

Süleyman Demirel Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Y.2006, C.11, S.1 s.141-153.

ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE YÜKLEME VE ROTALAMA PROBLEMLERİ İÇİN ÇOK AMAÇLI MODEL DENEMESİ

A MULTIFUNCTIONAL MODEL ATTEMPT FOR THE LOADING AND ROUTING PROBLEMS IN FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS

Yrd.Doç.Dr.Ediz ATMACA*
Prof.Dr.Serpil EROL**

ÖZET

Çalışmada, Esnek Üretim Sistemlerinde(EÜS) yükleme ve rotalama problemleri için amaç programlama modelinin uygulanabilirliği gösterilmiştir. Modelle ilgili varsayım ve amaçlar belirlenerek, model formülasyonu oluşturulmuştur. Örnek bir problem üzerinde farklı amaç yapıları için model denenmiştir.

ABSTRACT

In this study, the feasibility of goal programming model to routing and loading problem is shown in Flexible Manufacturing Systems(FMS's). The hypothesis and goals for the model are determined, the model formulation is constituted. The model is tested to different goal construction for sample problem.

Esnek Üretim Sistemleri, Tamsayı Programlama, Amaç Programlama
Flexible Manufacturing Systems, Integer Programming, Goal Programming

1. GİRİŞ

Esnek Üretim Sistemleri (EÜS), üretimde meydana gelen bir trend değişiminin sonucu ortaya çıkmıştır. Orta hacimdeki üretim sistemlerinde yer alan EÜS'ler değişen talep koşullarına göre üretimin etkinliği, hazırlık ve üretim tedarik sürelerinin azalması, süreçteki stoğun azalması gibi üstünlükleriyle işletmelerin pazar yapısını değiştirmiştir. EÜS'lerin gözlemlenen üstünlüklerine karşın birtakım kısıtlamaları da vardır. EÜS'lerin başlangıç maliyetleri yüksektir. EÜS uygulaması, makina aletlerinde,

* Gazi Üniversitesi. Müh.Mim.Fak. Endüstri Müh. Bölümü, Ankara

** Gazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Endüstri Müh. Bölümü, Ankara

otomatik malzeme taşıma sistemlerinde ve bilgisayar kontrolünde yeterlik gerektirir. EÜS'ler yüksek yatırım gerektiren pahalı sistemlerdir. Bu sistemlerden maksimum düzeyde verim sağlanması tasarım ve planlama aşamasındaki bir dizi kararların nasıl alınacağına bağlıdır.

EÜS modellemesi için günümüze kadar pek çok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda kullanılan yaklaşımlar,

- 1) Bilgisayar benzetimi,
- 2) Kuyruk şebekeleri
- 3) Matematiksel programlama

olarak üç ana kategoride toplanabilir (Lee vd., 1989)

Bu yaklaşımlar, EÜS'nin hem tasarımı, hem de işletimi sırasında çok faydalı bir araç olarak kullanılmaktadır. Bilgisayar benzetimi, sistem performansının modellenmesinde sıkça kullanılan tekniklerden birisidir (Carrie vd., 1984; Chang vd., 1986; Crite vd., 1985; Stecke vd., 1981). Benzetim aynı zamanda, parçaların karışımında veya parça tasarımında yapılacak değişimlerin ne tür sonuçlar doğuracağına ilişkin bilgileri sağlayarak, değişik üretim senaryolarını ve sistemin işleyişine ait değişiklikleri değerlendirerek EÜS uygulayıcısına destek olur. EÜS modellemesinde kullanılan tekniklerden olan kuyruk şebekelerinde, herhangi bir zamanda sistemdeki parçaların sayısı sabit varsayılır. Şebeke, EÜS'deki makine istasyonlarının yerini tutan bireysel kuyruklardan ibarettir. Bu yaklaşım daha az veri ve bilgisayar belleği nedeniyle, benzetime oranla tercih edilebilir (Stecke, 1983; Suri, 1985; Yao vd., 1985). Matematiksel programlama yaklaşımı ise, EÜS modellemesinde kullanılan tekniklerden birisidir. EÜS'de doğrusal ve doğrusal olmayan matematiksel modeller üzerinde pek çok çalışmalar yapılmıştır. Matematiksel modeller, sistemin anlaşılması ve kavranmasında diğer modellerden daha kullanışlıdır. Matematiksel programlama yaklaşımının en önemli üstünlüğü, EÜS kontrolü için kullanışlı olan, en iyi çözümü sağlayan model olmasıdır. Ayrıca matematiksel programlama modellerinin çözümünde etkin bilgisayar paket programları mevcuttur. Matematiksel Programlama modellerinin dezavantajı, modeldeki değişken sayısı arttığında problemin NP-Hard hale gelmesidir.

Matematiksel programlama modelleriyle ilgili çalışmalar incelendiğinde, EÜS yükleme ve rotalama problemlerinde değişik faktörlere ağırlık verilerek modelleme yapıldığı görülmektedir. Tablo 1'de bu faktörlere göre bir sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 1: EÜS yükleme ve rotalama probleminde gözönüne alınan faktörler ve ilgili çalışmalar

FAKTÖR	YAPILAN ÇALIŞMALAR	
MAKİNELERDEKİ İŞYÜKÜ DENGELERİ	-Stecke ve Solberg(1981) -Stecke (1983) -Kimemia ve Gershwin (1983) -Ammons v.d (1985) -Shanker ve Tzen(1985) -Wilhelm ve Shin(1985) -O'Grady ve Menon(1987)* -Avonts ve Van Wassenhove (1988) -Ventura ve Chen(1988) -Maimon ve Gershwin(1988) -Bastos(1988) -Lee ve Jung(1989)* -Shanker ve Srinivasulu(1989)	-Dean vd.(1990)* -Ro ve Kim(1990)* -Kumar vd.1990)* -Chen ve Askin(1990)* -Wilson(1992) -Kim ve Yano(1993) -Liang ve Dutta(1993) -Schall ve Chandra(1994) -Mohamed(1995) -D' Angelo vd.(1996)* -Mohamed ve Bernardo(1997) -Mohamed vd.(1999) -Sarker (2003) - Swarnkar ve Tiwari(2004)
MAKİNE İŞLEM SÜRELERİ	-Chakravarty ve Shtub(1984) -Lashkari et al.(1987) -Hutchison et al.(1989)	-Han et al.(1989) -Chen ve Chung(1991) -Liang(1994) -Piplani ve Talavage(1995)* -Gamila ve Motavelli(2003)
ÜRETİM MALİYETLERİ	-Kusiak(1986) -Sarin ve Chen(1987) -Jaikumar ve Van Wassenhove(1989)	-Ram et al.(1990) -Myint ve Tabucanon(1994)* -Das ve Nagendra(1997) -Gamila ve Motavelli(2003)
MAKİNE KAPASİTELERİ	-Bernardo ve Mohamed(1992)	-Co et al.(1990) -Mohamed(1996)
TESLİM TARİHİ	-Hwan ve Shogun(1989)	-Moreno ve Ding(1993) -Gamila ve Motavelli(2003)
MAKİNELER ARASINDAKİ UZAKLIK	-Atmaca ve Erol (2000)*	-Sarker(2003)
MAKİNELER ARASI HAREKET SAYISI	-Potts ve Whitehed(2001)	-Gamila ve Motavelli(2003)
İSTASYON İŞYÜKÜ DENGELERİ	-Sawik(1998)**	-Sawik(2000)**
ÇEVİRİM ZAMANI	-Sawik(1998)** -Sawik(2000)**	-Diallo v.d. (2001)**

(*) ile gösterilen çalışmalar çok amaçlı karar verme ile ilgili olan çalışmalar
 (**):ile gösterilen çalışmalar esnek montaj hatları ile ilgili olan çalışmalar

Tablo 1'de (*)'la gösterilen çalışmalar çok amaçlı karar verme ile ilgili olup, diğerleri ise tek amaca dayalı olan çalışmalardır. (Tek amaca dayalı doğrusal planlama modelleri, sistemde tek bir amacı en iyilemeye çalıştıkları için dezavantaj taşırlar. Örneğin, istasyonlardaki makine sayılarını

en azlama amacı, istasyonlardaki bekleme süresi amacıyla çatışır. Böylece, bir amaca erişilirken, diğeri gözardı edilir. EÜS’de çoklu amaçların birlikte ele alınmak istenmesiyle birlikte, çok amaçlı modelleme yaklaşımları geliştirilmiştir.

EÜS’de yükleme ve rotalama ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, çok amaçlı karar verme teknikleriyle ilgili çok az çalışmaya rastlandığı görülmektedir. O’Grady ve Menon (O’Grady vd., 1987), EÜS’nin ana çizelgelemesiyle ilgili olarak karar vermede, çok amaçlı yaklaşım üzerinde durmuşlardır. Çalışmada, rota esnekliği, alet deposu, parça taşıma ve tampon deposu faktörleri yer almaktadır.

Lee ve Jung (Lee vd., 1989), çok amaçlı karar verme tekniklerinden birisi olan amaç programlamayı kullanarak, parça seçimi ve ataması problemini oluşturmuştur. Model üç amaçtan oluşmaktadır. Bunlar, üretim hızı ihtiyaçlarının belirlenmesi, makinalardaki işyüklerinin dengelenmesi, parçaların toplam işlem sürelerinin enküçüklenmesidir. Lee ve Jung’in amaç programlama modeli, verilen amaçlar ve önceliklere bağlı olarak, karar vericinin amaçlarına ulaşmasında istenen düzeyde bir çözüm sağlamaktadır.

Dean ve Schniederjans(Dean vd., 1990), esnek üretim sistemleri için üretim planlamasında amaç programlama yaklaşımı geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın amacı, EÜS’de malzeme taşıma ve dağıtım sistemi için, amaç programlama modelinin kullanılabilirliğini göstermektir.

Ro ve Kim (Ro vd., 1990), maksimum tamamlanma zamanı, ortalama akış zamanı, ortalama gecikme, maksimum gecikme kriterlerini gözönüne alan altı işlemsel kontrol alt problemlerinin çözümü için sezgiselleri tartışmışlardır.

Kumar vd. (Kumar vd., 1990), EÜS’de yükleme ve gruplama problemleri için çok amaçlı yaklaşım üzerinde çalışmışlardır. Yaklaşım, karar vericinin tercihinine bağlı olarak uygun çözümü sağlamayı amaçlamaktadır.

Chen ve Askin (Chen vd., 1990), EÜS’de altı yükleme sezgiselinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Herbiri farklı amaçlara dayanan sezgisel yaklaşımlar, örnek problem verilerine bağlı olarak değerlendirilmiştir.

Myint ve Tabucanon (Myint vd., 1994), EÜS’de makina seçimi problemi için, interaktif karar verme yaklaşımı üzerinde durmuşlardır. Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. Öncelikle analitik hiyerarşi süreci üzerinde durulmuştur. İkinci kısımda ise, amaç programlama modeli hazırlanarak, makinaların değişik konfigürasyonlarına bağlı olarak, maliyet ve kar değerlendirmesi yapılmıştır.

Piplani vd. (Piplani vd., 1995), esnek rotalı, kapalı imalat sistemlerindeki parçaların, sevkiyat ve dağıtım problemleri üzerinde

durmuşlardır. Geleneksel dağıtım kuralları ve bunların eksik olan yönleri incelenerek, esnek rotalamanın avantajları ortaya konulmuştur.

D'Angelo v.d. (D'Angelo vd., 1996), EÜS tasarımı, çok kriterli bir model üzerinde çalışmışlardır. Bazı performans değerlendirme ölçülerine bağlı olarak bir değerlendirme yapmışlardır.

Atmaca ve Erol, 2000 yılında, Esnek Üretim Sistemlerinde, üretim miktarlarının belirlenmesi ve en uygun rotaların oluşturulması için, çok amaçlı karar verme tekniklerinden birisi olan amaç programlama modeli üzerinde çalışmışlardır. Model, parça, işlem ve makine sayıları için veri üretimi yapılarak, değişik büyüklükler üzerinde denenmiştir.

Bu çalışmada ise, değişik işlemleri yapabilen farklı makinalar, farklı parça tipleri ve herbir parça tipi için değişik işlem sıralarından oluşan, parçalar için alternatif makine kullanımlarına izin veren, otomatik malzeme taşıma sisteminin bulunduğu ve parçaların sistemde tek yönlü akışına izin veren EÜS sistemi ile ilgili model geliştirilmiştir. Model, değişik büyüklükteki problemler üzerinde denenmiştir.

2. ÖNERİLEN AMAÇ PROGRAMLAMA MODELİ

Önerilen amaç programlama modeliyle ilgili varsayımlar ve notasyonlar açıklanarak, örnek bir problem üzerinde model çözülmüş, çözüm sonuçları verilmiştir.

2.1. Varsayımlar

1. Her bir parça için işlemlerin sıraları bellidir.
2. Her bir işlem için, bütün mümkün alternatif makinalardaki işlem süreleri bellidir.
3. İstasyondan istasyona taşıma uzaklıkları bellidir.
4. Sistem, palet sayıları ve stok alanlarıyla kısıtlı değildir.
5. Planlama dönemi boyunca, üretilen parçalar için hammadde ihtiyaçları zamanında ve istenildiği kadar mevcuttur.
6. Planlama dönemi boyunca talep ve kapasiteleri bellidir.
7. Planlama dönemi boyunca makinalar çalışır durumdadır, bozulmalarına izin verilmemektedir.
8. Malzeme taşıma sistemi tek yönlü bir akış izlemektedir.

2.2. Notasyonlar

Modelde kullanılan notasyonlar şunlardır:

i: Parça tipi (i=1,2,.....,I)

j: İşlem sırası (j=1,2,.....J)

k: Makina (k=1,2,.....K)

P_i : i. parça tipinin istenen üretim hızı.

A_k : k. makinanın mevcut kapasitesi.

H_{ij} : i. parça tipinin, j. işlem sırasını kullanarak üretimi için toplam malzeme hareketi.

t_{ijk} : k. makina üzerinde, i. parça tipi için, j. işlemin işlem süresi.

X_{ij} : j. işlem sırasındaki üretim için, i. tipteki parçaların sayısı.

MT: Malzeme hareketi amacı düzeyi.

4 amaçlı olarak kurulan modelde amaçlar öncelik sırasına göre şu şekilde sıralanabilir:

1. öncelikli amaç; malzeme hareketinin en aza indirilmesidir.

$$\sum_i \sum_j H_{ij} X_{ij} \leq MT$$

2.öncelikli amaç, arzu edilen üretim hızlarına ulaşılmasıdır.

$$\sum_j X_{ij} = P_i \quad ; (i=1,2,.....,I)$$

3.öncelikli amaç, belirlenen üretim kapasitesinin üzerine çıkılmamasıdır.

$$\sum_i \sum_j t_{ijk} X_{ij} \leq A_k \quad ; (k=1,2,.....,K)$$

4.öncelikli amaç, bütün makinalardaki işyükü dengesizliğinin en aza indirilmesidir.

$$\sum_i \sum_j t_{ijk} X_{ij} - \sum_i \sum_j t_{ij(k+1)} X_{ij} \leq 0 \quad ; (k=1,2,.....,K-1)$$

Modele sapma değişkenlerinin ilave edilmesiyle birlikte, Amaç programlama formülasyonu detaylı olarak aşağıda verilmiştir:

1.Amaç kısıtı, toplam malzeme hareketinin en aza indirilmesidir.

$$\sum_i \sum_j H_{ij} X_{ij} + d_M^- - d_M^+ = MT$$

d_M^- , d_M^+ : Toplam malzeme hareketi için amaç düzeyinin altında ve üzerinde erişimler.

2.Amaç kısıtı; planlama dönemi için arzu edilen üretim hızına ulaşılmasını sağlamaktadır.

$$\sum_j X_{ij} + d_{N_i}^- - d_{N_i}^+ = P_i$$

$d_{N_i}^-$, $d_{N_i}^+$: Üretim hızı için amaç düzeyinin altında ve üzerindeki erişimler.

3.Amaç kısıtı; belirlenen üretim kapasitesinin üzerine çıkılmamasıdır.

$$\sum_i \sum_j t_{ijk} X_{ij} + d_k^- - d_k^+ = A_k$$

d_k^- , d_k^+ : Kapasite için amaç düzeyinin altında ve üzerindeki erişimler.

4.Amaç kısıtı, herbir makinada üretilen parçaların sayılarıyla ilgili işyükü dengeleridir.

$$\sum_i \sum_j t_{ijk} X_{ij} - \sum_i \sum_j t_{ij} (k+1) X_{ij} + d_I^- - d_I^+ = 0$$

k=1,2,.....K-1

d_I^- , d_I^+ : İşyükü dengesi için amaç düzeyinin altında ve üzerindeki erişimler.

$$X_{ij}, d_{N_i}^-, d_{N_i}^+, d_M^-, d_M^+, d_I^-, d_I^+, d_k^-, d_k^+ \geq 0 \text{ ve } X_{ij}$$

tamsayı kısıtları altında, modelin amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimum } Z = \{ d_M^+, d_{N_i}^-, d_{N_i}^+, d_k^+, d_I^+ \}$$

1.öncelikli amaçta, malzeme hareketi en aza indirilmek istendiği için, d_M^+ le gösterilen, malzeme hareketinin üzerindeki sapmalar en

küçüklenmeye çalışılmıştır.

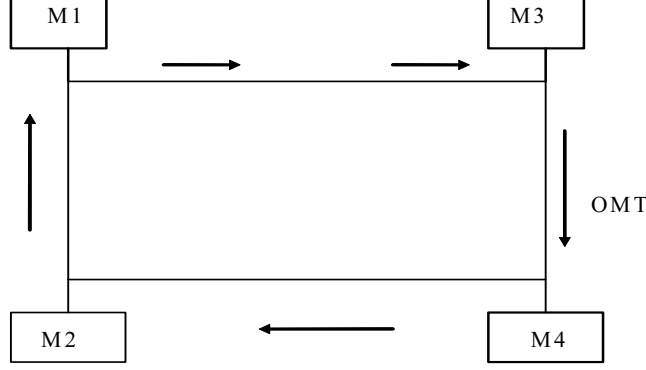
2. öncelikli amacımız, arzu edilen üretim hızlarına ulaşılmasıdır. Bunun için belirlenen üretim hızının altındaki ve üzerindeki sapma değerleri olan $d_{N_i}^-$, $d_{N_i}^+$ değerleri enküçüklenmeye çalışılmıştır.

3. öncelikli amaçta, belirlenen üretim kapasitesinin üzerine çıkılmaması istenildiğinden, d_k^+ ile gösterilen, amaç düzeyinin üzerindeki kapasitenin en azlanmasına çalışılmıştır.

4. ve son öncelikli amacımız ise işyükü dengeleriyle ilgilidir. Bunun için d_I^+ ile gösterilen, işyükünün üzerindeki erişimlerin enazlanmasına çalışılmıştır.

3. ÖRNEK PROBLEM

4 makinadan oluştuğu düşünülen EÜS için yerleşim kabaca Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1: EÜS yerleşimi

Parça akışları Şekil 1.'de gösterilen ok yönünde ve parçaların tek yönlü akışına izin vermektedir. Çalışmada rassal olarak seçilen 4 makina, 3 parça tipi ve herbir parça tipi için 4 işlem sırasından oluşan bir EÜS dikkate alınmıştır.

Yapılan çalışmada geliştirilen modelin denenmesi için, gerekli olan verilerin gerçek hayattan bulunmasının zorluğu nedeniyle, makina sayıları, işlem sayıları, parça sayıları, işlem süreleri ve üretim hızlarıyla ilgili veriler QBASIC dilinde yazılmış program kullanılarak, uniform dağılıma uygun olarak üretilmiştir.

Üretim hızları ve işlem süreleri için veri üretiminde, Chen ve Chung (Chen vd., 1991)'in kullandığı aralıklar temel alınmıştır. Veriler, 16 ile 24 arasında değişen uniform dağılıma uygun olarak üretilmiştir. Uniform dağılıma uygun olarak üretilmiş işlem süreleri değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Parçaların makinalardaki işlem süreleri.

SIRA	1. PARÇA		2.PARÇA		3. PARÇA	
	Makine	Süre	Makine	Süre	Makine	Süre
1	1	20	2	20	1	22
	(2)	24	(3)	24	-	-
2	3	24	1	16	4	18
	-	-	-	-	(3)	16
3	2	20	3	16	3	19
	-	-	-	-	-	-
4	4	17	4	24	2	24
	-	-	-	-	-	-

Tablo 2.'de parantez içinde verilen değerler, alternatif makina kullanımlarıyla ilgilidir. Buna göre, 1.parça tipi, 1.işlem sırasında 1.makinayı kullanabildiği gibi, alternatif olarak 2.makinayı da kullanabilir. 2.parça tipi, 1.işlem sırasında 2.makinayı kullanabildiği gibi, alternatif olarak 3.makinayı da kullanabilir. Aynı şekilde, 3.parça tipi de 1.işlem sırasında 1.makinayı kullanırken, 1.işlem sırasında kullanabileceği alternatif makina yoktur

Parça tipleri için alternatif makinalar dikkate alınarak hazırlanan, alternatif rotaların bulunduğu işlem sıraları, Tablo 2.'den hareketle bulunarak, Tablo3.'de verilmiştir.

Tablo 3: Alternatif rotalar için işlem sıraları.

PARÇA TİPİ	İŞLEM SIRASI	SIRA		POZİSYONU	
		1	2	3	4
1	1	1	3	2	4
	2	1	3	1	4
2	1	2	1	3	4
	2	3	1	3	4
3	1	1	4	3	2
	2	1	3	3	2

Tablo 2 ve Tablo 3.'de gösterilen parça tipleri için üretilmesi istenen miktarlar (talepler), sırasıyla, 18, 20, 22 birimdir. Planlama dönemi boyunca herbir makinanın kullanılabilir kapasitesi ise 1000 dakika olarak alınmıştır.

Çalıştığımız sistem için makinalar arasındaki uzaklık matrisi Tablo 4.'de verilmiş olup, makinalar arasındaki gidiş-geliş (trip) sayıları ise Tablo 5.'de hazırlanmıştır.

Tablo 4: Makinalar arasındaki uzaklık matrisi

Makinalar	M1	M2	M3	M4
M1	0	80	20	60
M2	40	0	60	100
M3	100	60	0	40
M4	60	20	80	0

Tablo 5. Makinalar arasındaki gidiş-geliş sayıları

Makinalar	1	2	3	4
1	0	2	6	4
2	2	0	2	4
3	4	4	0	3
4	0	2	1	0

Model, yukarıda örnek problem için oluşturulan veriler kullanılarak, QS paket programı yardımıyla, farklı amaç sıraları için çözülmüştür. Çözüm sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

4. VERİLEN ÖRNEK PROBLEMDE FARKLI AMAÇ SIRALARI İÇİN ÇÖZÜM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Değişik amaç sıralarının denenerek, modelin ne ölçüde değişeceğini gözlemlemek amacıyla, örnek problemde verilen 4 farklı amaç için oluşabilecek tüm amaç sıraları denenmiştir. Buna göre 24 (4!) farklı amaç sırası gerçekleştirilmiştir. Örnek problemdeki amaç sıralarının değiştirilerek elde edildiği çözüm sonuçları toplu olarak Tablo 6’da verilmiştir. Tablo 6’da 1-2-3-4 şeklinde gösterilen amaçlar, öncelik sırasını belirtmektedir.

Tablo 6: Örnek Problem İçin Amaç Sıralarının Değiştirildiği Çözüm Sonuçları

AMAÇ SIRASI	İTERASYON SAYISI	ÇÖZÜM ZAMANI (CPU)	ÇÖZÜM SONUÇLARI			
			Z1	Z2	Z3	Z4
1-2-3-4	26	17.3085	0	0	0	50
1-2-4-3	65	29.2187	0	0	50	0
1-3-4-2	193	132.4180	0	0	0	10
1-3-2-4	65	29.2187	0	0	0	50
1-4-2-3	14	11.9687	0	0	10	0
1-4-3-2	193	132.6992	0	0	0	10
2-1-3-4	22	21.2111	0	0	0	50
2-1-4-3	21	20.4532	0	0	50	0
2-3-1-4	22	20.3405	0	0	0	50
2-3-4-1	21	18.7898	0	0	50	0
2-4-1-3	21	18.9987	0	50	0	0
2-4-3-1	21	19.5479	0	50	0	0
3-1-2-4	26	23.5432	0	0	0	50
3-1-4-2	193	136.5977	0	0	0	10
3-2-1-4	22	19.8765	0	0	0	50
3-2-4-1	21	18.5643	0	0	50	0
3-4-1-2	193	138.4102	0	0	0	10
3-4-2-1	14	11.089	0	0	10	0
4-1-2-3	14	11.0390	0	0	10	0
4-1-3-2	193	142.9688	0	0	0	10
4-2-1-3	14	10.5507	0	10	0	0
4-2-3-1	14	10.9804	0	10	0	0
4-3-1-2	193	135.8398	0	0	0	10
4-3-2-1	14	10.7070	0	0	10	0

Tablo 6'daki sonuçlar incelendiğinde, amaç sıralarının değişmesine bağlı olarak problem sonuçlarının da değiştiği görülmektedir. Örneğin, 2-4-3-1 amaç sırasında 2.Amaç olan işyükü dengeleme amacına erişimin gerçekleşemediği görülür. Buradaki sapma değişkeni 50 değerini almıştır. 3-4-1-2 amaç sırasında ise, 4.amaç olan istenen üretim hızlarının gerçekleşmediği görülür. Buradaki sapma değişkeni ise 10 değerini almıştır.

Tablo 6'ya göre, bütün öncelik sıralamalarında dört amacı da aynı anda sağlamak mümkün olmamıştır. Makinalardaki işyükü dengelerinin sağlanması amacı veya istenen üretim hızlarına erişilmesi amaçları, arzu edilen çözüm değerlerinden sapmaya neden olmuşlardır.

Yukarıdaki amaç sıralarıyla ilgili yapılan analizde, karar vericiye amaçlarla ilgili 24 (4!) kadar geniş bir tercih imkanı sağlanmıştır. Karar verici son seçimi kendi tercihinine göre yapacaktır. Yani karar verici, makinalardaki işyüklerinin dengelenmesi ya da üretim hızlarındaki sapmalardan birisine göz yumarak tercihinin yapabilir. Amaçlar biri diğeriyle çelişen amaçlar olduğu için, örnek problem grubundan da görüleceği gibi, amaçların birine erişim sağlanırken, diğerlerinden sapmaların olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ

Yapılan çalışmada, EÜS'de yükleme ve rotalama problemlerinde, amaç programlama modelinin uygulanabilirliği bir örnek problem üzerinde gösterilmiştir. Öncelikle, modelle ilgili varsayımlar, amaçlar belirlenmiş olup, model formülasyonu hazırlanmıştır. Modelin geçerliliğini denemek amacıyla, modelde gerekli olan veriler için, literatürde yapılan çalışmalar temel alınarak parça, işlem, makina sayıları, işlem süreleri ve üretim hızlarıyla ilgili, QBASIC dilinde yazılmış bir program kullanılarak uniform dağılıma uygun veriler üretilmiştir. Problemler için üretim hızları, ortalama işlem süreleri ve makina kapasitelerinin değişmediği kabul edilmiştir. İşlemler için farklı alternatif makinelerin kullanılabilmesi düşünülmüştür. Buna göre, herbir alternatif makina için gerekli olan işlem süreleri de uniform dağılıma uygun üretilmiştir. Bu varsayımlar altında, amaç programlama modeli geliştirilerek, hipotetik bir örnek problem üzerinde denenmiştir.

Örnek problem için, amaç sıraları değiştirilerek model çözülmüştür. Modelde oluşabilecek tüm amaç sıraları(4 amaç için $4!=24$ tane) için tek tek çözümler yapılarak, amaç sıralarının değişmesiyle birlikte, amaçlara erişim düzeylerinde farklılıklar ortaya çıktığı gözlenmiştir. İleriki çalışmalarda, modelde kullanılan amaç sayıları artırılarak, karar vericiye daha fazla tercih imkanı sağlanıp, birbirinden farklı ve çelişen amaçlara ne ölçüde ulaşılabileceği incelenecektir.

Üretim sistemlerindeki bugüne kadar yapılan çalışmalarda, veriler (işlem zamanı, bekleme zamanı vb.) kesin ve sabit değerler olarak alınmıştır.

Ancak gerçek uygulamalarda bu verileri etkileyen pek çok faktör sözkonusudur. Dolayısıyla bu gibi durumlar için veriler kesin değildir. Gerçek problemlerdeki bu gibi belirsizlikleri çözümlenmek amacıyla ortaya çıkan bulanık hedef programlama yaklaşımı uygulanarak, belirsizlikler çözümlenebilir. İleriki çalışmalarda, model, bulanık hedef programlama şekline dönüştürülerek, EÜS'de bulanık sayıların kullanımı ile daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKÇA

1. Atmaca, E., ve Erol, S., 2000, Goal Programming Model For Flexible Manufacturing Systems, The 2000 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, ICMIT 2000, Singapore.
2. Carrie, A.S., Adhami, E., Stephens, A., and Murdoch, I.C., “Introducing a flexible manufacturing system”, *Int.J.Prod.Res.*, 22, 907-916, (1984)
3. Chang, Y., Sullivan, R.S., and Wilson, J.R., “Using SLAM to design to materials handling system of a flexible manufacturing system”, *Int.J.Prod.Res.*, 24, 15-26, (1986)
4. Chen, Y., and Askin, R.G., “A Multiobjective evaluation of flexible manufacturing system loading heuristics”, *Int.J.Prod.Res.*, Vol.28, No.5, 895-91, (1990)
5. Chen, I.J., and Chung, C.H., “Effects of loading and routing decisions on performance of flexible manufacturing systems”, *Int.J.Prod.Res.*, Vol.29, No.11, 2209-2225, (1991)
6. Crite, G.D., Mills, R.I., and Talavage, J.J., “PATHSIM, A Modular simulator for an automatic tool handling system evaluation in FMS”, *Journal of Manufacturing Systems*, 4, 15-27, (1985)
7. D’Angelo, A., Massimo, G., and Levialdi, N., “Multicriteria evaluation model for flexible system design”, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol.9, No.3, 171-178, (1996)
8. Dean, B., and Schniederjans, Y.M., “A goal programming approach to production planning for flexible manufacturing systems”, *Journal of Engineering Technology Management*, 6, 207-220, (1990)
9. Kumar, P., Tewari, N.K., and Singh, N., “Joint Consideration of Grouping and Loading Problems in Flexible Manufacturing System”, *Int.J. Prod.Res.*, 25, 1053-1068, (1990)
10. Lee, S.M., Jung, H.J., “A multi-objective production planning model in a flexible manufacturing environment”, (1989). *Int.J.Prod.Res.*, vol.27., No.11, 1981-1992,

11. Myint, S.; and Tabucanon, M.T., “A Multiple- criteria approach to machine selection for flexible manufacturing systems”, *Int.J.Prod.Economics*, Vol.33, Iss.1-3, 121-131, (1994)
12. O’Grady, P.J., and Menon, U., “Loading a flexible manufacturing system”, *Int.J.Prod.Res.*, vol.25, No.7, 1053-1068, (1987)
13. Piplani, R., and Talavage, J., “Launching and dipatching strategies for multi criteria control of closed manufacturing systems with flexible routeing capability”, *Int.J.Prod.Res.*, vol.33, No.8, 2181-2196, (1995)
14. Ro, I., and Kim, J., “Multi-criteria operational control rules in flexible manufacturing systems(FMS’s)”, *Int.J.Prod.Res.*, vol.28, No.1, 47-63, (1990)
15. Stecke, K.E., and Solberg, J.J., “Loading and Control Policies For a Flexible Manufacturing Systems”, *Int.J. Prod.Res.*, 19,481-490, (1981)
16. Stecke, K.E., “Formulations and solutions of nonlinear integer production planning problems for flexible manufacturing systems”, *Management Science*, 29(3), 273, (1983)
17. Suri, R., “An overview of evaluative models for flexible manufacturing systems”, *Annals of Operations Research* 3, 13-21, (1985)
18. Yao, D.D., and Buzacott , J.A., “Modelling the performance of flexible manufacturings systems”, *Int.J.Prod.Res.*, 23, 949-959, (1985)