

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.

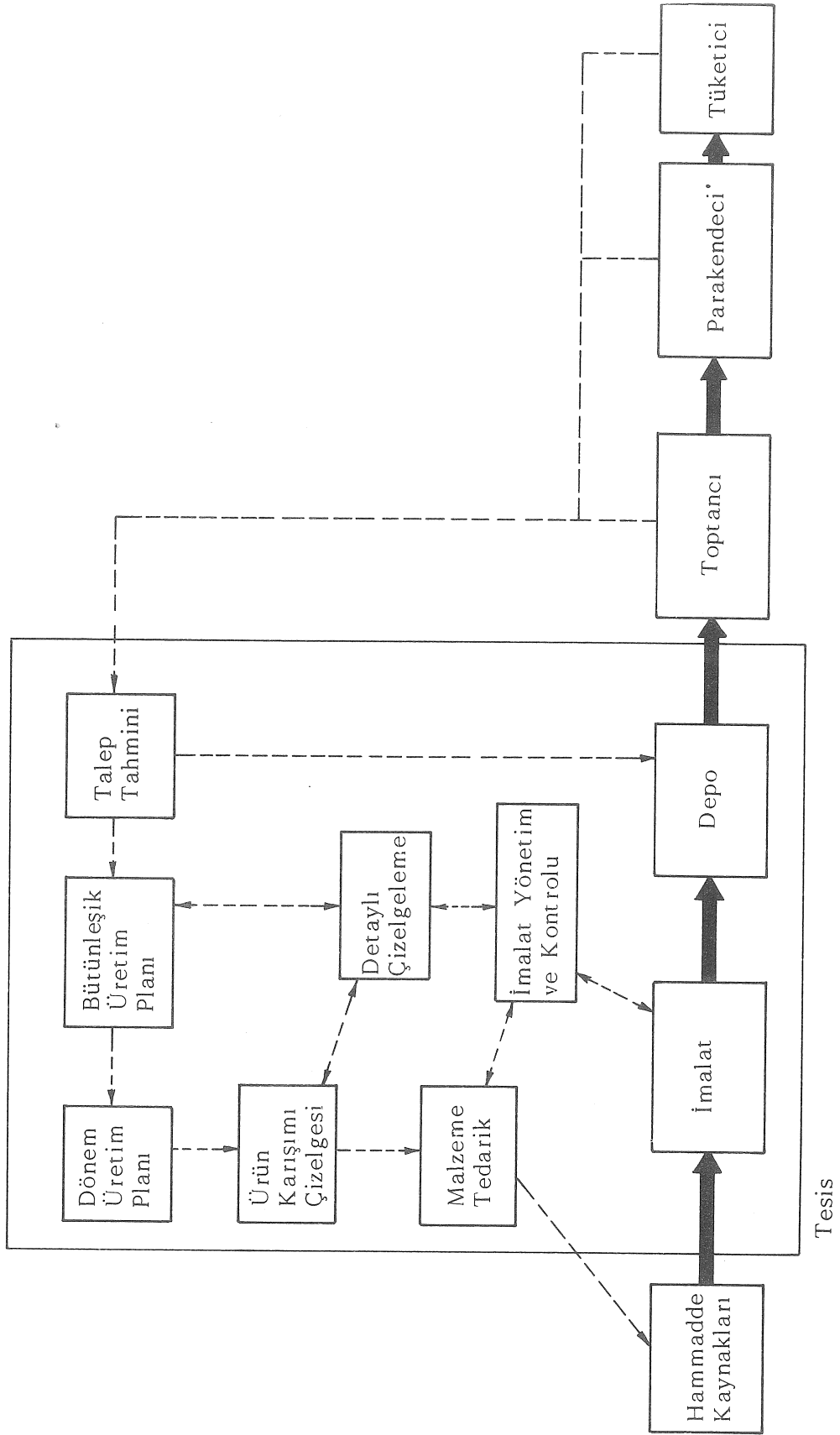
Bu makalede bilgisayar yardımı ile çizelgeleme konusu tartışılmaktadır. Önce çizelgeleme işlevinin işletmelerin değişik işlevleri arasındaki konumu ve bunlarla olan etkileşimi incelenecektir. Daha sonra bir kaç değişik üretim ve hizmet biriminde bilgisayar yardımı ile çizelgeleme örnekleri incelenecektir.

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 yapılacağını 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 bağlı 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

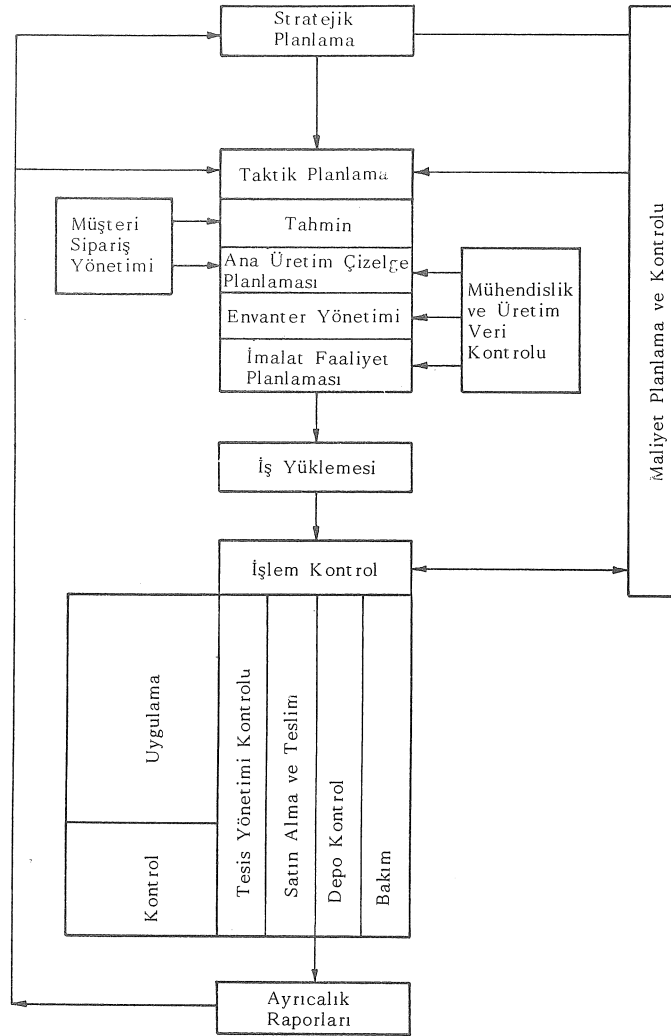
- ürün ağaçları,
- üretim teknolojisi,
- tezgah ve makina özellikleri,
- talep ve teslim süreleri

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 insan gücü 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.

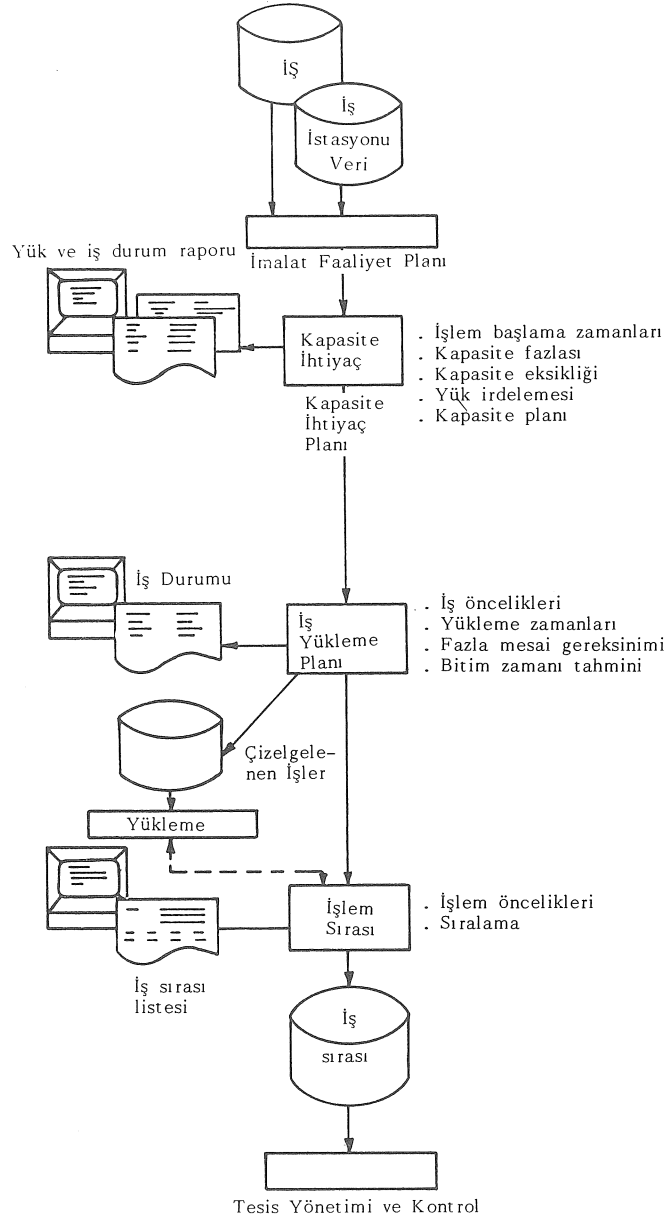
8. Tesis Yönetim ve Kontrolü: Her işin tesis içindeki akışını takip eder. Kontrol, malzeme kışı ve teçhizatın eşgüdümünü sağlar.

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 kafile 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 kafile 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.

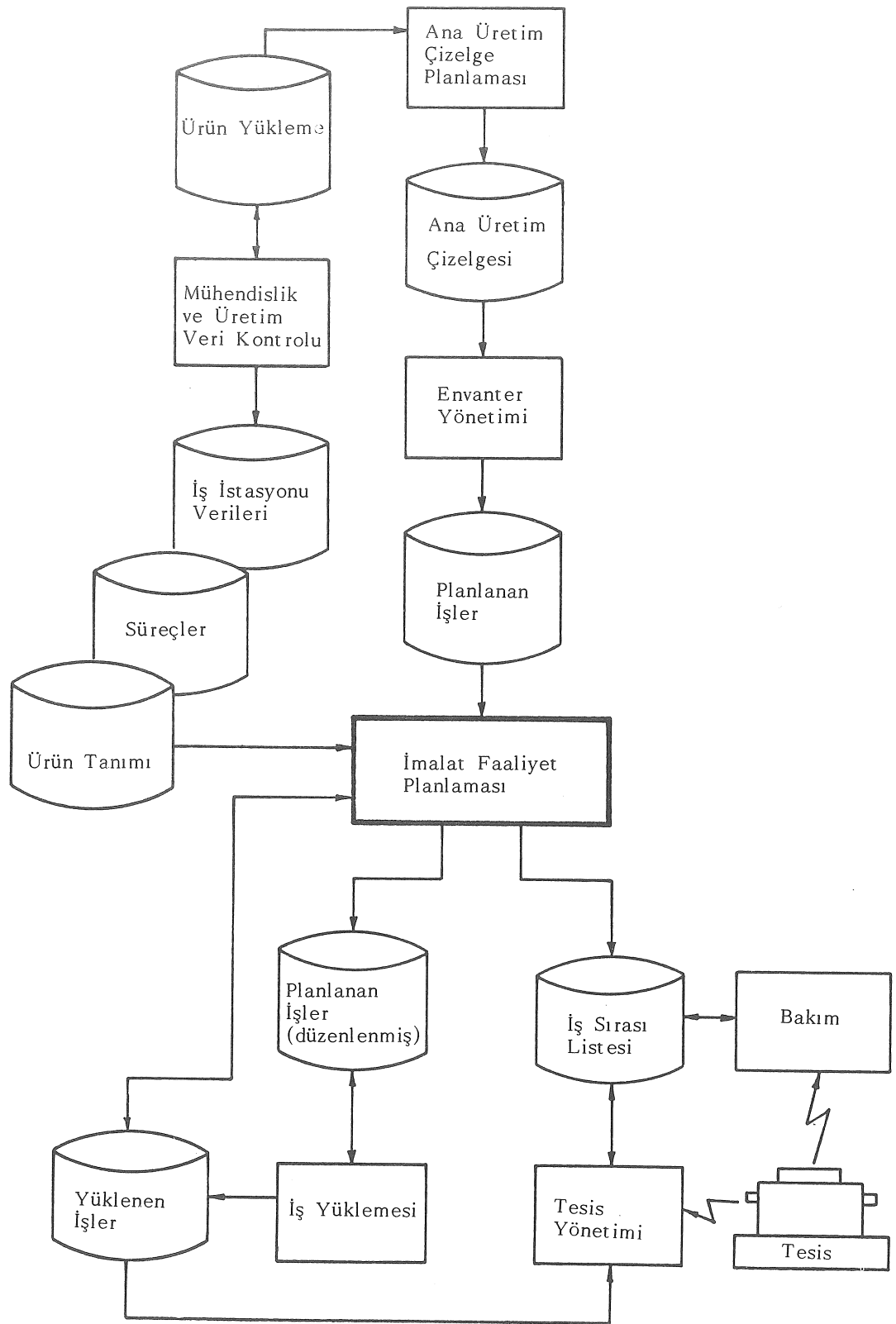
HUGHES AIRCRAFT COMPANY ATELYE KONTROL SİSTEMİ [2]

Büyük bir havacılık kuruluşu olan Hughes, karmaşık elektronik sistemler için tasarım, araştırma ve imalat ihalelerine girmektedir. Burada inceleme 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.

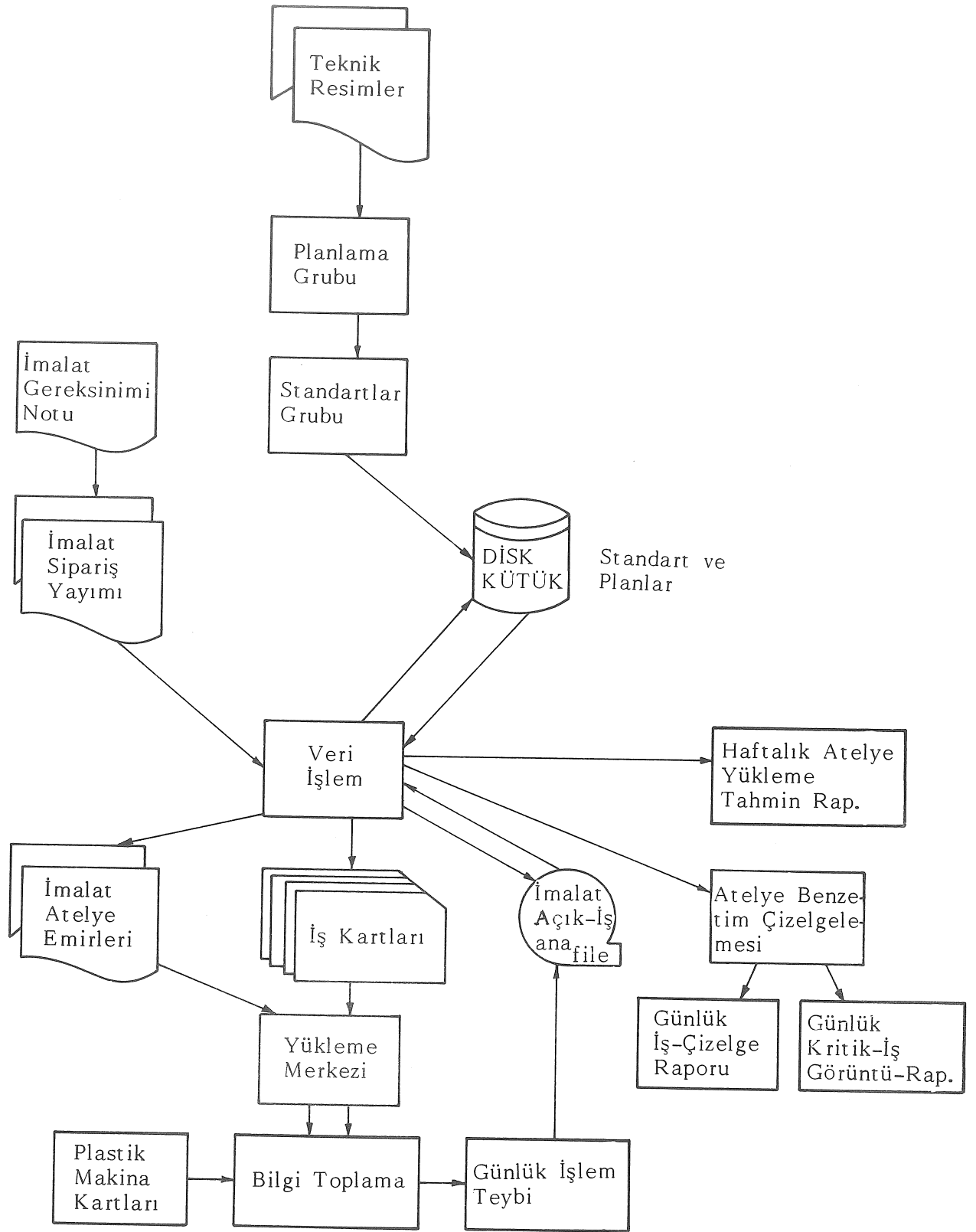
Tamamı bilgisayarla yönetilen atelye planlama, çizelgeleme ve kontrol sistemi Şekil 5'de özetlenmiştir. Ürün teknik resimlerinin yayınlanması ile işlem süreç planlaması ve standart zamanlarının saptanması yapılmaktadır. Bu bilgiler bir kütüğe geçirilmektedir. montaj hattından imalat gereksinmesi notu 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 işlemcilerde de uygulanmıştır. 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.