devrinin yönetimi çok sayıda kuruluşun karşılaştığı bir insangücü planlaması problemi. Bazı kuruluşlar, işgücü devrinini düşürerek daha kararlı bir insangücü sağlamaya çalışırlarken diğerleri terfi tıkanmalarını azaltmak ya da insangücü hacmini düşürmek için kontrol edilebilir işgücü devrinin artırma yoluna gitmektedirler. Bu anlamda, personel stoğunun kontrolünde kullanabilecek bir unsur da, emeklilik planıdır. İşgücü devrinin bir bölümü planlayanın kontrolü dışındadır; örneğin ayrılmalar, organizasyon kararlarından çok bireysel kararlardan kaynaklanır.

**İşçi hareketliliği** ve demografik özellikler, personel arzının tahmininde kullanılan unsurlardır. Özellikle uzman personel arzının tahmini, organizasyonların ileride istenilmeyen bir durumla karşılaşmalarını bakımından önemlidir.

Yukarıda tanımları verilen kavramlar ve problemler karmaşık ve birbirleri ile ilişkilidir. Bir problem için bulunan çözümün diğer problemler üzerindeki etkisinin incelenmesi gerekir. İnsangücü planlama modelleri, bu tür etkileşimi ele alacak nitelikte olmalıdır [1,2].

## İNSANGÜCÜ PLANLAMASI

Bu bölümde insangücü planlaması için geliştirilmiş yöntemlerden en çok kabul görmüş olanı ana hatları ile verilecek ve bu yöntem çerçevesinde kapsanabilecek tipik karar problemleri açıklanacaktır. Yöntem aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır [3][4].

### 1. İhtiyaçların Belirlenmesi:

Bu aşamada organizasyonun amaçları saptanmakta ve personel ihtiyaçları kadro bazında tahmin edilmektedir. Burada tipik karar problemleri kadro

ihtiyaçlarının tahmini problemi ile personel kayıpları problemi.

### 2. Arz Analizi:

Bu aşamada, planlama dönemi içindeki insangücü pazarı ve personel bulmada karşılaşılan sorunlar analiz edilmekte ve insangücü arzı tahmin edilmektedir. Tipik karar problemi, insangücü arzı ve personel bulma problemi.

### 3. Eylem Planları ve Programları:

Bu aşamada, ihtiyaçları karşılamak ve insangücü hedeflerine erişmek üzere alternatif yöntemler geliştirilmekte ve değerlendirilmektedir. Sonradan bu alternatif planlar içinden birisi tercih edilmekte ve bu plandan personelin birimlere veya işlere dağıtımını, ödüllendirme, personel ilişkileri, eğitim ve geliştirme modelleri yaratılmaktadır. Burada tipik karar problemleri, dağıtım, ödüllendirme ve eğitim planlama problemleridir.

### 4. Değerlendirme:

Bu aşama, çeşitli planlar ve programlar için değerlendirme kriterlerini geliştirme ve uygulamalarını içermektedir. Bu yöntemin aşamalarında belirlenen karar problemleri aşağıdaki alt bölümlerde açıklanmıştır.

#### Kadro İhtiyaçlarının Tahmini

Kadro saptama problemi, organizasyon içinde her birimin görevini gerektiği biçimde yerine getirebilmesi için, çeşitli insangücü sınıflarından ihtiyaç olan kadroların (personel sayısının) saptanması olarak ifade edilebilir. Burada, birimin görevini gerektiği gibi yerine getirmesi kavramı, kadro saptama sürecinin belkide en önemli boyutlarından birisidir. Birimin performansını ölçüp, onu optimal düzeye çıkarıcı bir yaklaşım en akılcı görünmektedir. Bu yaklaşımda karşılaşılabilecek sorun, performansın doğru olarak ölçülmesi ve bu ölçünün kadro sayısı ile ilişkilendirilmesidir. Kadro saptama problemine sağlıklı çözümler elde etmek için öncelikle birimin iş yükünün doğru olarak belirlenmesi ve ölçülebilmesi gereklidir. Bunun için birimdeki iş analizlerinin metot geliştirme ve iş ölçümlerinin öncelikle yapılmış olması beklenir. Bir bakıma optimal iş düzeyinin kurulmuş olması, optimal kadro saptamanın ön koşuludur. Kadro saptamada göz önünde bulundurulacak diğer bir husus da, yatırım planlarının öngördüğü faaliyetlere ve işletmeye konacak yeni tesislere göre kadroları tahmin etmektir.

Kadro saptamada daha çok iş analiz ve ölçüm teknikleri ile regresyon tekniği kullanılmaktadır [5].

#### Personel Kayıpları Problemi

Organizasyonların mevcut personelinin, çeşitli insangücü sınıflarında ayrılmalara ne kadar olacağı veya olabileceğini tahmin etmek personel kayıpları probleminin temelini oluşturmaktadır. Personel kayıpları oluşma biçimlerine göre üç kategoride toplanabilir [6].



1. İşverenin isteğiyle oluşan kayıplar; genellikle **işten çıkarma** veya **işine son verme** şeklinde ortaya çıkan bu tür kayıplara, işsizlik oranının yüksek olduğu ve ekonomik krizlerin bulunduğu dönemlerde rastlanmaktadır.
2. Ayrılan personelin isteği ile oluşan kayıplar; **istifalar** başlığı altında toplanabilen bu tür kayıplar daha çok talebin arzdan yüksek olduğu insangücü sınıflarında görülmektedir.
3. Ayrılan personel ve işverenin isteği dışında oluşan kayıplar; ölüm, emeklilik ve askerlik nedeniyle işten ayrılmalar, bu tür kayıplar arasında sayılmaktadır.

Kayıp sürecinin kendine özgü karakteristikleri vardır. Bunlar beş grupta toplanabilir:

- a) İşten ayrılma oranı, elemanın organizasyondaki hizmet süresine bağlıdır ve genellikle hizmet süresi arttıkça azalmaktadır.
- b) İşden ayrılmalar, genç personel arasında, yaşlı personele göre daha fazladır.
- c) Kayıp oranı, personel sınıfının eğitim düzeyi, personelin nitelikleri ve sorumlulukları yükseldikçe azalmaktadır.
- d) İşten ayrılmalar, kadınlarda, erkeklerden daha yüksektir.
- e) Kayıp oranı, mevsimlere göre farklılık göstermektedir. İşten ayrılmalar, genellikle yaz aylarında azalmakta, personel istifalarını vermek için izinlerini kullanmayı beklemektedirler.

Kayıpları tahmin etmek için genellikle **markov** ve **yenileme** modelleri kullanılmaktadır [ 7].

### İnsangücü Arzı ve Personel Bulma Problemi

İnsangücü arzının tahmini problemi, kuruluş için, belirli insangücü sınıflarında, ileri yıllardaki, insangücü niteliklerinin ve pazar hacminin tahmini ile ilgilidir. Personel bulma problemi ise, birinci problemin çözümü ile belirlenen potansiyel insangücü arzından en iyi şekilde yararlanabilmek ve istenilen nitelikte ve istenilen sayıda personelin işe alınabilmesi için gerekli politikanın ana hatlarının belirlenmesi şeklinde ifade edilebilir.

Kuruluşların zaman zaman karşılaştıkları önemli sorunlardan birisi, iş hacminin büyümesinden ve/veya ayrılmalardan dolayı ortaya çıkacak insangücü ihtiyacının nasıl karşılanacağı hususudur. İhtiyaç duyulan insangücünün bir pazarı vardır ve bu pazardan insangücünün temin edilmesi gerekir. Öte yandan, potansiyel insangücü pazarında bulunan elemanlar, genellikle çeşitli insangücü sınıfında faaliyet gösteren bir çok kuruluşdan birisini seçmek durumundadır. Özellikle, nadir insangücü sınıflarının elemanları için talep fazla ise, bu durum kuruluşlar arasında insangücü pazarında rekabeti yaratır. Kuruluşların bu rekabette güçlü olabilmeleri için, insangücü planlaması ile bütünleşmiş bir işe alma politikasının formüle edilmesi gerekir. Böyle bir politi-

kanın amacı, kuruluşun, insangücü pazarında işe girmek için tercih hakkını kullanmayı bekleyen elemanlardan gerektiği zaman gerektiği kadarını kendi bünyesine çekebilmesidir. Bunun için de, sözü geçen elemanların tercihlerini yaparken nelere dikkat ettiklerinin bilinmesi gerekir. Bu konuda yapılan gözlemlere göre, iş arayan elemanlar, çalışacakları kurum hakkında aşağıdaki bilgileri değerlendirip tercihlerini belirtmektedirler.

1. Kurumun büyüklüğü
2. Kurumun ücret politikası
3. Çalışma koşulları
4. İşçi-işveren ilişkileri
5. İşten ayrılma oranları
6. Sosyal koşullar

Etkin bir işlendirme politikası için kuruluşlar, yukarıda sıralanan bilgilerden çoğunu insangücü pazarına göre düzenlemek, durumundadırlar. Bunun içinde insangücü pazarının ve ekonomik yapısının çok iyi bilinmesi gerekir.

Bu problemin çözümünde daha çok ekonomik bilim dalında kullanılan indeksler, anket bilgileri ve davranış bilimindeki teknikler kullanılmaktadır [8].

### Personel Dağıtım Problemi

Problem, kuruluşun birimler arası insangücü geçişleri ile kuruluş dışından temin edilen insangücünün ihtiyacı olan birimlere dağıtılmasının kuruluşun performansını artıracak şekilde sağlanması şeklinde tanımlanabilir. Personel dağıtım sürecinde öngörülen temel ilke birimlerdeki boş kadroların öncelikle kuruluş içindeki fazla personelle doldurulması, ihtiyacın karşılanamaması durumunda yeni personel alınmasına gidilmesidir. Birimler arası geçişlerin arzu edilmesinde iki ayrı nedenden söz edilebilir. Bunlardan birisi, bazı birimlerde özellikle kritik insangücü sınıflarında, fazla personelin bulunmasına karşın diğer bölümlerde aynı sınıf personel için açıkların var oluşunun doğurmuş olduğu birimler arası dengesiz insangücü dağılımıdır. İkinci neden, eldeki personel ile birimlerdeki personel açığı kapanmadığı halde hangi kadroların boş bırakılacağı ve hangilerin doldurulacağı hususudur. Hangi nedenle olursa olsun burada önemli husus, geçişlerin hangi birimler arasında olacağıdır ve giderek bunun belirlenmesinde kullanılacak kıstasların saptanması ve hesaplanmasında izlenecek yoldur. Geçişler için kullanılacak kıstaslardan en önemlileri kuruluş için geliştirilecek performans ölçüsü ve insangücü nitelikleri ile transfer edilecek işin ihtiyaçlarıdır. Aynı şekilde kuruluş dışından temin edilecek personelin birimlere dağıtımında izlenecek yolda, bir değerlendirme kıstasına ihtiyaç olacaktır.

Dağıtım probleminin önemli bir boyutu da, geçişler ile dış kaynaklardan elde edilen personelin birimlere dağıtımını için en iyi çözümün bulunması halinde, bu çözümün kuruluş içinde uygulanabilirliğidir. Personelin bir birimden diğerine zorlama yaklaşımı ile geçemeyeceği saptanmış bir gerçektir. Geçişlerde uygulanacak bir zorlama, personelin işten ayrılmasına neden olacağından böyle bir yola gitmek yerine, teşvik yaklaşımını kullanmakta yarar vardır.

Bu yaklaşımla hem geçişler gerçekleştirilecek hem de bir bakıma personele yeni imkanlar sağlanarak, birimde çalışma verimi artırılmış olacaktır.

Personel geçişlerinin bir türü de kendi isteklerine bağlı olarak gerçekleşen geçişlerdir. Bu tür geçişlerin yıllar içindeki tahmini dağıtım probleminin bir başka boyutunu oluşturur.

Dağıtım problemine, matematiksel programlama teknikleri, sezgisel yaklaşımlar ve etkileşimli modeller ile çözüm bulunmaktadır [1], [9], [10], [11], [12].

### Eğitim Planlaması

Eğitim planlaması insangücü ihtiyaçlarını karşılamak üzere hangi tür insangücünün, ne sayıda, nasıl ve ne zaman eğitim yolu ile yetiştirilebileceğinin belirlenmesi veya tahmin edilmesi diye tanımlanabilir.

Eğitim planında yer alması gereken kararların bazıları aşağıda verilmiştir [13].

1. Hangi konularda ve hangi personel sınıfları için eğitime yatırım yapılmalıdır?
2. Eğitim programlarının nitelikleri ve süreleri ne olmalıdır?
3. Eğitim programlarından hangileri kuruluş desteği ile yürütülmelidir? Hangileri için kuruluş dışından destek sağlanmalıdır?
4. Eğitim programlarına katılacak personelin seçimi hangi kriterlere göre ve nasıl yapılmalıdır?
5. Kuruluşun sağladığı eğitim imkanlarından yararlanmaların kuruluşta hizmet etmeleri için ne gibi teşvik tedbirleri uygulanmalıdır?
6. Eğitim tesisleri nerelerde ve ne zaman ve ne kapasitede kurulmalıdır?
7. Hangi eğitim faaliyetleri için ne zaman hangi tesisler tahsis edilmelidir?
8. Eğitime katılacak personelin yapmakta olduğu işlerin aksaması için nasıl bir rotasyon programı uygulanmalıdır?

### VERİMLİLİĞE KATKISI

İnsangücü planlamasının insangücü verimliliğine giderek organizasyonun performansının artırılmasındaki katkısı oldukça fazladır. Bu katkı insangücü planlamasının hemen hemen her aşamasında daha somut olarak açıklanabilir.

Optimal kadroların saptanması ile insangücü israfı önlenir ve verimlilik artırılabilir. Optimal kadrolar, optimal iş düzenine göre belirlendiğinden iş düzeninde ön görülen işi en iyi yapma yöntemi, teknoloji düzeyi, iş yükü, yetki ve sorumlulukların sağladığı verimlilik, doğal olarak, dolaylı da olsa, kadrolara yansıtacaktır.

Kayıpların tahmin edilmesi ve ona göre ayrılanların yerine yenilerinin planlanması, verimliliği olumlu yönde etkileyen bir unsurdur. Öte yandan kayıp-

ların tahmini, kayıp nedenlerinin incelenmesini ve işten ayrılan personelin niteliklerinin belirlenmesini gerektirmektedir. Böyle bir incelemenin sonuçları, kayıp oranını düşürmek için mevcut personel politikalarının nasıl değiştirilmesi gerektiği yönünde yöneticilere ışık tutabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar, personel kayıplarının büyük ölçüde davranış sorunları ile ilgili olduğunu göstermiştir. Yetişmiş ve iş tecrübesi kazanmış personelin en verimli çağında işten ayrılmasını önleyici davranışsal yaklaşımlar, insangücü etkinliği ve verimliliği açısından çok önemlidir. Davranışsal yaklaşımlar için önemli olanlar ücret politikaları, teşvik prim sisteminin uygulanması ve kuruluşa bağlılığı artırıcı diğer önlemlerdir.

İnsangücü arzını tahmin etmek ve personel bulma problemine doğru çözümler getirmek, keza insangücü verimliliğine ve organizasyonun performansının artışına katkı yapar. İnsangücü sınıflarında, insangücü niteliğini ve pazar hacmini tahmin ederek, kuruluş insangücü ihtiyaçlarını rasyonel bir şekilde karşılamada önemli bir adım atılmış olmaktadır. Kuruluş, tahmin bilgilerinden yararlanarak insangücü ihtiyacını karşılamada niteliksel ve niceliksel tahminlerde bulunabilecek ve giderek gerekli eğitim plan ve programlarını yapabilecektir. Böylece planlama dönemi içinde istenilen zamanda ve istenilen nitelikte, elemana erişme imkanı elde edilerek, sistemin etkin ve verimli çalışma yolu açılmış olacaktır. İnsangücü pazarını iyi tanıyarak, o pazardan istenilen nitelikte insangücü işe almanın insangücü verimliliğini artırmadaki katkısı yadsınmaz.

İnsangücü planlamasının diğer ve önemli bir aşaması olan personelin birimlere dağıtımının optimal olarak gerçekleştirilmesinin verimliliğe katkısı oldukça fazladır. Personelin optimal dağıtımı ile, birimler arası denge sağlandığı gibi dışardan alınan yeni personelin kuruluşa yerleştirilmesi sağlanmış olmaktadır. Birimler arası dengenin sağlanmasından bazı birimlerdeki fazlalıklar ile bazı birimlerdeki boşluklar giderilmekte ve aynı zamanda etkin bir teşvik unsuru ile kişilerin nitelikleri bakımından daha uygun kadrolarda görev almaları sağlanarak kuruluşta etkin ve verimli bir insangücü kullanım potansiyeli yaratılmaktadır. Keza yeni personelin birimlere yerleştirilmesinde, personelin nitelikleri ile işin ihtiyaçlarını eşleştirici bir yaklaşım, insangücünün etkin ve verimli olarak çalışmasını sağlayacaktır.

Eğitim planlamasının verimliliğe katkısı tartışma götürmez bir konudur. Bununla beraber bu konuda bir kaç gerçeği yine de ortaya koymakta yarar görüyoruz. Öncelikle belirtmek gerekir ki, insangücü etkinliği ve verimi, personelin yaptıkları göreve uygun eğitim görmüş olmalarına bağlıdır. Genellikle, teknoloji düzeyi ne kadar ileri, iş düzeni ne kadar ideal olursa olsun eğitilmemiş personelin etkinliği ve verimi düşük olacaktır. Bir bakıma eğitim ile personelin mevcut teknoloji ve mesleklerindeki yeniliklerden en etkin şekilde yararlanması sağlanacak ve giderek yetenekleri doğrultusunda yönlendirilmesi böylece çalışma verimi gerçekleşecektir. Eğitim planlamasında alınacak kararlarla, eğitim mekanizması, fiziksel imkanları ve yönetimi bakımından rasyonel düzeye getirilerek, personele, ihtiyaç duyulan eğitim, zamanında ve etkin bir şekilde verilecektir. Bunun doğal sonucu ihtiyaçların en iyi

şekilde karşılanması ve verimli insangücü kullanımınıdır.

## SONUÇ

İnsangücü verimini artırıcı tedbirlerin tümünü insangücü planlaması kapsamında görmek mümkün değildir. İnsangücü planlaması, uygun zamanlarda doğru işlere doğru sayıda ve nitelikte personelin atanması ile ilgili politikaları belirleyerek kuruluşun insangücü ihtiyacını zaman içinde etkin bir şekilde karşılamayı yolunda bir sistematiği ortaya koymaktadır. Böyle bir sistematiğin uygulanması ile kuruluşun faaliyetleri, uygun nitelikteki insangücü ile etkin ve verimli bir şekilde yürütülebilecek ve giderek kuruluşun performansı artacaktır. İnsangücü verimliliğini ve etkinliğini çok sayıda faktör etkilemektedir. Bunlardan en önemlileri, teknoloji düzeyi, iş düzeni ve davranışsal faktörlerdir. Her üç faktör de insangücü planlaması kapsamında olmayıp, ancak insangücü planlamasını bir şekilde etkileyen türdendir. İnsangücü verimliliğini en fazla etkileyen faktör kuşkusuz teknoloji düzeyidir. El testeresi ile kalın bir demir çubuğu kesen işçinin verimi ile otomatik testere makinası ile kesen işçinin verimi arasında büyük fark vardır. İş düzeninin optimal çalışma koşullarına göre tasarlanması durumunda, insangücü verimi artacaktır. Etkin bir organizasyonel yapı; iyi tarif edilmiş işler, uygun olarak dağıtılmış yetki ve sorumluluklar, kuşkusuz insangücü verimini olumlu yönde etkileyecektir. Keza, iyi düzenlenmiş çalışma ortamı; uygun iş yeri ısı, etkin aydınlatma, emniyetli makina ve nakil araçları düzenlemesi, diğer ergonomik koşullara uygunluk, insangücü verimini artırıcı rol oynayacaktır. Davranışsal faktörler daha çok yönetim sürecinde üzerinde durulacak türden faktörlerdir ve büyük ölçüde, personelin işleri ile ilgili değer ve tutumları belirler. Bu değer ve tutumların oluşmasına neden olan sosyal ortam personelin yapıları işe karşı aldığı ödül, çalışma arkadaşları arasındaki kişisel ilişkilere kadar uzanan çok sayıda faktörden oluşmaktadır. Bu faktörler üzerinde alınacak tedbirler doğal olarak personelin verimini ve etkinliğini artıracaktır.

Etkileşimli insangücü planlaması ile insangücü verimliliğinin artırılmasına anında müdahale etmek mümkün olacak ve karar verici ilgili karar problemlerine daha sağlıklı çözümler elde edilebilecektir.

## MAN POWER PLANNING AND ITS CONTRIBUTION TO PRODUCTIVITY

In this paper, the definition of manpower planning, its methodology and decision problems as well as its contributions to productivity

are presented. Manpower planning may be defined as to plan and control hiring, training, promotions, transfers, surplus manpower and retirements and to take necessary precautions on factors affecting productivity; such as technology level, work organization and motivation. Among the major decision problems covered under the manpower planning methodology, forecasting of positions requirements, personnel losses, manpower supply and recruitment, personnel assignment and training planning problems are defined and some of their properties are mentioned.

## KAYNAKÇA

- 1 Price, W.L., Wartel, A. ve Lewis, K.A., A Review of Mathematical Models in Human Resource Planning, *The Int. Journal of Man.Sci.*, 3, (1980), 6, 639-645.
- 2 Grinold, R.C. ve Marshall, K.T., "Manpower Planning Models", North Holland, New York, 1977.
- 3 Duddin, R.C. and Piskar, W.G., "A Computer Assisted Manpower Planning Model", *Manpower Planning and Organization Design*, Editor: D.T. Bryant ve R.J. Niehous 1978, 145-154.
- 4 Fişek, H., "İnsangücü Planlama Sisteminin Genel Yapısı ve Bütünleştirilmesi", TEK Bilgisayar Destekli Bütünleşik İnsangücü Planlama Sistemi Araştırma Projesi Son Rapor Cilt.1, 1977, Ankara
- 5 Günel, E., İleri, Y., "Kadro İhtiyaçlarının Tahmini", TEK Bilgisayar Destekli Bütünleşik İnsangücü Planlama Sistemi Araştırma Projesi, Cilt.2, SIBAREN, ODTÜ, Ankara, 1977.
- 6 Bartholomeu, D.T., *Stochastic Models for Social Processes*, John Wiley and Sons, 1973.
- 7 Şirvancı, M., Levent, İ., "Personel Kayıpları Sorunu: Tahminler ve Önlemler", TEK Bilgisayar Destekli Bütünleşik İnsangücü Planlama Sistemi Araştırma Projesi Cilt.2, SIBAREN, ODTÜ, Ankara, 1977.
- 8 Özatalay, S., "İnsangücü Arzu ve Personel Bulma Sorunları", TEK Bilgisayar Destekli Bütünleşik İnsangücü Planlama Sistemi Araştırma Projesi, Cilt.4, SIBAREN, ODTÜ, Ankara, 1977.
- 9 Saatçioğlu, Ö., Şen, T., "Personel Dağıtım Sorunu ve Birimler Arası Geçiş Tahminleri", TEK Bilgisayar Destekli Bütünleşik İnsangücü Planlama Sistemi Araştırma Projesi, Cilt.5, SIBAREN, ODTÜ, Ankara, 1977.
- 10 Bryant, D.T. ve Niehous, R.J., "Manpower Planning and Organization Design", Plenum Press, New York, 1978.
- 11 Charnes, A. ve diğerleri, *Manpower Science Approaches to Manpower Planning and Organization Design*", North Holland, Amsterdam, 1978.
- 12 Charnes, A. ve diğerleri, "Studies in Manpower Planning", U.S. Navy Office of Civilian Management, Washington D.C., 1972.
- 13 Atabarut, N., Doğrusöz, H., Güven, S., "İnsangücü Planlamasında Eğitim Planlamasının Önemi ve İlkeleri", TEK Bilgisayar Destekli Bütünleşik İnsangücü Planlama Sistemi Araştırma Projesi Cilt.6, SIBAREN, ODTÜ, Ankara, 1977.

# Stok Hareketinin Verimliliğe Etkisi

Nesim ERKİP

Y.Doç.Dr.

Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Bu makalede stok hareketinin ve dolayısı ile envanter kontrol sistemlerinin malzeme yönetimi içindeki önemi vurgulanmaktadır. Bu konuda çeşitli tanımlar getirilmekte ve stok hareketlerinin tümünü oluşturan envanter sistemin ana öğeleri tanıtılmaktadır. Ayrıca envanter kontrolü probleminin yönelik bütünleşik yaklaşımların ve analitik modellerin özü, önemi ve yetersizliği tartışılmaktadır. Makale, uygulama ve kuram arasındaki boşluğu doldurmağa yönelik önerilerle son bulmaktadır.

## GİRİŞ

Malzeme yönetimi, malzemenin sunumdan üretime akışı ve sonradan oluşan ürünün dağıtım merkezleri aracılığı ile müşteriye iletilmesi ile ilgilidir. Malzeme yönetimi malzeme ve bitmiş ürünün planlanması, satın alınması, saklanması, hareketi ve kontrolü ile yükümlüdür. Malzeme endüstrileşmenin ilk zamanlarında personel, ekipman ve fabrika yönetiminin arkasında hep ikinci planda kalmış ve genellikle **her zaman, ucuza istendiği miktarlarda bulunabilir** düşüncesi malzeme yönetimine egemen olmuştur. Bu düşüncenin etkin olmasının en önemli nedeni kuruluşların takip etmekte yükümlü oldukları malzeme sayısının az olması idi. Ancak günümüzde malzemenin diğer girdilere göre maliyetinin epeyce yüksek olması, malzeme yönetiminin işletmenin ana problemlerinden biri olmasına yol açmıştır. Ayrıca artan ihtisaslaşma sonucunda malzeme girdileri sadece hammaddeler olmaktan çıkmış ve oldukça karmaşık ve pahalı yarı mamuller ve mamuller de girdi olarak toplam malzeme maliyetini artırmıştır. Orta büyüklükteki bir üretim firmasının satış hasılatının yarısını satın alınan parçalar, ara mamuller, hammaddeler ve bu işlemlerden doğan servise verilen ücretler kapsar. Bunun yanında toptancılar, dağıtıcılar ve perakende satıcıların bütün kapıtailleri ellerinde bulunan envantere, stoktur. Bu açıdan malzeme maliyetinin bir kuruluşun toplam ürün maliyetinin % 15 ile % 90'ı arasında yer aldığını söylemek yanlış olmaz [1]. Bu seviyedeki bir harcamanın var olması malzeme yönetiminin ve dolayısı ile stok hareketlerinin kontrolünün önemini vurgulamaktadır.

Envanterin varlığının bir işletmeye getirileri aşağıdaki işlevler yardımı ile şöyle özetlenebilir:

### i) Zaman İşlevi

Üretim sistemlerinde, herhangi bir talebin karşı-

lanabilmesi için zamana gereksinim vardır. Hammaddenin temini, üretimin planlanması ve ürünün dağıtım yollarından müşterinin eline geçmesi oldukça uzun zaman alacağından hiç bir müşteri bu süre zarfında beklemez. Ayrıca hammaddenin teminindeki belirsizlik (başka bir sistemden girdi olduğu için işletmenin genellikle kontrolünün dışındadır) bu süreyi (ön süre) artırmaktadır. Envanter, talebin karşılanmasında meydana gelen bu ön süreyi azaltır.

### ii) Süreksizlik (discontinuity) İşlevi

Bir iş merkezi, gereksinimi olduğu malzemeyi, (ara mamul) yeterli miktarlarda elinde bulundurursa üretim yapabilmek için kendisine o malzemeyi temin eden bir önceki iş merkezine bağımlılığı azalır. Böylece envanter üretimin birbirine bağlı olmasına getirdiği katılığı bir miktar esnekliğe çevirebilir. Bu da iş merkezinin kapasitesinin daha etkin kullanımını getirir. Ayrıca üretim çizelgelemesinde esneklik yaratır ve iş gücünü stabilize eder.

### iii) Belirsizlik İşlevi

İşletmenin planlaması belli bir talep hedefine uygun olarak yapılır. Talepteki değişiklik, üretim planlarının aksaması ve diğer faktörler yüzünden talep karşılanamayabilir. Envanterin olması işletmeyi bu görülemeyen nedenlerden meydana gelebilecek zarardan koruyabilir.

### iv) Ekonomi İşlevi

Bu faktör maliyet azaltan seçeneklerin kullanılmasına yol açar. Satın alınan malların (hammadde, ara mamul, yedek parça, vb.) ya da üretimin eko-

nomik miktarlarda olabilmesi için envanter taşımak gereklidir. Sipariş ya da üretim kafilesinin büyüklüğü sipariş (üretim) maliyeti ve sipariş (üretim) hazırlama maliyetine göre değişir. Kafile büyük ise birim sipariş (üretim) hazırlama maliyeti düşer. Bunun yanında envanteri taşımaktan dolayı bir maliyet oluşur. Ayrıca piyasa koşulları da miktarların saptanmasında etkili olur. Örneğin fiyat artışlarına karşı korunmak, belli miktarlardan büyük kafilelere verilen iskontolardan yararlanmak gibi.

Bu yukarıdaki faktörler niye envanter taşımamız gerektiğini vurgulamaktadır. Buna karşılık göz ardı edemeyeceğimiz bir olgu da bu envantere yapılan yatırımın işletmeye olan maliyetidir. Bu maliyetin büyük bir kısmını envantere bağladığımız kapitalin maliyeti meydana getirir. Bu nedenle envanter, yatırım seçeneklerinin maliyeti daha yüksek, ya da yatırım seçeneklerinin getirisi daha az ise tutulur.

Yukarıda yazılanlar ışığında stok hareketinin en verimli bir şekilde kullanılabilmesi, yani iyi bir envanter yönetimi özet olarak işletmeye aşağıdaki yararları getirebilir:

- i) Maliyetlerin azalması;
- ii) Çalışma kapitalinin artması;
- iii) Yatırım getirisinin artması;
- iv) Müşteriye maliyetler artmadan daha iyi servis gitmesi.

Makalenin ikinci kesiminde işletmelerde görülen envanter tipleri ve envanter sistemlerinin yapısı tartışılacaktır. Üçüncü kesimde envanter kontrolü daha detaylı tarif edilerek, envanter sistemine bütünleşik yaklaşımlar ve diğer analitik yaklaşımlara genel bir bakış yer alacaktır. Dördüncü ve son kesimde ise envanter kuramı ile pratik arasındaki boşluğun nasıl doldurulması gerektiği konusunda bazı öneriler yer alacaktır.

## İŞLETMELERDE ENVANTER SİSTEMLERİ

Farklı amaçlara göre sistemce taşınan envanterleri değişik gruplar halinde sınıflandırabiliriz. Envanteri ileri bir tarihte boş ya da üretken olmayan bir durumda kullanılmayı bekleyen malzeme olarak tarif edersek, bu kavramın içine hammaddeler, yarı mamuller, bitmiş mamuller ve gereçler girer. Çizelge 1 envanterin sınıfına göre kaynağını ve girdi olarak kullanıldığı yeri göstermektedir.

Envantere ve talebe göre üreten üretim sistemlerinde (sürekli üretim sistemleri) yukarıda sınıflandırılan envanterin nasıl aktığını ve işletmenin hangi birimlerinin bu akıştan etkilendiğini/etkilediğini Şekil 1'de görebiliriz. Şekilden de anlaşılacağı gibi envanter sistemi değişik birimlerin etki alanına girmektedir. Bu da sistemin performans ölçümünü zorlaştırmaktadır.

Envanter sistemlerini daha iyi anlayabilmek için envanter sistemini meydana getiren öğeleri tanımak yararlı olacaktır. Envanterde taşınan malzeme ne olursa olsun, malzemenin çeşitli maliyetleri, talebi, verdiği servisin nasıl ölçüldüğü ve performansının ne olduğu bilinmelidir. Şimdi bu öğeleri daha detaylı inceleyelim.

### Maliyetler

Envanter sistemlerinde ana olarak dört maliyet kalemi görülür:<sup>1</sup>

**Envanter Tutma Maliyeti:** Bu maliyetin oldukça değişik kaynakları vardır. En önemlisi kapital maliyeti dediğimiz, envantere yapılan yatırımın maliyetidir. Yaygın olarak yatırımın fırsat maliyeti, kapital maliyetine temel olarak alınır. Diğer olası kaynaklar vergiler, sigorta, taşıma, saklama ve beklerken bozulma, kaybolma ve eskime maliyetleridir. Envanter tutma

Çizelge 1 İşletmelerde görülen envanter sınıfları<sup>2</sup>

Envanter Sınıfı	Kaynak	Kullanıldığı Yer	İşletme Tipi
Hammadde	Piyasa	Üretim	Her türlü imalat/montaj sanayi
Yarı Mamul	Piyasa Bir önceki üretim istasyonu	Bir sonraki üretim istasyonu	Her türlü imalat/montaj sanayi
Mamul	Piyasa Üretim sistemi	Depo (Envanter) Müşteri	Mal satan parakendeci sistemler Toptancı/dağıtımçı sistemleri Sürekli üretim yapan imalat sanayi
Gereçler	Piyasa	Çeşitli yönetim seviyeleri Bakım/Onarım Üretim	Her türlü mal/servis üreten sistemleri

<sup>1</sup> Burada tarif edilen maliyetler ile maliyet muhasebesinde kullanılan maliyetler tam bir uyum göstermez. Maliyet muhasebesi ile ilgili olarak kaynak [2]'ye başvurunuz.

<sup>2</sup> Çizelge 1 hazırlanırken büyük ölçüde kaynak [1]'den yararlanılmıştır.

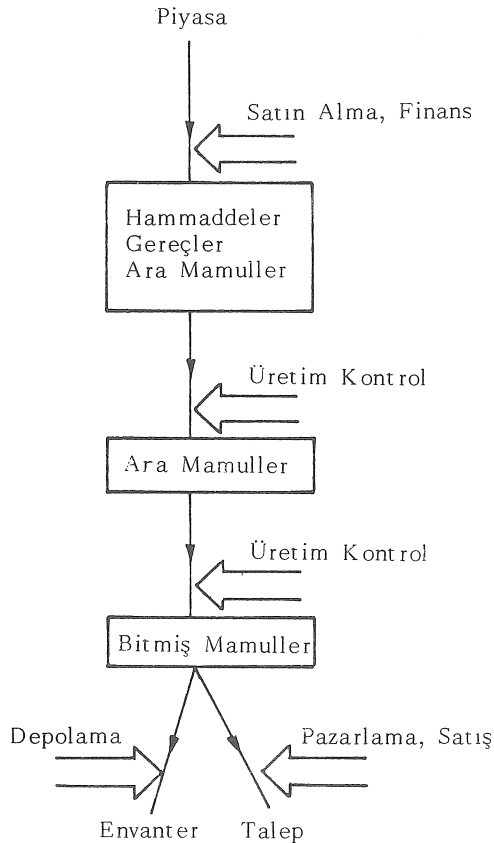


maliyeti birim maliyetinin bir yüzdesi olarak gösterilir.

**Yok Satma veya Siparişi Sonradan Karşılama Maliyeti:** Burada olası bir satışı hiç yapmamak ya da zamandan geç yapmanın maliyeti söz konusudur. Bu maliyetin en önemli kısmını kaçan müşteriden ötürü meydana gelen kardan zarardır. Prestij kaybı ve siparişi yenilemekten (eğer yenilerse) doğan ek masraflar da (uçakla taşıma, çizelgenin düzeltilmesi, vb.) maliyet içinde önemli bir yer tutar.

**Yenileme Maliyeti:** Bu maliyet piyasadan satın alınma durumunda sipariş verme maliyeti ya da satın alınmanın gerçekleşmesi için gereken hazırlıklara ait maliyet olarak tanımlanır. Genellikle bu maliyetin sipariş miktarı hiç bir rol oynamaz. Bu maliyeti meydana getiren kalemler istekte bulunmanın maliyeti, postalama, telefon, vb., maliyetler, takip maliyeti ve diğer sabit teslimat ve depolama maliyetleridir. Envanter piyasadan satın alınma yerine, üretim sistemi içinde de yenilenebilir. Meydana gelecek hazırlama maliyeti ekipman temizlik ve ayar maliyeti, kullanılan araç ve gereç maliyeti ile üretimden önceki ekipman kontrol ve muayene maliyetidir.

**Satın Alma Maliyeti:** Malzemenin birim fiyatı ile satın alınması düşünülen miktarın çarpımı ile elde edilen maliyettir. İskontonun olduğu durumlarda iskonto da hesaba katılır.



Şekil 1 Çeşitli işletme birimlerinin envanter akışındaki yeri

Genel olarak bu maliyetler bir işletmede oluşabilecek çeşitli durumları göz önüne almaktadır. Ancak, yukarıdaki tariflerden çıkıp bir işletmedeki maliyetleri tayin etmenin kolay olduğunu varsaymak doğru olmayacaktır. Burada göz önüne alınması en gerekli nokta elde bulunan muhasebe kayıtlarının yukarıdaki maliyetleri bulmakta dikkatle kullanılmasıdır. Muhasebe kayıtları envanter hesabı yapılacak şekilde tutulmadığından muhasebe maliyetlerinin dikkatle incelenip tarandıktan sonra kullanılması gerekmektedir. Ayrıca yok satma maliyetini tayin etmek çoğu kez çok zordur. Bu da ilerde göreceğimiz servis ögesinin gündeme gelmesine neden olur.

## Talep

Talep envanter sistemini çeken ve dürtten öğedir. Yapılan uzun ya da orta vadeli planlar belli bir talep kestirimine göre yön alırlar. Talep kestirimde güçlükler aşağıdaki iki grupta toplanabilir [ 3 ]:

1. Senelik talebin doğru kestirilmesi tek başına yeterli değildir. Bir çok planlama modeli için bu seviyedeki bütünleşme iyi sonuçlar vermez. Talebin detaylı kestirmek için (aylık, sezonluk, her coğrafik alanda) kullanılan yöntemler oldukça karmaşıklaşmakta ve çok değişik subjektif işlevleri içermeleri gerektirmektedir. İşlevler arasındaki bağımlılığın artması klasik kestirim tekniklerinin kullanılmasını zorlaştırmaktadır.

2. Herhangi bir işletme talep kestirimini yapacağı bilgiye temel olarak o günkü çalışma yordamına göre topladığı verileri kullanır; **ham talep** verisi söz konusu değildir. Bu da, hangi yöntem kullanılacak kullanılsın, yapılan kestirimin yanlı olmasına yol açar.

Yukarıdaki güçlükleri çözülmüş saysak bile şimdiye kadar yapılan pratik uygulamalarda gerçek talep verilerinin uzağında talep kabullerinin yer aldığını görüyoruz. Bu daha çok teknik bir problem olmasına rağmen, problemlerin çözümünün kabul edilebilirliğini etkilemektedir. Teknik problemler ile ilgili olarak kaynak [ 3 ]'ün özeti oldukça kapsamlı olmakla birlikte, bu noktada daha çok vurgulanması gereken talebin bir şekilde, en doğru biçimde kestirilmesi. Burada subjektif yargıların önemini yeniden irdelemekte yarar vardır.

Talebin kabul edilen şekline göre tüm envanter kontrol problemlerini sınıflandırmamız mümkündür. Bu aşamada çok yararlı olmamakla birlikte, uygulama aşamasında bu tür bir sınıflandırmanın gerekliliği yadsınamaz.

## Servis

Bir envanter sisteminde servis kelimesi genelde müşterinin talebine sistemin verdiği karşılık olarak kullanılır. Talebin kesin olarak bilinmesinin olanaksız olduğunu bildiğimize göre her zaman yok satma durumuyla karşılaşma olasılığımız vardır. Eğer yok satma ya da geç karşılama maliyetini kestirmemiz zor ise, (ki genelde oldukça zordur), yok satmayı belli bir seviyenin altında tutacak bir servis ölçütü

yaratmamız daha kolaydır. Bu servis ölçütünü envanter sistemine bir kısıt olarak koyarsak ve maliyeti bu kısıt dahilinde hesaplırsak ve enazlamaya çalışırsak epeyce gerçekçi bir yaklaşımda bulunmuş oluruz. Ayrıca her envanter sisteminin amacı maliyetleri enazlamak olmayabilir. Belli servis ölçütlerini en iyiye getirmek de bir amaç olabilir.

Servis ölçütünün envanter problemlerindeki kullanımı analitik çözüm elde etmek güçlülüğünden çok yaygın kullanılmamıştır. Ancak pahalı malların taşındığı envanter sistemlerinde (askeri, elektronik, vb.), bütünlük yaklaşımı ile birlikte ve özellikle son senelerde kullanımı yaygınlaşmıştır. (Kaynak olarak [4], [5], [6] ve [7]'ye bakınız)

### Performans Ölçümü

Bir çok durumda sadece bir ölçütü ele alıp onu en iyiye götürmeye çalışmak sonuç getirmeyecektir. Şekil 1'de görüldüğü gibi değişik birimlerin envanter sistemi için birbirleri ile çelişen amaçları olabilir. Örneğin satın alma birimi iskontodan faydalanmak ve birim, maliyeti düşürmek için büyük kafilelerle satın almak ister. Buna karşılık finans birimi ise envantere yatırılacak toplam kapitalin çalışma kapitali içinde az yer tutması için kafileleri küçültmeye çalışır. Diğer birimler arasında da bu tip çelişkiler vardır. Bu açıdan birimlerin başarısını ölçerken sistemin getirdiği kısıtları göz önüne almak gerekir. Envanter sistemi açısından ise performans envanter sisteminin bütün sisteme yaptığı kar (ya da servis) katkısıdır. Ancak bunun analitik olarak belirlenmesi çok kolay değildir.

### Diğer Öğeler ve Sonuç

Bir envanter sisteminde yukarıdakilerin dışında da bazı öğeler mevcuttur. Örneğin piyasadan ısmarlanan kafilelerin istenildiği zaman elimizde olması beklenemez. Meydana gelen ön sürenin analizi gerekir. Bunun yanında sistemin yarattığı ya da gerektirdiği bir takım kısıtlar olabilir. Örneğin bir üretim döneminden diğerine taşınan envanter miktarının belli bir düzeyden yüksek olması gerekebilir. Diğer bir örnek ise, toplam envanter yatırımının belli bir değerden düşük olması kısıtıdır.

Bu örnekleri çoğaltıp envanter sisteminin öğelerinin sayısını artırabiliriz. Ancak buradaki amacımız envanter sisteminin bütün zorluklarını göz önüne sermekten çok, stok hareketinin izlenmesinde ve kontrolunda yönetime düşen karar odaklarını vurgulamaktır. Sistemi kurabilmek için gereken maliyetlerin saptanmasından, talebin ve sistem ölçütlerinin belirlenmesine kadar en önemli rolü yönetim alacaktır. Sistemdeki kısıtların belirlenmesinde ve diğer varsayımlarda yönetim analizciyi yöneltmek durumundadır. Bu öğelerin belirlenmesinde analizcinin yönetimden ayrı olarak gösterdiği çabaların yönetimin karar alması açısından önemi büyük olmasına rağmen yönetimden bağımsız yürüttüğü çalışmanın uygulanma ve başarı oranı oldukça küçüktür.

### ENVANTER KONTROLU

Bu kesimde stok hareketinin yönetim tarafından

denetim altına alınabilmesi için ikinci bölümde bahsedilen öğelerin nasıl kullanılması gerektiği tartışılmaktadır. Bu tartışmayı açabilmek için önce envanter kontrol deyiminden somut olarak neyi anladığımızı açıklamamız gerekmektedir. En geniş çerçevede, envanter kontrolundan beklenen aşağıdaki sorulara sistem performansını en iyileyecek bir biçimde cevaplamaktır:

i) Hangi mallardan (hammadde, ara mamul, bitmiş mamul, gereç) hangi yerlerde (hangi üretim merkezi, hangi dağıtımçı, hangi depo, vb.) stoklayacağız?

ii) Stoklamaya karar verdiğimiz malları hangi politikaya göre saklayacağız? Yani, hangi malı ne zaman, nasıl ve ne miktarda ısmarlayacağız (üreteceğiz)?

Envanter tutulması düşünülen her mal için yukarıdaki soruların söz konusu olduğunu düşünürsek, bir önceki bölümde incelenen öğelerin de etkisi ile envanter kontrol sorununun çözümü zor olduğu ortaya çıkar. Kuramsal olarak bu kontrol sorununa yaklaştığımızda iki ana yöntemler grubu görüyoruz:

i) Sorunların hepsini birbirinden bağımsız görüp bir çözüm önerisi getiren yöntemler (geleneksel envanter kuramı);

ii) Sorunların hepsini birbirine bağımlı gören yöntemler (çok seviyeli envanter kuramı).

Bahsedilen ikinci yöntemler grubunun getirebildiği çözüm önerileri muhakkak ki i)'den daha etkili olacaktır. Ancak sorunun tanımında yer alan öğelerin açıkça ve rahatlıkla tanımlanmasından ikinci grup yöntemlerin de uygulanmasında büyük engeller yaratmaktadır. Bu kesimin bundan sonraki bölümlerinde iki yöntemler grubunun yaklaşımları tartışılacaktır. Bu kesimin son bölümünde ise analitik yöntemlerin ortak özellikleri üstünde durulacaktır.

### Geleneksel Envanter Kuramı

Geleneksel envanter kuramı yaklaşımının en önemli özelliği değişik seviyelerdeki ve değişik yerlerdeki malların taleplerini birbirinden bağımsız görmesidir. Böylece sorun çevreden soyutlanabilecek hale gelmiştir. Çevre ile ilişkiyi sağlayan sadece talep ve sunumdaki belirsizliklerdir. Bugünkü envanter kuramının çok önemli bir bölümü bu varsayımla inşa edilmiştir. Birçok gerçek hayat envanter sistemi bu varsayıma uyduğundan bu yaklaşımlar oldukça yaygındır. Ayrıca daha karmaşık sistemleri de, yaklaşık olarak, bu yöntemlerle çözümlenmekte ve sistem hakkında bilgi edinilmektedir.

Geleneksel envanter kuramının etkili biçimde uygulanabilmesi için kontrolü istenen malların bir şekilde sınıflandırılması faydalıdır. Bu sınıflandırma hem çalışmanın getireceği yükü azaltır, hem de hangi malların daha dikkatli takip edilmesi gerektiğini ortaya çıkartır. ABC çözümlenmesi bu sınıflandırmayı yapan ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Genellikle sınıflandırma ölçütü olarak bir malın yıllık kullanım değeri kullanılır. Bir malın yıllık kullanım değeri o malın birim maliyeti ile yıllık kulla-

nım miktarının (ya da kestirilen yıllık kullanım miktarının) çarpımına eşittir. Bütün malların yıllık kullanım değerleri bulunduktan sonra en büyükten küçüğe doğru sıralanır. Listenin yukarıdaki mallar envanter sisteminin en değerli mallardır, çünkü toplam değer olarak en çok yeri kaplamaktadırlar. Görsel olarak bu sıralamayı daha iyi değerlendirmek için Şekil 2 hazırlanır. Şekil 2'de görüldüğü gibi Y-eksenindeki değerler büyükten küçüğe sıralanan yıllık kullanım değerleri toplam bütün malların yıllık kullanım değerine bölünerek elde edilen yüzdelik olarak toplam yıllık kullanım değerleridir. X eksenine ise envanterde tutulan değişik kalem malların yüzdesini verir. Buna göre Şekil 2'yi kullanarak şu sonuçlara varabiliriz:

1. Envanterimizde taşıdığımız malların % 20'sinin meydana getirdiği değer toplam yıllık değerinin % 60'ıdır. Bu mallara A sınıfı mallar diyelim.

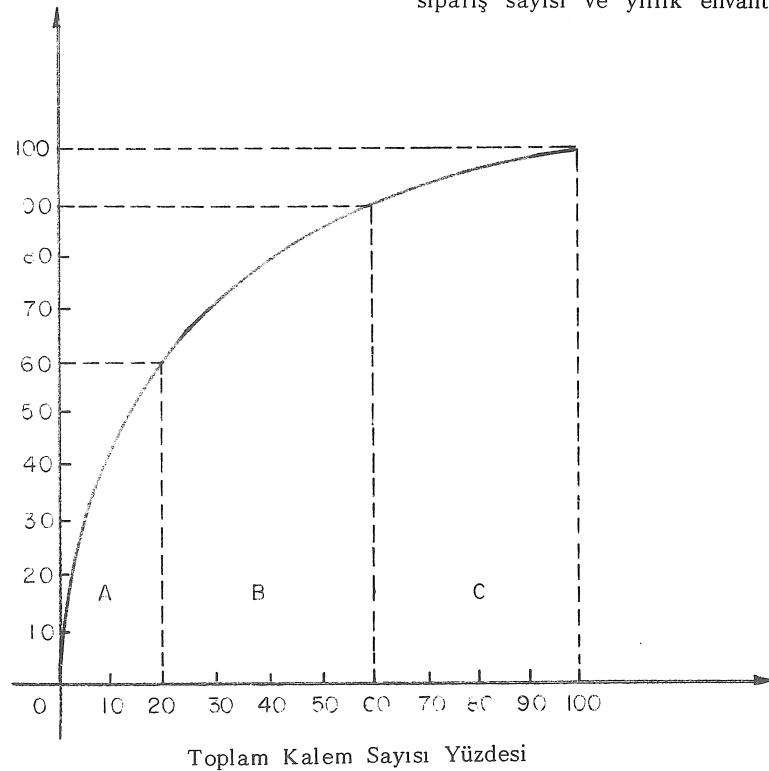
2. Envanterimizde taşıdığımız malların % 60'ının meydana getirdiği değer toplam yıllık değerinin % 90'ıdır. A sınıfındaki malları çıkarttığımızda geriye kalan mallara B sınıfı mallar diyelim.

3. A ve B sınıfı mallardan arta kalan mallara da C sınıfı mallar diyelim.

Görüldüğü bu bölünme tamamen gelişigüze değildir. Ancak amacımız envanter sistemi içinde dikkatimizi daha çok yönelttiğimiz grup malları (A sınıfı) belirlemek olduğundan sınıfların hangi noktalardan kesileceğine karar verilebilir. Dikkatli olunması gereken nokta "C sınıfı mallara hiç bir kontrol tekniği uygulanmaması" gibi bir düşünceye saptanmamaktır. Bu sınıflandırmanın ana amacı değer olarak daha

çok olan malların kontroluna daha çok çaba harcamak ve bu malları daha sıkı takip etmektir. Böylece dikkatimizi yoğunlaştırdıktan sonra 3. kesimin başında sorduğumuz sorulara yanıt alabilecek analitik modeller kurabiliriz. ABC çözümlerinin sonuçlarını da kullanan ve değişik sorulara yanıt örnek analitik çözümler çok çeşitli kaynaklarda yer almaktadır. Örnek olarak ([8], [3], [9]). Bu çalışmaların önemli bir bölümünde varsayımlarla kurulan modeller belli bir ölçüde göre en iyi şekilde çözülmüşlerdir. Bu çalışmaların bazılarının uygulama örneklerini de gözlemek mümkündür. Ancak parametrik olmayan karşılaştırmalı çözümler çok yaygın değildir. Parametrik olmayan karşılaştırmalı çözümlerden anladığımız belli varsayımlar altında çalışan bir envanter kontrol sisteminde bir yönetim politikasının (3. kesimin başındaki sorulara yanıt veren kurallar dizisi bir yönetim politikasıdır) diğer politikalarından daha iyi olup olmadığını gösteren çalışmalar vardır. Böyle bir karşılaştırmaların varlığı, talep, maliyet, vb., öğelerin salt değerinden etkilenmediğinden diğer yakın sistemlerde de uygulanmasına ve iyi yönetim politikalarının yaygınlaşmasına yol açar.

Değişim eğrileri (exchange curves) yöntemi bu amaçla kullanılan bir yöntemdir [8]. Örnek olarak Şekil 3'te bir değişim eğrisi görüyoruz. Belli varsayımlarla ve belli bir politika kullanılarak yıllık envanter yatırıma (envanterde taşınan miktar x birim maliyeti) karşılık gelen yıllık verilen sipariş sayısı eğrisi çizilebilir. Bunu yaparken izlenen yöntem şudur: Maliyetlerden yenileme maliyetine birim maliyeti cinsinden bir değer verilir. (Örneğin 5xbirim maliyeti). Buna göre model çözümlenir ve bu sayıya karşılık ortaya çıkan en iyi politikaya göre yıllık sipariş sayısı ve yıllık envanter yatırımı belirlenir.



Şekil 2 ABC çözümlemesi

Değişik yenileme maliyetlerine göre aynı işlem tekrarlanır ve Şekil 3'te görülen eğri elde edilir. Bu elde edildikten sonra sistemin içinde bulunduğu nokta tahmin edilir. Örneğin Şekil 3'teki gibi bir durum yeni envanter kontrol tekniğinin uygulanması ile kazançlı olacağımızı göstermektedir. Aynı sayıda sipariş vererek daha az bir yatırım yapmamız olası gözükmemektedir.

Değişim eğrilerinin daha farklı ölçütler kullanılarak da hazırlanması mümkündür. Daha çok boyutlu değişim eğrisi de hazırlanabilmesine rağmen çözüm güçleşmektedir.

### Çok Seviyeli Envanter Kuramı (Multi-Echelon Inventory Theory)

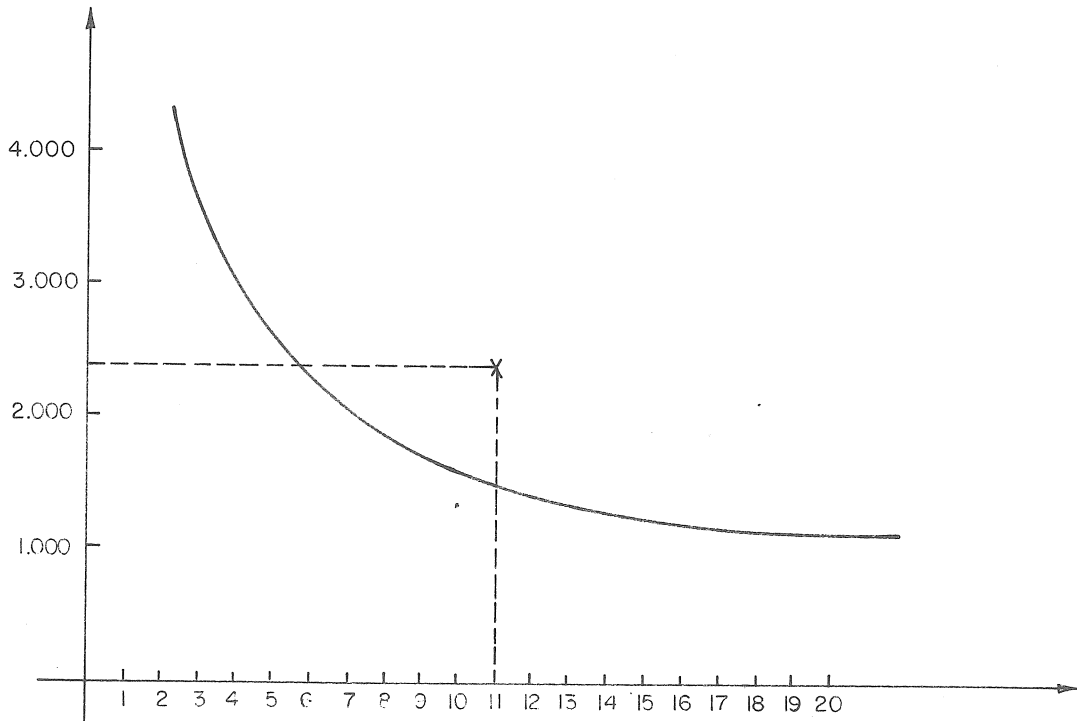
Çok seviyeli envanter kuramı son yıllarda oldukça yaygınlık kazanmıştır. Amaç değişik üretim (dağıtım) seviyelerindeki değişik yerlerin birbirleri ile olan ilişkisini göz önüne alan envanter kontrol sistemleri geliştirmektir. Bu nedenle bu tekniklerin yaklaşımına bütünleşik yaklaşım ismi de verilebilir. Değişik seviyedeki malların, hammadde, ara mamul ve bitmiş mamulun taleplerinin birbirine bağımlı olması ve bitmiş mamulun talebinin diğer talepleri belirlemesi çok seviyeli sistemlerin en çok bilinen örneğidir. (Malzeme İhtiyaç Planlaması için kaynak [1] 286-354'e bakınız.) Ancak çok seviyeli envanter kuramının geniş olarak tanımını yaptığımızda dağıtım paylaşım, vb., diğer sistemlerin de kuramın ilgi alanında olduğunu görürüz. Yani 3. kesimin başında tarif edilen her türlü soruya bütünleşik yanıt getiren analitik modeller bu başlıkta toplanır. Genelde tarifler ve kurulan analitik modeller, çözüm yön-

temleri ile ilgili olarak kaynak [10] ve [11]'e bakınız. Geliştirilen analitik yöntemlerin çok kısıtlı olduğunu söylemek, çözümlerinin çok zor ve veri gereksinimlerinin çok fazla olduğunu vurgulamak gerekmektedir. Ancak yine de uygulanmış ve kısmen başarıya ulaşmış bazı analitik modellerden bahsetmek olasıdır [4], [5].

Bütünleşik yaklaşımda değişim eğrilerini kullanmak olası olmakla birlikte kullanımının getirdiği güçlükler çok fazla olduğundan oldukça kısıtlı kalmıştır ([6], [12]). Tekil olarak bazı sistemler ele alınıp bütünleşik yaklaşımın geleneksel envanter yaklaşımından daha etkin olduğu ve daha az maliyet yüklediği gösterilmiştir [13]. Ancak bu sonuçları genelleştirmek bu verilerle olası değildir.

### Analitik Yöntemlerin Ortak Özellikleri

Yukarıdaki iki bölümde özetlemeye çalıştığımız analitik yöntemlerin uygulanmasında oldukça dikkatli olmak gerekmektedir. Daha önceden belirttiğimiz gibi öncelikli sorun 2. kesimde açıklamaya çalışılan öğelerin açık ve doğru tanımlayabilmektir. Bu yapıldıktan sonra analitik modeller kullanılmaya başlanabilir. Analitik modellerin yaptığı, bu öğeleri veri olarak alıp üstüne çeşitli işlevsel ve çözüme yönlendirici varsayımlar yapmak ve genelde kısıtsız çözmektir. Analitik modellerin bu yetersizliği yönetici tarafından göz önünde bulundurulmalı ve gerekirse müdahale edilmelidir. Analitik modellerin çoğu en iyileme yöntemi olduğundan yapılan müdahale sonuç yerine varsayımlar ya da öğeler üzerine olmalıdır. Bu noktada benzetim gibi açıklayıcı modellere de başvurmak olasıdır.



Şekil 3 Bir değişim eğrisi

Analitik en iyileme modellerin çalışması modelde yer alan öğelerin (çeşitli maliyetler, servis) birbirleri ile ters düşmeleri esasına dayanır. Örneğin ölçüt maliyet ise, çok sayıda sipariş verilmesi yıllık envanter taşıma maliyetini azaltmasına rağmen yıllık sipariş verme maliyetini artırır. Bütün öğeleri söz konusu edersek ters düşmelerin sayısı ve niteliği oldukça karmaşık olacaktır. İşte analitik en iyileme modelleri, bizim tanımlayabildiğimiz oranda, bu ödünleşmeyi (trade-off) ölçütümüzü en iyileştirecek şekilde yaparlar. Bu açıdan öğeler saptanırken ve analitik en iyileştirme modeli kurulurken birbirleri ile çelişen öğeler olmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde analitik model yanıltıcı bir tekil çözüm verebilir.

### KURAM İLE UYGULAMA ARASINDAKİ BOŞLUĞUN DOLDURULMASI

Makalenin bu son kesiminde, daha önceki kesimlerde sözü edilen olguları uygulama açısından değerlendirmeye çalışacağız. Uygulamanın kuramdan kopuk olamayacağını vurgulayan ancak envanter kuramının uygulama ile arasındaki uçurumu doldurmaya yönelik öneriler getiren çalışmalar vardır [11]. Bu makaleyi bu boşluğu doldurmaya yönelik önerilerle bitiriyoruz:

i) Stok hareketinin kontrol altına alınması için bir takım analitik yöntemlerin kullanılmasının önemi açıktır. Ancak elimizdeki envanter sistemini bir analitik modele uydurma yerine kendi sistemimizin özelliklerine göre modelleme yapılmalıdır.

ii) Sistem öğelerinin daha sağlıklı belirlenmesi analitik yaklaşımlarda başarı için bir ön koşuldur. Bu da envanter sisteminin, genel işletmenin varmağa çalıştığı hedefler doğrultusundaki ölçütünü tanımlamakla başlar. Diğer öğelerin de aynı dikkatle ve belli aralıklarda değişen koşullara uyularlanarak tanımlamaları gerekir. Sistem öğelerinin sağlıklı ve açık olmaları analitik çalışmaların şeklini belirlemede etkin olacaktır.

iii) En iyileme modellerin yanı sıra sezgisel modellerin kullanımına ağırlık verilmesi uygulama kolaylığı ve kolay çözümler getirmesi açısından gereklidir.

iv) Yeni bir yaklaşımla en iyi sonuç elde edilebilecek bugünkü koşullara göre gelişmenin gösterilmesi, ya da en azından bu doğrultuda çaba gösterilmesi, analitik yaklaşımların yararlı olduğunu göstermesi açısından olumludur. Ayrıca parametrik olmayan karşılaştırma yöntemlerinin bazı zorluklar ve kullanışsızlıklara rağmen uygulanmaları, bir uygulama örneğinin yararını genelleştireceğinden çok olumludur.

v) Yukarıda saydığımız bütün önerilere ön koşul olarak sistemde sağlıklı ve güvenilir bir veri tabanı yaratmak zorunludur. Özellikle bilgisayarların yaygınlaşması bunu kolaylaştıracaktır.

vi) Bir envanter sisteminin başarısını en çok etkileyen öğelerden biri birim maliyetlerdir. Maliyet kontrolü sonucunda toplam maliyet düşeceğinden kullanılacak sezgisel modeller dahi büyük kazanç ge-

tirecektir. (Örneğin Japon Kanban üretim sistemlerinde teknolojinin üretim yenileme maliyetini düşürecek biçimde kullanılması.)

vii) Analitik modellerin anlaşılması kolay ve gerçekçi boyutta veri gerektirmesi uygulanabilirliği açısından önemlidir.

viii) Analitik model kurulurken en iyi çözüm elde edebilmek ancak eğer model istenilen detayda ve kapsamda kurulabiliyorsa düşünülmelidir. Daha kısıtlı bir soruna en iyi çözümü getiren bir yanıt yerine, soruna daha az kısıtlı bir durumda iyi bir çözüm getirmek tercih edilmelidir.

### THE ROLE OF INVENTORY PLANNING IN PRODUCTIVITY

In this paper, the importance of controlling stock movements within the material planning system is discussed. Some definitions, basic properties and components of inventory systems are introduced. Analytical techniques to solve inventory control problems are overviewed on the basis of overall integrity: classical approach is to assume independent stocking points, whereas multi-echelon inventory techniques consider the relationship among stocking points and have an integrated approach. Problems with the applicability of analytical models are discussed. Some general recommendations to bridge the gap between theory and practice are given.

#### KAYNAKÇA

- 1 Tersine, R.J., *Principles of Inventory and Materials Management*, 2. Baskı, North-Holland, 1983.
- 2 Morse, W.J., *Cost Accounting*, 2. Baskı, Addison-Wesley, 1981.
- 3 Wagner, H.M., "Research Portfolio for Inventory Management and Production Planning Systems", *Operations Research*, 28, (1980), 445-475.
- 4 Sherbrooke, C.C., "METRIC: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control", *Operations Research*, 16, (1968), 122-141.
- 5 Muckstadt, J.A., "A Model for a Multi-Item, Multi-Echelon, Multi-Indenture Inventory System", *Management Science*, 20, (1973), 472-481.
- 6 Muckstadt, J.A. ve Thomas, L.J., "Are Multi-Echelon Inventory Methods Worth Implementing in Systems With Low-Demand Rates?" *Management Science*, 26, (1980), 483-494.
- 7 Clark, A.J., "Experiences with a Multi-Indentured, Multi-Echelon Inventory Model", *Studies in the Management Sciences*, Vol.16, North-Holland, 299-330, 1981.
- 8 Silver, E. ve Peterson, R., *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, 2. Baskı, John Wiley and Sons, 1985.
- 9 Silver, E.A., "Operations Research in Inventory Management: A Review and Critique", *Operations Research*, 29, (1981), 628-645.
- 10 Clark, Y.A.J., "An Informal Survey of Multi-Echelon Inventory Theory", *Naval Research Logistics Quarterly*, 19, (1972), 621-650.
- 11 Schwarz, L.B.(der), *Multi-Level Production/Inventory Control Systems: Theory and Practice*, *Studies in the Management Sciences*, Vol.16, North-Holland, 1981.
- 12 Erkip, N. ve Hausman, W.H., *A New Allocation Policy For Multi-Echelon Inventory Systems: Computational Results*, IE and EM Department Stanford, University, 1984.
- 13 Muckstadt, J.A. ve Thomas, L.J., "Cost Comparisons of Alternative Methods for Managing Multi-Level Inventory Systems: A Case Study", *Tijdschr.Econ.Mgmt.*, 25, (1980), 137-147.



# Stok Takip ve Kontrolde Bilgisayar Kullanımı

Nesim ERKİP

Y.Doç.Dr.

Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Bu makalede stok takip ve kontrolünde bilgisayar kullanımına yönelik tanımlar ve öneriler tartışılmaktadır. İşletmenin içindeki yeri tarif edilen envanter sistemini, işlevlerinin bilgisayar yardımı ile yerine getirilebilmesi için, iki ayrı grupta incelemek gerekir: Birincisi stok takibinin bilgisayar yardımı ile yapılması, ikincisi ise, bilgisayarın hazırlanan yazılım ile envanter kontrolünü gerçekleştirmesi. Makalede bu iki konu genel olarak tartışılıp açıklayıcı örnekler verilmektedir.

## GİRİŞ

Son on yılda bilgisayarların eriştiği kullanım yaygınlığı işletmelerin çeşitli seviyelerdeki planlama işlevlerini yerine getirmede bilgisayar kullanmalarını oldukça kolaylaştırmıştır. İşletmelerde önemli her zaman vurgulanan ancak ekonomik olarak elde edilmesi son birkaç yıla kadar oldukça güç olan bilgisayarlar günümüzde çok çeşitli boyutları ve kapasiteleri ile çok türlü amaca yönelik kullanıma açıktır. Özellikle çok miktarda bilginin sürekli olarak derlenip belli kararların alınmasına yardımcı olarak işlevi bilgisayar kullanımının önemini artırmaktadır. İşletmelerin malzeme yönetimi içinde çok önemli bir yer tutan envanter planlaması konusu da bilgisayarların yaygın olarak kullanılabileceği bir alandır. Bu makalede envanter planlamasının çeşitli evrelerinde bilgisayardan nasıl yararlanılabileceği tartışılacaktır. Yalnız burada gözden kaçırılmaması gereken bir noktayı vurgulamak yerinde olur. İşletmelerde bilgisayar kullanımını o işletmenin alt birimlerinden birine ya da bir kaçına kısıtlı bırakmak verimlilik açısından olumsuzdur. İşletme, kendisinin parçaları olan alt birimlerin bir bütünü olduğundan yaklaşım olarak bilgisayarlaşma denilince aklımıza bütün işletmenin gelmesi gerekir. Ancak böyle bir sistemi işletmeye sağlıklı bir şekilde oturtabilmek için alt birimlerin bütün içindeki işlevlerinin ve bütün ile ilişkilerinin açıkça belirlenmesi gerekmektedir. Bu makalede envanter sisteminde bilgisayar kullanımının gerektirdiği açılardan, özellikle veri tabanı yaratılması konusunda işletmenin diğer birimleri ile envanter sisteminin ilişkileri üstünde de durulacaktır.

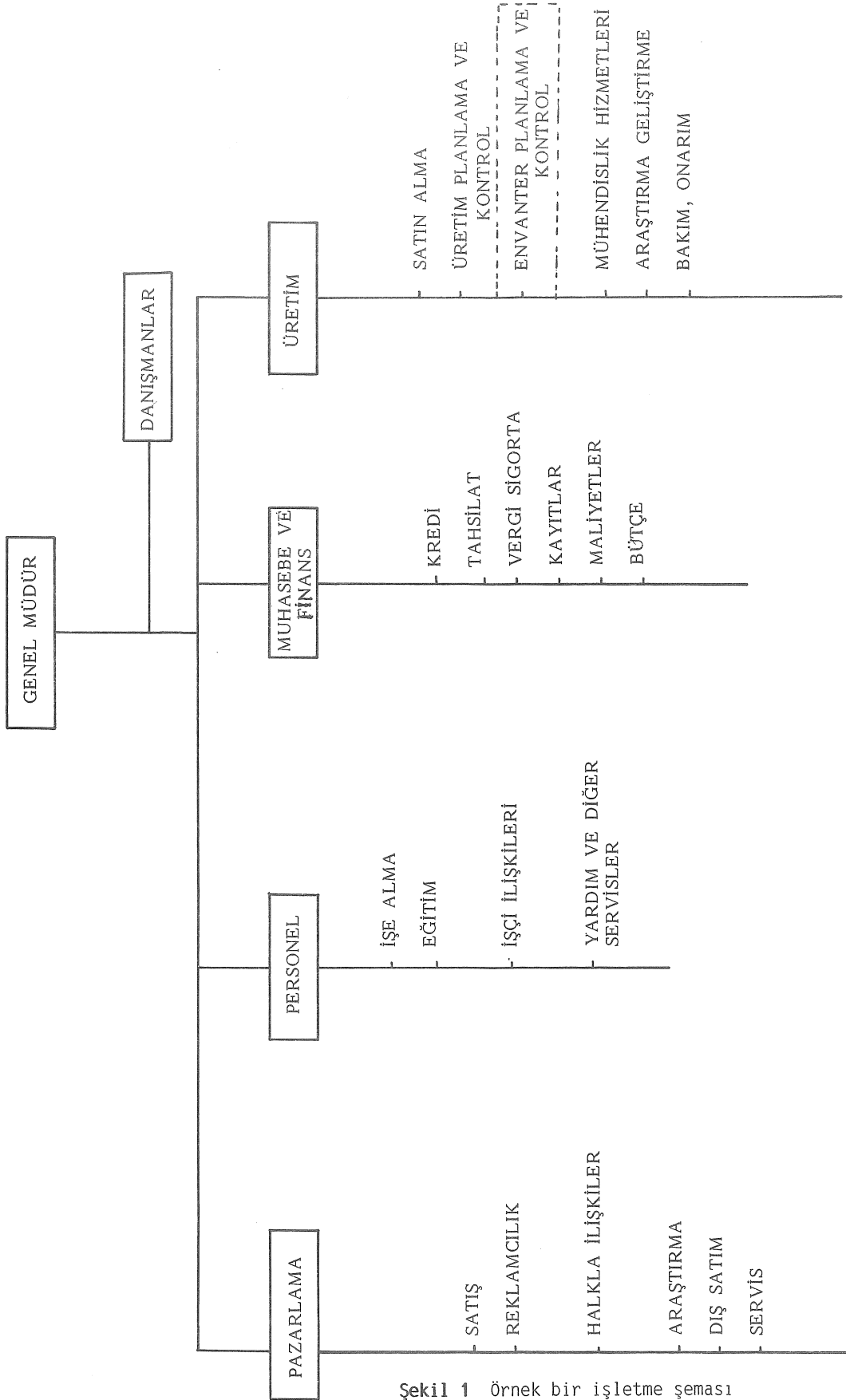
Makalenin ikinci kesiminde envanter sisteminin diğer sistemler ile ilişkisi tartışılacaktır. Üçüncü kesimde bilgisayarla stok takibi dördüncü kesimde bilgisayarla envanter kontrol sisteminin ayrıntıları incelenecektir. Makalenin son kesiminde uygulamaya yönelik önerilerin de yer aldığı sonuçlar tartışılacaktır.

## YAKIN ÇEVRESİ İÇİNDE ENVANTER SİSTEMİ

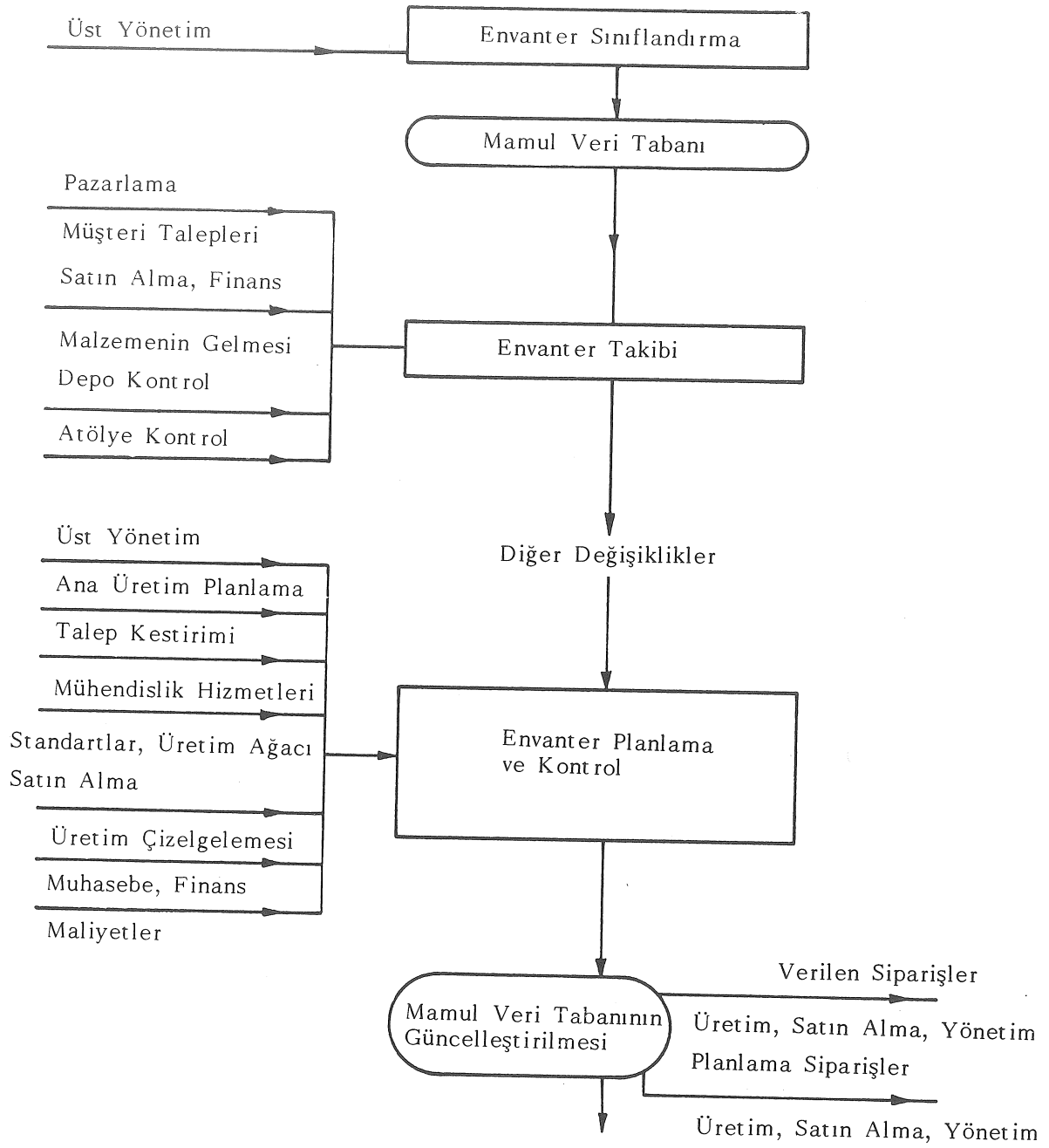
### Envanter Sisteminin İşletme İçindeki Yeri

Bu bölümde amacımız envanter sisteminin işletmelerdeki ilişkilerini daha iyi anlamak olacaktır. Örnek olarak orta büyüklükte bir üretim işletmesi ele alınacaktır. Ancak buradan çıkararak bir genelleme yapmak söz konusu olmayıp amacımız sadece burdan sonraki kesimlere bir temel oluşturmaktır.

Envanter planlama ve kontrol sistemi mal üreten bir işletmede genellikle üretim grubunun içinde yer alır. Şekil 1 geleneksel bir işletme şeması örneğidir. Böyle bir işletmede envanter planlama ve kontrol işlevinin yerine getirilmesi için üretim grubunun işletmedeki diğer gruplarla bir iletişim içinde olmasını gerektirmektedir. Şekil 2 envanter planlama ve kontrol sisteminin temel işlevlerini ve ilişkide bulunduğu diğer sistemleri özetlemektedir. Bu şekilde envanter sisteminin temel işlevleri detaylı olarak ele alınmamıştır. Şeklin açıklanması ise şöyle yapılabilir: Dikdörtgenler envanter sisteminin işlevlerini göstermektedir. Giren okların üstü hangi yönetim biriminin (alt sistem de olabilir) o kararı etkilediğini göstermektedir. Okun altında bilgi var ise, o birimin hangi şekilde envanter sistemini etkilediği açıklanmaktadır. Şekil 1'deki işletme şemasına dönersek envanter sisteminin tüm üretim sistemi alt birimleri başta olmak üzere diğer sistemlerinin bazı alt birimleri ile ilişki halinde olduğu görülmektedir. Bu bilgiler etkin veri tabanı oluşturulmasında olduğu kadar envanter planlama ve kontrol sürecindeki kararların sağlıklılığını da etkileyecektir. Şekil 2 işlevlerin arasında mamul veri tabanı ile ilişkileri de içermektedir. Veri tabanının güncelleştirilmesi çeşitli aşamalar sonucunda verilen bilgilerin/



Şekil 1 Örnek bir işletme şeması



Şekil 2 Envanter sistemi ve ilişkili sistemler

kararların uygulanması olarak görülmelidir. Buradan çıkan okların üstü bu kararlar, okların altı ise, etkilenen birimler olarak nitelendirilmelidir.

#### Envanter Planlamasında Bilgisayar Kullanımı

Bir önceki bölümden de anlaşılacağı gibi uzun

vadede birimlerden sadece birinin ya da bir kaçının bilgisayar kullanması yeterli değildir. Birimlerin sürekli olarak birbirleri ile ilişkide olmaları verimliliği ve etkinliği artırmak için bütünsel olarak yaklaşmayı gerektirmektedir. Bu noktanın önemini unutmadan envanter planlamasında bilgisayar kullanımının söz konusu olabileceği iki ana alan belirlemek olasıdır. Birincisi, envanter takip ya da envanter muha-

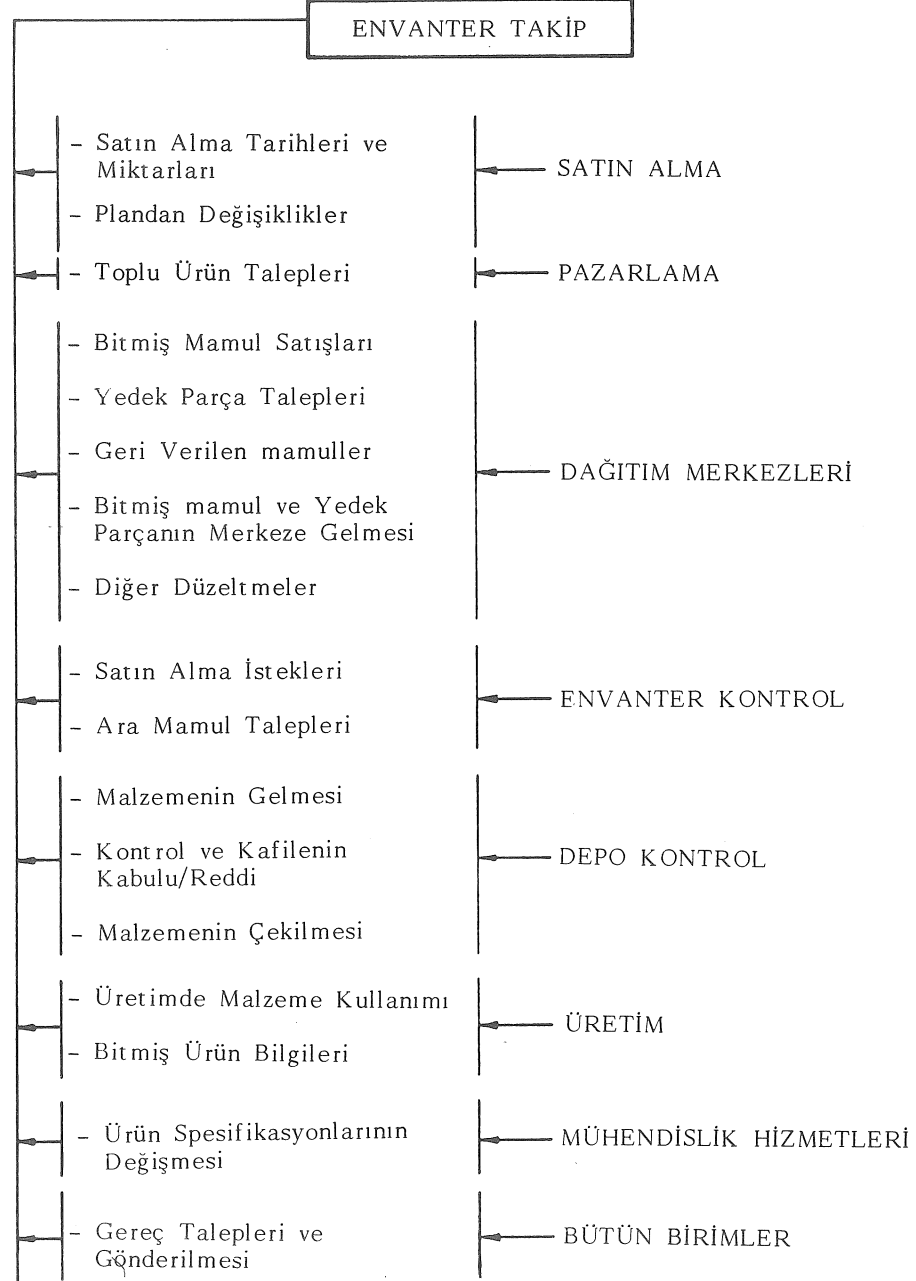
sebesi diye adlandırılan alt sistemdir. Bu alt sistem bütün işletme içinde envanter durumunu etkileyen/ etkileyecek her türlü işlemin kaydını tutar. Bu yapılması mutlaka gerekli ve aynı zamanda oldukça yüklü bir işlemdir. Bilgisayarların kullanılabilmesi ikinci alan ise, envanter kontrol alt sistemidir. Bu birimin çalışması için gerekli bilgiler içinde sisteme ait diğer birimlerden gelen veriler olduğu gibi, karar organlarının da yardımı ile meydana gelmiş bazı yazılımlar da vardır. Bilgisayarın kullanılabilmesi bu iki alanı bir arada düşünmek olası olduğu gibi ayırmak da işlevsel açıdan pek farklı olmayacaktır. Ayrıca geçiş dönemindeki işletmeler açısından ayrı ayrı ele alınmaları bir çok durumda daha yararlı olacaktır. Üçüncü kesimde stok takibi ve bilgisayar kullanımı, dördüncü kesimde de envanter kontrolü ve bilgisayar kullanımı tartışılacaktır.

### STOK TAKİBİ VE BİLGİSAYAR KULLANIMI

Stok takibi envanter planlamasının raporlama ve kayıtlama işlevlerini yerine getirir. Şekil 3 stok takibinde karşılaşılan belli başlı işlemleri ve kaynaklarını özetlemektedir. Bu işlemlerin bazıları fiziksel olarak stok miktarını artırmakta veya eksiltmekte, diğerleri ise sipariş verildiğini ya da gerekli miktarları göstermektedir. Ayrıca bu konularda gerekli görülen her türlü rapor ya da özeti bu sistem tarafından hazırlanabilmesi gerekmektedir.

Stok takibinin gerçekleştirilmesi değişik otomasyon seviyelerinde olabilir:

i) Bilgisayar Kullanmadan: Küçük işletmelerde stok takibi işi genellikle bilgisayar kullanılmadan el



Şekil 3 Stok takibinde yapılan işlemler ve kaynakları

ile yapılır. Bilgiler kartoteks ya da benzeri kütüklerde toplanır, düzeltilir ve saklanır. Her işlem için düzenlenen formlar doldurulur ve gerekli yerlere gönderilir ve/veya saklanır. Formun alındığı yerde gerekli kayıtlar tutulur ve yenileştirilir. Bu kayıtlardan raporlar hazırlanır, gerekli bilgiler elde edilir.

ii) Kısmi Olarak Bilgisayar Kullanarak: Veriler yukarıda bahsedilen formların yardımı ile toplanır. Ancak son aşamada (ya da ara aşamalarda) bilgiler topluca bilgisayara (belirli aralıklarla ya da gerektiğinde) yüklenir. Aynı verinin değişik safhalarda değişik birimler tarafından değişik amaçlarda kullanılmak üzere bilgisayara yüklenmesi olasıdır. Rapor hazırlamak ya da başka bir amaçla kullanılması durumunda bilgisayarın özelliklerinden faydalanılır.

iii) Bilgisayarların Gerçek Zamanda (Real Time) Kullanılması: Bu seviyede bütün işlemler değişik yerlere yerleştirilen terminaller yardımı ile gerçekleştirilir. Malzeme işletmeye girdiği andan itibaren bilgisayarla takip edilir. Değişik üretim aşamaları da yine bilgisayar ile kontrol edildiğinden bütün işlemleri aynı yöntemle yapmak mümkün olur. İstenilen raporların elde edilmesi bir bilgisayar çıktısının elde edilmesine eşdeğerdir.

Muhakkak ki maliyet ögesi envanter takibinin hangi seviyedeki otomasyon ile yapılacağını belirleyecektir. Yine de bilgisayarların gerçek zamanda kullanılmasının aşağıdaki yararlarını belirtmek gerekir [1]:

i) Sorunlara çabuk yanıt verme yönünden Şekil 4' teki karşılaştırma gerçek zaman sisteminin yararını ortaya koymaktadır.

ii) Sisteme girilmesi gereken veri miktarı bilgisayar gerçek zamanda kullanıldığında en aza iner. Bir veri, sisteme bir terminalden girildiğinde tanımlanan kütüklere hemen ulaşır. Diğer iki otomasyon seviyesinde ise, aynı veri değişik formlarda tekrar

edebildiği gibi değişik kullanımlar için ayrı kütüklerde saklanabilirler.

iii) Bilgisayar kullanılmadığından ortaya çıkan formlar kargaşasından bilgisayarın gerçek zamanda kullanılması ile kurtulabilir. Gerektiği zamanlarda bilgisayarın bu formları üretebilmesi gereksiz yere formların doldurulmasını ortadan kaldırır.

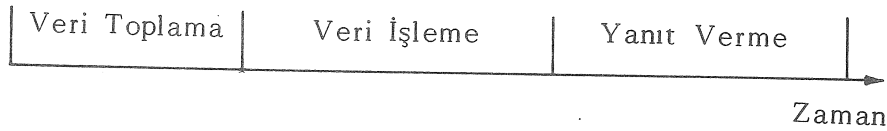
iv) Verilerin bilgisayara girildiği sırada kontrol edilebilmesi ve bu soruşturmanın verinin sisteme girildiği sırada yapılması hataları en aza indirecektir.

Bilgisayarın envanter planlaması sırasında kullanılması (kısmi ya da gerçek zamanda) bir başka sorunu daha gündeme getirmektedir. O da yaratılacak veri tabanının içeriği ve yapısıdır. Geleneksel sistemlerde, genellikle, alt sistem veri tabanları ayrı ayrı hazırlanmışlardır bunların birbirleri ile ilgisi oldukça azdır. Değişik birimler aynı veriyi değişik şekillerde tuttuklarından yeni verilerle güncelleştirilmeleri oldukça güçtür. Bu nedenle de aynı zaman diliminde değişik birimlerin erişebildiği veriler aynı olması gerekirken farklılıklar ve çelişkiler gösterir. Bu farklılıkların ve çelişkilerin olması kararların eksik bilgiyle verilmesine ve performansın ölçümündeki güvenilirliğine gölge düşmesine neden olur. Bazı durumlarda ise üretim hatalarına yol açabilir. Aynı probleme bütünsel olarak yaklaşırsak aşağıdaki yararları elde edebiliriz [2]:

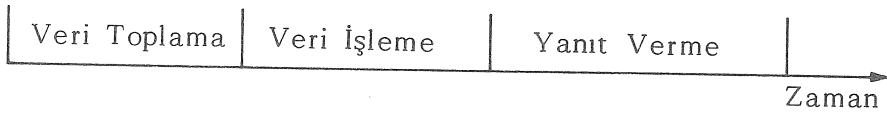
1. Bir verinin sadece bir yerde tutulması hem iş hacmini hem de verilerdeki çelişkileri azaltacaktır,
2. Her kullanıcı aynı veriye erişebilecektir,
3. Sistemin geliştirilmesi daha ucuza mal olacaktır,
4. Verinin kullanılması için gerekli yazılımların yaratılması ve geliştirilmesi kolaylaşacaktır.

Bütünsel yaklaşımın gerçekleştirilmesi için verilerin isteğe göre değişik kombinasyonlarda grup-

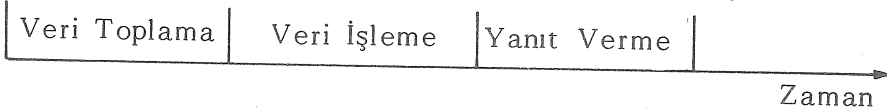
#### Bilgisayar Kullanmadan.



#### Kısmen Bilgisayar Kullanarak.



#### Bilgisayarı Gerçek Zamanda Kullanarak.



Şekil 4 Çeşitli seviyelerdeki bilgisayar kullanımında yanıt verme hızı



landırılabilmesi gerekir. Bu da değişik veri yapıları tanımlamakla gerçekleştirilebilir (örneğin kaynak [3], 196-198). Tanımlanan bir yapı verilerin birbirlerinden bağımsız olarak erişilebilmesini sağladığı gibi veri tabanını sistem yazılımlarından da bağımsız hale getirir. İstenilen bilgi, veri ilişkileri kullanılarak ve istenilen biçimde (ve değişik yollarla) elde edilebilir.

Veri tabanı yaratırken göz önüne alınması gereken en önemli konulardan biri de hangi verilerin isteneceğidir. Bu genelde işletmenin türüne göre değiştiğinden soruyu tek bir şekilde yanıtlamak doğru değildir. Örneğin bir stok merkezi envanter verileri şu veri parçalarını içerebilir [2], 66-70 :

- Merkezin Kimliği
  - . Kodu
  - . Stoğun yeri
  - . Raf numarası
  - . En son değişim tarihi
- Fiziksel Envanter
  - . Envanter sayımı tipi
  - . Sayımlar arası zamanı
  - . En son fiziksel sayımdaki değeri
  - . Sayımı yapanın kimliği
  - . Son sayım tarihi
  - . Son sayımdan sonraki hareketler
  - . Gelecek sayım tarihi
- Kullanım Özeti
  - . Toplam kullanım
  - . Planlanmamış kullanım
  - . Hemen karşılanamamış talep
  - . Talep olmayan dönem sayısı
  - . Yok satma sayısı
- Şimdiki Dönem Envanteri
  - . Envanter tipi
  - . Talep (şimdiki dönem)
  - . Toplam çıkış (şimdiki dönem)
  - . Toplam giriş (şimdiki dönem)
  - . Toplam düzeltmeler ve transfer
- Envanter Tahsisi
  - . Elde bulunan miktar
  - . Çıkışı olup ta henüz kullanılmadığı tahmin edilen miktar
  - . Tahsis edilen miktar
  - . Tahsis tipi
  - . Kullanıldığı yer

Aynı şekilde bir sipariş verildiğinde ya da sipariş depoya geldiğinde gereken veriler de saptanabilir.

#### ENVANTER KONTROLU VE BİLGİSAYAR KULLANIMI

Bir envanter kontrol sisteminin belli başlı amaçları şunlardır:

i) Bağımlı ya da bağımsız talep olmasına göre hammaddenin, ara mamulün ve gereçlerin verilen bir dönem (ya da dönemler) için toplam talebi en eko-

nomik yönden karşılayacak sipariş miktarlarını ve zamanlarını saptamak; dolayısı ile elde tutulacağı beklenen envanter miktarlarını hesaplamak.

ii) Gerekli durumlarda emniyet stokları bulundurmamak ve miktarını saptamak.

iii) Değişik yerlerde hangi malın envanterinin taşınacağını saptamak.

iv) Bağımlı talep durumunda alt mamullerin talebini ürün ağacından yararlanarak ortaya çıkarmak.

v) Çok mağazalı sistemlerde üretimin değişik mağazalara envanter olarak dağıtım miktarlarına karar vermek.

Yukarıdaki kararları verirken envanter kontrol sistemi işletmedeki bir çok birimden veri ve bilgi alır. Bunların başında maliyet verileri gelir. Genellikle maliyet verileri muhasebe ve finans bölümünden elde edilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta bu verilerin envanter kontrolde kullanılabilir biçimde olmasının sağlanmasıdır. Diğer bir gereksinim ise, talep kestirimidir. Talep kestirimi genellikle üst yönetimin de içinde bulunduğu bir grup tarafından yapılır. Bu grupta satış ve pazarlama elemanları, üretim elemanları ve diğer danışmanlar yer alabilir. Envanter kontrol için diğer bir gereksinim mühendislik hizmetleri ve üretimin işbirliği ile sağlanır: Malzeme ihtiyaç planlaması için gerekli ürün ağacı, üretim ön süresi ve diğer kısıtlar. Etkin bir envanter kontrol sisteminin bu mekanik girdilerinin yanı sıra en önemli girdilerinden biri de üst yönetimin tanımlayacağı performans ölçütü, servis ölçütü (ölçütleri) ve diğer kısıtlardır.

Bir envanter kontrol sisteminin çalışmasını şu aşamalarda özetleyebiliriz:

i) Envanterde tutulan malların gözden geçirme sıklığına göre gruplanması. Bu aşama belli bir maddede ya da uzmanlıkla gerçekleştirilebilir. Verilmesi gereken karar hangi malların sürekli, hangi malların belli aralıklarla seviyelerinin gözden geçirileceğidir.

ii) Gözden geçirme politikasına göre bulunması gereken parametrelerin saptanması ve bulunması (örnek için [4], 461-548 ve [5]'e bakınız). Örneğin belli aralıklarla envanter seviyelerini gözden geçirecek ise, bulunması gereken parametreler gözden geçirme aralığı, hangi koşulda ve ne kadar sipariş verileceği gibi. Bu parametrelerin değeri bulunurken bir modelden yararlanmak olasıdır. Modelin karmaşıklığı uygulayana bağlıdır. Örneğin çok karmaşık bir en iyileme modeli kullanılabilir gibi, ampirik bir formül de kullanılabilir.

iii) Bulunan parametreler ve en son envanter seviyesi bilgileri ışığında gerekirse siparişlerin verilmesi ve bu bilgilerin gerekli yerlere ulaştırılması.

iv) Envanter kontrol sistemine temel teşkil eden ve yan sistemlerden gelen verilerin belli aralıklarda değişmesinden doğan farklılıklara göre i) ve ii)'deki bulguların yenileştirilmesi, düzeltilmesi ya da düzenlenmesi. Bu düzenlemenin yapılacağı zaman aralıkların saptanması.

Envanter kontrol sisteminin bu çalışma yönteminin çeşitli aşamalarında bilgisayar kullanmak olasıdır. Birinci aşamada, envanter sistemi için genel yaklaşımların kullanılabilmesi ve bazı yöntemler için uygulama alanı olabilecek bir aşamadır. Aynı şeyleri ikinci aşama için söyleyebileceğimiz gibi iki aşamayı bütünleşik yaklaşımla bir arada düşünebiliriz [6]. Amaç bu aşamalarda istenen kararları vermede yardımcı olacak yazılımları geliştirmektir. Bazı yöntemler için bilgisayar kullanımı çok tek düze hesaplamalar düzeyinde olabilir. Buna en iyi örnek malzeme ihtiyaç planlamasında bağımlı talebi olan ara mamullerin ve diğer parçaların dönemlik taleplerinin ürün ağacı ve üretim ön süresi yardımı ile bulunması ve siparişlerin çizelgelenmesidir. Ancak bu tek düzeliğe rağmen çok büyük miktarlarda bilgi işlendiğinden bilgisayar gereklidir. Bazı yazılımlar ise en iyileyen algoritmalar olabilir. Bu algoritmalar basit bir formül olabileceği gibi çok sayıda iterasyon gerektiren çok karmaşık bir şekil de olabilir. Bu noktada işletmenin [6]'da tartışılan öğeleri ne seviyede tanımlayabildiği ve envanter uygulamasında hangi detaya inmek istediği önem kazanmaktadır.

Bu konudaki yazılımları genellikle bilgisayar firmaları pazarlamakla birlikte, bazı kullanıcılar kendi amaçlarına uygun yazılımlar da geliştirmektedir [7]. Örnek olarak bir firma tarafından hazırlanmış ve uygulanmakta olan bir yazılım, IMPACT (Inventory Management Program and Control) verilebilir ([4], 500-506). Bu yazılım bir üretim/envanter sisteminin dağıtımını gerçekleştirmeye yönelik hazırlanmasına rağmen yapabileceklerini anlatmak açısından yararlı gözükmektedir. IMPACT yazılımının ana amacı ile bir envanter dağıtım sisteminde maliyeti enazlayacak envanter kontrol kararlarını vermektedir. Yazılımın işlevleri şunlardır:

- i) Talep kestirimi;
- ii) Verilen bir servis seviyesini tutturmak için gerekli emniyet stoklarının hesaplanması;
- iii) Sipariş verecek zamanın ve miktarın saptanması;
- iv) Taşıma maliyetlerinin ve iskontoların hesaba katılması;
- v) Envanter planında doğacak sonuçları (maliyet vb.) kestirmek.

IMPACT sistemi iki evrede çalışır:

- i) Başlatma Evresi. Bu evre belli zaman aralıklarında çalıştırılır.
  - a) Kestirim modelinin ve sipariş stratejisinin seçilmesi;
  - b) Kestirim ve sipariş modellerinde kullanılacak başlangıç değerlerinin hesaplanması;
  - c) Sonuçların kestirilmesi.
- ii) Çalışma Evresi. Bu evre günlük olarak çalışır.
  - a) Ne zaman ve ne miktarda sipariş verileceğine karar verir;
  - b) Yeni talep kestirimleri yapar ve talep hatalarını hesap eder;

- c) Günlük kayıtları tutar;
- d) Sistemin performansını ölçecek veri toplar.

Görüldüğü gibi 3. ve 4. kesimlerde anlatılan iki ayrı envanter planlama olgusu da yazılımda yer almaktadır. Ancak temel olarak bir envanter kontrol yazılımıdır. Yazılımın aşağıdaki esnekleri vardır:

- i) Kullanıcı kendi yazılımlarını IMPACT ile birlikte kullanılabilir. Veri toplama aşamasının bilgisayarla olmaması, eğer tüm veriler her gün bilgisayara girilebiliyorsa, paketin çalışmasını etkilemez.
- ii) Kestirim için kullanıcıya seçenekler verilebilir. Ayrıca kestirim yapılırken kullanıcı müdahale edebilir.
- iii) Sunum noktası aynı olan mallar için özel sipariş politikası kullanılabilir.
- iv) Başlatma evresi gerektiği zaman tekrardan işletilip parametrelerin/politikaların yenileştirilmesi/değiştirilmesi olasıdır.

IMPACT'ın kullanıcılara oldukça büyük yararlar sağladığı söylenmektedir. IMPACT'te kullanılan yöntemlerin toplam maliyetleri enazlamasına rağmen kendi içinde tutarlı bir sistem olması ve dengeli sonuçlar üretmesi başarısının ana nedenlerinden gösterilmektedir.

## SONUÇLAR

Bu makalede envanter takip ve kontrolünde bilgisayar kullanımı tartışılmıştır. Envanter sisteminin işletme içindeki yeri ve işletmenin diğer birimleri ile ilişkisi incelendikten sonra bilgisayarın nerelerde uygulama alanı görebileceği konusunda öneriler getirilmiştir. Vurgulanmaya çalışılan nokta bilgisayarın da içerildiği bir planlama sürecinde işletmenin diğer birimlerinin de katılmasıdır. Bu nedenle salt stok takibi için bilgisayarlaşma düşünülüyorsa bile işletmenin genel veri tabanı sisteminin, işletmenin sonraki yıllardaki gelişmesi ve verimliliği de düşünülerek, şimdiden planlanmasında yarar vardır.

Bu makalede söz konusu edilmeyen ancak bu konu ile yakından ilgili önemli bir sorun envanter takip ve kontrolünde kullanılacak bilgisayarın donanımının seçimidir. Bir çok unsurla birlikte envanter sisteminin istenen otomasyon seviyesi bu kararda etkili olacaktır.

## USE OF COMPUTERS IN INVENTORY RECORDING AND CONTROL

In this paper, some definitions and recommendations to utilize computer technology in inventory systems are discussed. Computers can be helpful in two different aspects of inventory planning: transactions recording and inventory control. For transactions recording system some known package programs as well as in-house routines can be used. The software required for

inventory control is usually created by the users. These topics are discussed with some examples.

**KAYNAKÇA**

- 1 IBM, "Management Overview", **Communications Oriented Production Information and Control System**, 1, 1973.
- 2 IBM, "System Data Base", **Communications Oriented Production Information and Control System**, 8, 1973.
3. Fogarty, D.W. and Hoffmann, T.R., **Production and Inventory Management**, South-Western Publishing Company, 1983.
- 4 Chase, R.B. and Aquilano, N.J., **Production and Operations Management: A Life Cycle Approach**, 3. Baskı, Richard Irwin Inc., 1981.
- 5 Silver, E.A., "Operations Research in Inventory Management: A Review and Critique", **Operations Research**, 29, (1981), 628-645.
- 6 Erkip, N., "Stok Hareketliliğinin Verimliliğe Etkisi", **Makina Tasarım ve İmalat Dergisi**, 1, (1987), 3.
- 7 Atabarut, N., "Bütünleşik İmalat Yönetimi Yazılım Paketleri Üstüne", **Kıbrıs Seminerleri Bildirileri**, ODTÜ, Mühendislik Fakültesi ve Prof. Mustafa Parlar Eğitim ve Araştırma Vakfı, 1985.

# Çizelgelemenin Verimliliğe Katkısı

Ömer KIRCA

Y.Doç.Dr.  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Bu makalede üretim ve hizmet sektöründe rastlanan çizelgeleme olgusunun verimliliğe katkısı tartışılmaktadır. Önce verimlilik tanımlanmış ve bunu etkileyen unsurlar belirlenmiştir. Bu belirlenen unsurları çizelgelemenin nasıl etkilediği tartışılmıştır ve örnekler verilmiştir. Son olarak, çizelgeleme problemleri sınıflandırılmış ve değişik sektörlerde ortaya çıkan çeşitli boyutlardaki çizelgeleme problemleri tartışılmıştır.

## GİRİŞ

Bütün ekonomik faaliyetler belirli miktarda ve çeşitli kaynaklar kullanılarak, zaman içinde oluşmaktadır. Bu nedenle de ekonomik faaliyetlerin etkinliği kaynakların verimli kullanılması ile orantılı olmaktadır. Kaynakların verimli kullanılmasını etkileyen araçlardan bir tanesi de çizelgeleme olgusudur. Çizelgelemenin verimlilik üzerindeki etkilerini incelemeden önce verimlilik tanımına ve özelliklerine kısaca göz atalım.

### Verimlilik Tanımı

Verimlilik veya diğer bir deyişle **üretgenlik** belirli bir **girdi** sonucu ortaya çıkan **çıkıtının** ölçütü olarak tanımlanabilir. Örneğin bir işçinin bir saatte monte ettiği radyo sayısı bir verimlilik ölçüsüdür. Yukarıdaki verimlilik tanımının çıktısı ve girdi gibi iki ana unsuru bulunmaktadır. Çıktılar üretilen veya ortaya çıkarılan mal ve hizmetler, girdiler ise, bu ürün ve hizmetleri oluşturmak için kullanılan üretim faktörleri yani kaynaklardır. Ancak yukarıdaki tanımda açıkça yer almayan, fakat örnekte belirlenen, bir diğer verimlilik unsuru da zamandır. Üretim faaliyetleri belirli bir zaman aralığında, belirli miktarda kaynak kullanımı ile ortaya çıkar. Bu nedenle de verimlilik ölçütünde zaman da önem kazanmaktadır. Böyle bir saptamadan sonra verimliliği daha açık bir şekilde şöyle tanımlayabiliriz. **Verimlilik**, birim kaynakların birim zamanda ürettiği mal ve değerlerdir. Diğer bir ifade ile

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Ürün Miktarı (Değeri)}}{\text{Kaynak Miktarı} \times \text{Zaman}} \quad (1)$$

olmaktadır.

Yukarıda genel olarak tanımlamaya çalıştığımız verimlilik ölçütünün pratikte kullanılmasında çeşitli

güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu güçlükler daha çok iki unsurun girdi ve çıktılarının tanımlanmasından ve ölçümlendirilmesinden kaynaklanmaktadır. Radyo örneğinde işçinin verimliliği saatte monte ettiği radyo sayısı olarak tanımlanmıştır. Eğer bu işçi aynı zamanda hem radyo hem de teyp üretiyorsa o zaman çıktı tanımında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Veya radyo üretiminde işçilikle birlikte başka kaynaklarda kullanıldığında verimlilik nasıl tanımlanacaktır. Örneğin bir işçi bir alet yardımı ile radyo monte ediyor, diğer bir işçi de alet kullanmadan aynı işi yapıyorsa bu iki işçinin verimlilik tanımları nasıl olacaktır? Burada ana konumuz verimliliğin ölçümü ve tesbiti olmadığı için bu zorluklara ayrıntılı olarak girmek yerine verimliliği etkileyen unsurlara ve verimliliği artırmaya yönelik konulara ağırlık vereceğiz.

Verilen verimlilik tanımına göre bir üretim biçiminin diğer bir üretim biçiminden **verimli** olması ancak şu hallerde mümkündür.

1. Aynı sürede ve eş kaynaklarla daha çok üretim
2. Aynı miktarda ürünü aynı sürede daha az kaynakla üretmek
3. Aynı miktarda ürünü eş kaynaklarla daha kısa bir sürede üretmek.

Yukarıda görüldüğü gibi verimliliği artırmak genel olarak (1) ifadesindeki oranı artırmak yani bu orandaki payı artırmak ve/veya paydayı azaltmakla mümkün olmaktadır. Diğer bir deyişle bir işi yaparken daha az kaynak kullanmakla verimlilik artırılabilir. İşte bu noktada çizelgelemenin önemi ortaya çıkmaktadır.

## Çizelgeleme Tanımı

Çizelgeleme belirli bir takım görevleri yerine getirmek için kaynakların zaman içinde tahsisi olarak tanımlanabilir, [1]. Bu tanımda, görevler içinde bulunulan ortama bağlı olarak değişik şekillerde adlandırılabilir. Genel olarak görevler belirli ürün veya hizmetleri meydana getirmek için gerekli olan faaliyetler olarak tanımlanabilir. Bu tanıma göre de çizelgelemenin üç ana unsuru ortaya çıkmaktadır ve bunlar verimlilik tanımında olduğu gibi üretim, kaynak ve zamandır. Bu nedenle de çizelgeleme, verimliliği artırma yönünde kullanılacak çok önemli araçlardan biri olmaktadır. Daha açık bir deyişle, çizelgeleme belirli bir takım işleri yapmak için hangi kaynakların, ne zaman ve nasıl kullanılacaklarını tesbiti olarak da tanımlanabilir. Böylece etkin bir çizelgeleme sayesinde belirli faaliyetlerin daha az kaynak kullanımı veya daha kısa zamanda yapılabilme olanağı ortaya çıkmaktadır. Verimlilik ve çizelgeleme etkileşimini daha açık görebilmek amacı ile şu örneğe bakalım.

Bir üretim birikiminde üretilecek A ve B gibi iki ürünümüz ve bu her iki ürün de aynı akış işlemleri ile üretiliyor olsun. Şekil 1'deki gibi ürünler kesme, torna, freze ve son olarak da boyama işlemlerinden geçiyor ve her iki ürünün işlem zamanları da Çizelge 1'deki gibi olsun.

Çizelge 1'den de görülebileceği gibi her iki ürün de toplam olarak 10 saatlik bir işlem süresi ve her işlem de bu iki ürün için toplam olarak 5 saatlik bir süre gerektirmektedir. Çizelgeleme açısından sorun bu iki ürün hangi sırada işlenecek veya bu işlemler (tezgahlar) hangi sırada bu ürünleri işleyecektir. Tabii en iyi çizelgelemenin tesbiti için belirli bir amaç konulması ve bu amacı en iyileyecek çizelgenin tesbit edilmesi gerekmektedir. Şimdilik çizelgeleme amaçlarına girmeden, sadece çizelgeleme olayına bakalım.

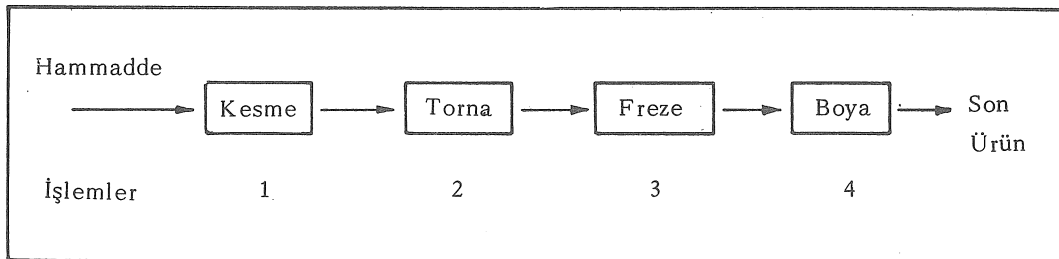
Tekrar örneğe dönersek, sorun bu iki ürünü, verilen dört işlem üzerinde hangi sırada yapılacağına tesbitidir ve iki alternatif ürün işleme sırası bulunmaktadır. Bunlar önce A sonra B veya önce B sonra A sıralarıdır. Şekil 2'de bu iki alternatif için Gantt Şemaları verilmiştir. Her iki alternatif ürün işleme sırasında da yapım zamanı (son ürünün çıkış zamanı) 14 saattir. Ancak (a) çizelgesinde tezgahların atıl kalma süreleri (b) çizelgesine oranla daha fazladır. Acaba kaynakları en verimli kullanan çizelge hangisidir? Bu sorunun cevabını aramadan önce bir başka çizelgeye bakalım. Şekil 2 (c)'de ürünlerin her iş-

## Çizelge 1 Örnek problem işlem süreleri

İşlem	Ürün	
	A	B
1 Kesme	1 (saat)	4
2 Torna	4	1
3 Freze	4	1
4 Boya	1	4

lemeden hep aynı sırada geçmesi yerine işlemlerden değişik sıralarda geçmesi alternatifi verilmiştir. Buna göre ürünler 1 ve 2 ci işlemlerden A B sırasında son iki işlemde ise, B A sırasında geçmektedir. Böyle bir çizelgede yapım süresi 12 ve tezgah atıl kalma süresi de 14 saate inmektedir. İncelenen üç alternatif çizelgenin bazı özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeye göre (c) çizelgesi bütün değerlendirme kriterlerine göre daha başarılı olarak görülmektedir. Verimlilik açısından bakılınca da (c) çizelgesi ile toplam 12 saatte bu iki ürün üretilmekte, diğer iki çizelge ile ise bu süre 14 saat olmaktadır.

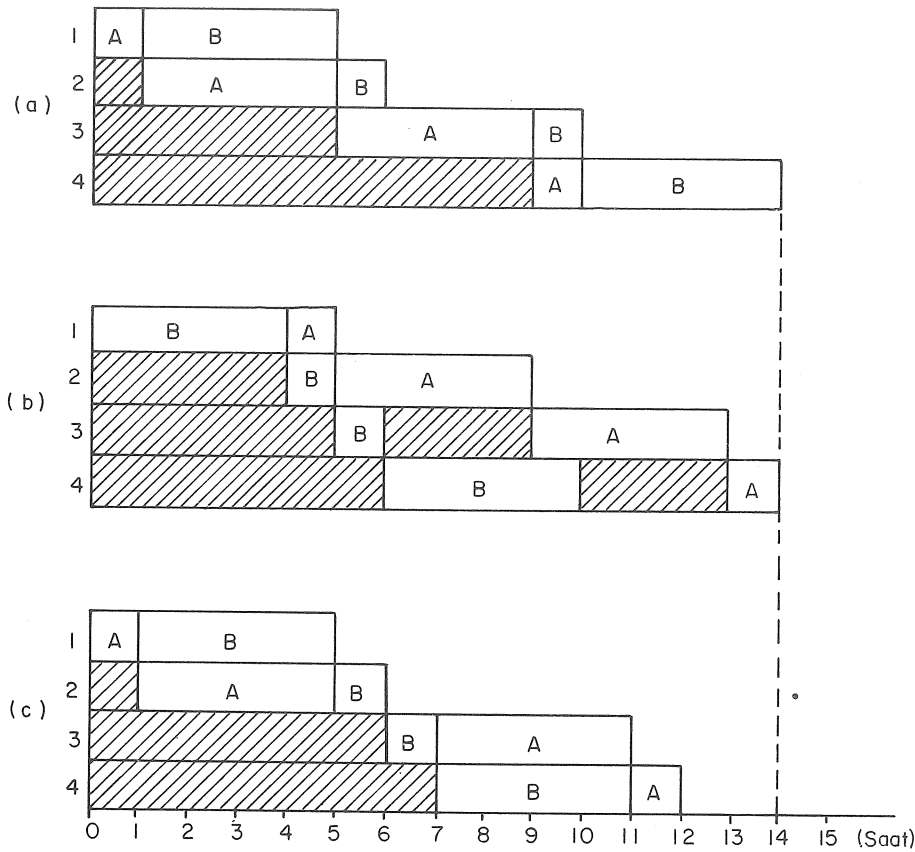
Yukarıdaki örnekten de görülebileceği gibi çizelgeleme fonksiyonu belirli bir amacı en iyileyecek şekilde belirli işlerin yapılması için kaynakların tahsisini içermektedir. Değişik üretim ve hizmet ortamlarında kaynak, ürünlerin yapı ve özelliklerine göre değişik çizelgeleme problemleri ile karşılaşmaktadır. Bu değişik problem yapılarına bağlı olarak da çizelgelemenin kriteri olarak çeşitli amaç fonksiyonları ortaya çıkmaktadır. Bu amaçlar bazen verimliliği doğrudan etkileyen unsurlar, üretim, kaynak miktarı veya üretim süresi, olduğu gibi çoğu kere de verimliliği dolaylı olarak etkileyen fonksiyonlar olarak ortaya çıkabilir. Bunlar, kar, maliyet, envanter miktarı ve zamana bağlı olan diğer fonksiyonlar olabilir. Ancak amaç fonksiyonları ne olursa olsun bunların hepsi çizelgeleme tekniklerinin kaynak kullanımında verimliliğin artırılması yönünde kullanılmalarını içermektedir.



Şekil 1 Örnek problemin iş akış şeması

Çizelge 2 Çizelgelerin değerlendirilmesi

Çizelge	Bitim Zamanı	Toplam Tezgah Atıl Zamanı <sup>1</sup>	Toplam Akış Zamanı <sup>2</sup>	Toplam İşlem Arası Envanter BirimxSaat <sup>3</sup>
(a) A B	14	15	24	4
(b) B A	14	21	24	4
(c) Karışık	12	14	23	3



Şekil 2 örnek problem için çizelgeler

### ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRMASI

Daha önce de açıklandığı gibi içinde bulunulan ortama bağlı olarak çeşitli çizelgeleme problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu problemler çeşitli amaç ve kısıtlarla bir çok değişik şekilde sınıflandırılabilir. Teknik yazında böyle çeşitli sınıflandırma tabloları bulunmaktadır. Bu sınıflandırma kriterleri başlıca şöyle özetlendirilebilir:

- Taleplerin oluşumu biçimi
- İşlem karmaşıklığı

- Çizelge değerlendirme ölçütleri
- Problem parametrelerinin belirginlik düzeyi
- Çizelgeleme ortamı

Şimdi bu kriterleri tek tek inceleyerek çeşitli çizelgeleme problemlerine değinelim.

#### Taleplerin Oluşma Biçimi

Taleplerin oluşma biçimine göre üretim çizelgelemesi modellerinin sınıflandırılması **açık** ve **kapalı** sistemler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Açık sistemlerde talep yalnız müşteri siparişleri ile oluşmakta ve envantere üretim yapılmamaktadır. kapalı sistemlerde ise, müşteri talepleri tamamen stoklardan karşılanmakta ve üretim kararları stok düzeylerine göre verilmektedir. Dolayısıyla açık sistemlerde problem bir sıralama problemine dönüşmektedir. Ka-

<sup>1</sup> Taralı alanlar toplamı

<sup>2</sup> Ürünlerin bitiş zamanları toplamı

<sup>3</sup> İşlem için bekleyen iş sayısı x bekleme süresi



palı sistemlerde problem, sıralamanın yanı sıra sıra öbek büyüklüklerinin saptanmasını da içermektedir. Ayrıntılı üretim planlamasındaki çizelgeleme problemleri için genellikle açık sistem çalışma biçimleri uygun olmaktadır.

### İşlem Karmaşıklığı

İşlem karmaşıklığı ise, işin gerektirdiği işlem sayısı ve iş akışının karmaşıklığı ile ilgilidir. Bunlara ek olarak her işlem aşaması için kullanılabilir tezgah sayısı da sınıflandırmada bir faktör olmaktadır. Bu açıdan üretim çizelgeleme problemleri dört ana sınıfa ayrılmaktadır:

- Tek aşama/tek makina
- Tek aşama/paralel makinalar
- Çok aşama/seri iş akışı
- Çok aşama/karışık iş akışı

### Çizelge Değerlendirme Ölçütleri

Çizelgelerin değerlendirilmesi, çizelgelerin maliyet ve performans'ları açısından yapılabilir. Çizelgelerin maliyetleri etkileyen başlıca faktörler şunlardır:

- Hazırlama ve ürün tipi değiştirme ile ilgili sabit maliyetler
- Değişken üretim ve fazla mesai maliyetleri
- Stok taşıma maliyetleri
- Çizelgenin dinamik bir ortamda uygulanmasından doğan iş hızlandırma maliyetleri
- Çizelgenin hazırlanması ve uygulanmasının oluşturduğu sistem maliyetleri

Performans değerlendirme ölçütleri ise iş ile ilgili ve atelye ile ilgili olmak üzere iki grupta irdelenebilir.

#### İş ile ilgili olanlar:

Tamamlama Zamanı	: İşin son işleminin tamamlandığı zaman,
Akış Zamanı	: İşin atelyede toplam bulunduğu süre,
Bekleme Zamanı	: İşlerin tezgahların önünde bekledikleri toplam zamanı,
Gecikme	: İşin bitiş zamanı ile söz verilen teslim zamanı arasındaki fark,
Tehir	: Gecikme artı değer aldığında gecikmeye eşit, eksi ise sifıra eşit.

#### Atelye ile İlgili Olanlar:

Kullanım Oranı	: Tezgahın bir işlem üzerinde çalıştığı zamanın toplam zamana oranı,
----------------	--

Ara Stok Miktarı : Örneğin, kuyrukta bekleyen iş sayıları.

Performans ölçütlerine bağlı amaç fonksiyonları ise bu ölçütlerin çizelgenin sonucu olarak çıkan "ortalama", "toplam" veya "maksimum" (veya "minimum") değerlerinin minimize (veya maksimize) edilmesidir. en sık raslanan amaç fonksiyonları "maksimum akış zamanının minimize edilmesi" ve "toplam tehir miktarının minimize edilmesi"dir.

### Parametrelerin Belirginlik Düzeyi

Parametrelerin belirginlik düzeylerine göre problemler deterministik ve rassal olmak üzere iki sınıfta irdelenebilir. Bu sınıflandırmada esas olan parametre, işlerin her aşamadaki işlem süreleridir. Deterministik problemlerde işlem süreleri önceden bilinen sabit değerler olarak varsayılır. Rassal problemlerde ise, bu süreler belli olasılık dağılımlarına göre değerler alan rassal değişkenlerdir.

### Çizelgeleme ortamı

Çizelgeleme ortamı ise, dinamik ve statik olmak üzere iki biçimde tanımlanmaktadır. Statik ortamda çizelgelenecek tüm işler, miktar ve özellikleri itibarıyla, önceden kesin olarak bilinir. Bu işler kümesinde sonradan herhangi bir ekleme veya özelliklerinde bir değişiklik yapılmaz. Statik ortamda sabit olan iş listesi, dinamik ortamda yeni gelişen taleplerin etkisi ile sürekli olarak değişikliklere uğrayabilir. Zaman içerisinde sürekli olarak yeni işlerin iş listesine eklenebileceği gibi işlerin özellikleri (örneğin, işlem süreleri, iş akışları) de değişebilir.

### ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

Bir önceki bölümde çizelgeleme problemleri çeşitli sınıflandırma kriterlerine göre incelenmişti. Bu bölümde değişik ekonomik faaliyet ortamlarında ortaya çıkan çizelgeleme problemlerine değineceğiz. Hemen her ekonomik faaliyetin bulunduğu ortamlarda bu faaliyetlerin en uygun bir kaynak kullanımı ile yapılması gerekmektedir. Bu nedenle de çeşitli çizelgeleme problemleri ile karşılaşılmaktadır. Ortamlara bağlı olarak ortaya çıkan çizelgeleme problemlerini aşağıdaki gibi inceleyebiliriz.

#### İmalat Sektöründe Çizelgeleme

Genel olarak imalat sektöründe raslanan çizelgeleme problemleri faaliyetlerin yapılması için kaynakların (iş gücü, tezgah, alet, makina) tahsisi olarak tanımlanabilir. Bu sektördeki çizelgeleme problemleri stratejik ve taktik düzeylerde ortaya çıkabilir. Stratejik düzeydeki problemler daha çok imalatta kullanılacak kaynak düzeyini tesbit etmeye, taktik problemler ise, imalat aşamasında iş sıralarının ve kullanılacak kaynakların tesbitine yönelik olmaktadır. Bu sektörde raslanabilecek bazı çizelgeleme problemlerini şöyle tanımlayabiliriz:

#### a) Dinamik Üretim Planlama Problemleri:

Bu problemler, belirli bir planlama ufunda hangi ürünlerin ne zaman ve ne miktarda üretilmesi gerektiğini tesbit etmeğe yöneliktir. Ürün taleplerinin planlama ufku içinde düzgün seyretmemesi (mevsimsel veya değişgen talep) ve imalat hazırlama maliyetlerinin yüksek olması durumunda, çoğu zaman talebin olduğu dönemlerde üretmek ekonomik olmamaktadır. Bu gibi durumlarda stok için üretim gerekmektedir ve toplam maliyetleri (üretim ve envanter maliyetleri) en azlayacak bir üretim çizelgesinin tesbiti gerekmektedir. Talep ve kaynak özelliklerine bağlı olarak çeşitli çizelgeleme problemleri bulunmaktadır. Bunlar genel olarak tek veya çok ürünlü, kapasite sınırlı veya sınırsız problemler olarak sınıflandırılabilir.

#### b) Faaliyet Çizelgelemesi:

Bu tip problemler, daha çok taktik düzeyde, atelye ortamında ortaya çıkmaktadır. Bölüm 2'de değişik sınıflandırmaya kriterleri altında incelenen hemen bütün problemler bu düzeyde tanımlanabilir. En çok raslanan çizelgeleme problemleri çok aşamalı sistemlerde ortaya çıkar.

#### c) Montaj Hattı Dengelemesi

Stratejik düzeyde olan bu problem, standart ürün üreten bir montaj hattında kaynakların tahsisi ve düzenlenmesi kararlarına yöneliktir. Montaj hattı üretilen ürünün bir iş istasyonundan diğer bir iş istasyonuna akışı olarak tanımlanabilir. Bitmiş ürünü meydana getirmek için gerekli olan faaliyetler ayrı ayrı tesbit edilmiş ve bunlar iş istasyonlarında yerine getirilmektedir. Montaj hattı dengeleme problemi, belirli bir değerlendirme ölçütünü en iyileyecek şekilde faaliyetlerin iş istasyonlarına atanması ve bu istasyonların sayısını tesbit etmeye yöneliktir.

#### Proje Çizelgelemesi

Bir proje, belirli bir amaçla birden fazla faaliyetin belirli bir öncelik sırası ile yapılmasını gerektiren faaliyetler topluluğu olarak tanımlanabilir. Projelerin en belirgin örneklerine inşaat sektöründe rastlanmaktadır. Bir bina inşaatı, çok çeşitli inşaat faaliyetlerinin belirli bir koordinasyon ve öncelik sırası ile yapılmasını içerir. Projeler belirli bir üretim amacı güttüğü gibi kavramsal düzeylerde, araştırma-geliştirme, reklamcılık, pazarlama gibi alanlarda da ortaya çıkar. İnşaat sektörü dışında da özellikle sipariş üzerine veya özel ürün üreten sistemlerde de proje çizelgeleme problemlerine rastlanmaktadır. Gemi inşaatı, standart ürün üretmeyen sistemler proje çizelgeleme kapsamı içinde görülebilir. Bu gibi hallerde ortaya çıkan karar problemleri şöyle sıralanabilir:

- Projelerin en erken ve en geç bitim tarihlerinin tesbiti
- Kritik faaliyetlerin tesbiti ve kontrolü
- Zaman ve maliyet unsurlarını içeren faaliyet süresi tesbiti
- Kaynak dağılımı tesbiti

#### Ulaştırma Sektöründe Çizelgeleme

Ulaştırma sektöründe ortaya çıkan çizelgeleme problemleri genel olarak araç güzergahlaması problemleri olarak adlandırılabilir. Bu problemler ortaya bağlı olarak şöyle incelenebilir [2].

#### a) Ürün Dağıtım Sistemleri:

Bu problemler elde bulunan bir araç filosu ile coğrafi bir alana dağılmış müşteri noktalarının taleplerini, belirli bir değerlendirme ölçütünü en iyileyecek şekilde, karşılamak amacı ile araçların hangi müşterileri, ne zaman ve hangi sırada ziyaret etmesi gerektiğini saptamaya yöneliktir.

#### b) Kentsel Ulaşım (Otobüs) Çizelgelemesi:

Kent içi ulaşımı sağlayan araçların güzergahlarının, araçların güzergahlar üzerindeki hareketlerinin saptanmasına yönelik problemleri içerir.

#### c) Diğer Ulaşım Çizelgeleme Problemleri:

Daha çok şehirler ve ülkeler arası ulaşımı sağlayan araçların (uçak, gemi, tren) hareketlerini düzenlemeye yönelik problemlerdir.

#### Bilgisayar Çizelgelemesi

Gün geçtikçe gelişen bilgisayar teknolojisi ile birlikte bilgisayarların en etkin bir biçimde kullanılması sorunları da önem kazanmaktadır. Özellikle paralel ve seri bağlantılı sistemlerde iş bölümü ve iş yüklemesi problemlerinin çözümü gerekli görülmektedir. Bu alandaki çizelgeleme problemleri de sistemde bekleyen işlerin (faaliyetlerin), bilgisayar (kaynak) tarafından nasıl ve ne zaman yapılacağını tesbitine yöneliktir.

#### THE ROLE OF SCHEDULING IN PRODUCTIVITY

In this paper the role of scheduling in productivity of the production and service systems are discussed. First, productivity is defined and factors effecting productivity are determined. The effect of scheduling to those factors are analysed and some examples are given. Finally, a classification of the scheduling problems are given and problems faced in different economical sectors are discussed.

#### KAYNAKÇA

- 1 Baker, K.E., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley, New York, 1974.
- 2 Bodin, L., Golden, B., Assad, A., and Ball, M., "The State of the Art in the Routing and Scheduling of Vehicles and Crew", University of Maryland, Rapor UMTA/BMGT/MS 81-001, 1981.

# Çizelgeleme ve Bilgisayar Kullanımı

Ömer KIRCA

Y.Doç.Dr.

Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Bu makalede bilgisayar yardımı ile çizelgeleme işlevi incelenmiştir. Çizelgelemenin diğer yönetim etkinlikleriyle ilişkisi ve etkileşimi irdelenmiş ve çizelgeleme işlevinin kullanımının bilgisayara olan bağımlılığı tartışılmıştır. Bilgisayar yardımı ile çizelgelemeye örnek olarak COPICS içinde çizelgeleme ve bir üretim birikiminde uygulanan çizelgeleme sistemi incelenmiştir.

## GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisinin gün geçtikçe gelişmesi sonucunda ekonomik ve sosyal alanlarda karşılaşılan çeşitli sorunların çözümünde ve bu sorunlara yaklaşımlarda bilgisayarlardan yararlanma oranı da belirgin bir ölçüde artmaktadır. Özellikle son yıllarda büyük teknolojik gelişmeler gösteren mikro ve ev bilgisayarları sayesinde bilgisayarlardan yararlanma alan ve oranları da önemli ölçüde artmıştır. Artık bir çok orta ve küçük işletmeler bilgisayar kullanmaya ve bu sayede karşılaştıkları çeşitli karar problemlerine çözümler aramaya ve bulmaya başlamışlardır.

Yaygınlaşan bilgisayar kullanımı çeşitli sorunların çözümlenmesine yardımcı olduğu gibi, bir başka gelişme de, işletmelerin farkında oldukları veya sıkıntısını çektikleri ancak teknolojik yetersizliklerden üstlerine gidemedikleri bir çok sorunları da bilgisayar yardımı ile çözümlenebilir düzeye gelmeleridir. Çizelgelemenin de işletmelerin kaynak kullanımını yönlendiren karar sürecinde etkinliğinin artması ancak bilgisayar teknolojisinin yeterli düzeyde gelişmesi ile orantılı olmuştur. Çizelgeleme konusundaki teorik çalışmaların 50'li yıllardan beri geliştirilmekte olmasına rağmen, bu teorinin etkin uygulama alanı bulabilmesi, ancak bilgisayarların bu sorunları çözebilecek düzeye ulaşması sonucu, olanaklı olmuştur. Artık işletmelerde karşılaşılan bir çok karmaşık çizelgeleme problemleri hızlı ve güvenilir bir şekilde bilgisayar yardımı ile çözülebilmekte ve işletmelerin üretkenliklerini artırma yönünde önemli katkılarda bulunulabilmektedir.

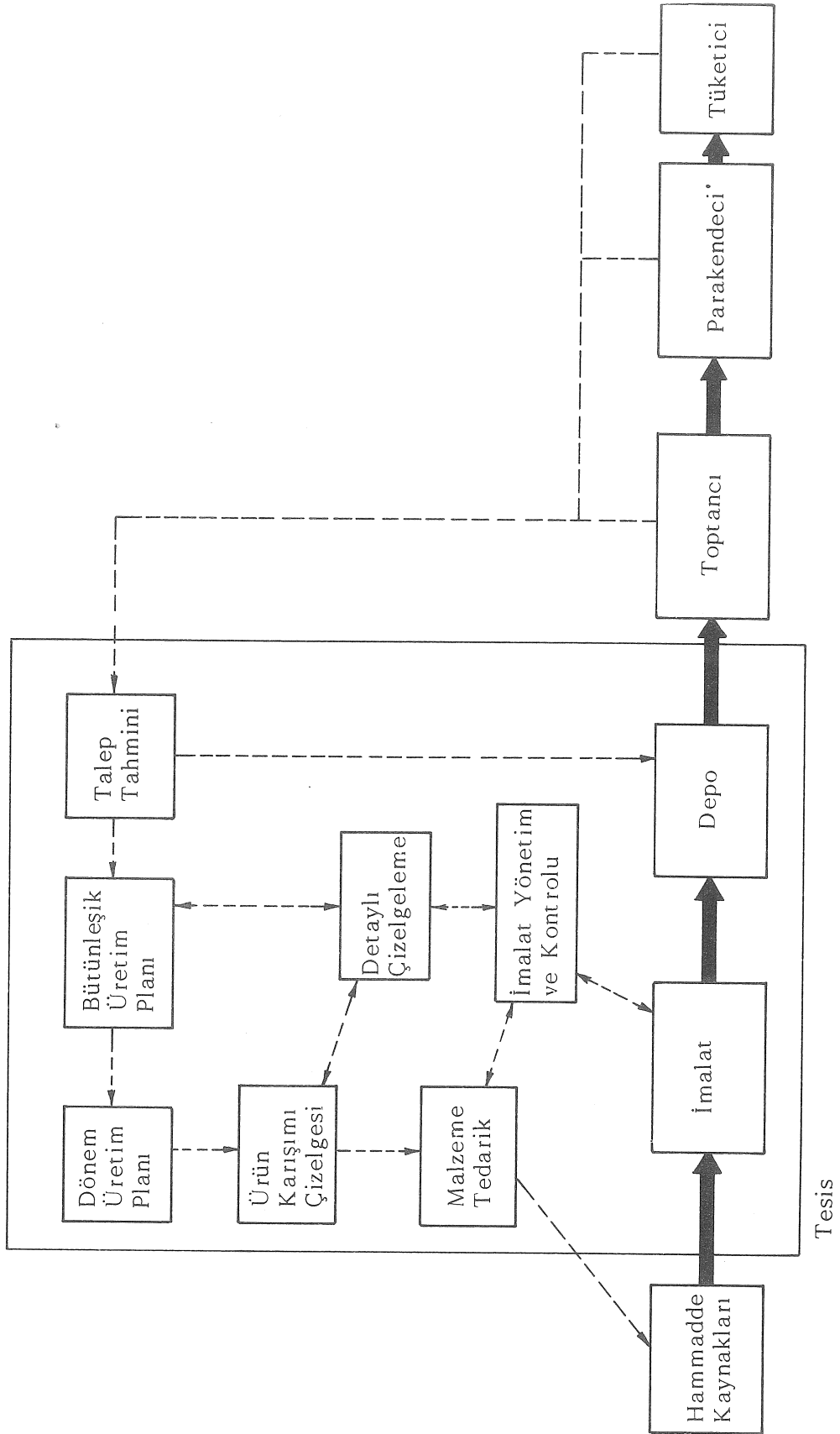
Bu makalede bilgisayar yardımı ile çizelgeleme konusu tartışılmaktadır. Önce çizelgeleme işlevinin işletmelerin değişik işlevleri arasındaki konumu ve bunlarla olan etkileşimi incelenecektir. Daha sonra bir kaç değişik üretim ve hizmet biriminde bilgisayar yardımı ile çizelgeleme örnekleri incelenecektir.

## ÇİZELGELEME VE PLANLAMA-KONTROL İLİŞKİLERİ

Mal veya hizmet üretimi belirli bir talebin, belirli zamanda ve yerde karşılamak amacı ile yapılır. Bitmiş ürünün talep noktasına istenen zamanda ulaştırılması, hammadde temini, imalat, depolama ve pazarlama gibi faaliyetlerin üretici kuruluş tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kuruluşun hemen her düzeyinde çeşitli kararların alınması gereği ortaya çıkar. Genel olarak bu kararlar iki ana grupta incelenebilir: Üretim kaynaklarının teminine ve bu kaynakların tahsisine ilişkin kararlar.

Üretim kaynaklarının teminine ilişkin kararlar genellikle tesislerin adet ve yerlerinin, kapasite ve yerleşim düzenlerinin belirlenmesi ve depo yerlerinin seçimi ve pazarlama-dağıtım ağının saptanmasına yönelik kararları içerir. Kaynakların tahsisine ilişkin kararlar ise genel olarak belirli bir üretim döneminde hangi ürünü, ne miktarda, ne zaman ve nasıl üretileceğinin tesbitine yönelik kararları içerir. Bu amaçla talep tahmini, kapasite ve ana üretim planlaması, stok planlaması ve kontrolü, üretim çizelgelemesi ve kontrolü faaliyetleri yürütür. Şekil 1' de standart ürünler üreten bir kuruluş içinde belirli bir üretim döneminde kaynakların tahsisine ilişkin kararlar, bilgi ve madde akımı özetlenmiştir.

Örnek işletme fiziksel olarak imalat (fabrika) ve depo birimlerinden oluşsun. Bu sistemde madde akımı hammadde kaynaklarından tüketici yönünde olmakta ve hammadde imalat biriminde işlendikten sonra işletmeye bağlı mamul deposuna aktarılmakta ve toptancı-perakendeci aracılığı ile ürün tüketiciye iletilmektedir. Madde akımı hammadde kaynaklarından tüketici yönünde olmasına rağmen üretim faaliyetleri içerisinde bilgi akımı genellikle ters yönde



Şekil 1 Standart ürün sisteminde madde ve bilgi akımı

yani tüketiciden hammadde kaynakları yönünde oluşmaktadır. İşletme içerisinde üretime yönelik kararlar ve bu kararların alınması için gerekli bilgi akımı aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

Tüketici ve/veya toptancı-perakendecilerden elde edilen tüketim eğilimleri ışığında kısa ve uzun dönemli talep tahminleri yapılmaktadır. Yapılan talep tahminleri ve elde bulunan kaynak ve üretim teknolojisi kısıtları altında belirli bir üretim ufku (1 veya 2 yıl) bütünsel üretim planları hazırlanır. Burada alınan kararlar üretim ufkunda işletmenin

- İş gücü kullanımı
- Üretim kaynaklarının tesbiti
- Envanter durumu
- Üretim düzeyi ve hızını

belirleyecek yönde olmaktadır. Bütünsel üretim planlarından içinde bulunulan üretim dönemi için üretim hızı ve kaynak kullanımı bilgileri alınarak ürün karışımı planları yapılır. Bu plan sonucunda üretim döneminde

- Her ürün için üretim hızı ve miktarı
- Detaylı hammadde gereksinimini tesbit edilir.

Ürün karışımı kararlarının alınmasından sonra üretimin nasıl yapılacağına saptanmasına yönelik kararlar alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda iki tür karar zinciri bulunmaktadır. Birincisi üretimi gerçekleştirebilmek için gerekli olan malzeme ve hammaddenin teminine yönelik karar ve faaliyetlerdir ve genel olarak malzeme temini karar sistemi içerisinde incelenebilir.

Detaylı üretim çizelgesi, üretimin hangi kaynaklarla, ne zaman yapılacağına ilişkin kararları içerir. Bu kararlar içerisinde:

- Her ürünü meydana getiren değişik parçaların ne zaman ve nasıl üretileceği,
- Tezgahların yüklenmesi,
- İşgücü dağılımı
- Fazla mesai veya taşaron kullanımı,
- Tasarlanan çizelgenin kontrolü ve aksamaların giderilmesi.

Yukarıda özetlenen başlıca üç aşamalı kararlar zincirinde bilgi akımının bütünlüğü planlardan detaylı çizelgeleme yönünde olduğu belirlenmiştir. Ancak bu bilgi akımı çoğu kere bir geri iletim mekanizması ile aşağıdan yukarıya doğru da işlemektedir. Üretim sırasında değişik ürün veya parçaların kaynakları zaman-bölüşümlü kullanması nedeni ile çoğu kere bütünlüğü planlarla detaylı çizelgeler arasında uyumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Detaylı çizelgeleme sonucunda, ya bütünlüğü planlarda tasarlanan üretim hedeflerine elde bulunan kaynaklarla ulaşılamamakta veya bu üretim hedef ve karışımı maliyet ve karlılık açısından en iyi işletme çözümlerini sağlamamaktadır. İşte bu noktada, detaylı çizelgeleme sonuçlarından yararlanılarak bütünlüğü planların tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Etkin bir işletme politikası bu iletim ve geri iletim döngüsünü çeşitli düzeylerde alınan kararlar arasında bir birlik ve tutarlılık sağlayana kadar sürdürmeyi

gerektirmektedir. Teknik yazında bütün düzeydeki planlama faaliyetlerini tek bir aşamada düzenleme yapı ve yordamları önerilmekte ise de, uygulamada çözüm bulma ve irdeleme zorluklarından genellikle üretim planlarına ilişkin kararlar iki aşamada alınmaktadır. Birinci aşama, ana üretim çizelgesi olarak adlandırılıp detaylı çizelgeleme dışındaki etkinlikleri kapsamaktadır. İkinci aşama ise, ana üretim çizelgesi ışığında detaylı çizelgelemedir.

Daha önce de belirtildiği gibi çizelgeleme olgusunun işletmelerde kullanılması doğrudan bilgisayar teknolojisinin gelişmesine bağımlı olmuştur. Bu bağımlılık başlıca iki ana nedene dayanmaktadır. Birinci neden, yukarıda da tartışıldığı gibi çizelgeleme alt karar sisteminin işletmenin diğer alt karar sistemleri ile etkileşiminin oldukça fazla olmasıdır. Bu nedenle de çizelgeleme alt sisteminin etkin bir **yönetim bilişim sistemi** ile desteklenmesi gerekmektedir. Çok miktarda bilgi ve kararların işletmenin değişik işlevli alt sistemleri arasındaki akışını hızlı ve güvenilir bir biçimde sağlayacak ve düzenleyecek etkin bir bilgisayar destekli bilişim sistemi, çizelgeleme işlevinin başarısı için esas olmaktadır.

Çizelgelemenin bilgisayara bağımlılığının ikinci nedeni ise, çizelgeleme problemlerinin niteliği ve çözüm yordamlarının karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Bir çok işletmede karşılaşılan çizelgeleme problemlerinin veri gereksinimi oldukça fazladır. Bu bilgiler genellikle

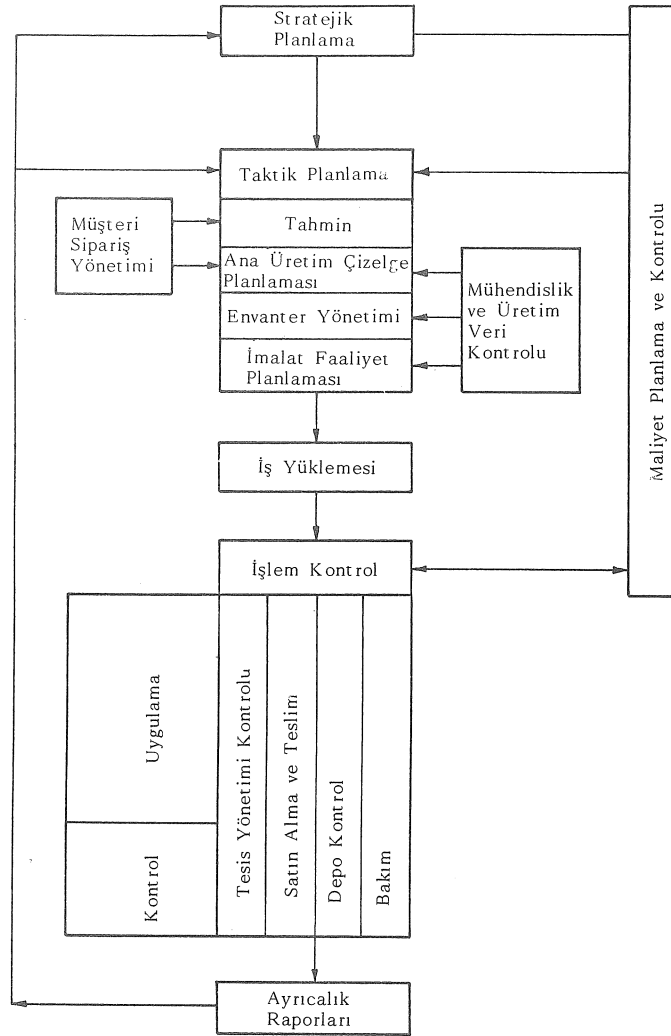
- ürün ağaçları,
- üretim teknolojisi,
- tezgah ve makina özellikleri,
- talep ve teslim süreleri

gibi çok sayıda parametreden oluşmaktadır. Bu verilerin işlenmesi, depolanması ve aktarımı ancak etkin bir bilgisayar sistemi ile mümkün olmaktadır. Ayrıca çoğu çizelgeleme problemlerinin çözümü karmaşık yordamlar ile sağlanabilmektedir. Bir çok çizelgeleme probleminin çözümü analitik metodlarla bulunamamakta, benzetim metodları, dal-düğüm ve diğer bazı karmaşık yordamların kullanılması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu karmaşık metod ve yordamların gerçekçi problemlerde insangücü kullanımı ile uygulanması hemen hemen olanaksızdır. Hatta bir çok problemin kesin çözümlerine bilgisayarla bile kabul edilebilir işlem süreleri içinde ulaşmak imkansız olmakta ve kesin çözümler yerine yaklaşık çözümlerle yetinilmektedir.

Bundan sonraki bölümlerde, çizelgeleme problemlerinin çözümlerinin teknik ayrıntılarına girmeden, halen pratikte uygulanmakta olan bazı bilgisayar yardımı ile çizelgeleme örnekleri incelenecektir.

## COPICS İLE ÇİZELGELEME [ 2 ]

COPICS (Communications Oriented Production Information and Control System) IBM tarafından geliştirilmiş bir bilgisayar destekli üretim kontrol sistemidir. Bu sistem bir çok işletmede bulunan tahmin, planlama, imalat ve dağıtım sorunlarına cevap bulmaya yöneliktir. Dolayısı ile sistem işletmelerin ana kaynakları olan tesis, teçhizat, iş gücü ve malzemenin etkin kullanım ve kontrolünü he-



Şekil 2 COPICS alt sistemlerinin etkileşimi

deflemektedir. COPICS, Şekil 2'de gösterilen birbirleriyle etkileşimli bir çok alt sistemden oluşmaktadır. Bu alt sistemler ve başlıca işlevleri şöyle özetlenebilir.

1. Mühendislik ve Üretim veri Kontrolü: Ana mühendislik kayıtlarını yaratır ve yönetir.

2. Müşteri Sipariş Yönetimi: Satış bilgi sisteminin imalat ile iletişimini sağlar. Müşteri sipariş girişini ve siparişin teslimata kadar olan aşamalarını kontrol eder.

3. Tahmin: Mamul madde talebini tahmin eder ve yönetim standartları tesbit ederek imalat faaliyetlerini yönetir.

4. Ana Üretim Çizelge Planlaması: Değişik üretim planlarının tesis kapasitesi üzerindeki etkilerini inceler. Sonuç detaylı planlama için gerçekçi ana üretim planıdır.

5. Stok Yönetimi: Ana üretim planlarını gerçekleştirmek için imal edilen veya satın alınan malzemenin miktar ve zamanlama kararlarını içerir.



6. İmalat Faaliyet Planlaması: Detaylı kapasite gereksiniminin saptanmasını ve kapasiteye uygun olacak iş yüklemesini yapar. Amacı düzgün bir iş yüklemesi ile birlikte, imalat süresi ve yarı mamul envanter düzeyini en aza indirmektir.

7. İş Yükleme: İmalat planlaması ile gerçek imalatı bağlar. Planlanan yükleme tarihinde imalat ve satın alma izinlerini yaratır.

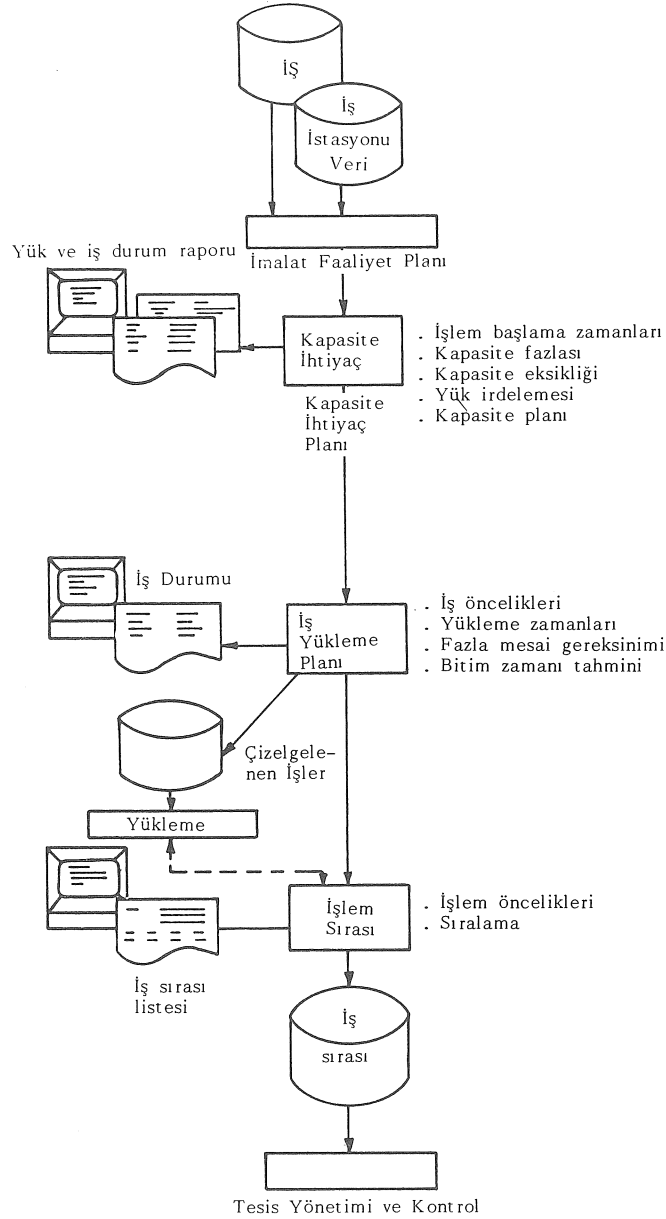
8. Tesis Yönetim ve Kontrolü: Her işin tesis içindeki akışını takip eder. Kontrol, malzeme kışı ve teçhizatın eşgüdümünü sağlar.

9. Bakım: Bakım için işgücü planlaması, çizelgenmesi ve maliyet unsurlarıyla beraber koruyucu bakım çizelgenmesi alanlarını kapsar.

10. Satın Alma ve Teslim: Günlük satın alma kotalarını saptamak, satın alma emirlerini yaratmak ve siparişin teklif aşamasından depo girişine kadar olan aşamalarını takip eder.

11. Maliyet Planlama ve Kontrolü: Mali yöneticilere yönelik olup, bütçeleme ve muhasebe uygulamaları için bilgiler yaratır ve düzenler.

COPICS içinde çizelgeleme işlevleri **İmalat Faaliyet Planlaması** üç ana karar mekanizmasından oluşmaktadır ve bunlar (Şekil 3):



Şekil 3 İmalat faaliyet planlamasının ana işlevleri

a) Kapasite İhtiyaç Planlaması: Her iş için en erken ve en geç başlama zamanlarını ve ana üretim çizelgesini tesbit eder. Tezgah yükleme dengelemesini yaparak detaylı kapasite ayarlaması kararları için bilgi üretir.

b) İş Yükleme Planlaması: Her işlem için başlama zamanlarını saptar ve işlerin tesise verilme tarihlerini belirler.

c) İşlem Sıralaması: Tesis içindeki işlerin atanma ve dağılımı için bir taban oluşturur. Her gün veya vardiya sonunda, işlem önceliklerine göre bir kaç gün içinde yapılması planlanan iş sıralamasını saptar.

İmalat faaliyet planlamasının COPICS'in diğer alt sistemleriyle ilişkileri şematik olarak Şekil 4'de gösterilmektedir.

Ana üretim çizelge planlaması tesisin planlanan bütünleşik kapasitesi ışığında bir üretim planı hazırlar. İmalat faaliyet planlaması ise aşamalı olarak ana üretim planının detaylarını saptar. Her bir iş istasyonu veya makinanın kapasitesini göz önünde bulundurur, üretim kafiye büyüklüklerinin etkilerini inceler. Bu şekilde detaylı bir analiz, ana üretim planlarında görülemiyen bir çok kapasite problemlerini ortaya çıkarır.

Stok yönetimi, ana üretim planları çerçevesinde iş planlaması yapar. İşler, miktar ve teslim tarihi ile birlikte imalat faaliyet planlaması için girdi olmaktadır. Ancak iş planlaması sonucu ortaya çıkan iş yükü, kapasite üzerinde dengelenmemiştir. İmalat faaliyet planlaması gerekiyorsa iş yükleme tarihlerini düzeltir ve olanaklı ise, kısa dönemli kapasite ayarlamalarını düzenler ve teslim tarihlerini düzeltir.

İş yükleme, imalat faaliyet planlaması sonuçlarını uygular. İşlem sıralaması, tesis yönetim ve kontrolüne girdi sağlar. Bu girdiler gelecek bir kaç gün içinde yapılması gereken işlemleri kapsar. tesis içinde bulunan terminaller vasıtası ile tesis yönetim ve kontrolü iş dağılımını yönetir ve bu dağılım iş sıralaması ile önerilmektedir.

COPICS'de önerilen imalat faaliyet planlaması sistemi genel olarak çok aşamalı açık üretim sistemleri, yani sipariş üzerine çalışan sistemler için önerilmektedir. Ancak aşağıdaki şartları bulunan işletmelerde kullanılması uygun bulunmaktadır.

- İmal edilen ürün veya parçaların işlem ve gerekli iş istasyonlarının belirlendiği,
- İş istasyonlarının açıkça tanımlandığı,
- İşlem sürelerinin teslit edildiği,
- Her iş için bağıl önceliklerin tesbit edilebildiği,
- Üretim kafiye büyüklüklerinin önceden belirlendiği.

Yukarıda belirtilen şartları içeren üretim sistemlerinde, COPICS içindeki imalat faaliyet planlaması aşağıdaki yararları sağlayabilir:

a) Ana üretim çizelgesini sağlayacak kapasite planlamasını, tezgah ve iş gücü tahsisini yaparak gerçekleştirmek.

b) İş yüklemesini düzenleyerek yarı mamul envanter düzeyini kontrol etmek.

c) İşlerin bekleme sürelerini azaltarak imalat süresini azaltmak.

d) Dengeli bir iş yükü ile işçi ve tezgahların atıl kalma sürelerini azaltmak.

e) Alternatif iş istasyonlarına, aşırı yükü azaltmak veya atıl kapasiteyi kullanmak amacı ile iş transferi.

f) Halen yapılması gereken işlere bakarak taşaron kullanma veya fazla mesai gereksimini saptamak.

g) Her işin tamamlanma zamanını gerçekçi olarak tahmin etmek.

h) Tesis yönetimi ve kontrolü için yapılacak iş ve işlemler sırasını bildirmek.

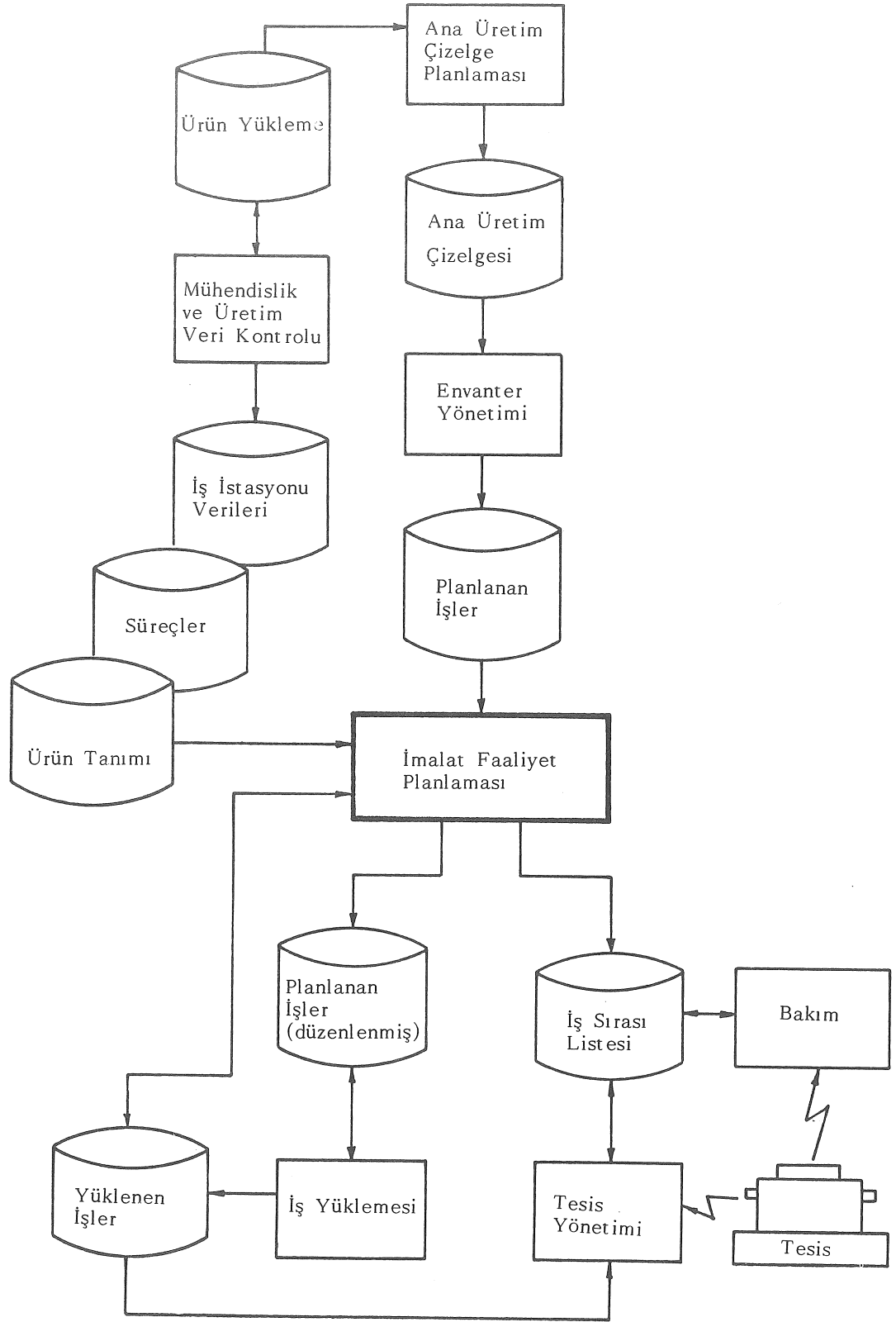
#### HUGHES AIRCRAFT COMPANY ATELYE KONTROL SİSTEMİ [2]

Büyük bir havacılık kuruluşu olan Hughes, karmaşık elektronik sistemler için tasarım, araştırma ve imalat ihalelerine girmektedir. Burada incelenen atelye, işlevsel olarak gruplandırılmış iş istasyonlarından oluşmakta ve atelyede çok çeşitli parça ve ürün üretilmektedir. Herhangi bir anda 2-3 bin civarında sipariş işlenmekte ve her sipariş ortalama olarak 7 değişik işlem gerektirmektedir. Atelyede yaklaşık 1000 adet tezgah bulunmakta ve bunlar 120 işlevsel iş istasyonunda toplanmıştır.

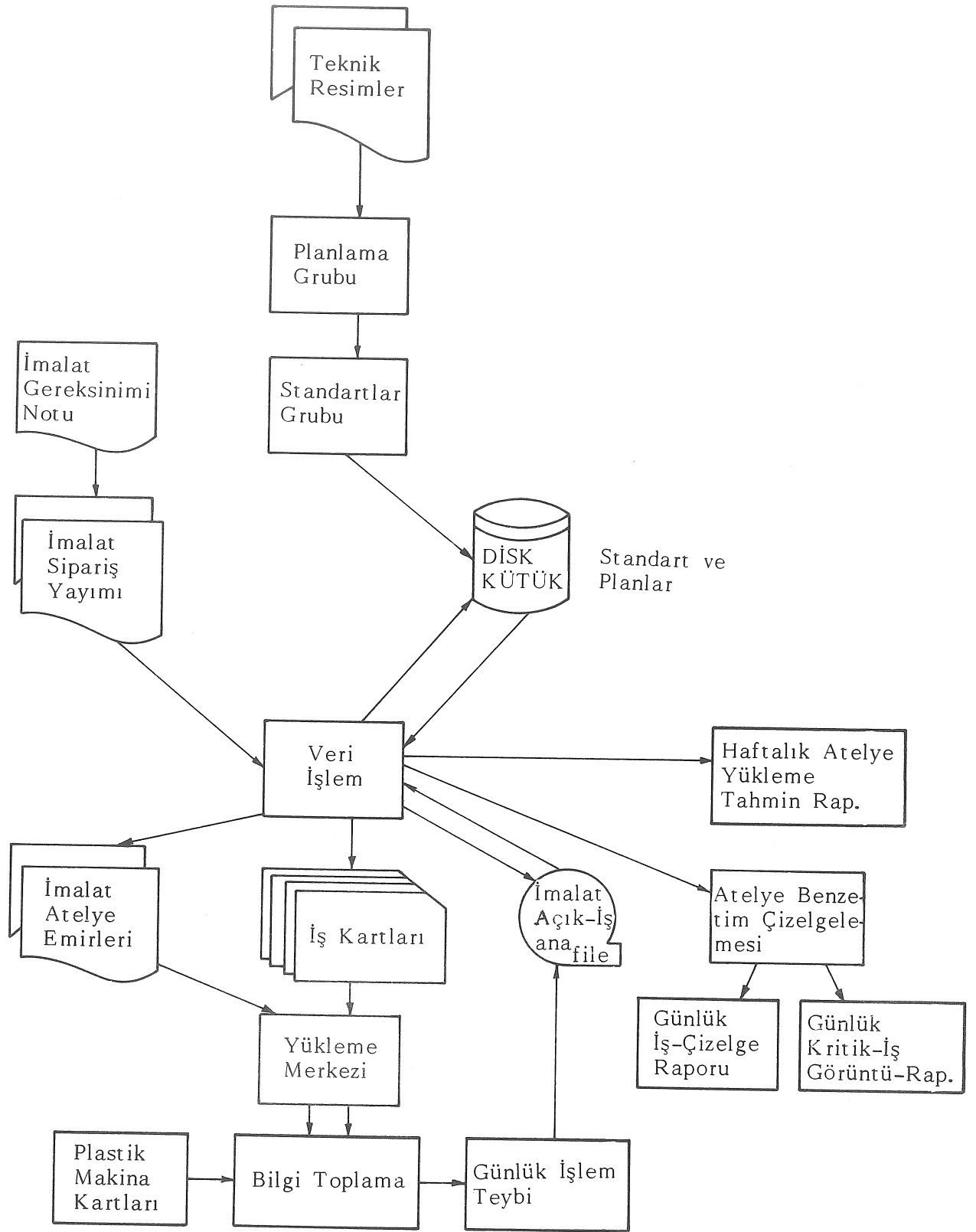
Tamamı bilgisayarla yönetilen atelye planlama, çizelgeleme ve kontrol sistemi Şekil 5'de özetlenmiştir. Ürün teknik resimlerinin yayınlanması ile işlem süreç planlaması ve standart zamanlarının saptanması yapılmaktadır. Bu bilgiler bir kütüğe geçirilmektedir. montaj hattından imalat gereksinmesi notu alınca, imalat emri bilgi işleme iletilir ve bu da imalat atelye emri ve ana kütükte bir açık iş yaratır. aynı zamanda, işle birlikte hareket edecek bir dizi ana iş kartları yaratılır. İmalat emri ve ana iş kartları iş yükleme merkezine yollanır. İş, atelyeye girdiğinde ana iş kartları plastik makina kartlarıyla beraber, bilgi toplama aletlerini harekete geçirir. Bu sayede her an işlerin bulunduğu yerler ve tamamlanmış işlemler takip edilebilmektedir.

İmalat açık-iş kütüğü günlük olarak açık işler için kritik bilgileri içerir ve haftalık atelye yükleme tahmini, günlük iş-çizelge raporu ve günlük kritik iş görüntü raporunu yaratır.

Haftalık atelye yükleme tahmin raporu her tezgah veya iş istasyonu için 10 haftayı kapsayan bir iş yükü projeksiyonunda bulunur. Şekil 6'da altı makinalık bir frezeleme istasyonunun iş tahmini verilmiştir. Toplam iş yükü, standart saatler cinsinden aktif ve çıkmamış işler olarak iki ana gruba



Şekil 4 İmalat faaliyet planlamasının diğer COPICS işlevleriyle etkileşimi



Şekil 5 Hughes Aircraft Co. çizelgeleme ve kontrol sistemi

## ATELYE YÜKÜ TAHMİNİ

## TEZGAH GRUBU YÜKÜ STANDART SAATLER

## BÖLÜM-MG71-43 FREZELER-6 TEZGAH

Haftalar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	+10	Toplam
TOPLAM YÜK	208	175	227	204	126	116	42	52	28	23	53	1254
ÇİZELGEYE UYGUN	138	122	211	186	126	114	34	52	25	14	53	1075
ÇİZELGE GERİSİNDE	70	53	16	18		2	2		3	9		179
TUTULAN	37	44	12	18	2							113
TOPLAM AKTİF YÜK	123	115	102	64	46	53	21	6	15	23	53	621
ÇİZELGEYE UYGUN	85	76	98	58	46	51	13	6	12	14	53	512
ÇİZELGE GERİSİNDE	38	39	4	6		2	8		3	9		109
TUTULAN	11	21	4		2							38
TEZGAH ÜZERİNDE	96	37	26	3	8							150
TOPLAM ATELYE ÖNCESİ	85	60	125	140	80	63	21	46	13			633
ÇİZELGEYE UYGUN	53	46	113	128	80	63	21	46	13			563
ÇİZELGE GERİSİNDE	32	14	12	12								70
TUTULAN	26	23	8	18								75

Şekil 6 Bir tezgah grubu için haftalık yük raporu

ayrılmıştır. Ayrıca her grup da çizelgede, çizelge gerisinde ve bekleyen işler olarak tekrar bölünmüştür. Bu rapor içinde bulunan ve gelecek haftalar için işgücü ve tezgah gereksinmesini tesbit için kullanılmaktadır.

Dinamik bir benzetim çizelgeleme yöntemi ile günlük iş çizelge raporu hazırlanır. Bu raporda her tezgah grubunda vardiya başında yüklenmiş bulunan işler ve daha sonra gelmesi beklenen işler listesi bulunur. Ayrıca her işin durumu belirtilerek, usta başına, vardiyadaki iş programı hakkında bilgi verir.

Günlük kritik-iş görüntü raporu ise, her tezgah grubu için gecikmiş ve yapılması zorunlu olan işler listesini verir.

Yukarıda anlatılan sistemin Hughes kuruluşunda uygulanmaya başlamasından altı ay sonra eskiye oranla şu gelişmeler gözlenmiştir.

- Tehirli sipariş sayısı % 10 azalmış,
- Ortalama iş akış süresi 3-4 haftadan bir haftaya inmiş,
- İmalat içi stokta önemli düzeyde düşüş kaydedilmiş,

- Tezgah ve iş gücü kullanımında önemli ölçüde artış
- İş yükleme ve takip çabalarında % 60 azalma.

## SONUÇ

Bu makalede bilgisayar yardımı ile çizelgeleme olgusu incelenmiş ve bu konuda iki örnek incelenmiştir. Verilen örnekler dışında da çizelgeleme ve planlama işlevlerini içeren bir çok yazılım bulunmaktadır. Bazı yazılım örnekleri [3] ve [4]'de geniş olarak incelenmiştir. daha önceleri yalnız büyük veya mini işlemcilerde uygulanan çizelgeleme yazılımları, micro işlemcilerin hızlı gelişmesi nedeni ile, son zamanlarda bu tür işlemcilere de uyarlanmıştır. Bu sayede küçük veya orta boy işletmelerde de, micro işlemcilerde uygun yazılımlar sayesinde çizelgeleme mümkün olmaktadır.

## USE OF COMPUTERS IN SCHEDULING

In this paper, the process of computer aided scheduling is analysed. The interaction

of scheduling with other management activities and dependency of scheduling to the computer technology are analysed. As examples for the computer aided scheduling, COPICS and the scheduling system in a company are discussed

KAYNAKÇA

1 IBM Communications Oriented Production Information and

Control System, Vol.I-VIII, IBM Data Processing Division, New York, 1972.

2 Buffa,E.S. and Taubert,W.H., **Production-Inventory Systems: Planning and Control**, R.D. Irwin, Homewood, 111.,1972.

3 Filley, R.D., "A Survey of Software for Facilities Planning and Design", **Industrial Engineering**, 16 (1984), 5, 71-79.

4 Liberatore,M.J., Titus,G.J. and Naber,L.J., "Microcomputer Systems for Manufacturing Planning and Control", **Compt. and Oper.Res.**, 13, (1986), 2/3, 261-275.

# Etkileşimli Karar Verme Uygulama Örneği

Suna KONDAKÇI

Y.Doç.Dr.  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Murat KÖKSALAN

Y.Doç.Dr.  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

Etkileşimli karar verme yaklaşımında karar verme sürecinde karar verici bilgisayar ile etkileşim halindedir. Bilgisayar karar vermekte yararlı olacak bilgileri toplayıp karar vericiye sunar ve karar verici bu bilgilerin ışığında kararlarını verir. Başarılı bir etkileşimli yaklaşım, bilgisayarı, insan beyninin kısıtlı kaldığı büyük çapta bilgi derleme ve bunlardan gerekli olanları kolay algılanabilecek bir biçimde sunmak gibi konularda etkin olarak devreye sokar. Böyle bir yaklaşım gerek bilgisayardan gerekse insandan karar verme sürecinde etkin olarak yararlanmış olur. Bu makalede, çizelgeleme problemi için geliştirilmiş bir etkileşimli yaklaşım tartışılmakta ve diğer yaklaşımlarla karşılaştırılmaktadır.

## GİRİŞ

Bilgisayarların, tanımlanmış işlemleri çok süratli ve hatasız bir şekilde yaptığı bilinen bir gerçektir. Bilgisayar yardımı ile çok büyük miktarlarda bilgi kolaylıkla depolanabilmekte ve işlenebilmektedir. Bilgisayar, temel olarak, tekrar yapılması gereken işlerde gerek sürat, gerekse işlemlerin doğruluğu açısından, yakın geçmişe kadar yapılması mümkün olmayan bir çok işin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bilgisayarın bu işler için önceden programlanması, bu işlerin tamamen tanımlı, tek düze işler olmasını gerektirmektedir.

Karar problemleri genellikle insiyatif kullanmayı gerektirir ki bu konuda bilgisayarlardan yararlanmak mümkün değildir. Diğer yandan insanlar, problem alanlarını belirleyebilirler, belirsizlikleri çözümlenebilirler, özel durumları değerlendirebilirler ve değişen durumlara kendilerini uydurabilirler. Kısacası insanlar insiyatif kullanabilirler.

Etkileşimli karar verme ile hedeflenen, bilgisayarın özelliklerini karar verme sürecinde karar vericinin hizmetine sunmaktır. Tipik olarak bilgisayar gereksinim duyulan bilgileri karar vericiye iletir. Karar verici bu bilgileri değerlendirip karar verir. Bilgisayar bu kararın sonuçlarını da gösteren yeni bilgileri tekrar iletir ve bu süreç tüm kararlar tamamlanana kadar devam eder. Etkileşimli karar vermenin detayları uğraşılacak probleme göre çok değişik özellikler gösterebilir. İkinci bölümde etkileşimli karar vermenin çizelgeleme problemine uygulamasını tartışacağız. Üçüncü bölümde ise, bu uygulamanın diğer yaklaşımlarla karşılaştırmasını yapıp sonuçları sunacağız.

## ATELYE ÇİZELGELEME PROBLEMİ UYGULAMASI

Çok değişik tipte ürünlerin üretildiği üretim ortamını atelye olarak tanımlıyoruz. Bu ortam genel amaçlı makinalardan oluşur ve çalışanlar değişik tipte ürünleri üretebilecek kalifiye elemanlardır. Atelye çizelgeleme problemi ise iş merkezlerinin (makinaların) gelen işleri hangi sıraya göre işleme sokacaklarının belirlenmesidir. Bu sıralama belirli bir amaç gözetilerek yapılır. Ortalama akış zamanını (işin atelyeye giriş ve çıkışı arasında geçen süre) en küçültmek ve ortalama gecikmeyi (işin bitirilmesi gereken süreye göre gecikmesi) en küçültmek yaygın olarak kullanılan amaçlardan iki tanesidir.

Pratikte karşılaşılabilecek büyüklükteki problemler için analitik çözüm yöntemi yoktur. Başka bir deyişle, bu problemler için en iyi çözümü bulacak yaklaşımlar mevcut değildir. Geleneksel olarak bu problemlerde sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Bunlardan biri seçme kuralı yaklaşımıdır. Etkileşimli karar verme yaklaşımları ise son zamanlarda geliştirilmiştir [1-10]. Bu bölümde seçme kurallarını ve etkileşimli yaklaşımları ayrı ayrı inceleyeceğiz.

### Seçme Kuralları

Çizelgeleme yöntemlerinden birisi her boş kalan makinanın önündeki kuyruktaki işlerden birini, belirli bir kurala göre, işleme koymaktır. Kullanılan kurala seçme kuralı diyoruz. Değişik durumlar için önerilmiş çok sayıda seçme kuralı vardır. Bunlardan bazıları işlerin işlem zamanını, bazıları gerekli bitiş



zamanını göz önüne alır, bazıları ise basit seçme kurallarındır [11-13].

Örneğin "En Kısa Zamanlı İş" (EKZ) kuralı, bir makinanın kuyruğunda bekleyen işlerden işlem zamanı en kısa olanı seçer. Yani geçen zamanda mümkün olduğunca fazla iş bitirmeyi amaçlar. "İşlem Başına En Kısa Artık Zamanlı İş" (İBEKAZ) kuralı, bekleyen işlerin içinde artık zamanı (işin bitmesi-gereken zaman ile kuyrukta beklemekten bitebileceği en erken zaman arasındaki fark) kalan işlem sayısına oranının en düşük olduğu işi seçer. Yani mümkün olduğunca işleri gecikmeden tamamlamayı amaçlar. "İlk Giren Önce Çıkar" kuralı ise, kuyruğa ilk giren işi seçen basit bir kuraldır.

### Etkileşimli Çizelgeleme

Etkileşimli çizelgelemede işlerin makinalara girme sırası kararını bu işle görevli kişi (çizelgelemeci) verir. Bu kararı verebilmesi için kendisine atelyenin durumunu gösteren destekleyici bilgi bilgisayar tarafından sağlanır. Karar vermek gerektiği her zaman bilgisayar, çizelgelemeci ile etkileşimi başlatır. Çizelgelemeci gerekli gördüğü bilgileri aldıktan sonra kararını verir.

Biz tartışmamızı belirli özellikleri olan bir atelye için hazırlanmış bir etkileşimli çizelgeleme yaklaşımı üstünde yoğunlaştıracamız [14]. Bu atelyede hem çalışan elemanlar hem de makinalar kısıtlayıcı faktör olarak ele alınmıştır. Yani bir işin işleme sokulabilmesi için hem makinanın hem de makinaryı çalıştıracak elemanın boş olması gerekmektedir. Yapılması gereken işler atelyeye zaman içinde belli bir dağılıma göre rassal olarak gelmektedir ve bunların işlem süreleri de rassaldır. Ayrıca, yine rassal olarak makinaların bozulması da mümkün olup tamir süreleri de rassaldır. Atelyeye gelen işler değişik sayıda işlemden geçebilirler. Ayrıca bazı işlemlerin alternatif bir makina yapılması da söz konusu olabilir. Yani bazı işlemleri birden fazla makina yerine getirebilir. Şimdi çizelgelemeci ile bilgisayar arasında olabilecek etkileşimleri inceleyelim.

Etkileşim Şekil 1'de gösterilen "Ana Menü" ile başlar. Makinaya iş yükleme kararını verilebileceği zaman çizelgelemeciye Ana Menü sunulur. Atelyenin o anki durumu hakkında bilgi edinmek isterse, çizelgelemeci birinci opsiyonu seçer. İkinci opsiyonda çizelgelemeci eğer seçme kuralını kullansaydı hangi işin yükleneceğini görür. İş yükleme kararının

#### ANA MENÜ

1. ATELYE HAKKINDA BİLGİ
2. SEÇME KURALI KULLANMAK
3. İŞ YÜKLEMEN
4. GELECEK SEFERİ BEKLEMEN

BİRİSİNİ SEÇİNİZ

Şekil 1 Ana menü

uygulanabilmesi için üçüncü opsiyon seçilir. Bu opsiyonda bilgisayar yüklenebilecek işlerin listesini, artık zamanlarını ve kalan işlem sayılarını vererek çizelgelemeciye yüklemeyi yapması için yöneltir.

Dördüncü opsiyonu ise, çizelgelemeci o an için yükleme yapmak istemiyorsa seçer. Bunun gerekçesi çizelgelemecinin kaynakları bir süre için atıl bırakarak ileride daha etkin kullanabileceğini düşünmesi olabilir. Örneğin çizelgelemeci bir süre sonra kritik bir işin geleceğini düşünüp, geldiği anda yüklenmesini sağlamayı isteyebilir.

En önemli opsiyon olan birinci opsiyona dönmekten önce ikinci opsiyonu biraz inceleyelim. Tartıştığımız atelyede hem eleman hem de makina kısıtı olduğu için seçme kuralı iki aşamada kullanılır. İlk aşamada mevcut elemanın hangi boş makinaya gönderileceğine, ikinci aşamada ise seçilen makinanın kuyruğundaki işlerden hangisinin yükleneceğine karar verilir. Makina seçimi için yedi, yüklenecek işin seçimi için ise üç seçme kuralı çizelgelemecinin seçimine sunulur. Bu seçenekler Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir. Çizelgelemeci bu seçme kurallarından istediği çifti belirledikten sonra bilgisayar bu kurallara göre hangi işin yüklenmesi gerektiğini iletir. Çizelgelemeci isterse bu yüklemeyi yapabilir ya da herhangi bir opsiyona geri dönebilir. Örneğin çizelgelemeci makina seçimi için **en kalabalık kuyruk**, iş yükleme seçimi için ise, **işlem başına en kısa artık zamanlı iş** kurallarını seçmiş olsa idi, bilgisayar-aşğıdaki türde bir mesaj iletcekti:

MAKİNA SEÇİMİ İÇİN EN KALABALIK KUYRUK  
İŞ YÜKLEMEN SEÇİMİ İÇİN İŞLEM BAŞINA EN KISA  
ARTIK ZAMANLI İŞ KURALLARINI  
SEÇTİNİZ.

B MAKİNASINDA- 717 NOLU İŞ YÜKLENMEK  
ÜZERE SEÇİLDİ,

AŞAĞIDAKİLERDEN HANGİSİNİ İSTİYORSUNUZ?

1. BU YÜKLEMEN YAPMAK
2. BAŞKA SEÇME KURALI DENEMEK
3. ANA MENÜYE DÖNMEK

1. İŞLEM BAŞINA EN KISA ARTIK ZAMANLI İŞ
2. EN KISA ZAMANLI İŞ
3. İLK GİREN ÖNCE ÇIKAR
4. EN KALABALIK KUYRUK
5. EN UZUN İŞ YÜKÜ
6. EN FAZLA GECİKMİŞ İŞ
7. EN AZ TOPLAM ARTIK ZAMAN

BİRİSİNİ SEÇİNİZ

Şekil 2 Makina seçme kuralları menüsü

1. İŞLEM BAŞINA EN KISA ARTIK ZAMANLI İŞ
2. EN KISA ZAMANLI İŞ
3. İLK GİREN ÖNCE ÇIKAR

## BİRİSİNİ SEÇİNİZ

Şekil 3 İş yükleme seçme kuralları menüsü

Ana menüdeki birinci opsiyon olan "Atelye Hakkında Bilgi" opsiyonu tartıştığımız etkileşimli çizelgeleme yaklaşımının can damarını oluşturur. Bu bilgiler dört değişik şekilde toplanmıştır. Çizelgelemeci atelye hakkında bilgi istediği zaman kendisine Şekil 4'de görülen "Bilgi Menüsü" sunulur. Bu menüdeki birinci opsiyon olan "Boş Makinalar Çizelgesi" boş makinelerin kuyruklarında bekleyen işlerle bu makinalara yakın zamanda gelmesi beklenen (diğer makinalardan) işlerin listesidir. Her bir işin beklenen servis ve artık zamanları, varsa gireceği işlemin alternatif makinası ve bir sonraki işlemin makinası gösterilmiştir. Boş makineler çizelgesi için bir örnek Çizelge 1'de verilmiştir. Bu çizelgeden, özetle, sadece B ve D makinalarının hem atıl olup hem de kuyrukunda işlerin beklediğini görüyoruz. Bekleyen bütün işlerin artık süreleri pozitif, yani henüz geç kalmış iş yok. Ayrıca D makinasına 1.6 zaman birimi içinde 723 no.lu işin gelmesi bekleniyor. 719 no.lu işin B makinasındaki ortalama işlem süresinin 3.7 zaman birimi, artık süresinin ise 3.5 zaman birimi olduğunu görüyoruz. Çizelgelemeci bu işin muhtemelen gecikeceğini görüp, fazla gecikmeyi önlemek için hemen işleme koymayı planlayabilir.

Bilgi menüsünün ikinci opsiyonu "Kritik İşler Çizelgesi"dir. Bu tabloda, isminden de anlaşılacağı gibi, kritik durumda olan işler sergilenmektedir. Çizelgenin üst kısmında boş makinalardaki işler en düşük artık süresi kalandan başlayarak artan bir sırayla gösterilmektedir. Çizelgenin alt kısmında ise işlem göreceği makina boş olmayan, fakat gecikmiş durumda olan işlerden alternatif makinaları boş olanlar sıralanır. Çizelgelemeci isterse bu durumda olan işleri alternatif makinalarına transfer edebilir. Kritik İşler Çizelgesinin bir örneği Çizelge 2'de veril-

1. BOŞ MAKİNALAR ÇİZELGESİ
2. KRİTİK İŞLER ÇİZELGESİ
3. KUYRUK HİSTOGRAMLARI
4. ÖZET VE YAKIN GEÇMİŞ İSTATİSTİKLERİ
5. ANA MENÜYE DÖNMEK

## BİRİSİNİ SEÇİNİZ

Şekil 4 Bilgi menüsü

miştir. Görüldüğü gibi 717 no.lu iş kuyrukta hiç beklemeden işlemleri tamamlansa bile 3.6 zaman birimi gecikmiş durumdadır. Çizelgelemeci daha fazla gecikmesini önlemek için bu işi boş durumda olan alternatif makinasına (B makinası) transfer edip sonra da hemen işleme sokabilir.

Bilgi menüsünün üçüncü opsiyonu "Kuyruk Histogramları"dır. Bu opsiyon seçilirse, atelyedeki bütün makinaların durumu grafik olarak sergilenir. Bunun bir örneği Şekil 5'de verilmiştir. Kuyruklardaki işler kutular şeklinde gösterilmiştir. Kutu içlerinde ait oldukları iş numaraları yazılmıştır. Kutu yükseklikleri işlerin beklenen işlem süreleri ile orantılıdır. Dikey çift çizgiler ise o işlerin gecikmiş durumda olduklarını göstermektedir. Örnekte 717 ve 736 no.lu işlerin gecikmiş durumda olduğu, F makinasının şu anda diğerlerinden daha yüklü olduğu ilk bakışta göze çarpan özelliklerdir. Ayrıca A makinasının tamirde, B ve D makinalarının boş, geri kalan makinaların ise meşgul olduğunu görüyoruz.

Bilgi menüsünün dördüncü opsiyonu "Özet ve Yakın Geçmiş İstatistikleri"dir. Burada performans ölçütlerinin gerek yakın zamanlarda aldığı değerler, gerekse çizelgelemenin başından beri aldığı değerler sergilenir. Böylece çizelgelemeci hem uzun dönemdeki, hem de son zamanlardaki kararların sonuçları konusunda fikir edinir. Verilen performans ölçütleri: bitirilen toplam iş sayısı, bunlardan gecikmiş olarak bitenlerin sayısı, atelyede halen gecikmiş durumda olan iş sayısı, işlerin ortalama kuyrukta bekleme süresi, makinaların ortalama kuyruk uzunlukları ile insan ve makinaların meşgul oldukları zamanın toplam zamana oranıdır. Bu istatistiklerin bir örneği Çizelge 3'de verilmiştir. Bu çizelgeden son zamanlarda ortalama kuyruk uzunluğunun bir miktar artmış olduğu görülmektedir. Şu ana kadar bitirilen 3 işten hiçbirinin gecikmediği, fakat atelyede henüz bitirilmemiş durumda olan 2 işin gecikmiş olduğunda göze çarpan bazı noktalar vardır.

Yukarıda tartışılan bilgiler çizelgelemeciye istediği sıklıkta verilebilir. Çizelgelemeci karar vermeden önce mevcut bilgilerden (çizelge ve şekilleri) istediklerini tekrar tekrar görebilir.

## SONUÇLAR

Çizelgeleme probleminde seçme kuralları ve etkileşimli yaklaşım birbirine alternatif yöntemlerdir. Bu bildiride tartışılan etkileşimli yaklaşım, çizelgelemeci isterse değişik seçme kurallarına göre iş yükleme yapma olanağını da sunmaktadır. Üstelik çizelgelemeci hangi kuralların hangi işlerin yüklenmesini sağlayacağını deneyebilir ve en uygun olan yüklemeyi yapabilir. Bütün bu olanakların dışında, çizelgelemeci atelye hakkında bilgi alıp, işin bütününe değerlendirip kendi sezgisini kullanarak karar verebilir. Yani çizelgelemeci herhangi bir seçme kuralının bütün olanaklarına sahip olduğu gibi bunların dışında da bir çok olanağa sahiptir. Bu da bizi etkileşimli çizelgelemenin daha iyi sonuçlar vereceği düşüncesine itiyor.

Etkileşimli çizelgelemenin oldukça yeni bir gelişme olmasına rağmen seçme kuralları ile karşılaştırma yapan bazı çalışmalar yapılmıştır [6,7,14].

Çizelge 1 Boş makinalar çizelgesi

KUYRUKTAKİLER				DİĞER MAKİNALARDAN GELMESİ BEKLENENLER						
İŞ NO	MAKİNA	İŞLEM SÜRESİ	ARTIK SÜRE	KALAN İŞLEM SAYISI	ALT. MAKİNA	İŞ NO	İŞLEM SÜRESİ	ARTIK SÜRE	ARTIK İŞLEM SAYISI	KALAN SÜRE
716	B	4.0	27.8	4	*	723	3.8	32.7	2	1.6
722	B	3.9	7.5	1	E					
719	B	3.7	3.5	1	*					
732	D	3.6	69.8	5	*					
729	D	3.4	55.5	5	*					

1. BOŞ MAKİNALAR ÇİZELGESİ, 2. KRİTİK İŞLER ÇİZELGESİ, 3. HISTOGRAM, 4. İSTATİSTİK, 5. ANA MENÜ

BİRİSİNİ SEÇİNİZ

## Çizelge 2 Kritik işler çizelgesi

## BOŞ MAKİNALARIN KUYRUĞUNDAKİ KRİTİK İŞLER

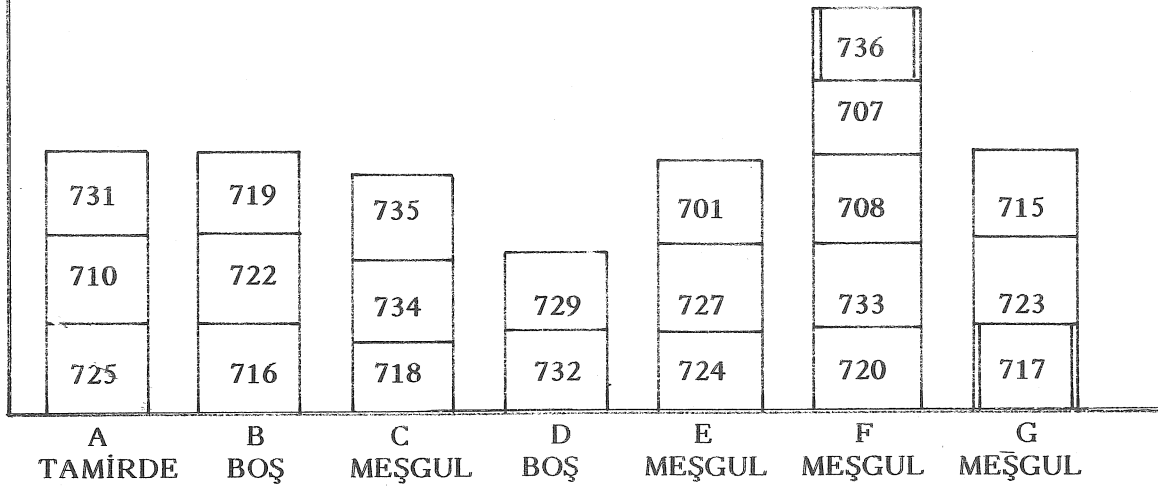
İŞ NO	ARTIK SÜRE	KALAN İŞLEM SAYISI	MAKİNA	KUYRUKTAKİ TOPLAM İŞ SAYISI	ALTERNATİF MAKİNA	KUYRUKTAKİ TOPLAM İŞ SAYISI
719	3.5	1	B	3		
722	7.5	1	B	3	E	3
716	27.8	4	B	3		
729	55.5	5	D	2		
732	69.8	5	D	2		

## BOŞ OLMAYAN MAKİNALARIN KUYRUĞUNDAKİ KRİTİK İŞLER

717	-3.6	2	G	3	B	3
-----	------	---	---	---	---	---

ALTERNATİF MAKİNASINA TRANSFER ETMEK İSTEDİĞİNİZ İŞ VARSA İŞ NO.SUNU YAZINIZ

BOŞ İŞÇİ SAYISI = 1 HİSTOGRAM



1. BOŞ MAKİNALAR ÇİZELGESİ,
2. KRİTİK İŞLER ÇİZELGESİ,
3. HİSTOGRAM,
4. İSTATİSTİK,
5. ANA MENÜ

BİRİSİNİ SEÇİNİZ

Şekil 5 Kuyruk histogramları

Çizelge 3 Özet ve yakın geçmiş istatistikleri

İSTATİSTİKLER

ÖZET			YAKIN GEÇMİŞ	
MAKİNA	MEŞGUL ORANI	ORTALAMA KUYRUK	MAKİNA	ORTALAMA KUYRUK
A	.974	4.16	A	3.67
B	.447	2.28	B	3.00
C	.543	.95	C	1.34
D	.645	2.47	D	2.00
E	.737	2.31	E	2.43
F	.644	2.85	F	3.97
G	1.000	3.96	G	3.65
ORTALAMA	.713	2.71		2.87
ÜRETİLEN: 3			ÜRETİLEN: 3	
GEÇ ÜRETİLEN: 0			GEÇ ÜRETİLEN: 0	
GEÇİKMİŞ DURUMDA OLAN: 2				
MEŞGUL ORANI (İNSAN): 1.00				
ORTALAMA AKIŞ SÜRESİ: 35.53				
ORTALAMA KUYRUKTA				
BEKLEME SÜRESİ: 9.21				

1. BOŞ MAKİNALAR ÇİZELGESİ, 2. KRİTİK İŞLER ÇİZELGESİ, 3. HİSTOGRAM  
4. İSTATİSTİK, 5. ANA MENÜ  
BİRİSİNİ SEÇİNİZ

Bu çalışmalar da etkileşimli çizelgelemenin daha iyi sonuçlar vereceği beklentisini desteklemektedir. Kaynak [14]'de önerilen etkileşimli yaklaşım ile değişik seçme kurallarını karşılaştıran deneyin sonuçlarını kısaca özetleyecek olursak:

1. Ortalama geç kalma miktarı açısından etkileşimli çizelgeleme ile bütün seçme kurallarından daha iyi sonuçlar elde edilmiş ve çoğu kural ile arada önemli ölçüde büyük fark çıkmıştır.

2. Belli sayıda işin (30 işin) tamamlanması için geçen zaman etkileşimli yaklaşımda seçme kurallarına göre daha kısa olmuştur.

3. Gözleme süresi bittiğinde atelyede kalan işlerin geç kalma miktarları etkileşimli yaklaşımda daha kısadır.

Görüldüğü gibi çizelgeleme probleminde etkile-

şimli yaklaşım oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Diğer bazı alanlarda da başarılı uygulamaları olmuştur. Genelde etkileşimli yaklaşımlar problem çözümünde çok güçlü araçlar olarak gelişmelerini sürdürmektedirler. Diğer yaklaşımların tüm olanaklarını kullanabilmenin yanı sıra, insanın yeteneklerini de karar verme sürecinde kullanabilmesi bu yaklaşımı çok başarılı kılmaktadır.

Etkileşimli yaklaşımların diğer bazı yaklaşımlara göre bir üstünlüğü de bu şekilde verilen kararların uygulanma şansının yüksek olmasıdır. Karar verici karar verme sürecinin içinde olduğu ve sistemi kontrolünde tuttuğu için sonuçta verilen kararlara yabancılık çekmeyecek ve uygulanmasına yönelik şüpheleri daha az olacaktır.

Son olarak, etkileşimli yaklaşımlar karar vericinin problemi daha iyi tanımasında çok yararlı olabilir. Bilgisayarda sistemin bir benzetim modeli kurulu

olduğundan bu model eğitim amacı ile kullanılabilir. Karar verici burda değişik kararların ne tür sonuçlar vereceğini görebilerek gerçek sistemde maliyeti çok daha yüksek olacak deneyimi kolaylıkla elde edebilir.

#### INTERACTIVE DECISION MAKING: AN APPLICATION

In interactive decision making, a decision maker interacts with a computer throughout the decision making process. Computer gather information and presents it to the decision maker. The decision maker who processes this information transforms it into an appropriate action. A successful interactive approach effectively utilizes computers in areas where human brain is constrained. That is, such approaches utilize both the decision maker and the computer in an attempt to make the best use of the capabilities of both. In this paper, an interactive approach developed for a scheduling problem is discussed and compared with other approaches.

#### KAYNAKÇA

- 1 Ferguson, R.L. and Jones, C.H., "Computer Aided Decision Systems", *Management Science*, 15, (1969), 10, 550-561.
- 2 Gibson, R. and Laios, L., "The Presentation of Information to the Job Shop Scheduler", *Human Factors*, 20, (1978), 6, 725-732.
- 3 Godin, V.B., "Interactive Scheduling: Historical Survey and State of the Art", *AIE Transactions*, 10, (1978), 3, 331-337.
- 4 Godin, V.B. and Jones, C.H., "The Interactive Shop Supervisor", *Industrial Engineering*, 1, (1969), 11, 16-22.
- 5 Haider, W.S., Buck, J.R. and Moodie, C.L., "Man/Computer Versus Automatic Scheduling", *Proceedings of the Human Factors Society-21st Annual Meeting*, 100-104, 1977.
- 6 Haider, W.S., Moodie, C.L. and Buck, J.R., "An Investigation of the Advantages of Using a Man-Computer Interactive Scheduling Methodology for Job Shops", *International J. Production Research*, 19, (1981), 4, 381-392.
- 7 Harmonosky, C.M. and Sadowski, R.P., "Interactive Scheduling at the Shop Floor Level", *IIE 1983 Annual Conference Proceedings*, 605-612, 1983.
- 8 Jones, C.H., Hughes, J.L., and Engvold, K.J., "A Comparative Study of Management Decision-Making From Computer Terminals", *AFIPS Proceedings of the Spring Joint Computer Conference*, 599-605, 1970.
- 9 Ketteringham, P.J.A. and O'Brien, D.D., "A Simulation Study of Computer-Aided Soaking Pit Scheduling", in *Edwards, E. and Lees, F.D., (editors), the Human Operator in Process Control*, Halsted Press, 260-282, 1974.
- 10 Smith, H.T. and Crabtree, R.G., "Interactive Planning: A Study of Computer in the Execution of a Simulated Scheduling Task", *International J. Man-Machine Studies*, 7, (1975), 213-231.
- 11 Conway, R.W., Maxwell, W.L., Miller, L.W., *Theory of Scheduling*, Addison-Wesley, 1967.
- 12 Gere, W.S.Jr., "Heuristics in Job Shop Scheduling", *Management Science*, 13, (1966), 3, 167-190.
- 13 Panwalkar, S.S. and Iskander, W., "A Survey of Scheduling Rules", *Operations Research*, 25, (1977), 1, 45-61.
- 14 Kondakçı, S., *An Interactive Approach for Scheduling of Job Shops with Dual Constraints*, Unpublished Ph.D., dissertation, SUNY at Buffalo, 1985.

#### D Ü Z E L T M E

Cilt:1, Sayı:2, Ocak 1987 tarihli **MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ'**nde Doldurulmuş Kompozitlerin Mekanik Özellikleri başlıklı makalenin Türkçe özeti ve Viskosite Sınıflandırma Sistemleri başlıklı makalenin İngilizce özeti yanlışıyla yayınlanmamıştır. Her iki özet aşağıda sunulmuştur.

#### DÖLDÜRÜLMÜŞ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, poliyester reçinesi alumina trihidrat dolgu maddesinden meydana gelen kompozit malzemenin mekanik özellikleri incelenmiştir.

Malzemenin mekanik özelliklerinin dolgu maddesi hacim oranına, tanecik boyutuna ya da bunların her ikisini de birden kapsayan tanecikler arası ortalama serbest mesafeye bağlı olduğu görülmüştür.

#### VISCOSITY GRADE SYSTEMS

Viscosity Grade Systems have caused considerable confusion to the engineers in the field. In this short paper the viscosity grade systems used by the engineering organizations specifying industrial lubricants have been briefly discussed. The equivalent lubricant designations for the classification systems are given in a chart.

## İSTANBUL BÜYÜK ŞEHİR BELEDİYESİ TEMİZLİK VE ÇÖP TOPLAMA YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI PROJESİ-SİSTEM BİLİMLERİ ARAŞTIRMA MERKEZİ (SİBAREN) ODTÜ

ODTÜ Sistem Bilimler Araştırma Merkezi (SİBAREN) tarafından yürütülen İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Temizlik ve Çöp Toplama Yönetim Sistemi Tasarımı Projesi Kasım 1985'de başlamış ve Kasım 1986'da sona ermiştir. Bu projenin sonuçlarının uygulanması ve uyarlanması ile ilgili devam niteliğindeki ikinci bir proje çalışması ise halen yürütülmektedir.

Mevcut Çöp Sisteminin analizi, kaynakça taraması, gözlem ve değerlendirmeler ışığında çöp toplama sisteminin fiziksel yapısı belirlenmiş ve grafiksel olarak Şekil 1'de tanımlanan alt sistemleri ve ilişkilerini modelleyen, analiz eden çalışmalar yapılmıştır.

Çöp Yönetim Sistemi Tasarımı için aşağıda üç maddede özetlenen yöntem geliştirilmiştir:

- i) Mevcut Sistemin Analizi
- ii) Sistem Tasarım Sorununun Formülasyonu
- iii) Sistem Tasarımı

Bu yöntemin uygulanması sonucunda yürütülen çalışmaları şöyle sıralayabiliriz:

### Sistem Analizi

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi ve İlçe Belediyeleri ve diğer ilgili kuruluşlardan çöp konusu ile ilgili olarak anket, veri derlemesi, mülakat, vb., yöntemlerle veri toplanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda sorunlar teşhis edilmiştir.

### Sistem Tasarım Sorununun Formülasyonu

Sistemin amaçları tayin edilmiş ve buna göre teşhis edilen sorunları çözmeye yönelik tasarım ve karar değişkenleri ve aralarındaki ilişkiler tarif edilmiştir.

### Literatür Taraması

İstanbul için daha önceden yapılan çalışmalar taranmış, ayrıca çöp yönetimi konusunda literatür taraması yapılmış ve benzer sistemlerdeki yaklaşımlar değerlendirilmiştir.

### Çöp Miktarı Tahminleri

Önümüzdeki yıllarda oluşacak çöp miktarlarını tahmin edebilmek için çöp oluşumunu etkileyen faktörler belirlenmiş ve buna göre çöp oluşum miktarlarını minimum varyans ile anlatan regresyon ilişkileri bulunmuştur. Değişik nüfus artışı, şehirleşme ve çöp üretme alışkanlıkları senaryoları altında il-

çeler bazında önümüzdeki yıllara yönelik çöp miktar tahminleri yapılmıştır.

### Biriktirme Alt Sistemi Tasarımı

Biriktirmenin fonksiyonlarına göre tasarlanmış ve çöpü en iyi değerlendirecek konteyner kullanım önerileri belirlenmiştir. Çeşitli yatırım olanaklarına göre, yıllar ve ilçeler bazında, yaygın konteyner kullanımına geçebilmeye yönelik konteyner ihtiyaçları hesaplanmış ve kullanım programları hazırlanmıştır.

### Aktarma İstasyonları Yer Seçimi Problemi

Taşıma maliyetlerini azaltabilmek için çöp araçlarının imha sahalarına kadar gitmeleri yerine bir ara istasyon kullanılarak (aktarma istasyonu) daha ekonomik araçların çöpü imha sahasına taşınması düşünülmüştür. Bu amaca hizmet edecek aktarma istasyonlarının yer seçimi ve kapasiteleri bir matematiksel programlama yöntemi ile bulunmuş, ayrıca hizmete açılmaları gereken yıllar saptanmıştır.

### Düzenli Arazi Doldurma

Düzenli arazi doldurma konusunda yerine getirilmesi gerekli şartlar belirlenmiş ve İstanbul için gerekli imha sahası kapasiteleri yıllara göre bulunmuştur.

### Çöp Toplama ve Taşıma Alt Sistemi

İlçeler bazında araçların hizmet edecekleri bölgeleri ve çöp toplarken izleyecekleri rotaları elde eden bilgisayar etkileşimli bir program geliştirilmiştir. Ayrıca yine ilçe bazında araçların bululma durumunda gerekli olacak en iyi yedek araç sayısı bir model yardımı ile hesaplanmıştır.

### Çöp Araçlarının Yenilenmesi

Çöp araçlarının ekonomik olarak yenilenmesini sağlayacak bir model geliştirilmiş ve modelin uygulanması için gerekli bilgisayar ortamı hazırlanmıştır.

### Çöp Toplama Bilişim Sistemi Tasarımı

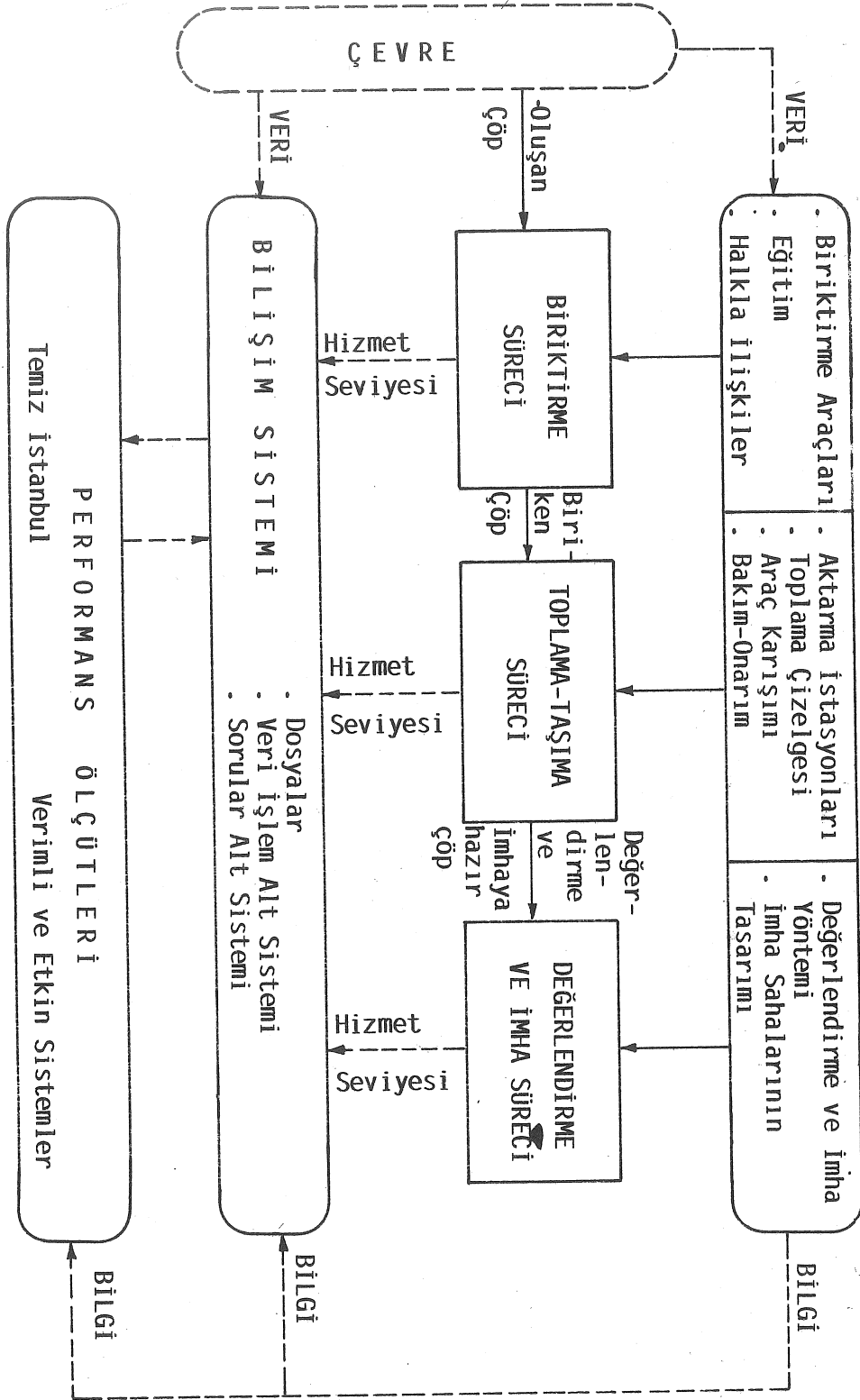
Çöp toplama sisteminin bilgisayar ile kontroluna yönelik bir bilişim sistemi tasarlanmış ve gerekli tüm ilişkiler ve veri tabanları tarif edilmiştir.

### Organizasyonel Yapının Tasarımı

Çalışmanın diğer bölümlerinde belirlenen işlevleri yerine getirmeye yönelik organizasyonel yapı tarif edilmiştir. Buna göre Büyük Şehir Belediyesi ve İlçe Belediyeleri ayrı ayrı ele alınmış ve görev tanımları, yetki ve sorumluluklar ve ilişkiler tarif edilmiştir.



## KARARLAR



Şekil 1 Sistemin Fiziksel Yapısı

## BİLİMSEL VE TEKNİK TOPLANTILAR

KONGRE ADI	TARİH-YER	YAZIŞMA ADRESİ
Third Mini Euro Conference Operations Research Methods in Transport Planning and Traffic Control	Herceg Novi-YUGOSLAVYA 16-19 Haziran 1987	S.YUKANOVIC Organization Committee c/o Sava Centar Milentija Popovica 9 Belgrade, 11070, YUGOSLAVYA
The Third International Conference on Advances in Production Management Systems	Winnipeg, Manitoba, KANADA 11-14 Ağustos 1987	Andrew KUSIAK Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Manitoba Winnipeg Manitoba R3T 2N2 KANADA
Yöneylem Araştırma XI. Ulusal Kongresi	Sultanahmet, İSTANBUL 23-25 Eylül 1987	Sami ERCAN, Nükhet YETİŞ Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Kuyubaşı Kadıköy-İSTANBUL 81040
ORSA/TIMS Joint National Meeting	St. Louis MO, ABD 25-28 Ekim 1987	Vicki L. SAUTER School of Business Administration University of Missouri-St Louis MO 63121 ABD
TMMOB Makina Mühendisleri Odası 1987 Sanayi Kongresi	ANKARA Kasım 1987	TMMOB Makina Müh. Odası (Merkez) Konur Sok. No: 4/4 06642 Kızılay-ANKARA
ORSA/TIMS Joint National Meeting	Washington D.C., ABD 25-27 Nisan 1988	Saul I. GASS College of Business and Management University of Maryland College Park, MD 20742 ABD
EURO IX TIMS XXVIII Joint International Conference	Paris, FRANSA 6-8 Temmuz 1988	P. TOLLA EURO-TIMS Congress 156, Boulevard Péreine 75017 Paris-FRANSA

## 4811/4815 UHF/VHF PROFESYONEL EL TELSİZİ

Telsiz teknolojisindeki gelişim, donatım kullanımının yerini yazılıma bırakışıyla gerçekleşti. Geçmişte temel alıcı vericinin üzerine opsiyonları karşılayan eklemeler yapılırken günümüzde geliştirilen mikro-işlemci teknoloji sayesinde yapı bütün olarak yazılımın içinde üretiliyor, opsiyonlar mikro-işlemcinin dışarıdan programlanmasıyla oluşturuluyor.

ASELSAN 4811-4815 El Telsizleri mikro-elektronik tasarımları, frekans sentezör teknolojisi ile modern telsizler arasında yer alan, yüksek performanslı, güvenilir, sağlam, profesyonel kullanıma uygun cihazlardır.

## TEKNİK ÖZELLİKLER

GENEL	4811
Frekans Aralığı	146-174 MHz
Kanal Sayısı	12-48
Kanal Aralığı	25 kHz-12,5 kHz
Modulasyon Tipi	16 F3 (FM ses)
Operasyon Modu	Simplex/semi duplex
Güç Kaynağı	Ni-Cd Pil bloğu 450 mAh
Voltaj	10,8 V
AKIM	
Alma	125 mA
Gönderme	600 mA
Bekleme	10 mA (Güç koruma açık) 30 mA (Güç koruma kapalı)
Anten Soketi	Mini TNC
Çalışma Sıcaklığı	-30°C/+60°C
Ölçüler	200x69x41 mm
Ağırlık	650 gr
GÖNDERMEÇ	4811
RF GÜÇ ÇIKIŞI	
Standart	2 W (1 W'a ayarlanabilir)
Opsiyon	5 W (2 W'a ayarlanabilir)
Frekans Stabilizasyonu	+/- 5 ppm
ALMAÇ	4811
Almaç Tipi	"Double Conversion super heterodyne"
Frekans Stabilizasyonu	+/- 5 ppm

## ÖZELLİKLER

- . Gelişmiş mikro-işlemci kontrol
- . Programlanabilir kanal fonksiyonları
- . Geniş band alıcı verici
- . RF çıkış gücü kontrolü
- . 48 kanala dek geniş yayın olanağı
- . Uzun batarya ömrü
- . Tek parça alüminyum döküm şase
- . Polikarbonat gövde, poliüretan düğmeli kontroller
- . Özel deri çanta
- . Tüm parçalarda kimyasal maddelere karşı direnç, çevre koşullarına dayanıklılık
- . Hafif, kompakt tasarım
- . Kolay kilitlenebilir batarya bloğu
- . Bazı opsiyonlar:

Selektif çağrı  
Kanal tarama  
Ton susturma  
Kimlik tanıma kodu

## TEKNİK ÖZELLİKLER

GENEL	4815
Frekans Aralığı	420-470 MHz
Kanal Sayısı	12-48
Kanal Aralığı	25 kHz-12,5 kHz
Modulasyon Tipi	16 F3 (FM ses)
Operasyon Modu	Simplex/semi duplex
Güç Kaynağı	Ni-Cd Pil bloğu 450 mAh
Voltaj	10,8 V
AKIM	
Alma	125 mA
Gönderme	600 mA
Bekleme	10 mA (Güç koruma açık) 30 mA (Güç koruma kapalı)
Anten Soketi	Mini TNC
Çalışma Sıcaklığı	-30°C/+60°C
Ölçüler	200x69x41 mm
Ağırlık	650 gr
GÖNDERMEÇ	4815
RF GÜÇ ÇIKIŞI	
Standart	1 W
Opsiyon	4 W
Frekans Stabilizasyonu	+/- 5 ppm
ALMAÇ	4815
Almaç Tipi	"Double Conversion super heterodyne"
Frekans Stabilizasyonu	+/- 5 ppm

## 8200 BİLGİSAYARLI KUYU KONTROL SİSTEMİ

**ASELSAN 8200** Kuyu Kontrol Sistemi günümüzde elle kumanda edilen motopomp sistemlerine bilgisayarla denetim olanağı sağlayan gelişmiş bir cihazlar bileşimidir.

Aşırı sulamayı önleyerek ürün verimini artırmak, sistemin çalışma sürelerini belirlemek, adil faturalama sistemi getirmek, arızaları kısa sürede öğrenmek, personel sayısını azaltmak gibi amaçlarla gerçekleştirilmiştir.

Kontrol Sistemi üç birimden oluşur:

a) Kullanıcıya verilmiş özel şifrelendirilmiş kartlar,

- b) Baraka dışına yalnızca kart yuvasıyla açılan kimlik modülleri,  
c) Bilgisayar sistemini taşıyan kontrol birimleri.

Kullanım miktarı arazi büyüklüğü, arazideki bitki türleri gibi kriterlere göre belirlenir ve kullanıcıya özel kartı verilir. Saç barakalarda korunan kullanıcının etkileyemeyeceği kumanda birimleri karttaki özgün şifreye uyarak belirlenen süre boyunca suyu kullanıma sunar. Birim fiyata göre faturalama, kullanım süreleri ölçü alınarak yapılır.

İlk uygulama olarak, Urfa Akçakaleğ'de bulunan 385 kuyunun 100 adetlik bölümü için merkezi denetimli sulama sistemi kurulmuştur. Bu sayının 6500 kuyu için genişletilmesi düşünülmektedir.

A.Ergun ONUR  
ASİL ÇELİK A.Ş.  
BURSA

Salih VATANSEVER  
ÇAYIROVA CAM SAN.A.Ş.  
GEBZE

Aydoğan ÇAĞIRAN  
TÜLOMSAŞ  
ESKİŞEHİR

Şafak.YILMAZ  
İstanbul Teknik Üniv.  
İSTANBUL

Hira KARAGÜLLE  
Dokuz Eylül Üniv.  
İZMİR

Kemal BAKI  
ERKUNT A.Ş.  
ANKARA

Mehmet SAVSAR  
King Saud Univ.  
S.ARABİSTAN

Mustafa AKSOY  
Fırat Üniv.  
ELAZIĞ

Sami Turgut TÜMER  
King Saud Univ.  
S.ARABİSTAN

Sadık Engin KILIÇ  
King Saud Univ.  
S.ARABİSTAN

Kamil KAYAALP  
ALAMSAŞ  
İSTANBUL

Bülent YENİÇERİ  
MARSA A.Ş.  
ADANA

Tuncer TOPRAK  
King Saud Univ.  
S.ARABİSTAN

Ali Erkan ENGİN  
The Ohio State Univ.  
A.B.D.

Ö.Faruk İMAMOĞLU  
TEPE Mobilya  
ANKARA

Sabri SAMANGÜL  
TSE  
SAMSUN

Atila Cengiz KUZUCU  
İSTANBUL

**MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERNEĞİ**  
**GENEL KURUL ÇAĞRISI**

**MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERNEĞİ'nin 2.** Olağan Genel Kurulu, **22 Mayıs 1987 Cuma** günü saat **14:00**'de Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü **G-114** no.lu anfide yapılacaktır. İlk toplantıda çoğunluk sağlanamadığı takdirde ikinci toplantı **5 Haziran 1987 Cuma** günü aynı yer ve saatte yapılacaktır. Tüm üyelerimizin toplantıya katılmalarını rica ediyoruz.

**Yönetim Kurulu**

**GÜNDEM**

1. Açılış ve başkanlık divanı seçimi
2. Yönetim ve Denetleme Kurulları raporlarının okunması ve görüşülmesi
3. Yönetim ve Denetim Kurulunun ibrası
4. Yönetim Kurulunca hazırlanan bütçenin görüşülmesi
5. Yeni Yönetim Kurulu ve Denetleme Kurulu üyelerinin seçimi
6. Dilekler ve kapanış

# ODTÜ-SİBAREN SİSTEM BİLİMLERİ ARAŞTIRMA MERKEZİ

## KURULUŞ

Ocak 1975'de kurulmuş olan Sistem Bilimleri Araştırma Merkezi (SİBAREN), Endüstri-Üniversite İşbirliğini geliştirmek üzere, ODTÜ'de kurulan ilk Uygulamalı Araştırma Merkezi'dir. Mühendislik Fakültesi Dekanlığına bağlı olan Merkez, sosyo-ekonomik ve endüstriyel sistemlerin tasarım ve yönetimine ilişkin enterdisipliner araştırmalar yapmaktadır. Bu nedenle Merkezde yapılan araştırmalar, konuların özelliğine göre, Endüstri Mühendisliği, Yöneylem Araştırması ve Bilgisayar anabilim dalları baz olmak üzere, bütün mühendislik dalları ve sosyal bilimler de dahil olmak üzere kurulan enterdisipliner ekipler tarafından yürütülmektedir. Böylece ODTÜ'deki bütün öğretim üye ve yardımcıları Merkezde görev alabilmektedir. Merkez, çalışmalarını ODTÜ Döner Sermaye Yönetmeliği çerçevesinde yürütmektedir.

## KURULUŞ AMACI

SİBAREN'in kuruluş amacı, ülke kalkınmasında önemli bir yere sahip olan sosyo-ekonomik ve endüstriyel sistemlerin (kuruluşların) tasarım ve yönetim sorunlarına çözüm arayan araştırmalar yaparak ülke kalkınmasına katkıda bulunmaktır. Bu araştırmalarda çalışan öğretim üye ve yardımcıları ve lisans üstü programlardaki öğrencilerin kazandıkları tecrübeler dolayısıyla, eğitim programlarının gerçek hayatla bağlantılı olması amacına da hizmet edilmiş olmaktadır.

## ÇALIŞMA KONULARI

SİBAREN'de yapılan araştırmaların konuları genel olarak, sistem yaklaşımı ve dolayısıyla enterdisipliner yaklaşıma ihtiyaç gösteren geniş kapsamlı ve çok yönlü sorun alanlarıdır. Bunların en belli başlıları aşağıda sıralanmıştır.

1. Üretim Sistemleri Tasarımı ve Yönetimi
2. Servis Sistemleri Tasarımı ve Yönetimi
3. Organizasyonel Tasarım
4. Yönetim Sistemleri Tasarımı
  - . Yönetim Bilişim Sistemleri
  - . Karar Destek Sistemleri
  - . Üretim Planlama ve Kontrol Sistemleri
5. Yatırım Planlaması
6. Proje Yönetimi
7. Çizelgeleme
8. İnsangücü Planlaması ve Yönetimi

9. Mali Planlama ve Yönetimi
10. Kalite Planlama ve Kontrolü
11. Ulaştırma Sistemleri Tasarımı ve Yönetimi
12. Üretim Planlama ve Kontrolü
13. Mal Dağıtım ve Pazarlama Sistemleri Tasarım ve Yönetimi

## YAPILAN PROJELERDEN ÖRNEKLER

SİBAREN'in kuruluşundan bu yana geçen 12 yıl süresince tamamlanan ve devam etmekte olan projelerden örnekler proje sahibi kuruluşlarla birlikte birlikte sıralanmıştır.

Türkiye Şeker Endüstrisi Yönetim Bilişim Sistemi Tasarımı (**Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş.**)

Türkiye Elektrik Kurumu İnsangücü Planlaması (**Türkiye Elektrik Kurumu**)

Elginkan Holding Kalite Planlama ve Kontrol Sistemi Tasarımı (**Elginkan Holding A.Ş.**)

Zorunlu Deprem Sigortası Uygunluğu (**İmar ve İskan Bakanlığı**)

Kuzey Kıbrıs Öncü Sorunlar Ön Etüdü (**Dış İşleri Bakanlığı**)

Milli Eğitim Bakanlığı Örgütsel Düzenleme (**Milli Eğitim Bakanlığı**)

Milli Eğitim Bakanlığı Personel Bilişim Sistemi Geliştirme Projesi (**Milli Eğitim Bakanlığı**)

Ankara Belediyesi Birimlerarası Eşgüdüm (**Ankara Belediyesi**)

Toplu Konut Planlaması (**Genel Kurmay Başkanlığı**)

İş Değerlendirmesi (**Çimento Sanayii T.A.Ş.**)

Elektrik Üretim Tesisleri İçin Yatırım Programı Veren Karar Modelleri (**Elektrik İşleri Etüd İdaresi**)

Ankara Yüksek İhtisas Hastanesi Genel Sistem Analizi (**Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı**)

Elginkan Holding Mali Planlama ve Yönetim Sistemi Tasarımı (**BİMEL A.Ş.**)

Elginkan Holding Pazarlama Planlaması ve Yönetim Sistemi (**BİMEL A.Ş.**)

PETKİM Mali Planlama ve Yönetim Sistemi Tasarımı  
(PETKİM Petrokimya A.Ş.)

Et Kombinasi Fizibilite Etüdü (Ankara Belediyesi)

HEMA Reorganizasyon Projesi (HEMA Dişli Sanayii  
ve Ticaret A.Ş.)

Reorganizasyon ve Yönetim Sistemi Tasarımı (IŞIK  
Makina Sanayi A.Ş.)

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Çöp Toplama ve Te-  
mizlik Yönetim Sistemi Tasarımı (İstanbul Büyük  
Şehir Belediyesi)

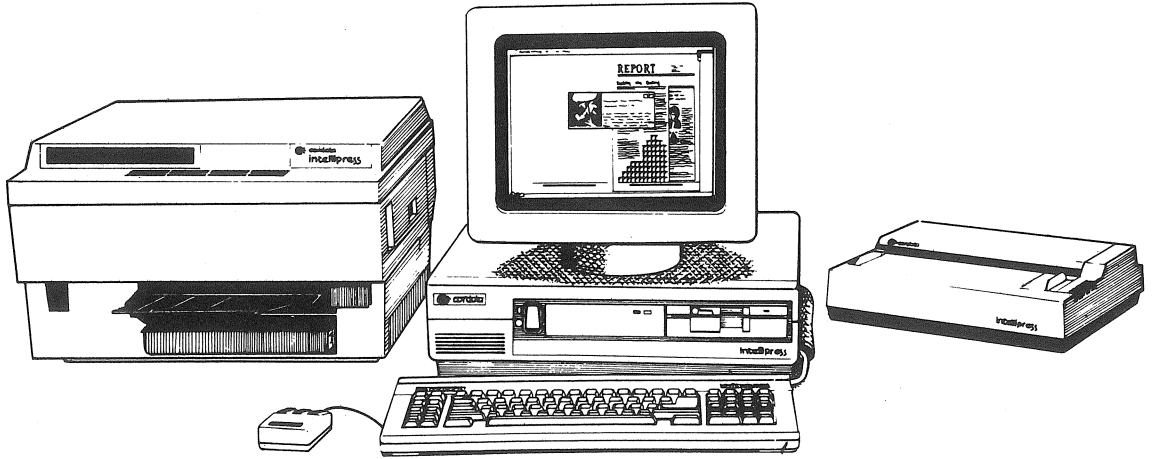
SEKA Mali Planlama ve Yönetim Sistemi Tasarımı  
(SEKA Türkiye Selüloz ve Kağıt Sanayii Genel  
Müdürlüğü)



İŞYERİ OTOMASYONUNDA İLERİ TEKNOLOJİ KADAR  
SERVİS GÜVENCESİ DE ÖNEMLİDİR.

Nashua Fotokopi Makinaları,  
Cordata Bilgisayarları,  
Cordata Laser Yazıcıları,  
Brother Elektronik Yazı Makinaları,  
Brother Bilgisayar Yazıcıları.

SATIŞLARI, SERVİSLERİ, UYGULAMA PROGRAMLARI  
VE ENTEGRASYONLARI İÇİN HİZMET VERİYORUZ.



**KOPİTEKNİK**

Ankara İstanbul İzmir Adana

Merkez : Tunus Caddesi 19/4-5 Kavaklıdere Ankara  
Tel : 118 93 01 118 84 90 118 43 32 Telefax : 125 18 83

Bu ilan CORDATA LP300 LASER ile hazırlanmıştır.

## YAYIN İLKELERİ

### Amaç

- Makina tasarım ve imalatı alanında yerli teknoloji üretimine yönelik kuramsal ve uygulamalı çalışmalarını duyurmak.
- Bu alanda çalışan kişi ve kuruluşlar arasında bilgi alışverişini sağlamak.
- Yayınlanan çalışmalar üzerinde teknik tartışma ortamı yaratmak.
- Üniversite-endüstri arasındaki yakınlaşma ve işbirliğinin geliştirilmesine katkıda bulunmak.
- Türkçe teknik bilgi birikimini arttırmak.

### Kapsam

a) Dergi amaçları doğrultusunda aşağıda belirtilen konularda veya bunlara yakın konulardaki yazıları yayınlar;

Makina Tasarımı, Mekanik Sistemlerin Tasarımı ve Analizi, Makina Teorisi ve Mekanizma Tekniği, Makina Elemanları, İmalat Yöntemleri, Bilgisayar Yardımı ile Tasarım ve İmalat, Robotik ve Esnek İmalat Yöntemleri, Akışkanlar Mekaniği, Malzeme Seçimi ve Malzeme Sorunları, Kalite Kontrolü, Fabrika Organizasyonu ve Üretim Planlaması, Bakım ve Onarım, Derginin amacına uygun diğer konular.

b) Dergide yayınlanacak makaleler, bir yeniliği, ilerlemeyi, gelişmeyi, araştırma ya da uygulama sonuçlarını içermek üzere Araştırma makaleleri, Uygulama makaleleri, Derleme makaleleri, Çeviri makaleleri ve Kısa makaleler olabilir.

c) Derginin kapsamına giren konularda düzenlenen yurtiçi ve yurtdışı konferans, seminer, vb. etkinliklere ve ayrıca bu konulardaki kitap, dergi vb. yayınlara ait duyurular yer alır.

### Makalelerin Değerlendirilmesi

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, yayın kalitesi olarak belirli bir düzeyin üstünde kalmayı amaçlamış-

tir. Türkiye koşullarını da gözönüne alarak, bu kalite düzeyinin sürdürülmesi için gerekli tüm çaba ve titizlik gösterilecektir. Dergiye gelen her makale kesinlikle incelemeden geçirilecek ve bu amaçla mümkün olduğu kadar Türkiye çapında ya da yurtdışında konunun uzmanı hakemler tarafından değerlendirilmesine özen gösterilecektir. İnceleme ve değerlendirme sonuçları hakkında makale yazarlarına bilgi verilecektir.

### ÇALIŞMA İLKELERİ

Derginin yasal sahibi, MAKİNA TASARIM VE İMALAT (MATİM) DERNEĞİ'dir.

Derginin yönetimi ile ilgili "Dergi Danışma Kurulu" ve "Dergi Yayın Kurulu" olmak üzere iki organ vardır.

Dergi Danışma Kurulu olağan olarak yılda bir kez toplanır ve geçen yılın yayın politikasını belirler. Danışma Kurulu her yıl yeniden oluşturulur.

Dergi Yayın Kurulu, MATİM Derneği Yönetim Kurulu tarafından bir yıl süre ile seçilir. Yayın kurulu derginin yayın ilkelerine uygun yayımı ile yükümlüdür. Yayın kurulu faaliyetleri konusunda MATİM Derneği Yönetim Kuruluna bilgi verir ve onayını alır.

### REKLAM İLKELERİ

Derginin arka kapaktan önceki sayfaları reklam amacı ile firma ve kuruluşlara ayrılır. Bu sayfalarda yayınlanacak reklamlar aşağıdaki ilkeleri sağlamalıdır.

- Firmanın kendisini teknolojik, personel, ekonomik vb., açıdan tanıtan, ürünlerini ve ürünlerinin uygulama alanlarını belirten, firmanın uzmanlık konularını vurgulayan yazılar.
- Firma tarafından geliştirilen yeni bir ürün ya da teknolojiyi tanıtan yazılar.
- Makina tasarım ve imalatında kullanılacak ve firmaya özgü cetvel, abak, resim vb., bilgiler.

Yukarıda belirtilen ilkeler içinde hazırlanan reklam yazıları, yayın kurulu tarafından incelenir ve dergi yayın kalitesine uygun bulunursa basılır. Yayın kurulu gerekli gördüğü durumlarda düzeltme önerileri getirebilir.

## Journal of MECHANICAL DESIGN AND PRODUCTION

Journal of Mechanical Design and Production is a quarterly periodical, published by the Turkish Mechanical Design and Production Society, METU, Ankara, Turkey. It is one of the society's aims, to publish qualified research and review papers in Turkish. The published papers are strictly refereed to maintain a high scientific and engineering level at international standart.



## MAKALE GÖNDERME KOŞULLARI

Makina Tasarım ve İmalat Dergisine yurt içinden ya da yurt dışından isteyen herkes yayınlanmak üzere makale gönderebilir. Gönderilen makalelerin dergi temel amaçlarına uygun ve dergi kapsamı içinde olması ve aşağıdaki makale kabul ilkelerini sağlaması gerekmektedir. Dergi yayın kuruluna gelen her makale en az iki hakem tarafından değerlendirilecek ve sonuç olumlu ya da olumsuz olsa da, yazarına bildirilecektir.

Makina Tasarım ve İmalat Dergisinde aşağıdaki makaleler yayınlanabilir.

- Araştırma Makaleleri,
- Uygulama Makaleleri,
- Derleme Makaleleri: Belirli bir konu üzerinde bilimsel ve teknolojik son gelişmeleri zengin bir kaynakçaya dayanarak aktaran ve bunların değerlendirmesini yapacak nitelikte olmalıdır.
- Çeviri Makaleler: Yerli teknoloji ve bilgi birikimine önemli bir katkıda bulunacak nitelikte olmalıdır.
- Kısa Makaleler: Yapılan bir çalışmayı zaman geçirmeden duyuran ve ya bu dergide yayınlanan bir makaleyi tartışan yazılardır.

## MAKALE KABUL İLKELERİ

Makaleler içerik ve şekil olarak aşağıda belirtilen biçimde hazırlanmalıdır.

### Yazım Dili

Kullanılan dilin olabildiğince basit, anlaşılır ve kesin olmasına özen gösterilmelidir. İleri düzeyde teknik ya da alışılmamış kavramlar kullanmak gerektiğinde, bunlar uygun bir şekilde tanımlanmalı ve yeterince açıklanmalıdır.

### Makalelerin Yapısı

Makaleler, aşağıda verilen yapıda olacak şekilde hazırlanmalıdır.

- Makalenin adı
- Yazar(lar) ad(lar)ı, ünvanları, bağlı olduğu kuruluş ve kuruluşun bulunduğu il.
- Özet
- Makalenin ana kısmı
- Teşekkür (gerekli ise)
- İngilizce başlık ve özet
- Kaynakça
- Ek (ler) (varsa)

Makalenin adı, olabildiğince kısa, gereksiz ayrıntıdan arınmış olmalı, ancak gerekli anahtar sözcükleri içermelidir.

Yazarların ad ve soyadları, ünvanları, bağlı olduğu kuruluş ve bulunduğu il verilmelidir. Ayrıntılı görev ve adres ise ayrı bir kağıtta ve yazarların kısa özgeçmişleri ile birlikte belirtilmelidir.

Özette sadece sonuçlar değil fakat makalenin tümü çok kısa ve öz şekilde açıklanmalıdır. Özet, makalenin konusu, kapsamı ve sonuçları hakkında fikir verebilmeli, ilgili anahtar sözcük ve deyimleri içermelidir. 100 kelimeyi geçmeyen Türkçe özeti İngilizcesi de Türkçe özeten sonra konulmalı ve makale başlığının İngilizcesi de mutlaka yazılmalıdır. Bu konuda istenirse dergi yayın kurulu yardımcı olabilir.

Makalenin ana kısmında makalenin amacından söz edildikten sonra bir mantık zinciri içinde sorun tanıtılmalı, çözüm yolları ve diğer bilgiler verilerek sonuçlar ve bunların değerlendirilmesi sunulmalıdır.

Teşekkür kısmında gerekiyorsa kişi, kuruluş ya da firmalara teşekkür edilebilir. Özellikle firma adlarının bu bölümünün dışında başka bir yerde verilmesine özen gösterilmelidir.

### Başlıklar

Gerek makalenin yapısını belirlemek, gerekse uzun bölümlerde düzenli bir bilgi aktarımı sağlamak için üç tür başlık kullanılabilir:

- Ana Başlıklar,
- Ara Başlıklar,
- Alt Başlıklar,

Ana Başlıklar: Bunlar, sıra ile, özet, makalenin ana kısmının bölümleri, teşekkür (varsa), kaynakça, ekler (varsa) den oluşmaktadır. Ana başlıklar büyük harflerle yazılmalıdır.

Ara Başlıklar: Yalnız birinci harfleri büyük harfle yazılmalıdır.

Alt Başlıklar: Yalnız birinci harfleri büyük harflerle yazılmalı ve hemen başlık sonunda iki nokta üstüste konularak yazıya aynı satırdan devam edilmelidir.

## Matematiksel Bağıntılar

Matematiksel bağıntılar, daktilo ile veya elle anlaşılır şekilde açık ve seçik olarak yazılmalı, Türkçe alfabenin dışındaki karakterleri sayfanın sol tarafındaki boşlukta ayrıca ne oldukları yazı ile belirtilmelidir. Üst ve alt harf veya rakamlar belirgin bir şekilde yazılmalıdır. Özellikle daktilo kullanımında "l" (le) harfi ile "1" (bir) sayısının, "O" harfi ile "0" (sıfır) sayısının karıştırılmamasına özen gösterilmelidir. Metin içindeki bağıntılar 1 (bir)'den başlayarak sıra ile numaralandırılmalı ve bu numaralar eşitliğin bulunduğu satırın sağ kenarına parantez "( )" içinde verilmelidir.

### Birimler

Zorunlu olmadıkça sadece S.I. birimleri kullanılmalıdır. S.I. dışında birim kullanıldığında, fiziksel büyüklüğün S.I. eşdeğeri ve birimi parantez içinde verilmelidir.

### Şekiller ve Çizelgeler

Şekiller, küçültme ve basımda sorun yaratmamak için siyah mürekkep ile, düzgün ve yeterli çizgi kalınlığında aydın ve beyaz bir kağıda çizilmelidir. Her şekil A4 boyutunda ayrı bir sayfada olmalıdır. Şekiller 1 (bir)'den başlayarak ayrıca numaralandırılmalı ve her şeklin altına alt yazılarıyla birlikte yazılmalıdır. Çizelgeler de şekiller gibi, 1 (bir)'den başlayarak ayrıca numaralandırılmalı ve her çizelgenin üstüne başlığıyla birlikte yazılmalıdır.

Çizelge başlıklarının sadece ilk kelimesinin baş harfi büyük harfle, diğer harfleri ve kelimeler küçük harfle yazılmalıdır. Çizelge başlıkları, ayrıca bir sayfada da sıra ile verilmelidir.

### Dip Notu

Dip notu gereken yerlerde bu bir üs numarası <sup>1</sup> ile belirtilmelidir. Buna karşılık gelen dip notu aynı sayfanın altında ara metinle bir çizgi ile ayrılmış olarak verilmelidir.

### Resimler

Resimler parlak sert (yüksek kontrastlı) fotoğraf kağıdına basılmalıdır. Ayrıca şekiller için verilen kurallara uyulmalıdır. Özel koşullarda renkli resim baskısı yapılabilecektir.

### Kaynakça

Makale içinde gönderme yapılan (atıfta bulunulan) her türlü basılı yayın makalede söz edildiği sırada ve köşeli parantez [ ] içinde verilmelidir. Dergilerde yayınlanan makaleler kitaplar, raporlar, tezler kongre ve sempozyumlarda sunulan makaleler aşağıdaki örneklerde verilen şekilde yazılmalıdır.

### Dergi Makalesi

1. Richie, G.S., Nonlinear Dynamic Characteristics of Finite Journal Bearings, **Trans, ASME, J. of Lub. Technology**, 105 (1983) 3, 375-376.

### Kitap

2. Shigley, J.E. ve Mitchell, L.P., **Mechanical Engineering Design** McGraw - Hill Book Company, New York, 1983.

### Rapor

3. Arslan, A.V. ve Novoseletsky, L., **A. Mathematical Model to Predict the Dynamic Vertical Wheel/Rail Forces Associated with Low Rail Joint**, AAR Technical Center, Technical Report, No. R-462, October 1980.

### Kongre Makalesi

4. Adalı, E. ve Tunalı, F. Bilgisayar Denetimli Tezgaha Geçiş **1 Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi Bildiri Kitabı**, 287-293, ODTU, 1984

## Makalenin Uzunluğu ve Yazımı

Makaleler yaklaşık 4000 kelimeyi ve 10 adet şekli ve çizelgeli aşmama şeklinde hazırlanmalıdır. Makaleler daktilo ile A4 kağıdının tek yüzüne, iki aralıklı olarak yazılmalı ve sayfa kenarlarında yeteri kadar boşluk bırakılmalıdır. Şekillerin orjinalleri de dahil olmak üzere makale üç kopya gönderilmelidir.

Kabul edilen makaleler dergi için yapılan dizgi ve şekilsel düzenlemeden sonra kontrol için basımdan önce yazarına gönderilir.

Yayınlanmasın veya yayınlanmasın gönderilen makaleler yazarına geri gönderilmez. Yazılardaki fikir ve görüşler yazarına, çevirden doğacak sorumluluk ise çevirene aittir.

## YAYIN HAKKI

Dergide yayınlanan makalelerin her türlü yayın hakkı Makina Tasarım ve İmalat Derneği'ne aittir. Dergideki yazılar, yazılı izin alınmadan başka yerde yayınlanamaz ve çoğaltılamaz.

## YAZIŞMALAR

Belirtilmemesi durumunda konuyla ilgili yazışmalar birinci yazarın adresine gönderilir.

### 1. Örnek dip notu