

ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ ÇEVRESİNDE
ÜRETİM PLANLAMASINDA AMAÇ PROGRAMLAMASI
YAKLAŞIMI

Ediz Atmaca.....

Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında

Şubat-1992

ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ ÇEVRESİNDE
ÜRETİM PLANLAMASINDA
AMAÇ PROGRAMLAMASI
YAKLAŞIMI

Ediz Atmaca

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Doç. Dr. Nihat Yüzügülü

Şubat-1992

Ediz Atmaca'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Esnek Üretim Sistemi Çevresinde Üretim Planlamasında Amaç Programlaması Yaklaşımı" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

11 NİSAN 1992

Oye : Prof. Dr. İsmail KAYA

Oye : Doç. Dr. Nimetullah

Oye : Doç. Dr. Nihat YÜZÜĞÜLLÜ
(Dönüşman)

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

29 NİSAN 1992 gün ve 312-9

sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA

Enstitü Müdürü

ÖZET

Çalışmanın amacı, mekanik işlemlerle imalat yapan bir üretim sisteminde, grup teknolojisi ilkeleriyle oluşturulan parça grupları için, esnek üretim sistemleri temel alınarak, amaç programlama yaklaşımının uygulanmasıdır.

Çalışmada öncelikle, konuya temel teşkil eden amaç programlamayla ilgili kuramsal bilgi verilmiştir. Esnek üretim sistemlerinin tanımlanması, esneklik çeşitleri, problem alanları, geçirdiği teknolojik gelişim, üstünlük ve kısıtlamaları açıklanmıştır. Daha sonra çok amaçlı karar verme yöntemleri ve bunun bir alt bölümü olan amaç programlama hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmayla ilgili kuramsal bilgiler verildikten sonra, işlemleri gruplayarak parça ailelerinin oluşturulup makina sayısının azaltılması amacıyla grup teknolojisi ilkeleri uygulanmıştır. Grup teknolojisi ilkeleri uygulanarak parça ve makina grupları oluşturulmuştur. Gruplamada uygulama ve işlem kolaylığı açısından derece sıralama ve kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Amaç programlama modeline temel teşkil eden, sistemin hedef ve öncelikleri belirlenmiştir. Belirlenen öncelikler kümesine göre, parça gruplarına amaç programlama modeli uygulanmıştır. Model, QSB paket programı yardımıyla çözülerek, seçilen planlama dönemi için parça gruplarının üretim miktarları belirlenmiştir.

Model, öncelik sırası değiştirilerek tekrar çözülmüştür. Öncelik sırası değiştiğinde amaca ne ölçüde erişildiği incelenerek bir karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmada, EÜS'de makina yükleme probleminin, amaç programlama modeline başvurulmasıyla etkin olarak çözülebilirliği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Esnek üretim sistemleri, amaç programlama, grup teknolojisi

SUMMARY

The aim of this study is to apply goal programming approach by taking flexible manufacturing systems as a base, for part groups, manufactured by group technology in a mechanical processing manufacturing system.

First, conceptual information is given about the subject. The definition of flexible manufacturing system, types of flexibility, problem areas, technological development, benefits and restrictions are considered. Then, multi goal decision making principles and its subgroup, goal programming are described.

After conceptional informations about the work, processes are grouped, part families are constructed and group technology principles are applied for number of machines reduction. Part and machine groups are constructed by applying group technology principles. For easy evaluation and application, rank-order-clustering method is used. The priorities and targets that are based for goal programming model, are specified. Due to these priorities, goal programming model is applied to part groups. Model is solved by QSB software and the amount of production is specified for the planned duration. Then, by changing priorities the model is solved again. A comparison is done between these different priorities. In this study, it is proved that machine loading problem in flexible manufacturing system can be solved effectively by using goal programming model.

Key words : Flexible manufacturing systems, goal programming, group technology

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yardımcı olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nihat Yüzügüllü'ye yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, uygulama yaptığım Eskişehir TÖLOMSAŞ Motor Fabrikası personeline de fabrikada çalıştığım süre içindeki ilgi ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ediz ATMACA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ESNEK ÜRETİMİN YERİ	3
2.1. Üretim ve Üretim Sisteminin Tanımlanması	3
2.2. Üretim Sistemleri Tasarımı ve Modelleme Yaklaşımları	4
2.3. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	6
2.4. EÜS'ne Duyulan Gereksinim ve Ortaya Çıkması	8
2.5. Makina Sistemlerinin Karşılaştırılması	9
3. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ VE BUNLARDA KARŞILAŞILAN KARAR PROBLEMLERİ ...	13
3.1. Esnek Üretim Sisteminin Tanımlanması ve Ana Bileşenleri	13
3.2. Esneklik Çeşitleri	19
3.3. Esnek Üretim Sisteminin Geçirdiği Teknolojik Gelişimi	20
3.4. Esnek Üretim Sisteminin Üstünlükleri ve Kısıtlamaları	20
3.5. Esnek Üretim Sistemlerinde Karşılaşılan Karar Problemleri ve Çözüm Yaklaşımları	23
3.5.1. EÜS Problem Alanları	23
3.5.2. EÜS Problemlerinin Çözümü İçin Kullanılan Yaklaşımlar	25
4. EÜS'DE KARAR VERMEDE AMAÇ PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI VE BİR ALGORİTMA ...	27

4.1. Esnek Üretim Sistemi Çevresinde Üretim Planlamasında Amaç Programlaması Yaklaşımı İçin Algoritma Denemesi	28
4.1.1. Uygulama İçin Hazırlanan Algoritma Adımları	28
4.1.2. Esnek Üretim Sistemlerinde Karşılaşılan Gruplama Problemleri	28
4.1.3. Esnek Üretim Sistemlerinde Gruplama Yöntem ve Teknikleri	28
4.1.4. Derece Sıralama ve Kümeleme Yöntemi	29
4.2. Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri ve Amaç Programlamanın Yeri	30
4.2.1. Amaç Programlamanın Tanımı	31
4.2.2. Amaç Programlamanın Tarihçesi	33
4.2.3. Amaç Programlamanın Formülasyonu	33
4.2.4. Amaç Programlaması Çeşitleri	35
5. UYGULAMA AŞAMASI VE ÇÖZÜM	38
5.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtımı	38
5.2. Uygulamada Kullanılacak Olan Yaklaşım Hakkında Bilgi Verilmesi	38
5.3. Algoritma Adımlarının Uygulanması	39
5.4. Çözüm Sonuçları	50
5.4.1. Modelin Çözümü ve Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması	50
5.4.2. Modeldeki Öncelik Sıralarının Değiştirilerek Tekrar Çözüm Sağlanması	51
5.4.3. Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR DİZİNİ	57

EKLER

1. Derece Sıralama ve Kümeleme Yöntemi Akış Şeması
2. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{01} En İyi Çözümü
3. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{02} En İyi Çözümü
4. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{03} En İyi Çözümü

5. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{04} En İyi Çözümü
6. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre Çözüm Sonuçları
7. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{04} En İyi Çözümü
8. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{01} En İyi Çözümü
9. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{03} En İyi Çözümü
10. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{02} En İyi Çözümü
11. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre Çözüm Sonuçları
12. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{02} En İyi Çözümü
13. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{01} En İyi Çözümü
14. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{03} En İyi Çözümü
15. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre, X^*_{04} En İyi Çözümü
16. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre Çözüm Sonuçları

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Genel Bir Üretim Sistemi	3
2.2. Makina Sistemlerinin Esneklik-Verimlilik Yönüyle Karşılaştırılması	11
3.1 EÜS'nin Uygun Olduğu Yerler,	14
3.2. Farklı Parça Çeşitlilikleri ve Hacimleri Arasındaki İlişki	16
3.3. Esnek Üretim Sistemlerinin 5 Grubu	17
3.4. İlgili Sistemlerle EÜS Kavramına Başvurulan Alanlarla İlgili Bütünleşik Yapı	18

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Orta-Yüksek Hacimdeki Makina Sistemlerinin Karşılaştırılması	12
4.1. Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması	32
4.2. Hedefler ve Sapma Değerleri Arasındaki İlişki	34
5.1. Parça-İşlem Sıra Listesi	40
5.2. Parça-İşlem Sıra Matrisi (Rota Matrisi)	41
5.3. Yöntemin İşlem Sırasına Göre Oluşturulan Matris (1)	41
5.4. Yöntemin İşlem Sırasına Göre Oluşturulan Matris (2)	42
5.5. Grupların Oluşturulduğu Matris	42
5.6. Derece Sıralama ve Kümeleme Yöntemine Göre Parça ve Makina Grupları	43
5.7. Yeniden Düzenlenmiş Parça ve Makina Grupları	44
5.8. İşlem Süreleri	47
5.9. Parça Grupları İçin Dönemlik Talep Miktarları	48
5.10. Herbir Parça Grubu İçin Palet Kullanım Süreleri	49

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
X_{ij}	Üretim miktarıyla ilgili karar değişkeni
C_k	Birim X_{ij} 'nin katkısı (Maliyet olarak)
^+D_i	i. mutlak kısıt veya hedefle ilgili pozitif sapma
^-D_i	i. mutlak kısıt veya hedefle ilgili negatif sapma

Kısaltma

EDS	Esnek üretim sistemleri
NK	Nümerik kontrol
DNK	Doğrudan nümerik kontrol
BNK	Bilgisayarlı nümerik kontrol

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen teknolojik ilerlemelerin verimliliğe katkıları inkar edilemez. Esnek üretim sistemleri de üretimde mevcut olan bir trend değişiminin sonucu ortaya çıkan ve son yıllarda gelişen bir kavramdır.

Geleneksel parti tipi üretimde parça başına düşen maliyetin yüksek olması önemli bir problem alanı olmaktadır. Bu sistemlerdeki diğer iki ana sorun ise parti büyüklükleri ve partilerin çizelgelenmesidir. Geleneksel üretim sistemlerindeki problemlerin çözülmesi amacıyla birçok çalışmalar yapılmıştır. Esnek üretim sistemleri de bu çalışmaların sonucu ortaya çıkan bir kavramdır.

1.bölüm giriştir. 2. bölümde üretim sistemleri açıklanmıştır. Üretim sistemlerinde modelleme yaklaşımları, sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra esnek üretim sistemine duyulan gereksinimle, ortaya çıkış nedenleri açıklanmıştır.

3.bölümde esnek üretim sistemleri ve bunlarda karşılaşılan problem alanları tanıtılmıştır. Esneklik kavramı üzerinde durularak, esneklik çeşitleri, esnek üretim sisteminin tarihçesiyle, esnek üretim sisteminin üstünlük ve kısıtlamaları verilmiştir. Esnek üretim sistemlerindeki problem alanları sınıflandırılarak, çözüm yaklaşımları açıklanmıştır.

4.bölüm esnek üretin sistemlerinde karşılaşılan karar problemlerinin çözümünde amaç programlama yaklaşımının uygulanması ve algoritma hazırlanmasıdır. Bu bölümde, çok amaçlı karar verme yöntemleri ve amaç programlamanın yeri, amaç programlamanın tarihçesi ve formülasyonu üzerinde durulmuştur. Algoritma adımları oluşturularak, algoritma adımlarından birisi olan gruplama tekniklerine de bu bölümde yer verilmiştir. Uygulamada kullanılan derece sıralama ve kümeleme metodu açıklanarak işlem sırası verilmiştir.

5.bölüm EÜS çevresinde amaç programlaması yaklaşımı için hazırlanan algoritmanın uygulanmasıdır. Uygulama yapılan işletme hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra, algoritma adımları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Daha sonra hazırlanan modelin QSB paket programı yardımıyla bulunan sonuçları açıklanmıştır. Modeldeki öncelik sıraları değiştirilerek yeni

sonuçlar elde edilmiştir. ncelik sırasındaki değişikliklerin zm ne şekilde etkilediğine bakılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

6.bölüm tezin son bölümü olan sonuç ve öneriler bölümüdür. Bu bölümde çalışmanın sonuçları özetlenmiştir. Çalışmada kullanılan modelin üstünlükleri açıklanarak, hangi durumlarda uygulanması gerektiği de belirtilmiştir.

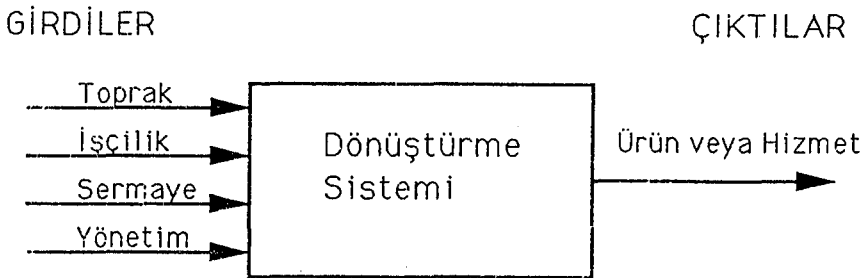
2. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ESNEK ÜRETİM SİSTEMİNİN YERİ

2.1. Üretim ve Üretim Sisteminin Tanımlanması

Üretimi pek çok değişik şekilde tanımlamak mümkündür. Fakat en genel anlamda üretim, çeşitli işlemler yardımı ile bir mamul üretmek veya bir hizmet vermek anlamındadır (Savsar,1984).

Üretim, mühendisler tarafından bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini artırıcı bir değişiklik yapmak veya hammadde ve yarı mamulleri mamule dönüştürmek olarak tanımlanır (Buffa, 1965). Ekonomistler ise üretimi bir fayda meydana getirilmesi şeklinde düşünürler. Bunlardan da anlaşılacağı gibi, üretim, içeriği çok geniş olmasına karşın, ana amacı topluma değer yaratmak olan bir fonksiyondur.

Diğer bir tanımlamayla servis veya ürün oluşturulması işlemlerine üretim denir (Nişancı, 1984). Bu tanım imalat, eğitim, ulaşım, dağıtım gibi değişik sistemleri içerir. Diğer bir deyişle, üretim sistemleri sadece fiziksel üretimi kapsayan sistemlerle sınırlandırılmamıştır. Genel olarak, ürün veya servis oluşturulması için gerekli dönüşüm süreçlerini kapsayan ve bir takım girdilerden oluşan sisteme üretim sistemi denilmektedir. Şekil 2.1.'de genel bir üretim sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Genel Bir Üretim Sistemi

Üretim girdileri aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır (Savsar, 1984):

- a) Üretim malzemeleri
 - Ana malzemeler (hammadde)
 - Yardımcı malzemeler (elektrik, klima v.s.)
- b) Üretim işçiliği
- c) Üretim ortamı (makina ve ekipmanlar)
- d) Üretim bilgisi

Bu girdilerin sonucu olarak, üretim sisteminden çıktılar, yani işlenmiş parçalar veya mamuller elde edilir. Üretim sistemleri ise bu girdiler, dönüştürme ve çıktılarından oluşmaktadır.

2.2. Üretim Sistemleri Tasarımı ve Modelleme Yaklaşımları

Üretim sistemi tasarlanırken gözönünde bulundurulacak değişkenler kontrol edilebilen ve edilemeyen değişkenler olarak ayrılırlar. Ayrıca sistemin amaçları ve kısıtları da belirlenir. Kontrol edilebilen değişkenlere en uygun değerler verilerek, belirlenen kısıtlar altında, istenen amaçlara optimum bir şekilde erişilebilir. Bunu sağlamak için, tasarlanan sistemin modeli kurulur ve modelden gidilerek en uygun değerler elde edilir.

Üretim sistemleri genellikle çok karmaşık ve birçok alt sistemleri içerdikleri için bütün sistem için bir model kurmak mümkün değildir. Bu bakımdan sistemin alt sistemleri ayrı ayrı modellenir ve en uygun çözümleri aranır.

Sistemin davranış gösterimi olan modeller yapılarına, kullanım amaçlarına, zamanla olan ilişkilerine, çözüm şekillerine, fonksiyonel ilişkilere ve benzeri bakış açılarına göre sınıflandırılmaktadır. Modelleri oluşum düzeylerine göre aşağıda sıralanan dört başlıkta inceleyebiliriz (Kara, 1985):

1. Kapalı (gizil) model
2. Kavramsal model
3. Mantıksal akış modeli

4. Matematiksel model

Yöneylem Araştırmasında kullanılan modeller uyuşum, benzeşim ve simgesel modeller şeklinde de incelenmektedir. Simgesel modelleri matematiksel modeller karşılığında ele almak olurludur. Uyuşum ve benzeşim modelleri aslında mantıksal akış modelidir. Öte yandan modeller kavramsal, şematik, analog, fiziksel, matematiksel ve benzetim şeklinde de sınıflandırılmaktadır.

Yukarıdaki modelleri kısaca açıklarsak :

1.Kapalı (Gizil) Model: Bir sistemin iletişim araçlarıyla açığa çıkartılmamış davranış ilkelerine kapalı (gizil) model denir.

2.Kavramsal Model: Bir sistemin kapalı modelinin konuşma ya da yazma ile gösterimine kavramsal model denir.

3.Mantıksal Akış Modeli: Sistemin kavramsal modelinin şekil ve benzeri çizgilerle gösterimine mantıksal akış modeli denir.

4.Matematiksel Model: Bir sistemin mantıksal akış modelinin simgesel (sembollerle) gösterimine matematiksel model denir. Matematiksel model, çözümleri sistemin durumunu açıklayan veya haber veren bir eşitlikler kümesi olarak da tanımlanmaktadır. Sistemin davranışlarının anlama açıklama ve yorumlamada matematiksel modelin yararları şöyle sıralanabilir:

i)Matematiksel modeller bir sistemin anlaşılması ve kavranmasında diğer modellerden daha kullanışlıdır.

ii)Matematiksel model sistemin kavramsal açıklanmasında yeterince irdeleme olanağı bulunmayan özellikleri de kapsayabilir.

iii)Matematiksel model etkinlik ölçümünü taşıyabilir.

iv)Problemin bütünü ele alma ve problemi temel değişkenleri açısından ardışık irdeleme olanağını verir.

v)Matematiksel modeller eylem seçeneklerine göre, matematiksel teknikler yardımıyla sistemde ölçülü karşılaştırma yapma olanağını verir.

Matematiksel modeller sistemdeki işlevsel ilişkileri matematiksel ifadelerle göstermeye ve en iyilemeye yarayan modeller olup şu şekilde sınıflandırılabilir (Savsar, 1984):

- a)Klasik optimizasyon modelleri
- b)Matematiksel programlama
- c)Serim ve ağı analizleri
- d)Kuyruk teorisi
- e)Üretim Planlama ve çizelgeleme modelleri
- f)Stokastik işlemler
- g)Fonksiyonel analiz
- h)Benzetim modelleri

2.3. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması :

Üretim sistemlerini, üretim yöntemi, mamul cinsi, mamul miktarı veya üretim akışı kriterlerine göre farklı biçimlerde sınıflandırmak mümkündür (Kobu, 1987). Buna göre:

1.Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma :

a)Birincil (Primer) Üretim: Doğada mevcut hammaddelerin işlenmek veya kullanılmak üzere çıkartılması sözkonusudur. Demir, bakır v.b. madenler ile ham petrol üretimi örnek verilebilir.

b)Analitik Üretim: Doğadan elde edilen temel hammaddelerin bazıları daha sonra ayırıcı işlemlerle parçalanıp işlenerek çeşitli mamullere dönüştürülebilir. Şeker pancarından şeker, ham petrolden benzin elde edilmesi v.b. bu üretim sınıfına girer.

c)Sentetik Üretim: Doğadan elde edilen temel hammaddelerin bazıları da birleştirici işlemlerle yeni mamullere dönüştürülür. Plastik, cam v.b. örnek olarak verilebilir.

d)Fabrikasyon Üretimi: Temel veya diğer hammaddelerden şekil verme yoluyla yeni mamuller elde edilmesidir. Döküm, tornalama v.b. yöntemlerle şekil vererek mal üreten sistemler bu gruba girerler.

e)Montaj Üretim: Çeşitli hammadde, yarı mamul ve parçalar sistematik biçimde bir araya getirilerek karmaşık bir mamul üretilir. Otomobil, televizyon montaj yolu ile üretilen mamullerdir.

2.Mamul Cinslerine Göre Sınıflandırma: Mamula göre isim alan belli başlı üretim sistemleri şöyle sıralanabilir:

- a)Demir-Çelik Üretimi
- b)Kömür Üretimi
- c)Takım Tezgahları Üretimi
- d)Kimyasal Maddeleri Üretimi
- e)Elektriksel Araç-Gereç Üretimi
- f)Elektronik Mamuller Üretimi
- g)Tekstil Mamulleri Üretimi

3. Üretim Miktarına veya Akışına Göre Sınıflandırma:

a)Siparişe Göre Üretim: Tüketicinin veya müşteri firmanın zaman, miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlediği bir mamulün üretilmesidir. Miktar genellikle bir veya birkaç denilebilecek ölçüde azdır. Gemi, özel elektronik cihazların üretimi bu gruba girerler. Sipariş üretimi imalatın yapıldığı sürelerin düzeni bakımından üç alt gruba ayrılır:

- i)Az sayıda mamulün yalnız bir defa üretilmesi
- ii)Az sayıda mamulün talep geldikçe, belirsiz aralıklarla üretilmesi
- iii)Az sayıda mamulün belirli aralıklarda periyodik olarak üretilmesi

b)Parti Üretimi: Bir mamulün özel, bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak amacı ile belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Parti üretimi de sipariş üretimi gibi yalnız bir defalık, belirsiz ve belirli aralıklarda tekrarlanan olmak üzere üç alt gruba ayrılır. Parti hacmi büyüdükçe ve periyotlar belirli bir hale geldikçe üretim planlama ve kontrol tekniklerinin uygulanması daha verimli sonuçlar verir. Parti üretiminde iki temel problem vardır. Bunlardan biri en uygun parti büyüklüğünün saptanması, diğeri en küçük kapasite

kaybına yol açan üretim programlarının hazırlanmasıdır. Ev eşyası, konfeksiyon, gıda, otomobil gibi her çeşit tüketim malı parti üretimi grubunda yer alır.

c) Sürekli Üretim: Eldeki makina ve tesislerin yalnız belirli bir mamule tahsis edilmesiyle yapılan üretimdir. Söz konusu mamulün talep düzeyi üretim miktarları çok yüksektir. Sipariş ve parti üretimlerinde, üretim hızının talepten biraz yukarıda olmasına izin verilebilir. Başka bir deyişle, bir miktar stoklama yapılabilir. Sürekli üretimde ise ancak, talep hacminin üretimi her an yakından izlenmesi şartı ile faaliyetleri sürdürmek mümkündür.

Sürekli üretimi kütle ve akış tipi (süreç tipi) olarak iki alt gruba ayırmak mümkündür. Kütle üretiminde bir mamulden çok büyük miktarlarda ve uzun süre üretilir. Fakat gerektiğinde makina, yerleşme düzeni, tertibat, kalıp v.s. de bazı değişiklikler yapmak suretiyle başka tip mamulün üretimine geçme olanağı vardır. Akış (veya süreç) üretiminde makine ve tesisler yalnız bir cins mamulü üretecek şekilde tasarlanmış ve yerleştirilmiştir. Aynı yerde başka bir mamulü üretmek ya çok pahalıdır veya olanaksızdır. Çimento, şeker, petrol rafinerisi v.b. endüstriler akış üretiminin belli başlı örnekleridir.

2.4. EÜS'ne Duyulan Gereksinim ve Ortaya Çıkışı:

Parti tipi üretimde, düzgün bir akış olamaması nedeniyle problem kaynağı olan ve karmaşıklığa yol açan bir takım özellikler vardır. Bunlar, parçaların çeşitliliği, üretim işlemlerinin çeşitliliği, üretim kapasitesinin karmaşıklığı, üretim planlama ve çizelgelemede güçlüklerdir. Bu gibi nedenlerden dolayı, parti üretiminde parça başına düşen maliyet oldukça yüksektir.

Bu maliyetin düşürülmesi oldukça büyük bir problem olmuş ve bu konuda birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, endüstri mühendisliği, grup teknolojisi, gerçek zamanlı, üretim yönetimi, esnek üretim sistemleri ve modüler üretim sistemleri gibi kavramlar ortaya çıkmıştır (Savsar., 1984). Mamul çeşitliliğinin ortaya koyduğu problemleri çözmek için üretim sisteminin oldukça esnek olması ve her tür isteğe cevap verecek biçimde olması istenir.

Yönetimde, planlama, çizelgeleme ve diğer problem çözümlerinde esneklik sağlayabilmek ve ani kararlar verebilmek için belirli bir alanda uzmanlaşmış yöneticilere ihtiyaç vardır. Malzemede de esneklik sağlamak ve özellikle üretim tedarik süresini azaltabilmek için kolay işlenebilir malzemelere yönelmek ve hemen satın almayı sağlayabilmek gerekir.

Son zamanlarda, üretim sistemlerine esneklik kazandırabilmek için, artık makina ve tezgahlarda esnek bir duruma getirilmeye çalışılmaktadır. Özellikle birçok işlemleri yapabilen nümerik kontrollü tezgahlar ve makina merkezleri günümüzde artık birçok fabrikalarda kullanılır hale gelmiştir (Savsar, 1984).

2.5. Makina Sistemlerinin Karşılaştırılması

Esnek üretim sistemleri, üretimde meydana gelen değişmelerin sonucu ortaya çıkmıştır (Young et al., 1986). Üretim sürecinde bilgisayar teknolojisine başvurulması yılların birikimiyle meydana gelmiştir. Bilgisayar teknolojisinin ilk uygulandığı alanlar, yüksek hacimdeki üretimler için otomatik endüstrileri, düşük hacimdeki uzmanlaşmış alanlar için ise uzay endüstrisidir. Güçlü bir otomasyon sağlayan otomatik transfer hatları ABD'nin otomobil endüstrisine ekonomik yönde güçlü katkılarda bulunmuştur.

Otomatik transfer hattı, torna, freze, matkap v.s. gibi birçok makinanın parça transfer eden cihazlarla birbirine bağlanmasından meydana gelir. Üretim hattı boyunca tampon depoları ve kalite kontrol istasyonları olabildiği gibi, otomatik olmayan istasyonlar da olabilir. Üretim akış hatlarının otomasyonu aşağıdaki amaçlardan doğar (Savsar, 1984).

- 1) İşçilik giderlerini azaltmak
- 2) Üretim hızını ve verimini artırmak
- 3) Yarı işlenmiş mamul miktarını ve bunun sonucu olarakta stokta bulundurma giderlerini azaltmak
- 4) İşlemler arasında taşıma uzaklığını ve maliyetini azaltmak
- 5) İşlemlerin özelleştirilmesi
- 6) İşlemlerin bütünleştirilmesi

Otomatik transfer hatları 2 şekilde kurulabilir (Savsar, 1984):

1)Hal boyu otomatik sistemlerde makinalar ardarda seri halde sıralanmıştır. 90 derecelik dönmeler olabilir (Parça yönlendirme, fabrika düzenlemedeki limitler v.s. için). Fakat hattın giriş ve çıkış noktaları farklı yerlerdir.

2)Döner bir masa etrafında kurulan otomatik hat (indeksleme makinası).

Bir istasyondan diğerine parça trasferi 3 şekilde olabilir:

a)Sürekli transferde, iş parçası hareket etmekte olup herbir istasyonda işlem yapan makina, işlem bitinceye kadar, parça ile birlikte hareket eder.Bu tür işlemler genellikle şişelere sıvıların otomatik doldurulmasında, paketlemede ve el ile montaj yapılan hatlarda olur.

b)Eş zamanlı transferde, parçalar belirli aralıklarla bir istasyondan diğerine aynı anda transfer edilirler.Otomatik montaj hatlarında genellikle böyle olur.

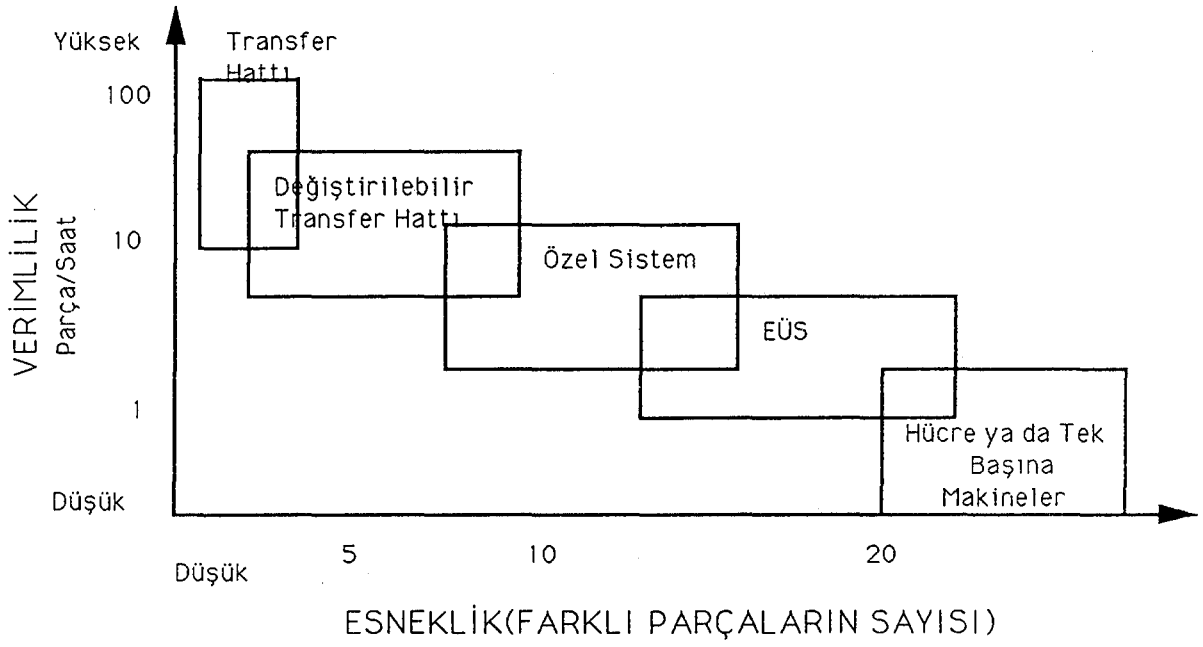
c)Eş zamanlı olmayan transferde, bir parçanın bir istasyondan diğerine transferinin başka parçaların transferi ile aynı anda olması gerekmez.Böyle sistemlerde ora stoklar kolayca kullanılabilir.

Orta hacimdeki üretim yapan işletmeler tüm üretim birimlerinin önemli bir yüzdesini oluşturur. Üretim hücreleri ve esnek üretim sistemleri şeklindeki orta hacimdeki üretim işletmelerin pazar yapısını değiştirmiştir. Bunlar değişen talep koşullarına göre üretimin etkinliği, daha düşük maliyetler ve pazar koşullarındaki değişmelere hemen cevap verebilmesidir.

Orta ve düşük hacimdeki üretim şeklindeki hücre tipinde, parça tipleri için gerekli tezgahlar bir yerde gruplandırılır ve en iyi şekilde düzenlenirler. Bu şekildeki düzenlemede parçalar daha kolay izlenebilir ve hücrede kalitenin nerede bozulduğu anlaşılabilir.Üretim sistemlerinin yüksek hacimden düşük hacime doğru karşılaştırılması yapıldığında, yüksek hacimdeki üretimde transfer hatları ve değiştirilebilir transfer hatları yer almaktadır. Orta ve düşük hacime doğru gidildikçe ise EÜS ve hücre tipi üretim görülmektedir. Çizelge 2.1.'de.

bu üretim sistemleri görülmektedir. Üretim sistemlerinin esneklik-verimlilik yönünde karşılaştırılması ise şekil 2.2'de gösterilmiştir (Huang et al.,1986).

Şekil 2.2'ye göre, verimliliği en yüksek olan sistem transfer hattıdır. Ancak, transfer hatlarında esneklik en düşük düzeydedir. Buna göre, verimlilik arttıkça esneklik azalmaktadır.



Şekil 2.2. Makina Sistemlerinin Esneklik-Verimlilik Yönüyle Karşılaştırılması

Çizelge 2.1. Orta-Yüksek Hacimdeki Makina Sistemlerinin Karşılaştırılması

Makina Sistemleri	Temel Özellikler
Transfer Hattı	-Maksimum fayda -Minimum direkt işgücü -En yüksek hacim -Esneklik yok
"Değiştirilebilir" Transfer Hattı	-Çeşitli parçaların parti üretimi -Yüksek/orta hacim -Transfer hattının 2 katı maliyet olabilir
Özel Sistem	-Malzeme taşıma ve düşük düzeyde kontrole bağlanmış bir veya daha fazla makinalar -Orta/yüksek hacim
EÜS	-Otomatik malzeme taşıma ve yüksek düzeyde kontrollu esnek makina serileri -Parçaların geniş çeşitlilikte rassal süreçlerine izin verilir. -Orta hacim
Hücre yada Tek Başına Makinalar	-EÜS'e benzer, fakat merkezi kontrol yoktur -Parti modunda parçaların işlem çeşitliliği -Orta/düşük hacim

3. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ VE BUNLARDA KARŞILAŞILAN KARAR PROBLEMLERİ

Esnek üretim sistemleri (EÜS), bilgisayar kontrollu malzeme taşıma sistemiyle bağlanmış nümerik kontrollu tezgahlardan oluşan otomatik parti imalat sistemi olarak tanımlanabilir (Huang et al.,1986).

EÜS'de genel amaç, üretilecek parçaların sistem içindeki hareketlerinin, otomatik malzeme taşıma sistemlerinin, çok yetenekli NK tezgahları tarafından gerçekleştirilmesidir. Bu gelişmiş otomatik malzeme taşıma sistemi ve tezgahlar bir ana bilgisayar tarafından merkezi olarak aynı anda kontrol edilmektedir. EÜS'lerin en önemli özelliği, belli bir süre boyunca insan müdahalesine gerek göstermeden çalışabilmeleridir (Huang et al.,1986).

3.1. Esnek Üretim Sisteminin Tanımlanması Ve Ana Bileşenleri

Esnek üretim sisteminin ana bileşenleri şunlardır (Fry et al.,1989):

- 1.Nümerik kontrollu imalat makineleri (NK,DNK,BNK)
- 2.İş parçalarının hareketleri için otomatik malzeme taşıma sistemi
- 3.Tam bir EÜS yönetimi için çevrim-içi bilgisayar kontrolü

EÜS aşağıdaki noktalarla tanımlanabilir (Huang et al.,1986):

- 1.Orta hacimdeki (200-20000 parça-yıl) ve orta çeşitlilikteki parçalar için kullanılır.

EÜS'nin uygun olduğu yerler şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

- 2.Süreç için en azından kısa dönemde verilen karışımarda benzer kalabilecek parçaların çeşitli tiplerinin tasarımını yapar.

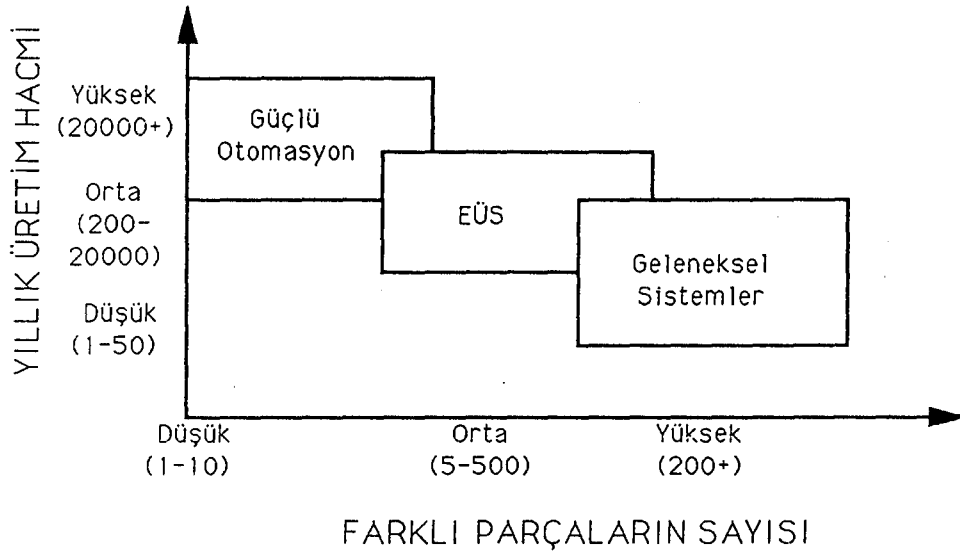
- 3.Takım değiştirme süresinin önemsiz olduğu, farklı parçaları işleme yeteneğine sahip, oldukça karmaşık esnek makina aletlerinden oluşur.

- 4.Parçalar bir makinadan diğerine, bilgisayar kontrollu malzeme taşıma sistemiyle gönderilir.

- 5.Parçalar makineler üzerindeki pozisyonlarını kolaylaştıran paletlere¹ bağlanır.

¹Paletler, EÜS'de işlem görecekt olan malzemelerin koyulduğu standart taşıma kolaylıklarıdır.

6. Taşıma sistemi ve makina aletleri arasında bulunan süreçteki işlerin otomatik aktarımı için bazı düzenekler sağlanır.



Şekil 3.1. EÜS'nin Uygun Olduğu Yerler

Esnek üretim sistemleri, otomatik malzeme taşıma, iş istasyonları ve kontrol işlemlerinin bütünleştirilmesini içerir. EÜS, yeni ürün tasarımları ve mühendislik değişimlerine kolay uyum sağlayabilme yeteneğine sahiptir.

BNK tezgahlarının sayısına göre farklı EÜS'ler tasarlanmıştır (Kusiak, 1984). Buna göre EÜS'ler beş gruptan oluşur:

1)Esnek üretim modülü (EÜM): Bir tezgahdan oluşur. EÜM'nin esnekliği, EÜM'de işlenebilir parçaların sayısı ile ölçülür.EÜM'de alet deposu ve palet değiştiriciler, sistemin elemanlarıdır. Esnekliği en az olan birimdir.

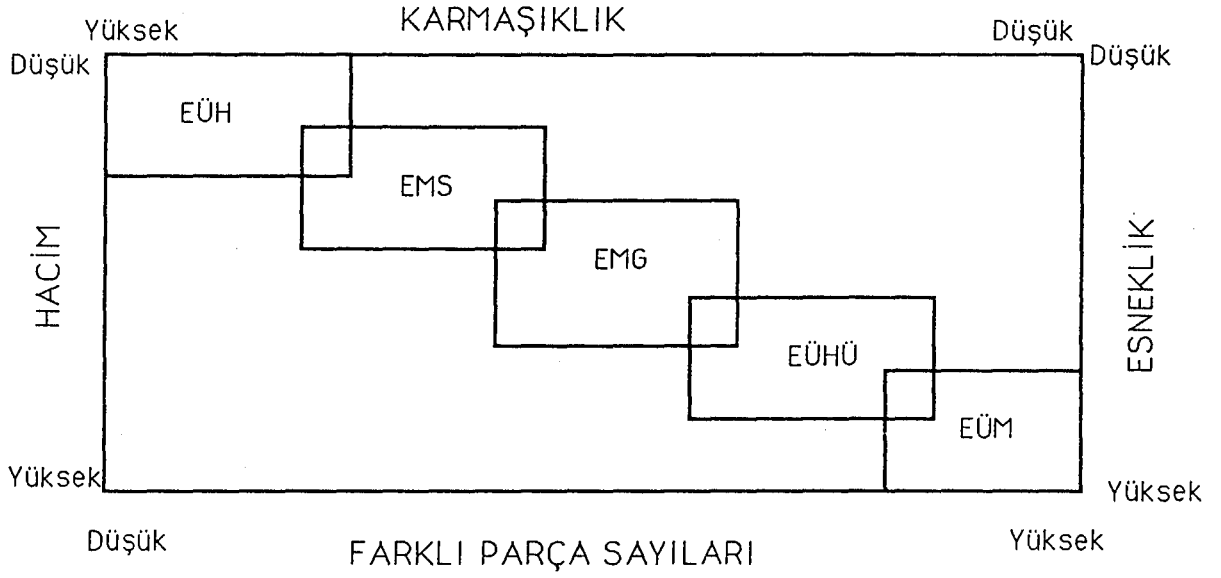
2)Esnek üretim hücresi (EÜH):Bir veya birkaç esnek üretim modülü ve bir otomatik taşıma ile oluşturulur.

3)Esnek makina grubu:Esnek üretim modülü ve esnek üretim hücrelerinin bir araya gelmesiyle oluşur.

4)Esnek üretim hattı (EÜH):Otomatik malzeme taşıma sistemiyle bağlanmış esnek üretim modüllerinden oluşur.

5)Esnek makina sistemi (EMS): Esnek üretim grubu, esnek üretim modüllerinin otomatik taşıma sistemiyle bağlandığı esnek üretim hattından oluşan sistemdir.

Farklı parça çeşitlilikleri ve hacimleri arasındaki ilişkilere göre esnek üretim sistemini oluşturan elemanlar şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Farklı Parça Çeşitlilikleri ve Hacimleri Arasındaki İlişki

EÜH : Esnek üretim hattı

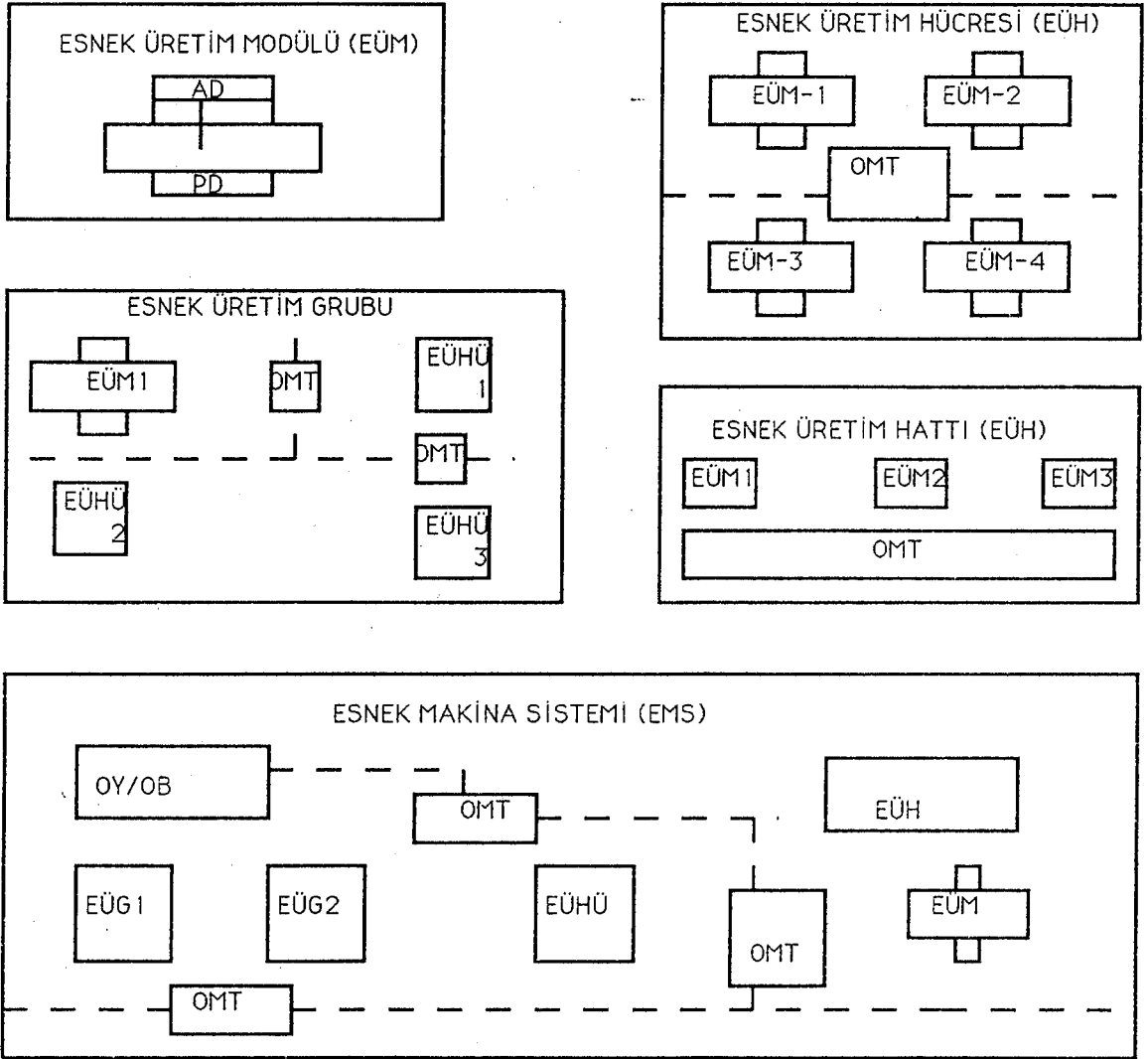
EMS : Esnek makina sistemi

EMG : Esnek makina grubu

EÜHÜ : Esnek üretim hücresi

EÜM : Esnek üretim modülü

Esnek üretim sisteminin 5 sınıfı Şekil 3.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Esnek Üretim Sistemlerinin 5 Grubu

- AD : Alet deposu
 PD : Palet değiştirici
 OMT : Otomatik malzeme taşıma
 OY : Otomatik yükleme
 OB : Otomatik boşaltma

3.2. Esneklik Çeşitleri

Esneklik sekiz grupta toplanmıştır (Browne et al.,1984). Bunlar tezgah,işlem,ürün,parça yönlendirme,üretim hacmi,gelişme, işleme ve üretim esneklikleridir. Genel olarak EÜS'den beklenen, ortamdaki değişikliklere kısa zamanda ayak uydurabilmektir.

Tezgah esnekliği, verilen parça tiplerinin üretiminde ihtiyaç duyulan değişikliklere cevap verebilme yeteneğidir.Tezgah üzerindeki takımları çabuk değiştirebilmek, takımları tezgahları arasında kolayca taşıyabilmek sistemin tezgah esnekliğini artırır.

İşlem esnekliği, verilen parça tiplerini değişik yollarla üretebilme yeteneğidir.Bir sistemde aynı anda işlenebilecek parçaların sayısı, o sistemin işlem esnekliğinin bir ölçütüdür.

Parça yönlendirme esnekliği, parçalar üzerindeki işlemlerin birden fazla tezgah tarafından gerçekleştirilmesidir.Parçalar birçok işlem yapma yeteneğine sahip tezgahlar tarafından işlem gördüklerinden, işlemler birden fazla tezgah tarafından gerçekleştirilebilir.

Üretim hacmi esnekliği, farklı üretim hacimlerde de ekonomik işletim yapabilme yeteneğidir. Değişik üretim hacimlerinde de sistemden beklenen karın gerçekleşmesi üretim hacmi esnekliğini gösterir.

Gelişme esnekliği, ihtiyaca göre esnek üretim sisteminin boyutlarını genişletebilme esnekliğidir. Sisteme yeni bir birimin ilavesi gerektiğinde genişleyebilme yeteneğinde olması gelişme esnekliğini gösterir.

İşleme esnekliği, verilen parça tipleri için işlem sıralarını değiştirebilme yeteneğidir.Bir parçanın işlemleri arasındaki öncelik ilişkileri ne kadar az ise, o sistemin işleme esnekliği de o kadar fazladır.

Ürün esnekliği, ürünleri daha ekonomik ve hızlı üretebilmek için, üretimi tümüyle değiştirebilme yeteneğidir.Sistemde yeni bir ürün üretebilme yeteneğidir.

3.3. Esnek Üretim Sisteminin Teknolojik Gelişimi

EÜS kavramının gelişimi, 1960'lı yılların sonlarıyla, 1970'li yılların başlarında, standart makina aletlerinin, malzeme taşıma ekipmanının ve bilgisayar kontrol sisteminin bütünleştirilmesine verilen önemle başlar (Huang et al., 1986).

Klahorst, 1984 yılında, EÜS gelişimini izleyen evrelere bölmüştür.

a) Ortaya çıkma aşaması (1967–1973): Doğrudan nümerik kontrol, trafik ve enformasyon yönetimi için ikil bilgisayarların kullanılmasıyla karakterize edilebilir.

b) Gelişme Aşaması (1974–1979): Bu aşamada programlanabilir kontrol üniteleri, ikil bilgisayarlarla bütünleşerek onları güncelleştirmeye başlamıştır.

c) İyileşme aşaması (1980'li yıllardan günümüze kadar): Kontrol sistemleri ve yazılım paketleri geliştirilmesidir.

EÜS'nin dünya çapındaki sayısı 1981 yılında 115 olarak tahmin edilmiştir. Bunlar Japonya'da 40, Batı Avrupa'da 25, Doğu Avrupa'da 25 ve Amerika'da 25 olarak dağılmıştır. 2000 yılına kadar bu sayının 5000'e ulaşması beklenmektedir (Huang et al., 1986).

EÜS'nin dünya çapındaki sayısı günümüzde yaklaşık 200'dür. Bunun yarısı Avrupa'da kalan yarısı ise Japonya ve Amerika'dadır. Avrupa'da EÜS kullanan ülkelerin başlıcaları ise Almanya, İsveç, Fransa ve İtalya'dır (Huang et al., 1986).

3.4. Esnek Üretim Sistemlerinin Üstünlükleri ve Kısıtlamaları

EÜS'nin gözlemlenen bazı üstünlükleri şunlardır (Huang et al., 1986):

1. Makinadan yararlanma artışları: EÜS hazırlık sürelerinin azaltılması, etkin iş parçası taşıma v.b. noktalardan dolayı, tek makina merkezlerine göre makinelerden yararlanma oranları yüksektir.

2. Çizelgeleme esnekliği: EÜS sistemine iş parçaları geldiğinde, bilgisayar sisteminin, parçaları uygun makinalara atamasıdır.

Etkin bir bilgisayar kontrolü sayesinde üretim çizelgesinde değişiklikler olduğunda kısa zamanda uygun rotalama işlemleri yapılabilir.

3.Mühendislik değişimlerinde kolaylık: Yeni ürünlerin ortaya çıktığı ve sistemde bu durumun sık gerçekleştiği zamanlarda önem taşır. EÜS, mühendislik değişimlerine kolayca uyum sağlayabilmektedir.

4.Genişleme için kolaylık: EÜS yüksek ürün talebini karşılamak için modüler tarzda genişletilebilir. Bu durum, hassas olmayan pazar kestirimleriyle oluşan riski de azaltır. Yeni ürünler için karar verilen sistemin uygulanmasında uzun tedarik süreleri dışında ilk olarak nisbeten düşük kapasite sağlanır. İlk sistem işyükü ihtiyaçlarına göre büyütülür.

5.İmalat tedarik sürelerinin azaltılması: Geleneksel atölyelerde verimli olmayan hazırlık süreleri, üretim tedarik süresinin önemli bir yüzdesini oluşturur. Makina hazırlık süresinin iki temel elemanı olan iş parçası hazırlığı ve alet hazırlık süreleri EÜS'de önemli ölçüde azalır.

6.Süreçteki stokun azalması: Süreçteki stok üretim tedarik süreleriyle yakından ilgilidir. Parçalar EÜS'de daha kısa tedarik süreleriyle daha az zaman harcarlar. Böylece, EÜS'de geleneksel parti üretimine göre süreçteki stok önemli ölçüde azalır.

7.Doğrudan ve doğrudan olmayan iş gücünde azalış: Merkezi bir bilgisayarla tamamen kontrol edilen makinolar ve malzeme taşıma sistemi nedeniyle ne makina operatörleri, ne de malzeme taşıyıcılarına EÜS'de ihtiyaç duyulmaz EÜS'de direkt işgücünden yalnızca yükleme-boşaltma işlemlerinde yararlanır.

EÜS'nin gözlemlenen üstünlüklerine karşın birtakım kısıtlamaları da vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

1.EÜS'nin başlangıç maliyetleri yüksektir. Birçok büyük sermaye yatırımı ve gelecekteki belirsiz talep nedeniyle yöneticilerin çoğu mevcut sistemin devamına karar vermişlerdir.

2.EÜS uygulamalarındaki yazılım zorluğu da problem alanlarından birisidir.

3.İmalatçı ihtiyaç duyduğu üretim için çözüm olarak EÜS'yi gözönüne almadan önce üretimini düşündüğü parçaların soyı ve tiplerini değerlendirmek zorundadır.

4.EÜS uygulaması, makina aletlerinde, otomatik malzeme taşıma sisteminde ve bilgisayar kontrolünde yeterlilik gerektirir. Ayrıca ne gibi verilere ihtiyaç duyulduğu da önceden belirlenmelidir.

Esnek üretim sisteminin sağlayacağı mali kazançlar ve sistemin kurulması için yapılacak harcamalar, EÜS'ye geçişle ilgili verilecek karar öncesinde incelenmelidir.

EÜS'ne geçmenin yol açacağı başlıca harcama kalemleri şunlardır (Berzek,1987):

- a.Endüstriyel robotların fiyatı
- b.Endüstriyel robotların fabrikaya yerleşimi sırasında yapılacak harcamalar
- c.Bilgisayarların maliyeti
- d.EÜS'nde istihdam edilecek olan iş görenlerin devam edeceği eğitim programlarının maliyeti.

- e.Sistemin işletimi sırasında yapılacak bakım-onarım harcamaları
- f.EÜS'nde görevlendirilecek nitelikli işgücüne ödenecek ücretler
- g.Yatırılan sermayenin maliyeti

Esnek üretim sisteminin sağlayacağı mali kazançlar ise şunlardır :

- a.İşgücü maliyetlerinden sağlanacak tasarruflar
- b.Hammadde, yarı mamul ve malzeme kullanımından sağlanacak tasarruflar
- c.Üretim artıklarının azalması nedeniyle sağlanacak tasarruflar
- d.Kusurlu mal üretiminin azalması nedeniyle sağlanacak tasarruflar
- e.İşgörenlerin sağlıksız ve tehlikeli ortamlarda çalışmaları nedeniyle meydana gelen meslek hastalıklarının ve iş kazalarının yol açtığı harcamaların azalması

- f.Enerji tüketiminden tasarruf
- g.Kalite kontrol faaliyetleri ile ilgili harcamalarda sağlanacak tasarruflar
- h.Stok maliyetlerinin azalması
- ı.Üretim süreci zamanının kısalması nedeniyle sağlanacak tasarruflar
- j.Üretim miktarının ve üretimin kalitesi yükselmesi nedeniyle elde edilecek kazançlar
- k.Yönetim giderlerinin azalması

EÜS sisteminin getireceği mali kazançlar ile harcamalar karşılaştırılarak EÜS sistemine geçiş kararı verilebilir.

3.5. EÜS'nde Karşılaşılan Karar Problemleri ve Çözüm Yaklaşımları

3.5.1.EÜS Problem Alanları

EÜS'de karşılaşılan problem alanlarından başlıcaları şunlardır (Stecke, 1985):

1.Tasarım Problemler: EÜS tasarımında, alınabilir bir dizi kararların sıralanması gerekir. Tasarımda bir dizi kararlar diğerlerinden önce yer alır. Bu kararları başlangıç belirleme ve son uygulama kararları olarak ikiye ayırabiliriz:

Başlangıç belirleme kararları: İlk olarak üretim gereksinimleri belirlenmelidir

a.Üretilecek parça tipleri, bileşenler ya da parça ailelerinin sınırları belirlenmelidir. Fabrikada üretilen parça tiplerinin tümünden hareketle EÜS'de üretilen ve/veya montaj yapılan alt kümelerin belirlenmesi gerekir. Bunlar yalnızca sistemde üretilmesi istenen başlangıç belirlemelerdir. Bunlar zamanla değişir.

b.Parça tiplerinin üretiminin nasıl yapılacağı belirlenmelidir, Bu durum ise, makina aletlerinin tipleri ve sayılarıyla, robotların belirlenmesini gerektirir. İlk olarak, her bir parça tipi için süreç planı belirlenmelidir. Her bir süreç planı, yalnızca makina alet tiplerinin her bir işlemdeki kullanımını belirlemez; ayrıca uygun kesme aletleri ve kesme şartlarını da belirler.

Bu bilgiyle kapasite gereksinimi (alet deposu kapasitesi ve işlem süresi kapasitesinin ikisi de) ve her bir tip için makina sayısı belirlenebilir.

c.İhtiyaç duyulan farklı esneklik tipleri ve herbirinin miktarları belirlenmelidir.

Browne, esnekliğin sekiz tipini tanımlamıştır. Esnek üretim sistemleri bu sekiz tipten bazılarına sahiptirler. Çünkü genelde daha çok esneklik daha fazla maliyet gerektirir ve sistemin uygulanabilmesi güçleşir.

d.Geliştirilecek olan EÜS tipi belirlenmelidir.

EÜS uygulanacak olan sistemin özellikleri incelenerek, değerlendirme sonunda, esneklik tipleri doğrultusunda, uygun olan sistem seçilmelidir.

e.Malzeme taşıma sisteminin tipi ve kapasitesi belirlenmelidir.Parçaların otomatik taşınmalarının nasıl yapıldığı ve taşıma sisteminin kapasitesi belirlenmesidir.

f.Üretimin farklı durumları için bilgisayar kontrolü sağlanmalıdır. Veri iletişim cihazları belirlenerek, uygun parça yüklemelerinin yapılması gerekir.

Son uygulama kararları ise şunlardır (Stecke, 1985) :

a.EÜS yerleşiminin belirlenmesi: Yerleşim, makina aletleri arasındaki gidiş-geliş süresi ve bu sürenin toplam sisteme etkisiyle belirlenir. Gidiş-gelişler ve uzaklık bilgileri uygun çizelgeleme politikasının belirlenmesine yardım eder.

b.Palet sayılarının belirlenmesi: Paletlerin en iyi sayısının belirlenmesi önem taşır. Çünkü, gereğinden fazla palet kullanılması sistem kargaşasına neden olur ve aynı zamanda maliyeti de artırır. Az sayıda palet kullanılması ise verimliliği düşürecektir.

c.Herbir tertibat tipi ve sayıları belirlenmelidir. EÜS'de işlem görecektir malzemeler öncelikle tertibat adı verilen büyük metal küplerin üzerine yerleştirilir. Tertibatlar daha sonra palet adı verilen başka bir metal kütle üzerine yerleştirilerek taşınırlar.

Sistemde bulunan çok az sayıdaki özel tertibat tipleri, gereksiz parça bekleme süresine neden olurken, çok fazla sayıda tertibat bulunması da gereksiz maliyete ve gereksiz alana neden olur.

d.EÜS için yazılım geliştirilmesi: Kontrol yapısı, alet yönetimi, stok kontrolü ve çizelgeleme için yazılım geliştirilmelidir. Tasarım problemleri, EÜS bileşenlerinin en uygun şekilde seçilmesiyle ilgilidir.

2.Planlama Problemleri :

a.Parça tiplerinin seçimi ve üretimi: Parça tipi seçimi kararları değişik şekillerde yapılabilir. Termin tarihleri gözönüne alınabilir; ya da farklı makina tipleri için uygun olan parça tipleri seçilebilir.

b.Herbir parça tipinin makina gruplarına atanması: Makina ve parça tipleri için uygun gruplama işlemleri yapılarak, her bir parça tipinin makina gruplarına atanması gerekir.

c.Seçilen parça tipleri için üretim hızlarının belirlenmesi: Parça tiplerinin seçimine karar verildikten sonra, bunların herbirinin üretilmesi gereken miktarları belirlenmelidir. Uygun sayıda palet ve tertibatın seçilmesiyle üretim hızı istenen düzeye çıkartılabilir.

d.Parça tipleri için palet ve tertibat tahsisi:Parça tipleri için seçilen palet ve tertibatlar üretim hızlarını etkiler.

e.İşlemlerin tahsisi:Planlama problemleri çözüldükten sonra, makinelerin yüklenmesini sağlayacak olan çizelgelemeye geçilebilir.

3.Sıralama ve Çizelgeleme Problemleri:

a.Seçilen parça tiplerinde, parçalar için en uygun sıranın belirlenmesi

b.Uygun çizelgeleme metodları ve algoritmaları geliştirilmesi

EÜS çizelgeleme problemlerinde tezgahlar dışındaki kaynakların da verimli olarak kullanılması zorunluluğu vardır. Örneğin, takımlar, malzeme taşıma araçları sistemde sınırlı miktarlarda bulunmaktadır. Oysa genel çizelgeleme problemlerinde bu kaynakların çözüme bir kısıt getirmediği varsayılmaktadır.

c.İşlem görmeyi bekleyen parçalarda önceliklerin belirlenmesi

Yukarıda açıklanan planlama ve çizelgeleme problemleri EÜS bileşenlerinin en uygun kullanımıyla ilgilidir.

4.Kontrol Problemleri: Makina grupları arasında çalışacak taşıma sisteminin, paletlerin ve tertibatın seçimi gibi konulardan oluşan tasarım problemleri, daha önceden birtakım kontrol problemlerinin çözülmesini gerektirir. Bunlar:

a.Sistemdeki bozulma ve duruşların nedenleri araştırılarak, gerekirse çizelgede değişiklikler yapılır ya da yeni bir çizelge geliştirilir.

b.Süreçteki ve/veya bitmiş malların kontrol politikalarının belirlenmesi.

3.5.2. EÜS Problemlerinin Çözümü İçin Kullanılan Yaklaşımlar

Yukarıdaki problemlerin çözümü için pekçok yaklaşımlar vardır. Çözümde kullanılan modeller, bilgisayarla benzetim ya da tek amaca dayalı matematiksel programlama tekniklerine dayandırılır (Lee et al.,1989).

EOS Modellemesinde kullanılan yaklaşımlar üç ana kategoride sınıflandırılabilir. Bunlar, benzetim, kuyruk şebekeleri (Closed network of queues) ve matematiksel programlamadır.

Bilgisayarla benzetim (Computer Simulation): Bu teknik, sistem performansının modellenmesinde sıkça kullanılan tekniklerden birisidir (Carrie et al., 1984; Cheng, 1985; Chang et al., 1986; Steckle et al., 1981). Benzetim yaklaşımının temel üstünlüğü akla yatkın bir duyarlılık ve sistem performansında yüksek düzeyde ayrıntılı bilgi sağlamasıdır. Ancak benzetim modelinden hareketle bulunan son çözüm en iyi çözümü vermeyebilir. Bu, seçenekler içindeki en fazla kabul edilebilir düzeydeki çözümdür. Benzetim modeli, makina yükleme ve kontrol problemleri için daima uygun olmayabilir.

Kuyruk şebekeleri (Closed network of queues-CNQ): EOS genellikle CNQ gibi modellenir. Bu, herhangi bir zamanda sistemdeki parçaların sayısını sabit varsayar. Şebeke, EOS'deki makina istasyonlarının yerini tutan bireysel kuyruklardan ibarettir.

Bu yaklaşım daha az veri ve bilgisayar belleği nedeniyle, benzetime oranla tercih edilebilir. Ayrıca sistem tasarımı ve planlama aşaması için uygundur.

Matematiksel Programlama: EOS modellemesi için üçüncü genel yaklaşım, matematiksel programlamadır. EOS için pekçok tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir (Green et al., 1986; Kusiak, 1985; Steckle, 1985). Bu yaklaşımın en önemli üstünlüğü, EOS kontrolü için kullanışlı olan, en iyi çözümü sağlayan model olmasıdır. Ayrıca matematiksel programlama modellerinin çözümünde etkin bilgisayar programları mevcuttur.

Sonuç olarak EOS'de karşılaşılan problemler için doğrusal programlamanın her çeşit uygulanmasından, Markov süreçlerine kadar tüm yöneylem araştırması teknikleri kullanılabilir (Yazıcıoğlu, 1987).

4.EÜS'DE KARAR VERMEDE AMAÇ PROGRAMLAMA MODELİ VE BİR ALGORİTMA

EÜS'nde üretim yönetimi geleneksel sistemlere oranla daha zordur. Birçok farklı işlem yapma yeteneğine sahip tezgahlar ve alternatif rotalara sahip parça tipleri nedeniyle, EÜS'de karar problemleri için çözüm yaklaşımları oldukça karmaşıktır (Lee et al., 1989).

Yöneylem Araştırması ve yönetim bilimlerinde kullanıldığı anlamıyla bir karar problemi (belli bir seçenek kümesinden en az bir amaç veya ölçüte göre) en uygun seçeneklerin belirlenmesi olarak tanımlanabilir (Bal, 1986).

Bir karar probleminde karar verici tek bir amacı gözönüne alıyorsa, standart en iyileme yöntemleri (doğrusal programlama gibi) en iyi kararın verilmesini (karın en büyüklmesi gibi) mekanik bir arama şekline dönüştürebilmektedir. Birden fazla amacın tanımlandığı karar durumlarında ise amaç fonksiyonunun en iyilenmesi açık bir anlam taşımamakta ve giderek yaygınlaşan bir görüşe göre gerçek bir karar problemi ancak böyle durumlarda ortaya çıkmaktadır.

EÜS'de makina yükleme problemlerinde karar vericiler birden fazla amacın en iyilenmesini isterler. EÜS'de tek bir amaç yerine birbiriyle çatışan çoklu amaçlar söz konusudur. Çok amaçlı karar verme problemlerinde temel hedef ise karar vericiye kendi tercih bilgisi yardımıyla çelişen amaçları uzlaştıran bir çözüm bulmada yardım etmektir.

Bu gibi durumlarda, yani birden fazla amacın tanımlandığı EÜS karar problemlerinde, çok amaçlı programlama çatısı altında, amaç programlama yaklaşımının kullanılması uygun olacaktır.

Öncelikle algoritma adımları oluşturulacak, ve algoritmada bahsedilen yöntemler kısaca açıklanacaktır.

4.1. EÜS Çevresinde Üretim Planlamasında Amaç Programlaması Yaklaşımı

İçin Algoritma Denemesi

4.1.1.Uygulama İçin Hazırlanan Algoritma Adımları :

Bu bölümde, EÜS çevresinde üretim planlamasında amaç programlaması yaklaşımı için algoritma adımları oluşturulmuştur. 5.bölümde bu adımların ayrıntılı açıklamaları verilmiştir.

Adım 1: Üretilecek parçaların seçilmesi

Adım 2: Parçaların işlem sıralarının belirlenmesi

Adım 3: Gruplama tekniklerinden uygulama ve işlem kolaylığı açısından derece sıralama ve kümeleme tekniğini kullanarak parçaların gruplaması.

Adım 4: Uygulama yapılacak olan sistemin amaçlarının belirlenmesi ve önceliklerin oluşturulması

Adım 5: Sistemin yapısı düşünülerek, sistem yapısı için uygun olan modelin seçilmesi

Adım 6: Esnek üretim çevresinde çok amaçlı üretim planlama modelinin gruplara uygulanması.

4.1.2. Esnek Üretim Sistemlerinde Karşılaşılan Gruplama Problemleri

Bir parçanın üretiminde parça–işlem–makinanın üçlü ilişkisi vardır. Partideki parçaların farklılığı işlem çeşidi olarak makina sayısını etkiler. Grup teknolojisi ilkelerinden olan işlemleri gruplayarak, parça ailelerin oluşturulması ve bunun sonucunda makina sayısının azaltılması problemi esnek üretim sistemlerinde de görülmektedir. Gruplama işleminin yapılması, üretim hücrelerinin oluşturulması için öncelikle çözüm bekleyen bir konu olmaktadır.

4.1.3. Esnek Üretim Sistemlerinde Gruplama Yöntem ve Teknikleri

Parti üretimi yapan işletmelerde makina tiplerinin seçimi ve düzenlenmesinden önce parçaların gruplama işlemlerini tamamlamış olması gerekir.

Gruplama işlemlerini yapmak için çok fazla teknik ve modeller geliştirilmiştir. Bunların bazıları (Apaydın, 1987):

1. Bağ enerjisi teknięi
2. Q-Analiz teknięi.
3. Derece sıralama ve kümeleme teknięi.
4. Set teorisi teknięi.
5. OPITZ sınıflama ve kodlama tekniği.
6. MICLASS sınıflama ve kodlama tekniği.
7. SULZER sınıflama ve kodlama tekniği.
8. Diğer analitik metodlar.

Bu yöntemlerden uygulama da kullanılan derece sıralama ve kümeleme yöntemi ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Diğer yöntemlerin yetersiz kalan yönleri anlatılacaktır.

4.1.4. Derece Sıralama ve Kümeleme Yöntemi

Uygulamada pratiklik ve çözüm kolaylığı sağlaması açısından bu yöntem seçilmiştir. King tarafından geliştirilmiştir (Apaydın, H., Yetiş, N, 1987). Makina-işlem matrisinin kurulmasından sonra bu matrisin köşegeni üzerinde gruplar oluşturma esasına dayanır. Tekniğin çalışma ilkesi ise, her satır ve sütuna ikili sisteme göre bir sıra numarası verilerek ağırlıklandırılmasıdır.

Sıra dereceleri ile ilgili matrisin satır veya sütun elemanlarının karşılıklı çarpımlarından toplanan değerlerle, ilgili satır veya sütunun ağırlık değeri bulunur. Ağırlık değerlerine birer sıra numarası verilerek sıralandığında uygulama için gerekli tablo elde edilebilir.

İşlem sırası şu şekildedir :

1.Parça ve makina ilişki matrisinde her sütuna sağdan sola doğru, satırlara ise aşağıdan yukarıya doğru ikili düzende birer sıra numarası verilir.

2.Her satırın elemanı sıra derecesi ile çarpılarak toplanır (aynı işlemler sütunlar için de tekrarlanır).

3.Satırlar ağırlık değerine göre yeniden numaralandırılarak sıralanır (aynı işlemler sütunlar için de uygulanır).

4."1" sayılarının diyagonal etrafında gruplanması için işlemler tekrarlanır. İşlem sırasına göre oluşturulan akış şeması Ek-1'de verilmiştir.

Gruplama yöntem ve tekniklerinden birisi olan benzerlik katsayısı tekniğindeki temel esas, her bir çift makina arasındaki karşılıklı ilişkisini benzerliğini ölçmek ve bu benzerlik ölçü ve katsayılarına dayanarak makinaları gruplamaktır. Tekniğin yetersiz kalan yönleri, katsayı küçüldükçe aynı grupta yer alması gereken makinaların ayrı gruplara atanmasıdır. Ayrıca bu yaklaşım sonucu, birden çok olan bir makina tipinin, birden fazla hücreye (gruba) atanması mümkün olamamaktadır.

Diğer bir yöntem olan bağ enerjisi metodunun yetersiz kalan yönü ise küçük problemlerin çözümünde yetersiz kalmasıdır.

Uygulama yapılan sistemin küçük bir alt birimi ele alındığından derece sıralama ve kümeleme yönteminin uygulanması, çözüm kolaylığı sağlaması açısından uygundur. Eğer sistemdeki parça ve makinalar fazla sayıda olsaydı diğer yöntemlerden herhangi birisinin seçilmesi uygun olabilirdi.

4.2.Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri, Amaç Programlamanın Yeri

Problemin çözümünde karar vericinin ve çözücünün rolü çok önemlidir. Karar verme sürecinde karar vericiden bir dizi tercih bilgileri isteniyor olabilir. Karar verici tarafından çözücüye aktarılan tercih bilgisinin türüne göre çok amaçlı karar vermeyi dört kategoride incelemek mümkündür (Huang et al., 1980):

- a.Karar vericinin tercih bilgisini önceden açıklaması (önceden yaklaşım)
- b.Tercih bilgisini karar esnasında kullanması (ilerleyerek yaklaşım)
- c.Tercih bilgisini karar sonrası açıklaması (sonradan yaklaşım)
- d.Tercih bilgisinin herhangi bir aşamada kullanılmasıdır.

Çok amaçlı karar verme yöntemlerinin sistematik sınıflandırılması çizelge 4.1.'de verilmiştir.

4.2.1.Amaç Programlamasının Tanımı

Bir organizasyonun amaçları yönetimin tipine, karakterine ve felsefesine göre farklılık gösterir. Genellikle karın enbüyüklenmesi başlıca amaç gibi görünür. Çünkü işletmeler ekonomik amaçlarla kurulur ve çalıştırılır. Ancak modern işletmecilikte ekonomik olmayan amaçlarda vardır. Bu tür amaçlar daha çok kamu kesimi ve amacı sadece kar olmayan işletmelerde daha fazla gözlenir. Örneğin bir termik santralin kurulmasında veya hava limanı yapılmasında birbiriyle çelişen farklı amaçlar söz konusudur. Birden çok amaçlı problemler klasik tekniklerle çözülemezler. Amaç programlaması bu nedenlerle ortaya konmuştur.

Doğrusal Programlama'daki enbüyükleme ve enküçükleme çabalarının tersine, amaç programlamada amaçlar arasındaki sapmalar, kısıtlar kümesine uygun olarak enküçüklenmeye çalışılır. Amaç programlama, belli karar çerçevesinde farklı ve çelişen amaçların en iyilenmesini araştıran matematiksel bir modeldir (Bal, 1986).

Amaç programlama da enküçüklenmeye çalışılan sapmalar, doğrusal programlamanın simpleks algoritmasında "aylak" değişkenler olarak adlandırılır. Sapmalar her hedeften negatif ve pozitif sapma olarak iki yönde temsil edilir. Amaç programlamada asıl amaç, atanan öncelik ve göreceli önemlerine göre bu sapmaları en aza indirmektir.

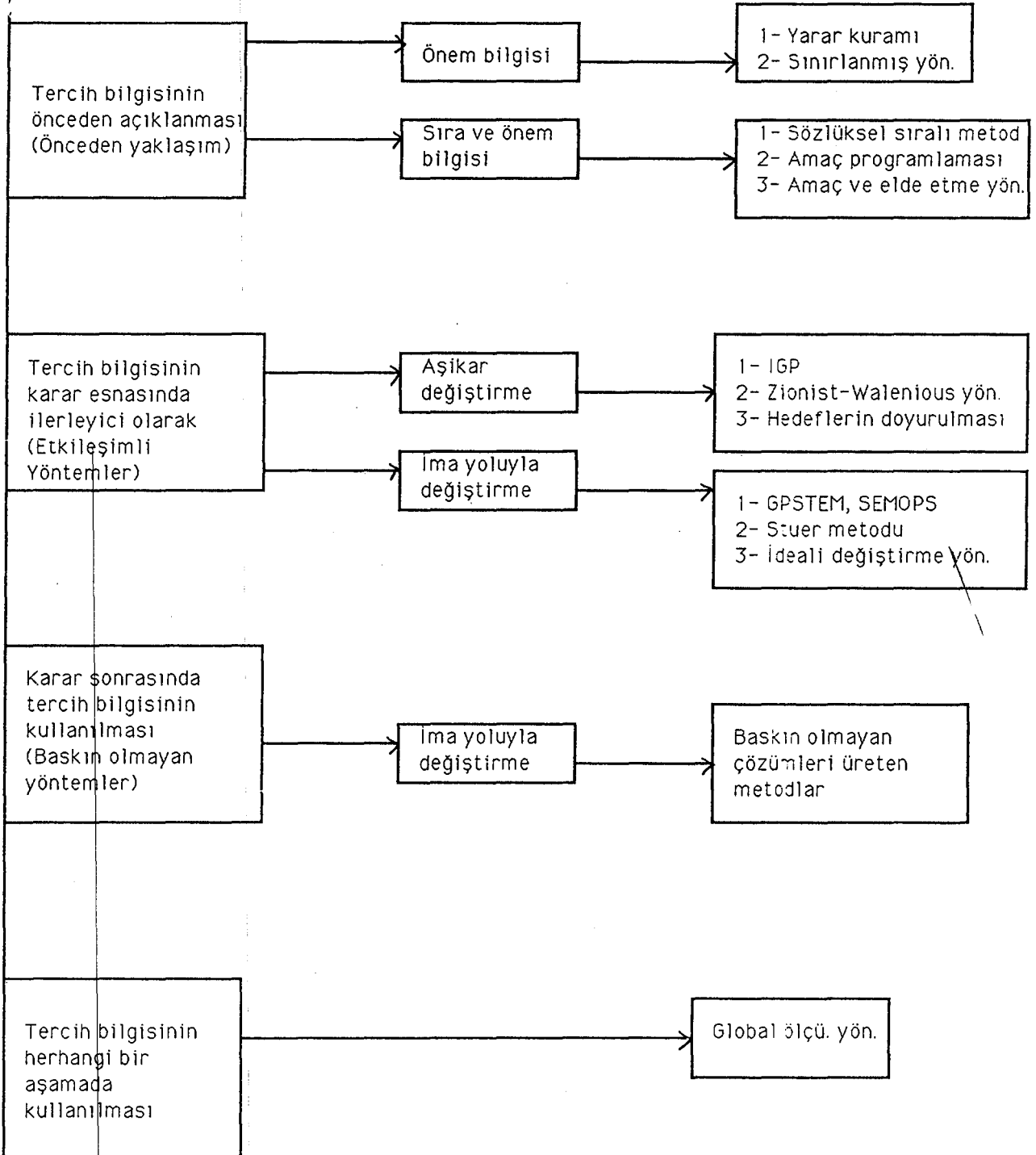
Amaç programlaması doğrusal programlamanın özel bir genişlemesi olarak kabul edilebilir (Lee et al., 1972). Bir amaç programlaması problemi, doğrusal programlama problemi olarak formüle edilebilir. Böylece problemin çözümü için mevcut bir çok doğrusal programlama tekniklerinden yararlanılabilir.

Amaç programlamasının tek dezavantajı, karar vericinin bilgisi olmadığında da hedefleri seçmek zorunda kalmasıdır. Amaç programlamasında karar vericinin hedeflerini seçmesine ek olarak bu hedeflerin sıralanışını da gözönüne alması mümkündür.

Amaçlar için birinin diğerinden öncelikle olması bilgisinin yeterli oluşu, yani amaçlara sayısal bir ağırlık vermek zorunda olmaması bu yöntemin bir avantajıdır.

Çizelge 4.1. Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması (Bal, 1986)

ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMLERİ



4.2.2. Amaç Programlamanın Tarihçesi

Amaç programlaması olarak bilinen yöntem önceleri 1950'lerde regresyon çözümlmesine bir alternatif olarak Ignizio tarafından 1985 yılında ve ardından da çözülemez durumdaki doğrusal programlama problemlerinin çözümünde bir araç olarak 1961 yılında Charnes ve Cooper tarafından ortaya atılmıştır.

1965'li yıllardan sonra da çoklu çelişen amaçlardan oluşan karmaşık karar problemleri için en uygun ve güçlü bir teknik olmuştur. Fjiri, önemlerine göre çoklu hedefleri çözümlenmede ilk defa öncelikli olma faktörünü ve aynı öncelik düzeyindeki hedeflere ilişkin sapmaların ağırlıklandırılması kavramını ortaya atmıştır.

1972 yılında Lee tarafından bu alanda ilk kitabın yayınlanması amaç programlamanın popüler olmasını sağlamıştır.

Ignizio, Birleşik Devletler uzay programında çalışırken karmaşık, büyük çaplı ve çok sayıda çelişen amaçlardan oluşan problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemlerin tamamının etkin olarak amaç programlaması ile çözülebildiğini görmüştür. Bugün, yazar, bu konunun tek otoritesi olarak kabul edilmektedir.

Stokastik modeller için de amaç programlaması ilk olarak Contini tarafından incelendi. Zanakis ve Maret, Markov modelinin ve amaç programlamanın birlikte alınmasıyla insangücü planlaması problemlerinde daha gerçekçi ve daha esnek sonuçlar alınabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Amaç programlaması çok yaygın uygulama alanı potansiyeline sahip bir yöntemdir. Lin, 1980 yılına kadar amaç programlamanın çeşitli alanlara uygulanışını gösteren önemli çalışmalarını liste halinde sunmuştur.

4.2.3. Amaç Programlamanın Formülasyonu

Hedefler üç yapıda olabilir. Bunlar;

$$f(x) \geq b$$

$$f(x) \leq b \quad \text{ve}$$

$$f(x) = b$$

Mümkün olduğu kadar bütün hedeflere en iyi şekilde ulaşmak istenildiğinden her amacın elde edilememe ölçütü ile ilgilenilir. Bu istenen düzeyden (her b değerinden) istenmeyen sapmalardır

Bu sapmalar $D=b-f(x)$ ile ifade edilir. Böyle sapma ya pozitif, ya da negatif değerli olacağından, sapmayı

$$D_i = \bar{D}_i + \bar{D}_i^+; i=1, \dots, m$$

ile gösterebiliriz.

Burada; $\bar{D}_i, \bar{D}_i^+ = 0$ ve $\bar{D}_i, \bar{D}_i^+ \geq 0; i=1, \dots, m$ şartlarını sağlamalıdır.

$\bar{D}_i$, negatif sapma; $\bar{D}_i^+$ pozitif sapma olarak alınmıştır. Burada çözüm düzeyi ile istenen düzey arasındaki sapmaların mutlak değerleri ile ilgileniliyor. Başka bir deyişle hedeften sapmaların mutlak değerleri en küçüklenmeye çalışılacaktır.

Çeşitli yapıdaki hedefler ile sapma değerleri arasındaki ilişki Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Hedefler ve Sapma Değerleri Arasındaki İlişki

Hedefin - Başlangıç Şekli	Eşitlik Haline Dönüştürülmüş Şekli	Enküçüklenecek Sapma Değişkenleri
$f_i(x) \geq b_i$ $f_i(x) \leq b_i$ $f_i(x) = b_i$	$f_i(x) + \bar{D}_i - \bar{D}_i^+ = b_i$ $f_i(x) + \bar{D}_i - \bar{D}_i^+ = b_i$ $f_i(x) + \bar{D}_i - \bar{D}_i^+ = b_i$	$\bar{D}_i$ $\bar{D}_i^+$ $\bar{D}_i + \bar{D}_i^+$

4.2.4.Amaç Programlaması Çeşitleri

Doğrusal programlamanın çeşitleri gibi, amaç programlamasının da birçok çeşitleri vardır (Bal.,1986). Bunlar;

- 1) Doğrusal amaç programlaması
- 2) Doğrusal olmayan amaç programlaması
- 3) Tamsayılı amaç programlaması
- 4) 0-1 amaç programlaması
- 5) Stokastik amaç programlaması

Sistemdeki (uygulama için seçilen) değişkenlerin doğrusal olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle doğrusal amaç programlaması üzerinde durulacaktır.

Doğrusal amaç fonksiyonu yapıları şu şekilde gösterilebilir (Schniederjans, 1984).

$$\text{Enk } Z = \sum_{i=1}^L (\bar{D}_i + {}^+D_i); \quad (1)$$

$$\text{Enk } Z = \sum_{i=1}^L P_k (\bar{D}_i + {}^+D_i); \quad (k=1, \dots, K) \quad (2)$$

$$\text{Enk } Z = \sum_{i=1}^L W_{kl} P_k (D_i + {}^+D_i); \quad (k=1, \dots, K) (l=1, \dots, L) \quad (3)$$

1. eşitlikte amaç kısıtındaki bütün pozitif ve negatif sapma değişkenlerin toplamı enküçüklenmeye çalışılır. Bu amaç fonksiyonu, problem yapısındaki sapma değişkenleri öncelik veya ağırlıklar gerektirmiyorsa kullanılır.

2. eşitlikte amaç fonksiyonu, P_k öncelikleri sıralanmış K tane amaçtan oluşmuştur. Bu tip amaç fonksiyonu problemlerinin sıralanması veya düzenlenmesinde kullanılır. Fakat, her öncelikli problem yapısında sapma değişkenleri aynı önemde olmalıdır.

3. eşitlikte amaçlar sıralanmış ve sapma değişkenleri her öncelik seviyesinin yanında kullanılan W_{kj} diferansiyel ağırlıkları ile farklılaştırılmışlardır.

Amaç fonksiyonu problem yapısına bağlı olarak kullanılır. Eğer problem yapısında amaçlar sıralanmak veya düzenlenmek istenmiyorsa 1. eşitlikteki amaç fonksiyonu kullanılır. Eğer problemde amaçların sıralanması istenir, fakat amaçların yanında sapma değişkenlerinin sıralanması istenmez ise 2. eşitlikteki amaç fonksiyonu kullanılır. Problemde önceliklerin yanına farklı sapma değişkenlerinin ve amaçların ikisinin birden sıralanması istenirse, 3. eşitlikteki amaç fonksiyonu kullanılır.

Doğrusal Amaç Programlaması modellerinde ilginç bir nokta, amaç fonksiyonunda hiçbir karar değişkenlerinin yer almamasıdır. Doğrusal Modeldeki bilinmeyen X_j değişkeni amaç kısıtının sağ taraf değerinden pozitif ve/veya negatif sapmaların direkt veya indirekt enküçüklenmesi ile aranır.

Burada

$\bar{D}_i$: i. kısıt veya hedefle ilgili negatif sapma

$\bar{D}_i$: i. kısıt veya hedefle ilgili pozitif sapma

P_k : Amaçlarla ilgili öncelikler

Z : Bütün amaçlardan toplam kesin sapmaları gösteren değer

W_{kj} : Diferansiyel ağırlıklardır.

Doğrusal Amaç Programlama Modelinin Çözümü :

Amaç programlamasının amacı, verilen hedefler kümesine mümkün olduğu kadar ulaşabilmektir. Çözüme, verilen karar ortamı içinde ve karar vericinin öncelik yapısına göre ulaşılmalıdır. Bugüne kadar bir çok amaç programlaması algoritmaları geliştirilmiştir. İlk olarak Charnes ve Cooper, problemi tek amacın öncelik yapısı gözönüne alınarak mevcut lineer programlama yönteminden yararlanarak çözmüşlerdir (Bal, 1986). Lee ve Ignizio amaçlar kümesinin öncelik yapılarını gözönüne alarak, simpleks yöntemine dayanan algoritmalar geliştirmişlerdir (Ignizio, 1982). Ancak bu algoritmaların küçük çaplı, problemler

için bile hesaplamaları zor olmaktadır. Dover ve Kiueger genel amaç programlaması problemleri için ardışık bir algoritma geliştirdiler.

Son zamanlarda ise Schneiderjans ve Kwak genel amaç programlaması modelleri çözmede yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yöntem, çözümünde pozitif sapma değişkenlerinin fazla olduğu modeller için hesaplanma zamanını kısaltmada çok etkindir.

Son olarak Ignizio, amaç programlamasının duali aracılığıyla diğer bir algoritma geliştirmiştir.

Doğrusal amaç programlamasında iki temel çözüm yöntemi kullanılır. Bunlar, grafiksel yöntem ve simpleks algoritmasıdır. Burada, amaç programlama modelinin çözümünün anlaşılmasında yardımcı olmak amacıyla grafiksel yöntem anlatılacaktır. Uygulamada ise problemin kısa sürede çözülmesi amacıyla QSB paket programı kullanılmıştır.

Grafiksel Yöntem : Yöntem adımlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (Ignizio, 1982).

- a) Karar değişkeni aracılığı ile tüm amaçları koordinat düzleminde gösterilir.
- b) En öncelikli amacın çözümü belirlenir.
- c) İkinci dereceden öncelikli amacın veya amaçlar kümesinin en iyi çözümü belirlenir. Bu adımda belirlenen en iyi çözüm kendisinden daha öncelikli amaçlar için ulaşılan düzeyi bozmamalıdır.
- d) (c) ile gösterilen adım, bütün öncelik düzeyleri için tekrarlanır.
- e) Amaçların hepsi karar verici için aynı önemde ise, amaçlar ile istenen düzey arasındaki en yakın uzaklığı veren çözüm araştırılır.

5. UYGULAMA AŞAMASI VE ÇÖZÜM

5.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtımı

Uygulama yeri olarak Eskişehir'de TÜLOMSAŞ (Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi A.Ş.) seçilmiştir. Şirket 4 ana, 3 yardımcı fabrikadan oluşmaktadır. Fabrika içinde uygulama yeri olarak ise motor fabrikası seçilmiştir:

Şirketin ana fabrikalarından birisi olan motor fabrikası yılda 60 lokomotif motoru ve TCDD'nin ihtiyacı olan yedek parça talebini karşılamaktadır. Lokomotif motoru 2000 parçadan oluşmaktadır. Parçaların %80'i kendi fabrikalarında üretilmektedir. Kalan kısım ise dış pazarlardan ve iç piyasadan temin edilmektedir.

Uygulamada kullanılan parçalar lokomotif motoru içindeki 4 ana parçanın alt bileşenleri olan parçalardır. Bu 4 parça, su pompası, dişli kutusu, yakıt pompa kumandası ve titreşim damperidir. Bu parçaların işlevleri kısaca şöyledir:

Su pompası: Motorun soğutma düzeni için gerekli olan su tedarigini gerçekleştirir.

Dişli kutusu: Motorun aşırı devir ve regülatörü vasıtasıyla yaptığı hız ayarını düzenleme görevini yürütür.

Yakıt pompa kumandası: Motorun çalışması için gerekli yakıt tedarigini gerçekleştiren pompadır. Yakıt pompasının işletimini sağlamak için krank milinden alınan hareketi yakıt pompasına ileten düzeneştir.

Titreşim damperi: Motorun döndürme momenti dolayısıyla meydana getirdiği titreşimi sönümleyen parçadır.

5.2. Uygulamada Kullanılacak Olan Çok Amaçlı Üretim Planlama Modeli Hakkında

Bilgi Verilmesi

Esnek üretim sistemleri için üretim planlama modeli, benzetim, kuyruk teoremi ve çeşitli tek amaçlı matematiksel programlama tekniklerini kullanarak çalışır. Otomatik sistemlerin sabit işlem süresi, üretim sistemlerinde insan kaynaklarının değişken işlem süresini değiştirdiği için, EOS kullanımındaki artış üretim süresindeki değişkenliği azaltır. Bu azalış da

çok amaçlı eniyileme modellerine izin verir. Çatışan çok amaçlı eniyileme modellerinden birisi de doğrusal amaç programlamadır (Lee et al., 1989; Dean et al., 1990).

Son yıllarda, alışlagelmiş ürünlerin talebindeki artış, seçenekler ve ürün çeşitliliklerinin sayısında ani artışlara neden oldu. Alışılmış ürün çeşitlilikleri geleneksel olarak, atölye tipi ya da küçük partiler halinde üretilmektedir.

Düşük verimlilik ve yüksek üretim maliyetleri nedeniyle, atölye tipi tesisler geniş hacimde üretim için genellikle uygun değildir (Lee et al., 1989; Dean et al., 1990). Ulaşılabilir parti üretimine doğru yaklaşımlar, ürünlerin geniş çeşitlilikte üretilme yetenekleri olan üretim sistemleri için ihtiyaçtır. EÜS, bu amaç için, geleneksel parti üretim sistemlerine ilgi çekici bir alternatif sağlamaktadır.

EÜS çevresinde üretim yönetimi, geleneksel üretim çevresinden daha zordur. Bu ilk olarak, birçok farklı işlem yapma yeteneğine ve parça tipleri için birçok alternatif rotalara sahip çok yönlü parça tipleri ve ardarda parça işleme için sistem yeteneği nedeniyle (Stecke, 1985).

EÜS modellemesi için pek çok yaklaşım bulunmaktadır. Çoğu EÜS modelleri, bilgisayarla simülasyon, kuyruk şebekeleri ya da tek amaca dayalı matematiksel programlama tekniklerine dayandırılmaktadır. Bu yaklaşımlar her ne kadar EÜS üretim planlaması için uygun değilse de öncelik taşımaktadır. Çünkü, bunlar tek amaca dayalı yaklaşımlardır. EÜS için üretim planlamasında karar vericiler genellikle üretim hızlarının enbüyüklenmesi, her bir makinada iş yüklerinin dengelenmesi gibi çoklu çatışan amaçları gözönüne alır. Sonuç olarak, çoklu amaca dayalı model, EÜS üretim planlaması için uygun olacaktır.

5.3. Algoritma Adımlarının Uygulanması

4.bölümde oluşturulan algoritma adımları bu bölümde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Adım 1: Üretilecek olan parçaların seçilmesi,

Uygulama için 6 parça ve 10 makina seçilmiştir. Seçilen parçalar, üretilecek olan parça grubu içinden rassal olarak alınmıştır.

Adım 2: Parçaların işlem sıralarının belirlenmesi,

Parça–işlem listesi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1.Parça–İşlem Sıra Liste

Parça No	Parça İşlem Sırası (Makina Kodları)
1	1-6-3
2	4-8-9
3	10-5-3
4	1-2-7-1
5	2
6	5-7-5

Çizelge 5.1’e göre, 1.parçanın işlem rotası 1-6-3 dür. Buna göre, birinci sırada 1.makinada, ikinci sırada 6.makinada ve 3.sırada 3.makinada işlem yapılmaktadır. 4.parçayı örnek olarak alırsak, dördüncü işlem (son işlem) için 1.makinaya tekrar dönmektedir.

Adım 3: Gruplama tekniklerinin uygulanması,

Gruplama için derece sıralama ve kümeleme yöntemi seçilmiştir.Yöntemin işlem sırasına göre, parça–işlem sıra matrisi oluşturulur.Matris, Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Yöntemin işlem sırasının uygulanmasıyla oluşacak matris değerleri sırasıyla Çizelge 5.3. Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Parça-İşlem Sıra Matrisi (Rota Matrisi)

Makinolar Parçalar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

Çizelge 5.3 Yöntemin İşlem Sırasına Göre Oluşturulan Matris(1)

Makinolar Parçalar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

Çizelge 5.4 Yöntemin İşlem Sırasına Göre Oluşturulan Matris (2)

Makinolar Parçalar	1	2	7	3	6	5	10	4	8	9
4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Çizelge 5.5. Grupların Oluşturulduğu Matris

Makinalar Parçalar	1	2	7	3	6	5	10	4	8	9
4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Çizelge 5.4'de aynı sıra elde edildiği için işlemlere son verilir ve gruplar oluşturulur. Çizelge 5.5'de grupların oluşturulduğu durum gösterilmiştir.

Çizelge 5.5'e göre , eğer 1.makinada 1.parça işlenirse matriste "1" değerini alır. Eğer işlenmezse "0" değerini alır. Buna göre, 4-1-5-6-3 numaralı parçalar 1.grup olarak 1-2-3-5-6-7-10 makinalarında, 2 numaralı parça ise 4-8-9 makina grubunda işlem görebilir.

Derece sıralama ve kümeleme yöntemine göre oluşan parça ve makina grupları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Derece Sıralama ve Kümeleme Yöntemine Göre Parça ve Makina Grupları

Parça Grup No	Parçalar	Makina Grubu
1	4-1-5-6-3	1-2-7-3-6-5-10
2	2	8-4-9

Modelde 1.parça grubu için 2 ve 5 numaralı tezgahlar aynı işlemleri yapabildikleri için tek bir tezgah olarak gösterip 2 nolu tezgah kodu verilebilir.Aynı şekilde 6 ve 10 numaralı tezgahlara ise 5 nolu tezgah kodu verilebilir. 1.parça grubundaki 7 ve 3 nolu tezgahlara 3 ve 4 numaralarını verip, 1 nolu tezgah aynı kodla bırakılabilir.

2. parça grubunun ilk işlem gördüğü tezgah olan 8 nolu tezgah ise 1. parça grubunun 2 nolu tezgah kodu olarak değiştirdiğimiz tezgahıyla aynı fonksiyonları yerine getirebilmektedir. Bu nedenle, 8 nolu tezgahı 2 nolu tezgah olarak adlandırıp, 4 ve 9 nolu tezgahları ise 6 ve 7 tezgah kodlarıyla değiştirebilir. Yeniden düzenleme yapılarak oluşturulan parça ve makina grupları çizelge 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Yeniden Düzenlenmiş Parça ve Makina Grupları

Parça Grup No	Parçalar	Makina Grubu
1	4-1-5-6-3	1-2-3-4-5
2	2	8-4-9

Adım 4 : Uygulama yapılan sistemin amaçlarının ve önceliklerinin belirlenmesi

Belirlenen öncelikler kümesi :

1. Fabrikanın belirlediği üretim kapasitesinin üstüne çıkmamak.
2. Tezgahların normal ve fazla mesai üretim miktarlarında üretilen ürünlerle, o döneme ait talebi karşılamak.
3. En az 300 adet 1.parça grubunu, 400 adet 2.parça grubunu normal mesaide üretmek.
4. Parça grupları için palet kullanım süresini, toplam mevcut palet kullanım süresinin altında tutmak.

Adım 5 : Sistem yapısı için uygun olan modelin seçilmesi :

Uygulama yapılan sistemin yapılmasını istediği ve öncelikler belirlediği amaçlar Adım4'de verilmiştir. Buna göre sistemde ulaşılması istenilen birden fazla amaç bulunmaktadır.

Yöneticiler, verilen kısıtlar altında, belirlenen amaçların kesin olarak sağlanmasının mümkün olamayacağını, ancak arzulanan düzeylere en yakın bir erişim sağlanmasını istemektedirler. Bölüm 3'de de açıklandığı şekilde amaç programlamasını bu tür problemlerin çözümünde kullanılan çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisidir.

Modelde birden fazla amaca ulaşılacak istendiğinden klasik doğrusal programlama teknikleri kullanılarak çözüm bulunamayabilir. Ancak, doğrusal programlamanın özel bir genişlemesi olarak kabul edilebilir, amaç programlama modeli, problemin çözümü için uygun olacaktır (Bal, 1986).

Adım 6 : Esnek üretim çevresinde çok amaçlı üretim planlama modelinin gruplara uygulanması.

Modeli kurmadan önce, model varsayımlarının yapılması gerekir.

Model Varsayımları :

1. Herbir parça grubu 1 ya da daha çok işlemde oluşmaktadır.
2. Parça grupları rassal ve ardarda işlem görmektedir.
3. Herbir makine aynı anda tek bir işlem yapabilmektedir.
4. Parça gruplarının işlenmeleri esnasında beklemeler olmadığı kabul edilmektedir.
5. Parça tipleri için işlemlerin sıraları ve süreleri bilinmektedir.
6. Sistemde kullanılan taşıma araçlarının herbirinin palet olduğu varsayılmıştır.
7. Yıllık normal mesai çalışma süresi 1800 saattir (yılıda 200 gün, günde 9 saatten hesaplanmıştır).
8. Yıllık en fazla, fazla mesai çalışma süresi 500 saattir.

Model Formülasyonu :

Modelde öncelikle amaç, karar değişkenleri ve parametreleri tanımlanarak, kısıtlar oluşturulacaktır.

Amaç : Belirlenen öncelikler kümesi dahilinde oluşturulan amaçlara en iyi erişimi sağlayıp, amaçlardan sapmaları en küçükleyecek üretim miktarlarının bulunması.

Karar Değişkenleri : Modelde 2 karar değişkeni kullanılmıştır. Bunlar X_{ij} ve XX_{ij} olarak gösterilmiştir.

X_{ij} : J. parça grubunun, i. tezgahta normal mesaide üretilecek miktarı (adet/dönem)

XX_{ij} : J. parça grubunun, i. tezgahta fazla mesaide üretilecek miktarı (adet/dönem)

($j = 1,2; i=1,...,7$)

Sapmasal Değişkenler : Bu değişkenler amaca erişilip erişilmediğinin bir göstergesidir.

$\bar{D}_i$: i amacı için amacın altındaki değişmeler.

$\bar{D}_i^+$: i amacı için amacın üzerindeki değişmeler.

Parametreler : Parça grupları için tezgahlardaki birim işlem süreleri, tezgahların kapasiteleri, parça grupları için talep miktarları, tezgahlardaki işlemler için palet kullanım süreleri, parametre olarak modelde kullanılmıştır.

Modelin temel amacı, belirlenen öncelik kümesindeki amaçlara göre sapma değerlerini enküçüklemeektir.

Kısıtlar :

1. Her bir makinaya atanan toplam işyükü, tezgahların maximum kapasitesini aşamaz.

$$\sum_{j=1}^2 (l_{1j} \cdot x_{1j}) \leq K_1$$

$$\sum_{j=1}^2 (l_{2j} \cdot x_{2j}) \leq K_2$$

$$\sum_{j=1}^2 (l_{3j} \cdot x_{3j}) \leq K_3$$

$$\sum_{j=1}^2 (l_{4j} \cdot x_{4j}) \leq K_4$$

$$\sum_{j=1}^2 (l_{5j} \cdot x_{5j}) \leq K_5$$

$$\sum_{j=1}^2 (l_{6j} \cdot x_{6j}) \leq K_6$$

$$\sum_{j=1}^2 (l_{7j} \cdot x_{7j}) \leq K_7$$

l_{ij} : j. parça grubunun, i. tezgahdaki işlem süresi (saat/adet), $j=1,2$; $i=1,....,7$

K_i : i. tezgahın maksimum kapasitesi (makina saat)

Parça gruplarının tezgahlardaki işlem süreleri Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. İşlem Süreleri

Parça Grubu Tezgah	1	2
1	0.9	–
2	0.76	0.65
3	1.2	–
4	0.88	–
5	0.59	–
6	–	0.79
7	–	0.68

2. Belirlenen dönemde parçalara ait fazla mesai ve normal mesai üretim miktarları o döneme ait talebe eşit veya büyük olmalıdır.

$$\left(\sum_{i=1}^7 x_{i1} + \sum_{i=1}^7 xx_{i1} \right) \geq B_1$$

$$\left(\sum_{i=1}^7 x_{i2} + \sum_{i=1}^7 xx_{i2} \right) \geq B_2$$

$i= 1,....,7$; $j= 1,2$

B_j = j. parça grubu için, t dönemindeki talep miktarı (adet/dönem)

Parça grupları için dönemlik talep miktarları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Parça Grupları İçin Dönemlik Talep Miktarları

Parça Grubu	Talep
1	525
2	437

Not : Dönem olarak 1 yıl alınmıştır.

3. Herbir parça grubu için palet kullanım süresi, paletlerin toplam mevcut kullanım süresini aşamaz.

$$\sum_{j=1}^2 (X_{1j} + XX_{1j})P_{1j} \leq TS_1$$

$$\sum_{j=1}^2 (X_{2j} + XX_{2j})P_{2j} \leq TS_2$$

$$\sum_{j=1}^2 (X_{3j} + XX_{3j})P_{3j} \leq TS_3$$

$$\sum_{j=1}^2 (X_{4j} + XX_{4j})P_{4j} \leq TS_4$$

$$\sum_{j=1}^2 (X_{5j} + XX_{5j})P_{5j} \leq TS_5$$

$$\sum_{j=1}^2 (X_{6j} + XX_{6j})P_{6j} \leq TS_6$$

$$\sum_{j=1}^2 (X_{7j} + XX_{7j})P_{7j} \leq TS_7$$

P_{ij} : J. parça grubunun, i. tezgahındaki işlemi için palet kullanım süresi (saat/adet).

B₁: i.Tezgah için paletlerin toplam mevcut kullanım süresi (saat /dönem)

Herbir parça grubu için palet kullanım süreleri çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Herbir Parça Grubu İçin Palet Kullanım Süreleri :

Parça Grubu Tezgah	1	2
1	0.0450	-
2	0.0380	0.0325
3	0.0600	-
4	0.0440	-
5	0.0295	-
6	-	0.0395
7	-	0.0375

Yukarıdaki kısıtlara göre, öncelikler kümesi dahilinde amaç programlaması modelinin açık yazılımı şu şekildedir:

$$EnkX_{01} = \bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \bar{D}_3 + \bar{D}_4 + \bar{D}_5 + \bar{D}_6 + \bar{D}_7$$

$$EnkX_{02} = \bar{D}_8 + \bar{D}_9$$

$$EnkX_{03} = \bar{D}_{10} + \bar{D}_{11}$$

$$EnkX_{04} = \bar{D}_{12}$$

$$0.9X_{11} + \bar{D}_1 - \bar{D}_1 = 1800 \dots \dots \dots (1)$$

$$0.76X_{21} + 0.065X_{22} + \bar{D}_2 - \bar{D}_2 = 1800 \dots \dots \dots (2)$$

$$1.20X_{31} + \bar{D}_3 - \bar{D}_3 = 1800 \dots \dots \dots (3)$$

$$0.88X_{41} + \bar{D}_4 - \bar{D}_4 = 1800 \dots \dots \dots (4)$$

$$0.59X_{51} + \bar{D}_5 - \bar{D}_5^+ = 1800 \dots\dots\dots (5)$$

$$0.79X_{62} + \bar{D}_6 - \bar{D}_6^+ = 1800 \dots\dots\dots (6)$$

$$0.68X_{72} + \bar{D}_7 - \bar{D}_7^+ = 1800 \dots\dots\dots (7)$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + XX_{11} + XX_{21} + XX_{31} + XX_{41} + XX_{51} + \bar{D}_8 - \bar{D}_8^+ = 525 \dots\dots\dots (8)$$

$$X_{22} + X_{62} + X_{72} + XX_{22} + XX_{62} + XX_{72} + \bar{D}_9 - \bar{D}_9^+ = 437 \dots\dots\dots (9)$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} + \bar{D}_{10} - \bar{D}_{10}^+ = 300 \dots\dots\dots (10)$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} + \bar{D}_{11} - \bar{D}_{11}^+ = 400 \dots\dots\dots (11)$$

$$0.045(X_{11} + XX_{11}) + 0.038(X_{21} + XX_{21}) + 0.0325(X_{22} + XX_{22}) + 0.060(X_{31} + XX_{31}) + \\ 0.044(X_{41} + XX_{41}) + 0.0295(X_{51} + XX_{51}) + 0.0395(X_{62} + XX_{62}) + 0.034(X_{72} + XX_{72}) + \\ \bar{D}_{12} - \bar{D}_{12}^+ = 720 \dots\dots\dots (12)$$

Bütün değişkenler ≥ 0 ve doğrusal

şeklinde amaç programlaması modeli oluşturulur.

5.4. Çözüm Sonuçları

5.4.1. Modelin Çözümü Ve Çözüm Sonuçlarının Açıklanması

Modelin QSB paket programıyla çözüm algoritması şu şekildedir:

İşlem 1: Öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{01} alınır. Buna göre:

$$EnkX_{01} = \bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \bar{D}_3 + \bar{D}_4 + \bar{D}_5 + \bar{D}_6 + \bar{D}_7$$

ve 5. bölümde oluşturulan kısıtlarla (Kısıt sayısı: 12) çözüm bulunur.

En iyi çözümde:

$$X_{01}^* = 0$$

$$X_{21} = 525 \text{ (Kapasite kısıtına tamamen erişiliyor)}$$

X_{01}^* en iyi çözümü Ek-2'de verilmiştir. Ek-2'de X_{21} değişkeni X_2 ile gösterilmiştir.

İşlem 2: $\bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \bar{D}_3 + \bar{D}_4 + \bar{D}_5 + \bar{D}_6 + \bar{D}_7 \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı: 13). Daha sonra

2. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{02} alınarak model çözülür.

En iyi çözümde:

$$X_{02}^* = 0 \text{ (Ek-3'de verilmiştir)}$$

$$X_{31}=1500$$

$$X_{62}=437$$

Ek-3'de X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

İşlem3: $\bar{D}_8 + \bar{D}_9 \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı:14). 3. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{03} alınarak model çözülür.

En iyi çözümde:

$$X^*_{03}=0 \text{ (Ek-4'de gösterilmiştir).}$$

$$X_{31}=1500$$

$$X_{62}=437$$

Ek-4'de X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

İşlem 4: $\bar{D}_{10} + \bar{D}_{11} \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı:15). 4. öncelikli amaç fonksiyonu alınarak modeli çözülür.

En iyi çözümde:

$$X^*_{04}=0 \text{ (Ek-5'de gösterilmiştir)}$$

$$X_{31}=1500$$

$$X_{62}=437$$

Ek-5'de X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

Sonuç olarak 1. parça grubunun 3. tezgahta normal mesaide üretilecek olan miktarı 1500 adettir. 2.parça grubunun 6.tezgahta normal mesaide üretilecek olan miktarı ise 437 adettir. Sistemde 1-2-3-4 öncelik sırasında verilen amaçlara tamamen erişilmiştir. Ek-6'da, (1-2-3-4) öncelik sırasına göre, karar değişkenleri ve sapmasal değişkenlerin değerleri ile, işlem adımlarına göre amaç fonksiyonunun aldığı çözüm sonuçları gösterilmiştir.

5.4.2. Modeldeki Öncelik Sıralarının Değiştirilerek Tekrar Çözüm Sağlanması

Belirlenen öncelikler kümesindeki sırayı (1-2-3-4), (4-1-3-2) sırasıyla değiştirdiğimizde (Yani parça grupları için palet kullanım süresini, toplam; mevcut palet kullanım süresinin altında tutmayı ilk öncelik olarak almak) çözüm algoritması

şu şekilde olur:

İşlem 1: 1. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{04} alınır. Buna göre:

$$\text{Enk } X_{04} = \bar{D}_{12}$$

ve 5. bölümde oluşturulan kısıtlarla (Kısıt sayısı:12) çözüm bulunur.

Eniyi çözümde:

$$X_{04}^* = 0$$

$$X_{31} = 11712.3$$

$$X_{62} = 437$$

X_{04}^* en iyi çözümü Ek 7'de verilmiştir.

Ek-7'de X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

İşlem 2: $\bar{D}_{12} \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı:13). Daha sonra 2. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{01} alınarak model çözülür.

En iyi çözümde:

$$X_{01}^* = 0$$

$$X_{21} = 2368.42$$

X_{01}^* en iyi çözümü Ek 8'de verilmiştir.

Ek-8'de X_{21} değişkeni X_2 ile gösterilmiştir.

İşlem 3: $\bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \bar{D}_3 + \bar{D}_4 + \bar{D}_5 + \bar{D}_6 + \bar{D}_7 \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı:14). Daha sonra 3. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{03} alınarak model çözülür.

En iyi çözümde:

$$X_{03}^* = 0$$

$$X_{31} = 1500$$

$$X_{62} = 437$$

X_{03}^* en iyi çözümü Ek 9'da verilmiştir.

Ek-9'da X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

İşlem 4: $\bar{D}_{10} + \bar{D}_{11} \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı:15). Daha sonra 4. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{02} alınarak model çözülür.

$$X^*_{02}=0$$

$$X_{31}=1500$$

$$X_{62}=437$$

X^*_{02} en iyi çözümü Ek-10'da gösterilmiştir. Ek-10'da X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlara göre (1-2-3-4) sırasını, (4-1-3-2) olarak değiştirdiğimizde amaçlara tamamen erişildiğini görüyoruz. Sonuçlardan görüldüğü gibi, 1. parça grubu için, 3.tezgahta, normal mesaide 1500 adet; 2.parça grubu için 6.tezgahta, normal mesaide 437 adet üretilmesi gerekmektedir. Ek11'de, (4-1-3-2) öncelik sırasına göre karar değişkenleri ve sapmasal değişkenlerin değerleri ile, işlem adımlarına göre amaç fonksiyonunun aldığı çözüm sonuçları gösterilmiştir.

Öncelik kümesindeki sırayı, (2-1-3-4) olarak değiştirdiğimizde (Yani tezgahların fazla ve normal mesaideki üretim miktarlarında üretilen ürünlerle o döneme ait talebi karşılamayı 1.derecede öncelik olarak alırsak) çözüm algoritması şu şekildedir.

İşlem 1 : 1.öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{02} alınır. Buna göre :

$$EnkX_{02}=\bar{D}_8+\bar{D}_9$$

ve 5. bölümde oluşturulan kısıtlarla (Kısıt sayısı : 12) çözüm bulunur.

En iyi çözümde :

$$X^*_{02}=0$$

$$X_{31}=11712,3$$

$$X_{62}=437$$

X^*_{02} en iyi çözümü Ek 12'de verilmiştir. Ek-12'de X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

İşlem 2: $\bar{D}_8+\bar{D}_9 \leq 0$ kısıtı modele eklenir. (Kısıt sayısı:13). Daha sonra 2. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{01} alınarak model çözülür.

En iyi çözümde:

$$X^*_{01}=0$$

$$X_{21}=525$$

$$X_{72}=437$$

X_{01}^* en iyi çözümü Ek 13'de verilmiştir. Ek-13'de X_{21} değişkeni X_2 , X_{72} değişkeni X_7 ile gösterilmiştir.

İşlem 3: $\bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \bar{D}_3 + \bar{D}_4 + \bar{D}_5 + \bar{D}_6 + \bar{D}_7 \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı:14). Daha sonra

3. öncelikli amaç fonksiyonu olan X_{03} alınarak model çözülür.

En iyi çözümde:

$$X_{03}^*=0$$

$$X_{31}=1500$$

$$X_{62}=437$$

X_{03}^* en iyi çözümü Ek 14'de verilmiştir. Ek-14'de X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

İşlem 4: $\bar{D}_{10} + \bar{D}_{11} \leq 0$ kısıtı modele eklenir (Kısıt sayısı:15). Daha sonra 4. öncelikli amaç fonksiyonu X_{04} alınarak model çözülür.

En iyi çözümde:

$$X_{04}^*=0$$

$$X_{31}=1500$$

$$X_{62}=437$$

X_{04}^* en iyi çözümü Ek 15'de verilmiştir. Ek-15'de X_{31} değişkeni X_3 , X_{62} değişkeni X_6 ile gösterilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlara göre (4-1-3-2) olarak değiştirdiğimizde sırayı tekrar değiştirip, (2-1-3-4) sırasındaki amaç fonksiyonlarını modele kattığımızda ,amaçlara tamamen erişildiği görülüyor. Üretim miktarları, 1. parça grubundan, 3. tezgahta, normal mesaide 1500 adet, 2. parça grubundan normal mesaide 6. tezgahta 437 adettir. Ek 16'da, (2-1-3-4) öncelik sırasına göre, karar değişkenleri ve sapmasal değişkenlerin değerleri ile, işlem adımlarına göre amaç fonksiyonunun aldığı çözüm sonuçları gösterilmiştir.

5.4.3 Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Öncelik sıralarındaki amaçlara göre bulunan çözüm sonuçlarını, amaç yapısı olarak adlandırdığımızda, 3 amaç yapısının da sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir. Amaç yapılarının herbirinde amaçlara tamamen erişim sağlanmıştır. Bu, gerçekleşmesi istenen bir sonuçtur.

İşletme bu üç amaç yapısından birini seçerek üretimini sürdürebilir. Ancak, işletmenin önceliklerini doğru yönde sıralaması önem taşımaktadır. Hazırlanan model, işletmenin belirlediği amaçlar çevresinde oluşturulan öncelik kümelerine göre farklı ve çatışan amaçları eniyilemeye çalışır. Modelde belirlenen dört öncelik kümesine erişim amaçları dengelenmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, esnek üretim sistemlerinde sistemin karışıklığı, değişken işlem süresi ve aynı anda birçok amacın eniyilenmesini gerektiren durumlarla karşılaştırılması nedeniyle çoklu amaca dayalı modelin kullanılması EÜS üretim planlaması için uygun olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma,EOS'de makine yükleme probleminin, amaç programlama modeline başvurulmasıyla etkin olarak çözülebilirliğini göstermek için yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

İlk olarak, bu model karar vericilerin çoklu çatışan amaçlarını uzlaştırır. Belirlenen kısıtlar altında, belli sapmalar dahilinde, tatmin edici bir düzey sağlanabilir. İkinci olarak, doğrusal programlama ve amaç programlama modellerinin arasındaki temel fark da ortaya çıkmaktadır. Doğrusal programlamada tek bir amaç eniyilenmeye çalışılmaktadır.Yani, karar verici kendi tercih bilgisine göre bir eniyileme değeri belirleyip çözüm bulmak zorundadır. Tek amaçlı yaklaşımlar bu nedenle dezavantaj taşırlar. Örneğin, istasyonlardaki makina sayılarını en azlama amacı, istasyonlardaki bekleme süresiyle çatışır. Böylece bir amaca erişilirken diğeri gözardı edilir. Amaç programlamada ise, birden fazla amaç, öncelik sıraları gözönünde tutularak, dengeli bir biçimde eniyilenmeye çalışılır. Ayrıca amaç programlama modelinde, amaçtan sapmalar en küçüklenmeye çalışılmaktadır.

İnsan faktöründeki azalış ve otomasyondaki artış nedeniyle problem alanlarının değişmesi sonucu,deterministik modeller,kuyruk ve benzetim en iyi çözüm arayışı içine girmişlerdir. İnsan faktöründeki azalışın güzel bir örneği olan esnek üretim sistemlerinde, ulaşılabilir en iyi çözümün sağlanmasının gereği tartışılmaz. Sonuç olarak,çatışan birden fazla amacın çıktığı durumlar için, amaç programlama yaklaşımı, tatmin edici bir düzey sağlayabilen bir yaklaşımdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar, N., 1989, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, 193-208.
- Apaydın, H. ve Yetiş N., 1987, Esnek İmalat Sistemlerinde Gruplama Yöntem ve Teknikleri, XI Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi, VIII.63-VIII.82.
- Bal, H., 1986, Çoklu Amaçların Çözümlemesinde Amaç Programlaması ile Genleştirilmiş Ters Yaklaşımı ve Yem Sanayinde Bir Uygulama, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Berzek, N., 1987, İmalat İşletmelerinde Esnek Üretime Geçiş Aşamasında Yönetimin Kararını Etkileyen Faktörler, XI. Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi, VIII.13-VIII.20
- Browne, J., Dubois, D., Rathmill, K., Sethi, S.P. and Stecke, K.E., 1984 Classification of Flexible Manufacturing Systems, The FMS magazine, 2, 114-117.
- Browne, J., Chan W.W. and Rathmill K., 1985, An Integrated FMS Design Procedure, Annals of Operations Research, 3, 207-237.
- Dean, V., Yu, Y.M. and Schniederjans, M.J., 1990, A Goal Programming Approach to Production Planning for Flexible Manufacturing Systems, Journal of Engineering and Technology Management, 6, 207-220.
- Dougall, G. and Noori, H., 1986, Manufacturing-Marketing Strategic Interface: The Impact of Frexible Manufacturing Systems, Modelling and Design Of Flexible Manufacturing Systems, 189-205.
- Durmuşoğlu, B., 1986, Grup Teknolojisi İmalat Sistemi ve Bu Sistemin Tasarımına Yönelik Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Durmuşoğlu, B. ve Hekimbaşı, H., 1987, Esnek İmalat Sistemlerinde Yükleme Problemi, XI. Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi Bildiri Kitabı, VIII.47-VIII.62.
- Fry, T.D. and Smith, AqEç, 1989, FMS Implementation Procedure : A Cesa Study, IIE Transactions, 9, 288-293.
- Huang, Y.P. and Chen, C.S., 1986, Flexible Manufacturing Systems : An overview and Bibliography, Production and Inventory Management, Third Quarter.
- Ignizio, J.P., 1982, Linear Programming in Single and Multiple Objective Systems, Prentice-Hall, Englewood Chiffs, New Jersey.
- Kara, i., 1985, Yöneylem Araştırmasının Yöntem Bilimi, 59-71.

King, J.R., 1980, Machine-Component Grouping in 59-71. Production Flow Analysis : an Approach Using a Rank Order Clustering Algorithm, Int. J. Prod. Res., 2.

Kobu, B., 1982, Üretim Yönetimi, 36-54.

Kusiak, A., 1986, Modelling and Design of FMS's Elsevier Science Publishers b.V., Amsterdam.

Lee, S.W. and Jung, H.J., 1989, A Multi-Objective Production Planning Model in Flexible Manufacturing Environment, Int. J. Prod. Res., 11, 1981-1992.

Markland, R. and Sweigart, J., 1987, Quantitative Methods: Applications to Managerial Decision Making, 313-342.

Nişancı, H.I., 1984, Üretim Planlaması ve Kontrolü, 1-7.

Savsar, M., 1984, Üretim Sistemleri, 3-8.

Schniederjans, M.J., 1984, Linear Goal Programming, Petrocelli Books, New Jersey.

Stecke, K. and Suri R., 1989, Flexible Manufacturing Systems, Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference, 93-111.

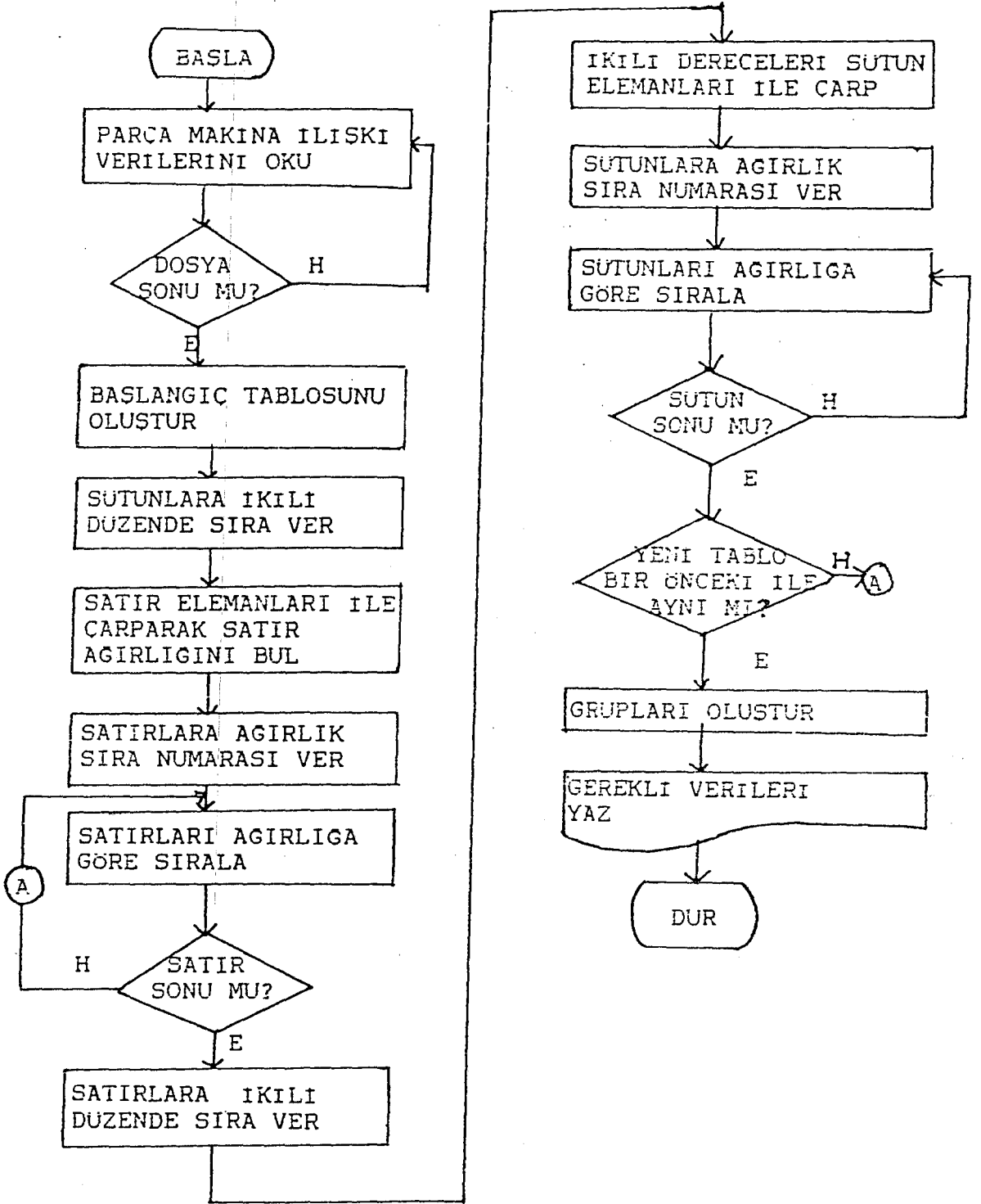
Stecke, K.E., 1985, Design, Planning and Control Problems of Flexible Manufacturing Systems, Annals of Operations Research, 3, 3-12.

Suri, R., 1985, An Overview of Evaluative Models for Flexible Manufacturing Systems, Annals of Operations Research, 3, 13-21.

Tabucanon, T.M. 1988, Multiple Criteria Decision Making in Industry, Studies in Production and Engineering Economics, 61-72.

Yazıcıoğlu, G., Özkaya, G. ve Anafarta M., Esnek İmalat Sistemleri ve Modelleme Yaklaşımları, XI.Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi, VIII.1-VIII.11.

Young, C. and Greene A., 1986, Flexible Manufacturing Systems, AMA Management Briefing.



Ek-1. Derece Sıralama ve Kümeleme Yöntemi
Akış Seması

Summarized Results for mugel				Page : 1	
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000
2 X2	525.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000
3 X3	0.0000	0.0000	18 X18	0.0000	1.0000
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1401.0000	0.0000
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	1.0000
6 X6	0.0000	0.0000	21 X21	1800.0000	0.0000
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	0.0000	1.0000
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	1.0000
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	1.0000
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1800.0000	0.0000
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	1.0000
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	1.0000
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) ITERS. = 18					

Press any key to continue.

Summarized Results for mugel				Page : 2	
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
31 X31	0.0000	0.0000	42 A2	0.0000	0.0000
32 X32	0.0000	0.0000	43 A3	0.0000	0.0000
33 X33	437.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000
34 X34	0.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000
35 X35	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000
36 X36	225.0000	0.0000	47 A7	0.0000	0.0000
37 X37	400.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000
38 X38	0.0000	0.0000	49 A9	0.0000	0.0000
39 X39	700.0500	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000
40 X40	0.0000	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000
41 A1	0.0000	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) ITERS. = 18					

Summarized Results for muge3				Page : 1			
Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost
1	X1	0.0000	0.0000	16	X16	0.0000	0.0000
2	X2	0.0000	0.0000	17	X17	1800.0000	0.0000
3	X3	1500.0000	0.0000	18	X18	0.0000	0.0000
4	X4	0.0000	0.0000	19	X19	1800.0000	0.0000
5	X5	0.0000	0.0000	20	X20	0.0000	0.0000
6	X6	437.0000	0.0000	21	X21	0.0000	0.0000
7	X7	0.0000	0.0000	22	X22	0.0000	0.0000
8	X8	0.0000	0.0000	23	X23	1800.0000	0.0000
9	X9	0.0000	0.0000	24	X24	0.0000	0.0000
10	X10	0.0000	0.0000	25	X25	1800.0000	0.0000
11	X11	0.0000	0.0000	26	X26	0.0000	0.0000
12	X12	0.0000	0.0000	27	X27	1454.7700	0.0000
13	X13	0.0000	0.0000	28	X28	0.0000	0.0000
14	X14	0.0000	0.0000	29	X29	1800.0000	0.0000
15	X15	0.0000	0.0000	30	X30	0.0000	0.0000
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13							

Press any key to continue.

Summarized Results for muge3						Page : 2	
Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost
31	X31	0.0000	1.0000	43	A3	0.0000	0.0000
32	X32	975.0000	0.0000	44	A4	0.0000	0.0000
33	X33	0.0000	1.0000	45	A5	0.0000	0.0000
34	X34	0.0000	0.0000	46	A6	0.0000	0.0000
35	X35	0.0000	0.0000	47	A7	0.0000	0.0000
36	X36	1200.0000	0.0000	48	A8	0.0000	0.0000
37	X37	0.0000	0.0000	49	A9	0.0000	0.0000
38	X38	37.0000	0.0000	50	A10	0.0000	0.0000
39	X39	612.7385	0.0000	51	A11	0.0000	0.0000
40	X40	0.0000	0.0000	52	A12	0.0000	0.0000
41	A1	0.0000	0.0000	53	S13	0.0000	0.0000
42	A2	0.0000	0.0000				
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13							

Ek-3. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X₀₂* En İyi Çözümü

Summarized Results for muge5				Page : 1	
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000
3 X3	1500.0000	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	0.0000	0.0000
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) ITERS. = 13					

Press any key to continue.

Summarized Results for muge5				Page : 2	
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost
31 X31	0.0000	0.0000	43 A3	0.0000	0.0000
32 X32	975.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000
33 X33	0.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000
34 X34	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000
35 X35	0.0000	1.0000	47 A7	0.0000	0.0000
36 X36	1200.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000
37 X37	0.0000	1.0000	49 A9	0.0000	0.0000
38 X38	37.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000
39 X39	612.7385	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000
40 X40	0.0000	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000
41 A1	0.0000	0.0000	53 S13	0.0000	0.0000
42 A2	0.0000	0.0000	54 S14	0.0000	0.0000
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) ITERS. = 13					

Ek-4. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X_{03}^* En İyi Çözümü

Summarized Results for muge7						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	1500.0000	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000	
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000	
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	0.0000	0.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 13

Press any key to continue.

Summarized Results for muge7						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
32 X32	975.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
36 X36	1200.0000	0.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
39 X39	612.7385	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	1.0000	53 S13	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	54 S14	0.0000	0.0000	
42 A2	0.0000	0.0000	55 S15	0.0000	0.0000	
43 A3	0.0000	0.0000				
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 13

Ek-5. (1-2-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X₀₄* En İyi Çözümü

Değ.	1. Çözüm EnkX ₀₁ = $\bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \dots + \bar{D}_7$ (12 Kısıt)	2. Çözüm EnkX ₀₂ = $\bar{D}_8 + \bar{D}_9$ 12 kısıt + ($\bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \dots + \bar{D}_7 \leq 0$) (13 kısıt)	3. Çözüm EnkX ₀₃ = $\bar{D}_{10} + \bar{D}_{11}$ 13 Kısıt + ($\bar{D}_9 + \bar{D}_8 \leq 0$) (14 Kısıt)	4. Çözüm EnkX ₀₄ = $\bar{D}_{12}$ 14 Kısıt + ($\bar{D}_{10} + \bar{D}_{11} \leq 0$) (15 Kısıt)
X ₁₁	0	0	0	0
X ₂₁	525	0	0	0
X ₃₁	0	1500	1500	1500
X ₄₁	0	0	0	0
X ₅₁	0	0	0	0
X ₆₂	0	0437	437	437
X ₇₂	0	0	0	0
X ₂₂	0	0	0	0
XX ₁₁	0	0	0	0
XX ₂₂	0	0	0	0
XX ₃₁	0	0	0	0
XX ₄₁	0	0	0	0
XX ₅₁	0	0	0	0
XX ₆₂	0	0	0	0
XX ₇₂	0	0	0	0
XX ₂₂	0	0	0	0
$\bar{D}_1$	1800	1800	1800	1800
$\bar{D}_1^+$	0	0	0	0
$\bar{D}_2$	1401	1800	1800	1800
$\bar{D}_2^+$	0	0	0	0
$\bar{D}_3$	1800	0	0	0
$\bar{D}_3^+$	0	0	0	0
$\bar{D}_4$	1800	1800	1800	1800
$\bar{D}_4^+$	0	0	0	0
$\bar{D}_5$	1800	1800	1800	1800
$\bar{D}_5^+$	0	0	0	0
$\bar{D}_6$	1800	1454,77	1454,77	1454,77
$\bar{D}_6^+$	0	0	0	0
$\bar{D}_7$	800	800	800	800
$\bar{D}_7^+$	0	0	0	0
$\bar{D}_8$	0	0	0	0
$\bar{D}_8^+$	0	975	975	975
$\bar{D}_9$	437	0	0	0

D_9^+	0	0	0	0
D_{10}	0	0	0	0
D_{10}^+	225	1200	1200	1200
D_{11}	400	0	0	0
D_{11}^+	0	37	37	37
D_{12}	700	612,7385	612,7385	612,7285
D_{12}^+	0	0	0	0
X_{04}	0	0	0	<u>0</u>
X_{03}	400	0	<u>0</u>	0
X_{02}	437	<u>0</u>	0	0
X_{01}	<u>0</u>	2787,7385	2787,7385	2787,7385

Ek-6. (1-2-3-4) Sırasındaki Çözüm Sonuçları

Summarized Results for muge9						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	11712.3086	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000	
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000	
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	12254.7705	0.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13						

Press any key to continue.

Summarized Results for muge9						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	0.0000	42 A2	0.0000	0.0000	
32 X32	11187.3086	0.0000	43 A3	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
36 X36	11412.3086	0.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
39 X39	0.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	1.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13						

Ek-7. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre /04* En İyi Çözümü

Summarized Results for mugell				Page : 1			
Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost
1	X1	0.0000	0.0000	16	X16	0.0000	0.0000
2	X2	2368.4211	0.0000	17	X17	1800.0000	0.0000
3	X3	0.0000	0.0000	18	X18	0.0000	1.0000
4	X4	0.0000	0.0000	19	X19	0.0000	0.0000
5	X5	0.0000	0.0000	20	X20	0.0000	1.0000
6	X6	0.0000	0.0000	21	X21	1800.0000	0.0000
7	X7	0.0000	0.0000	22	X22	0.0000	1.0000
8	X8	0.0000	0.0000	23	X23	1800.0000	0.0000
9	X9	0.0000	0.0000	24	X24	0.0000	1.0000
10	X10	0.0000	0.0000	25	X25	1800.0000	0.0000
11	X11	0.0000	0.0000	26	X26	0.0000	1.0000
12	X12	0.0000	0.0000	27	X27	1800.0000	0.0000
13	X13	0.0000	0.0000	28	X28	0.0000	1.0000
14	X14	0.0000	0.0000	29	X29	1800.0000	0.0000
15	X15	0.0000	0.0000	30	X30	0.0000	1.0000
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 20							

Press any key to continue.

Summarized Results for mugell						Page : 2	
Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names		Solution	Opportunity Cost
31	X31	0.0000	0.0000	43	A3	0.0000	0.0000
32	X32	1843.4211	0.0000	44	A4	0.0000	0.0000
33	X33	437.0000	0.0000	45	A5	0.0000	0.0000
34	X34	0.0000	0.0000	46	A6	0.0000	0.0000
35	X35	0.0000	0.0000	47	A7	0.0000	0.0000
36	X36	2068.4211	0.0000	48	A8	0.0000	0.0000
37	X37	400.0000	0.0000	49	A9	0.0000	0.0000
38	X38	0.0000	0.0000	50	A10	0.0000	0.0000
39	X39	630.0000	0.0000	51	A11	0.0000	0.0000
40	X40	0.0000	0.0000	52	A12	0.0000	0.0000
41	A1	0.0000	0.0000	53	S13	0.0000	0.0000
42	A2	0.0000	0.0000				
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 20							

Ek-8. (4-1-3-2) Çıcelik Sırasındaki Amaçlara Göre X_{01} ' En İyi Çözümü

Summarized Results for mugel13						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	1500.0000	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000	
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000	
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	0.0000	0.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13						

Press any key to continue.

Summarized Results for mugel13						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	0.0000	43 A3	0.0000	0.0000	
32 X32	975.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	1.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
36 X36	1200.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	1.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
39 X39	612.7385	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	53 S13	0.0000	0.0000	
42 A2	0.0000	0.0000	54 S14	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13						

E-9. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X_{03}^* En İyi Çözümü

Summarized Results for muge15						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	1500.0000	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000	
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000	
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	0.0000	0.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) ITERS. = 13						

Press any key to continue.

Summarized Results for muge15						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	1.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
32 X32	975.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	1.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
36 X36	1200.0000	0.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
39 X39	612.7385	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	0.0000	53 S13	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	54 S14	0.0000	0.0000	
42 A2	0.0000	0.0000	55 S15	0.0000	0.0000	
43 A3	0.0000	0.0000				
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) ITERS. = 13						

Ek-10. (4-1-3-2) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X_{02} * En İyi Çözümü

Değ.	1. Çözüm EnkX ₀₄ = $\bar{D}_{12}$ (12 Kısıt)	2. Çözüm EnkX ₀₁ = $\bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \dots + \bar{D}_7$ (12 kısıt + ($\bar{D}_{12} \leq 0$)) (13 kısıt)	3. Çözüm EnkX ₀₃ = $\bar{D}_{10} + \bar{D}_{11}$ 13 Kısıt + ($\bar{D}_1 + \bar{D}_2 + \dots + \bar{D}_7 \leq 0$) (14 Kısıt)	4. Çözüm EnkX ₀₂ = $\bar{D}_8 + \bar{D}_9$ 14 Kısıt + ($\bar{D}_{10} + \bar{D}_{11} \leq 0$) (15 Kısıt)
X ₁₁	0	0	0	0
X ₂₁	0	2368,4211	0	0
X ₃₁	11712,3086	0	1500	1500
X ₄₁	0	0	0	0
X ₅₁	0	0	0	0
X ₆₂	437	0	437	437
X ₇₂	0	0	0	0
X ₂₂	0	0	0	0
XX ₁₁	0	0	0	0
XX ₂₂	0	0	0	0
XX ₃₁	0	0	0	0
XX ₄₁	0	0	0	0
XX ₅₁	0	0	0	0
XX ₆₂	0	0	0	0
XX ₇₂	0	0	0	0
XX ₂₂	0	0	0	0
D ₁	1800	1800	1800	1800
D ₁	0	0	0	0
D ₂	1800	0	1800	1800
D ₂	0	0	0	0
D ₃	0	1800	0	0
D ₃	12254,7705	0	0	0
D ₄	1800	1800	1800	1800
D ₄	0	0	0	0
D ₅	1800	1800	1800	1800
D ₅	0	0	0	0
D ₆	1454,77	1800	1454,77	1454,77
D ₆	0	0	0	0
D ₇	800	800	800	800
D ₇	0	0	0	0
D ₈	0	0	0	0
D ₈	11187,3086	1843,4211	975	975
D ₉	0	437	0	0

D_9^+	0	0	0	0
D_{10}^-	0	0	0	0
D_{10}^+	11412,3086	2068,4211	1200	1200
D_{11}^-	0	400	0	0
D_{11}^+	37	0	37	37
D_{12}^-	0	630	612,7385	612,7385
D_{12}^+	0	0	0	0
X_{02}	0	437	0	<u>0</u>
X_{03}	0	400	<u>0</u>	0
X_{01}	34744,3877	<u>0</u>	0	0
X_{04}	<u>0</u>	0	0	0

Ek-11. (4-1-3-2) Sırasındaki Çözüm Sonuçları

Summarized Results for muge17						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	11712.3086	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000	
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000	
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	12254.7705	0.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13						

Press any key to continue.

Summarized Results for muge17						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	1.0000	42 A2	0.0000	0.0000	
32 X32	11187.3086	0.0000	43 A3	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	1.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
36 X36	11412.3086	0.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
39 X39	0.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.) Iters. = 13						

Ek-12. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X_{02} ' En İyi Çözümü

Summarized Results for mugel19						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	525.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	0.0000	0.0000	18 X18	0.0000	1.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1401.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	1.0000	
6 X6	0.0000	0.0000	21 X21	1800.0000	0.0000	
7 X7	437.0000	0.0000	22 X22	0.0000	1.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	1.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	1.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1800.0000	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	1.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1502.8400	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	1.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 18

Press any key to continue.

Summarized Results for mugel19						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	0.0000	43 A3	0.0000	0.0000	
32 X32	0.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	0.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
36 X36	225.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	0.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
39 X39	685.1920	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	53 S13	0.0000	0.0000	
42 A2	0.0000	0.0000				
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 18

Ek-13. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındak Amaçlara Göre X_{01} * En İyi Çözümü

Summarized Results for muge21						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	1500.0000	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000	
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000	
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	0.0000	0.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 13

Press any key to continue.

Summarized Results for muge21						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	0.0000	43 A3	0.0000	0.0000	
32 X32	975.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	1.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
36 X36	1200.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	1.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
39 X39	612.7385	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	53 S13	0.0000	0.0000	
42 A2	0.0000	0.0000	54 S14	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 13

Ek-14. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X_{03}^* En İyi Çözümü

Summarized Results for muge23						Page : 1
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
1 X1	0.0000	0.0000	16 X16	0.0000	0.0000	
2 X2	0.0000	0.0000	17 X17	1800.0000	0.0000	
3 X3	1500.0000	0.0000	18 X18	0.0000	0.0000	
4 X4	0.0000	0.0000	19 X19	1800.0000	0.0000	
5 X5	0.0000	0.0000	20 X20	0.0000	0.0000	
6 X6	437.0000	0.0000	21 X21	0.0000	0.0000	
7 X7	0.0000	0.0000	22 X22	0.0000	0.0000	
8 X8	0.0000	0.0000	23 X23	1800.0000	0.0000	
9 X9	0.0000	0.0000	24 X24	0.0000	0.0000	
10 X10	0.0000	0.0000	25 X25	1800.0000	0.0000	
11 X11	0.0000	0.0000	26 X26	0.0000	0.0000	
12 X12	0.0000	0.0000	27 X27	1454.7700	0.0000	
13 X13	0.0000	0.0000	28 X28	0.0000	0.0000	
14 X14	0.0000	0.0000	29 X29	1800.0000	0.0000	
15 X15	0.0000	0.0000	30 X30	0.0000	0.0000	
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 13

Press any key to continue.

Summarized Results for muge23						Page : 2
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	
31 X31	0.0000	0.0000	44 A4	0.0000	0.0000	
32 X32	975.0000	0.0000	45 A5	0.0000	0.0000	
33 X33	0.0000	0.0000	46 A6	0.0000	0.0000	
34 X34	0.0000	0.0000	47 A7	0.0000	0.0000	
35 X35	0.0000	0.0000	48 A8	0.0000	0.0000	
36 X36	1200.0000	0.0000	49 A9	0.0000	0.0000	
37 X37	0.0000	0.0000	50 A10	0.0000	0.0000	
38 X38	37.0000	0.0000	51 A11	0.0000	0.0000	
39 X39	612.7385	0.0000	52 A12	0.0000	0.0000	
40 X40	0.0000	1.0000	53 S13	0.0000	0.0000	
41 A1	0.0000	0.0000	54 S14	0.0000	0.0000	
42 A2	0.0000	0.0000	55 S15	0.0000	0.0000	
43 A3	0.0000	0.0000				
Minimum value of the OBJ = 0 (multiple sols.)						Iters. = 13

Ek-15. (2-1-3-4) Öncelik Sırasındaki Amaçlara Göre X₀₄* En İyi Çözümü

Değ.	1. Çözüm EnkX ₀₂ = $\bar{D}_8+\bar{D}_9$ (12 Kısıt)	2. Çözüm EnkX ₀₁ = $\bar{D}_1+\bar{D}_2+\dots+\bar{D}_7$ (12 kısıt+ $\bar{D}_8+\bar{D}_9 \leq 0$) (13 kısıt)	3. Çözüm EnkX ₀₃ = $\bar{D}_{10}+\bar{D}_{11}$ 13 Kısıt+ ($\bar{D}_1+\bar{D}_2+\dots+\bar{D}_7 \leq 0$) (14 Kısıt)	4. Çözüm EnkX ₀₄ = $\bar{D}_{12}$ 14 Kısıt + ($\bar{D}_{10}+\bar{D}_{11} \leq 0$) (15 Kısıt)
X ₁₁	0	0	0	0
X ₂₁	0	525	0	0
X ₃₁	11712,3086	0	1500	1500
X ₄₁	0	0	0	0
X ₅₁	0	0	0	0
X ₆₂	437	0	437	437
X ₇₂	0	437	0	0
X ₂₂	0	0	0	0
XX ₁₁	0	0	0	0
XX ₂₂	0	0	0	0
XX ₃₁	0	0	0	0
XX ₄₁	0	0	0	0
XX ₅₁	0	0	0	0
XX ₆₂	0	0	0	0
XX ₇₂	0	0	0	0
XX ₂₂	0	0	0	0
D ₁	1800	1800	1800	1800
D ₁	0	0	0	0
D ₂	1800	1401	1800	1800
D ₂	0	0	0	0
D ₃	0	1800	0	0
D ₃	12254,7705	0	0	0
D ₄	1800	1800	1800	1800
D ₄	0	0	0	0
D ₅	1800	1800	1800	1800
D ₅	0	0	0	0
D ₆	1454,77	1800	1454,77	1454,77
D ₆	0	0	0	0
D ₇	800	502,84	800	800
D ₇	0	0	0	0
D ₈	0	0	0	0
D ₈	11187,3086	0	975	975
D ₉	0	0	0	0

$\bar{D}_9$	0	0	0	0
$\bar{D}_{10}$	0	0	0	0
$\bar{D}_{10}^+$	11412,3086	225	1200	1200
$\bar{D}_{11}$	0	0	0	0
$\bar{D}_{11}^+$	37	37	37	37
$\bar{D}_{12}$	0	685,192	612,7385	612,7385
$\bar{D}_{12}^+$	0	0	0	0
$\bar{X}_{04}$	0	0	0	<u>0</u>
$\bar{X}_{03}$	0	0	<u>0</u>	0
$\bar{X}_{01}$	12254,7705	<u>0</u>	0	0
$\bar{X}_{02}$	<u>0</u>	0	0	0

Ek-16. (2-1-3-4) Sırasındaki Çözüm Sonuçları.