

Süleyman Demirel Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Y.2001, C.6, S.1 s.73-86.

ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI: ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YAKLAŞIMI

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

ÖZET

Bu çalışmada, otomatik parti üretim sistemi olan, Esnek Üretim Sistemleri için genel bir literatür araştırması yapılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar, çeşitli faktörlere göre gruplandırılmıştır. Bu çalışmalar içinde çok amaçlı karar verme yaklaşımı ile ilgili olanlar incelenmiştir.

Esnek Üretim Sistemleri, Çok Amaçlı Karar Verme Yaklaşımı

1.GİRİŞ

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

Esneklik, üretim sisteminin piyasadaki değişikliklere hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlayabilmesiyle ilgili bir kavramdır(Browne et al., 1984). Bu değişiklikler içsel ve dışsal faktörler olabilir. İçsel faktörler makina ve donanımdaki bozulma ve durmalar, yazılım bozulmaları, işgücünden kaynaklanan sorunlar v.b.leridir. Dışsal faktörler ise, ürün tasarımındaki, talepteki ve ürün karışımlarındaki birtakım değişiklikler, piyasadaki durgunluklar gibi faktörlerdir(Singh, N., 1996).

Esneklik yedi faktöre göre incelenebilir(Tübitak, 1994). Bunlar, makina esnekliği, üretim yöntemlerinin (Proses) esnekliği, ürün esnekliği, iş akımı (rotalama) esnekliği, hacim esnekliği, genişleyebilme esnekliği ve işlemsel esnekliktir.

Makina esnekliği: Çeşitli tipte parça işlenebilmesi için makinada yapılması gereken ayarların ve değişikliklerin ne kadar kolay ve çabuk yapılabildiğini gösteren bir ölçüdür.

* Gazi Ü.Müh.Mim.Fak.Endüstri Müh.Bölümü

** Gazi Ü.Müh.Mim.Fak.Endüstri Müh.Bölümü

Üretim yöntemlerinin (Proses) esnekliği: Üretim sisteminin çeşitli ürünleri,sık aralıklarla çeşit değiştirmeye olanak verecek biçimde ve çeşitli oranlarda üretebilmesiyle ilgili bir ölçüdür.

Ürün esnekliği: Üretim sisteminin yeni tasarımları üretebilmesinin bir ölçüsüdür.

Üretim sisteminin tasarlanıp kurulması sırasında gelecekteki ürün tasarımları belirsiz olduğundan ürün esnekliğine hangi boyutta gerek duyulacağına karar vermek oldukça zordur.

İş akımı (Rotalama) esnekliği : Sistemde meydana gelebilecek beklenmedik bir aksaklığın üretim miktarını ne ölçüde etkileyebileceğinin bir göstergesidir. İş akımı esnekliği, sistemin elemanlarından birisinin, meydana gelebilecek bir arıza ya da bakım çalışması nedeniyle devre dışı kalması halinde, bu elemanın işlevlerinin üretimi aksatmaksızın diğer elemanlara aktarılabilmesini ifade eder.

Hacim esnekliği : EÜS'nin değişik hacimlerde verimli şekilde üretim yapabilmesiyle ilgilidir.

Genişleyebilme esnekliği : Üretim tesisinin kolay ve modüler bir biçimde büyütülebilmesiyle (kapasitesinin arttırılabilmesiyle) ilgili bir ölçüdür.

İşlemsel esneklik : Herbir parça tipi ile ilgili işlem sıralamasının değiştirilebilirliğinin bir göstergesidir.

EÜS'de genel amaç, üretilecek parçaların sistem içindeki hareketlerinin, otomatik malzeme taşıma sistemlerinin, çok yetenekli NC makinaları tarafından yapılmasıdır. Bu gelişmiş otomatik malzeme taşıma sistemi ve makinalar bir ana bilgisayar tarafından merkezi olarak aynı anda kontrol edilmektedir. EÜS'lerin en önemli özelliği, belli bir süre boyunca insan müdahalesine gerek kalmaksızın çalışabilmeleridir.

Otomatik malzeme taşıma,iş istasyonları ve kontrol işlemlerinin bütünleştirilmesini içeren EÜS kavramının gelişimi, 1960'lı yılların sonlarıyla, 1970'li yılların başlarında,standart makina aletlerinin, malzeme taşıma ekipmanının ve bilgisayar kontrol sisteminin bütünleştirilmesine verilen önemle başlamıştır(Huang et al.,1986). EÜS, yeni ürün tasarımları ve mühendislik değişimlerine kolay uyum sağlayabilme yeteneğine sahiptir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Teknoloji ağırlıklı sektörler bir ülkenin ekonomik performansını belirler. Özellikle sanayileşmiş ülkelerin giderek artan bir önemle üzerinde durmaya başladıkları bir konu olan Esnek Üretim Teknolojileri de her şeyden önce, bu performansın yükseltilmesiyle ilgilidir.

Günümüz sanayinde başlayan, daha küçük partiler halinde üretim, daha kısa ürün ömrü, yeni ürünlerin hızla piyasaya sürülmesi ve benzeri normlar, tasarım ve üretim yönetimlerinin daha esnek hale getirilmesi ve şirketlerin Esnek Üretim Sistemleri (EÜS) olarak anılan üretim sistemlerine yönelmesi sonucunu doğurmuştur.

Literatürde Esnek Üretim Sistemleri ile ilgili pek çok çalışmaya rastlanmaktadır. Lee ve Jung 1989 yılında, çalışmalarda kullanılan yaklaşımları üç ana kategoride sınıflandırarak bir gruplandırma yapmışlardır. Çalışmalarda kullanılan yaklaşımlar, bilgisayar benzetimi, kuyruk şebekeleri ve matematiksel programlama olarak üç ana kategoride toplanabilir. Bu yaklaşımlar, EÜS'nin hem tasarımı safhasında, hem de işletimi sırasında çok faydalı bir araç olarak kullanılmaktadır.

Bilgisayar benzetimi, sistem performansının modellenmesinde sıkça kullanılan tekniklerden birisidir(Stecke et al., 1981; Carrie et al.,1984; Crite et al., 1985; Chang et al., 1986). 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.

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, 1985; Suri, 1985; Yao et al., 1985).

Matematiksel programlama yaklaşımı da, 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 kullanılacak etkin bilgisayar paket programları mevcuttur.

EÜS'de planlama problemleri ile ilgili literatürde, farklı faktörler gözönüne alınarak yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, bazı yazarlar rotalamadaki esnekliği gözönünde bulundururken, diğer bazı yazarlar iş istasyonlarındaki alet deposu faktörünü dikkate alarak modelleme yapmışlardır. Konu ile ilgili literatür, Basnet ve Mize(1994) tarafından, çalışmalarda gözönünde bulundurulmuş faktörler açısından rota esnekliği, alet deposu, parça taşıma, makina, tampon depo ve paletler olmak üzere altı grupta sınıflandırılmıştır. Bu gruplandırma Tablo 1'de verilmiştir. Basnet ve Mize(1994), çalışmalarda kullanılan metodolojilere bağlı olarak da bir gruplandırma yapmışlardır.

Tablo 1. Dikkate alınan faktörlere göre sınıflandırma

	Rota Esnekliği	Alet Deposu	Parça Taşıma	Makina	Tampon Depo	Palet
Kimemia ve Gershwin (1985), Wilhelm ve Shin (1985), Shaw(1988), Chryssolouris vd. (1988), Chang vd. (1989), Avonts ve Van Wassenhove (1988), Chandra ve Talavage (1991).	*					
Nof vd.(1979), Stecke ve Solberg (1981), Stecke (1983), Shanker ve Tzen (1985), O'Grady ve Menon (1987), Sarin ve Chen (1987), Bu-Hulaiga ve Chakravarty(1988), Hwan ve Shogun(1989), Han vd.(1989), Hutchison vd.(1989), Jaikumar ve Wassenhove(1989), Shanker ve Srinivasulu (1989), Jain vd.(1989), Kumar d.(1990), Ram vd.. (1990), Co vd. (1990), Chen ve Chung (1991)	*	*				
Lashkari vd. (1987), Wilson(1989)	*	*				*
Davis ve Jones (1989), Ishii ve Talavage(1991)			*			
Sauve ve Collinot(1987)	*	*			*	
Bruno vd.(1986), Choi ve Malstrom(1988)	*			*		*
Park vd.(1989)	*				*	
Kusiak(1986,1989), Mukhopadhyay vd. (1991)	*	*	*			*
Iwata vd. (1982), O'Grady vd.(1987)	*	*	*		*	
Chang ve Sullivan(1990)	*		*		*	
Buzacott(1982), Ro ve Kim (1990)	*		*		*	
Slompt vd.(1988)	*		*		*	
Akella vd.(1984)			*	*		
Denzler ve Boe(1987), Lee ve Jung (1989)	*					*
Co vd.(1988), Wu ve Wysk(1989)						
Sabuncuoğlu ve Hommertzhaim (1992)			*		*	
Han ve Mc Ginnis(1989)				*	*	

Yazarların çalışmalarında gözönünde bulundurdıkları faktörler (*) 'la gösterilmiştir.

Basnet ve Mize'nin 1994 yılında yapmış olduğu bu gruplandırma güncelleştirilerek, konu ile ilgili literatür, aşağıda belirtilen altı kategoride toplanarak, Tablo 2. ile sunulmuştur. Bunlar:

- 1) Matematiksel programlama yaklaşımı
- 2) Çok amaçlı karar verme yaklaşımı
- 3) Sezgisel yaklaşımlar
- 4) Kontrol teorili yaklaşımlar
- 5) Benzetime dayalı yaklaşımlar
- 6) Yapay zekaya dayalı yaklaşımlar

Tablo 2. Metodolojilere bağı sınıflandırma

METODOLOJİ		YAYINLAR
MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA	TEK AMAÇLI KARAR VERME	Stecke ve Solberg (1981); Ammons v.d.(1981); Stecke(1983), Chakravarty ve Shtub(1984); Shanker ve Tzen (1985); Kimemia ve Gershwin (1985); Chung(1986); Kusiak(1986); Sarin ve Chen (1987); Lashkari vd. (1987); Avonts ve Van Wassenhave(1988); Bastos(1988); Ventura vd.(1988); Maimon ve Gershwin(1988); Hwan ve Shogun (1989); Shanker ve Srinivasulu (1989); Hutchison vd. (1989); Jaikumar ve Van Wassenhove (1989); Han vd. (1989); Ram vd. (1990); Co vd. (1990); Chakravarty ve Shtub (1990); Chen ve Chung (1991); Wilson (1992); Moreno ve Ding (1993); Liang ve Dutta(1993);Liang(1994); Schall ve Chandra (1994); Mohamed (1995); Mohamed (1996); Mohamed ve Bernardo (1997); Das ve Nagendra (1997); Mohamed vd.(1999).
	ÇOK AMAÇLI KARAR VERME	O'Grady ve Menon (1987); Lee ve Jung (1989); Dean ve Schniederjans(1990); Ro ve Kim (1990); Kumar vd. (1990); Chen ve Askin(1990);Myint ve Tabucanon(1994); Piplani ve Talavage(1995); D'Angelo vd.(1996), Atmaca ve Erol (2000).
SEZGİSEL		Nof vd. (1979); Stecke ve Solberg (1981); Buzacott (1982); Iwata vd. (1982); Wilhelm ve Shin (1985); Shanker ve Tzen (1985); Denzler ve Boe (1987); Co et al. (1988); Choi and Malstrom (1988); Slomp vd. (1988); Jaikumar ve Van Wassenhove (1989); Chang vd. (1989); Chang ve Sullivan (1990); Mukropadhyay vd. (1991); Sabuncuoğlu ve Hommertzheimer (1992); Kim ve Yano(1993).
KONTROL TEORİSİ		Kimemia ve Gerswin (1983); Akella vd. (1984); Han ve Mc Ginnis (1989).
BENZETİM		Wu ve Wysk (1989); Davis ve Jones (1989); Jain vd. (1989); Ishii ve Talavage (1991); Piplani ve Talavage(1995).
YAPAY ZEKA		Kusak (1986); Sauveve ve Collinot (1987); O'Grady vd. (1987); Shaw (1988); Chryssolouris vd. (1988); Bu-Hulaiga ve Chakravarty (1988); Kusiak (1989); Park vd. (1989); Chandra ve Talavage (1991).

Tablo 2'den görüleceği gibi, yapılan çalışmaların çoğu tek amaca dayalıdır, çok amaçlı karar verme tekniklerinin kullanıldığı çok az çalışmaya rastlanmaktadır. Tek amaca dayalı doğrusal programlama modelleri, sistemde tek bir amacı en iyilemeye çalıştıkları için dezavantaj taşırlar. Örneğin, istasyonlardaki makine sayılarını enazlama 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.

Yapılan çalışmalar içinden çok amaçlı karar verme yaklaşımı ile ilgili olanlar üzerinde durulmuştur. Bu çalışmalarda, araştırmacıların farklı faktörler üzerinde durdukları görülmektedir. Çok amaçlı karar verme yaklaşımında yazarlar ve üzerinde çalıştıkları faktörler aşağıda verilmiştir.

O'Grady ve Menon, 1987 yılında, 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, 1989 yılında, 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'un amaç programlama modeli, verilen amaçlar ve önceliklere bağlı olarak, karar vericinin amaçlarına ulaşmasında istenen düzeyde bir çözüm sağlamaktadır.

Dean ve Schniederjans, 1990 yılında, 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, 1990 yılında, maksimum tamamlanma zamanı, ortalama akış zamanı, ortalama gecikme, maksimum gecikme kriterlerini gözönüne alan altı işlemsel kontrol alt problemlerinin çözümü için sezgiselleri tartışmışlardır.

Kumar vd., 1990 yılında, EÜS'de yükleme ve gruplama problemleri için çok amaçlı yaklaşım üzerinde çalışmışlardır. Yaklaşım, karar vericinin tercihine bağlı olarak uygun çözümü sağlamayı amaçlamaktadır.

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

Myint ve Tabucanon, 1994 yılında, 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 değerlendirme yapılmıştır.

Piplani vd., 1995 yılında, 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., 1996 yılında, EÜS tasarımında, 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.

3. SONUÇ

Yapılan çalışmada, Esnek Üretim Sistemleri ile ilgili bir literatür çalışması hazırlanmıştır. İlk olarak EÜS hakkında temel bilgiler verilmiştir. Esneklik tanımından başlayarak, konu ile ilgili genel bir açıklama yapılmıştır. Daha sonra çalışmanın asıl konusu olan literatür araştırmasına geçilmiştir. Önceki yıllarda yapılan çalışmalar, çalışmaların özelliklerine göre gruplara ayrılıp tablolar halinde sunulmuştur. Çalışmalarda kullanılan yaklaşımlar gruplara ayrılarak, yapılan çalışmalar ve hangi metodolojilerde yer aldıkları gösterilmiştir. Bu yaklaşımlar içinden çok amaçlı karar verme ile ilgili olan çalışmalar incelenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Akella, R., Choong, Y., and Gershwin, S.B., 1984, Performance of hierarchical production scheduling policy, IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-7, 215-217.
2. Ammons, J.C., Lofgren, C.B., and McGinnis, L.F., 1981, A Large Scale Machine Loading Problem in Flexible Assembly, Annals of Operations Research, Vol.3, 319-322.
3. 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.
4. Avonts, L.H., and Van Wassenhove, L.N., 1988, The Part mix and routing mix problem in FMS: a coupling between an LP model and closed queueing network, Int.J.Prod.Res., Vol.20, No.12, 1891-1902.
5. Basnet, C., and Mize, J.H., 1994, Scheduling and control of flexible manufacturing systems: a critical review, Computer Integrated Manufacturing, Vol.7, No.6, 340-355.
6. Bastos, J.M., 1988, Batching and routing: Two functions in the operational planning of flexible manufacturing systems, European J.of Op.Res., 33, 230-244.
7. 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.
8. Bruno, G., Elia, A., and Laface, P., 1986, A rule-based system to schedule production, IEEE Computer, 19, 32-40.
9. Bu-Hulaiga, M.I., and Chakravarty, A.K., 1988, An object-oriented knowledge representation for hierarchical real-time control of flexible manufacturing, Int.J.Prod.Res., 26, 821-844.
10. Buzacott, J.A., and Yao, D.D., 1982, Flexible manufacturing systems: a review of analytical models, Management Science, 32, 890-905.
11. Carrie, A.S., Adhami, E., Stephens, A., and Murdoch, I.C., 1984, Introducing a flexible manufacturing system, Int.J.Prod.Res., 22, 907-916.

12. Chakravarty, A.K., and Shtub, A., 1984, Selecting parts and loading flexible manufacturing systems, Proceedings of the First ORSA/TIMS Special Conference on Flexible Manufacturing Systems, Ann Arbor, Michigan, 284-289.
13. Chandra, J., and Talavage, J., 1991, Intelligent dispatching for flexible manufacturing, *Int.J.Prod.Res.*, 29, 2259-2278.
14. Chang, Y., Sullivan, R.S., and Wilson, J.R., 1986, Using SLAM to design to materials handling system of a flexible manufacturing system, *Int.J.Prod.Res.*, 24, 15-26.
15. Chang, Y., and Sullivan, R.S., 1990, Schedule generation in a dynamic job shop, *Int.J.Prod.Res.*, 28, 65-74.
16. Chang, Y., Matsuo, H., and Sullivan, R.S., 1989, A bottleneck-based beam search for job scheduling in FMS's, *Int.J.Prod.Res.*, 27, 1949-1961.
17. Chen, Y., and Askin, R.G., 1990, A Multiobjective evaluation of flexible manufacturing system loading heuristics, *Int.J.Prod.Res.*, Vol.28, No.5, 895-911.
18. Chen, I.J., and Chung, C.H., 1991, Effects of loading and routing decisions on performance of flexible manufacturing systems, *Int.J.Prod.Res.*, Vol.29, No.11, 2209-2225.
19. Choi, R.H., and Malstrom, E.M., 1988, Evaluation of traditional work scheduling rules in a flexible manufacturing system with a physical simulator, *Journal of Manufacturing System*, 7, 33-45.
20. Chryssolouris, G., Wright, K., Pierce, J., and Cobb, W., 1988, Manufacturing systems operation: dispatch rules versus intelligent control, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 4, 531-544.
21. Chung, C.H., 1986, Loading flexible manufacturing systems: a heuristic approach, *Computers and Industrial Engineering*, 11(1-4), 246-250.
22. Co, H.C., Jaw, T.J., and Chen, S.K., 1988, Sequencing in FMS's and other short queue-length systems, *Journal of Manufacturing Systems*, 7, 1-7.
23. Co, H.C., Biermann, J.S., and Chen, S.K., 1990, A Methodical approach to the flexible manufacturing system batching, loading, and tool configuration problems, *Int.J.Prod.Res.*, 28, 2171-2186.
24. Crite, G.D., Mills, R.I., and Talavage, J.J., 1985, PATHSIM, A Modular simulator for an automatic tool handling system evaluation in FMS, *Journal of Manufacturing Systems*, 4, 15-27.

25. Das, S.C.; Nagendra, P.; 1997, Selection of routes in a flexible manufacturing facility, *Int.J.Prod.Economics*, 48, 237-247
26. Davis, W.J., and Jones, A.T., 1989, On-line concurrent simulation in production scheduling, *Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*, 253-258.
27. D'Angelo, A., Massimo, G., and Levialdi, N., 1996, Multicriteria evaluation model for flexible system design, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol.9, No.3, 171-178.
28. Dean, B., and Schniederjans, Y.M., 1990, A goal programming approach to production planning for flexible manufacturing systems, *Journal of Engineering Technology Management*, 6, 207-220.
29. Denzler, D.R., and Boe, W.j., 1987, Experimental investigation of flexible manufacturing system scheduling decision rules, *Int.J.Prod.Res.*, 25, 979-994.
30. Han, M.H., and McGinnis, L.F., 1989, Flow control in flexible manufacturing minimization of stockout cost, *Int.J.Prod.Res.*, 27, 701-715.
31. Huang, Y.P., and Chen, C.S., 1986, *Flexible Manufacturing Systems: An Overview and Bibliography*, *Production and Inventory Management*, Third Quarter.
32. Hutchison, J., Leong, K., Snyder, D., and Ward, F., 1989, Scheduling for random job shop flexible manufacturing systems, *Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*, 161-166.
33. Hwan, S.S., and Shogan, A.W., 1989, Modelling and solving an FMS part selection problem, *Int.J.Prod.Res.*, Vol.27, No.8, 1349-1366.
34. Ishii, N., and Talavage, J.J., 1991, A Transient-based real-Time Scheduling algorithm in FMS, *Int.J.Prod.Res.*, 29, 2501-2520.
35. Iwata, K., Murotsu, A., Oba, F., and Yasuda, K., 1982, Production Scheduling of flexible manufacturing systems, *Annals of CIRP*, 31, 319-322.
36. Jaikumar, R., and Van Wassenhove, L.N., 1989, A Production Planning framework for flexible manufacturing systems, *Journal of Manufacturing Operations Management*, 2, 52-79.
37. Jain, S., Barber, K., and Osterfeld, D., 1989, Expert simulation for on-line scheduling, *Proceedings of the 1989 Winter Simulation Conference*, 930-935.

38. Kim, Yeong-Dae; Yano, Candace, Arai; 1993, Heuristics approaches for loading problems in flexible manufacturing systems, IIE Transactions, Vol.25, Iss.1, 26-39.
39. Kimemia, J., and Gershwin, S.B., 1983, An algorithm for the computer control of production in flexible manufacturing systems, IIE Transactions, 15, 353-362.
40. Kimemia, J.G., and Gershwin, S.B., 1985, Flow optimization in FMS's, Int.J.Prod.Res., 23, 81-96.
41. Kumar, P., Tewari, N.K., and Singh, N., 1990, Joint Consideration of Grouping and Loading Problems in Flexible Manufacturing System, Int.J. Prod.Res., 25,1053-1068
42. Kusiak, A., 1986, Modelling and Design of FMS's, Elsevier Science Publishers b.v., Amsterdam.
43. Kusiak, A., 1989, KBSS: A Knowledge and optimization based system for manufacturing scheduling, Int.Industrial Engineering Conference and Societies Manufacturing Productivity Symposium Proceedings, 694-699.
44. Lashkari, R.S., Dutta, S.P.,and Padhye, M.A., 1987, A new formulation of operation allocation problem in flexible manufacturing systems:mathematical modelling and computational experience, Int.J.Prod.Res., 25, 1267-1283.
45. Lee, S.M., Jung, H.J., 1989, A multi-objective production planning model in a flexible manufacturing environment, Int.J.Prod.Res., vol.27., No.11, 1981-1992.
46. Liang, M.; and Dutta, S.P., 1993, An integrated approach to the part selection and machine loading problem in a class of flexible manufacturing systems, European J.of Op.Res., Vol.67, Iss.3, 387-404.
47. Liang, M., 1994, Integrated machining speed, part selection, and machine loading decisions in flexible manufacturing systems, Computers and Industrial Engineering, 26(3), 599-608.
48. Maimon, O.Z., and Gershwin, S.B., 1988, Dynamic scheduling and routing for flexible manufacturing systems that have unreliable machines, Operations Research, 36(2), 279-292.
49. Mohamed, Z.A.,1995, Ramifications of tool magazine size on the makaspan and routing flexibility of flexible manufacturing systems, European J.of Op.Res, 87, 289-298.

50. Mohamed, Z.A.,1996, A flexible approach to (re) configure flexible manufacturing cells, *European J.of Op.Res.*, 566-576.
51. Mohamed, Z.M., Bernardo, J.J., 1997, Tool planning models for flexible manufacturing systems, *European J.of Op.Res.*, 103, 497-514.
52. Mohamed, Z.A.; Kumar A.; and Motwani, J., 1999, An improved part groupingmodel for minimizing makespan in FMS, *European J.of Op.Res*, Vol.116, Iss.1, 171-182.
53. Moreno, A.,and Ding, F., 1993, Heuristics for the FMS-Loading and part type selection problems, *Int.J.Flexible Manufacturing Systems*, 287-300.
54. Mukhopadhyay, S.K., Maiti, B., and Garg, S., 1991, Heuristic solution to the scheduling problems in FMS's, *Int.J.Prod.Res.*, 29, 2003- 2024.
55. Myint, S.; and Tabucanon, M.T., 1994, A Multiple- criteria approach to machine selection for flexible manufacturing systems, *Int.J.Prod.Economics*, Vol.33, Iss.1-3, 121-131.
56. Nof, S.Y., Barash, M.M., and Solberg, J.J., 1979, Operational control of item flow in versatile manufacturing systems, *Int.J.Prod.Res.*, 17, 479-489.
57. O'Grady, P.J., and Menon, U., 1987, Loading a flexible manufacturing system, *Int.J.Prod.Res.*, vol.25, No.7, 1053-1068.
58. Park, S.C., Raman, N., and Shaw, M.J., 1989, Heuristic learning for pattern directed scheduling in a FMS, *Proceeding of the Third ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*, 369-376.
59. Piplani, R., and Talavage, J., 1995, 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.
60. Ram, B., Sarin, S.C., and Chen, C.S., 1990, A model and a solution approach for the machine loading and tool allocation problem in a flexible manufacturing systems(FMS's), *Int.J.Prod.Res.*, 28, 637-645.
61. Ro, I., and Kim, J., 1990, Multi-criteria operational control rules in flexible manufacturing systems(FMS's), *Int.J.Prod.Res.*, vol.28, No.1, 47-63.
62. Sabuncuoglu, I., and Hommertzheim, D.L., 1992, Experimental investigation of FMS machine and AGV scheduling rules against the mean flw-time criterion, *Int.J.Prod.Res.*, 30, 1617-1635.

63. Sarin, S.C., and Chen, C.S., 1987, The machine loading and tool allocation problem in a flexible manufacturing system, *Int.J.Prod.Res.*, 25, 1081-1094.
64. Sauve, B., and Collinot, A., 1987, An expert system for scheduling in FMS's, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 3, 229-233.
65. Schall, S.O., and Chandra, J., 1994, Evaluation of alternative tool combinations in a flexible manufacturing system, *Computers and Industrial Engineering*, 26(4), 633-645.
66. Shanker, K., and Srinivasulu, A., 1989, Some methodologies for loading problems in flexible manufacturing systems, *Int.J.Prod.Res.*, 27, 1019-1034.
67. Shanker, K., and Tzen, Y.J., 1985, A loading and dispatching problem in a random flexible manufacturing system, *Int.J.Prod.Res.*, 23(2), 579-595.
68. Shaw, M.J., 1988, Knowledge-based scheduling in FMS's: an integration of pattern-directed interference and heuristic search, *Int.J.Prod.Res.*, 26, 821-844
69. Singh, N., 1996, Flexible manufacturing systems, *Systems Approach To Computer Integrated Design and Manufacturing*, 529-576. Stecke, K.E., 1985, Design, Planning and Control Problems of FMS's, *Annals of Operations Research*, 3, 3-12.
70. Slomp, J.Gaalman, G.J.C., and Nawijn, W.M., 1988, Quasi on-line scheduling procedures for FMS, *Int.J.Prod.Res.*, 26, 585-598.
71. Stecke, K.E., 1983, Formulations and solutions of nonlinear integer production planning problems for flexible manufacturing systems, *Management Science*, 29(3), 273.
72. Stecke, K.E., and Solberg, J.J., 1981, Loading and Control Policies For a Flexible Manufacturing Systems, *Int.J. Prod.Res.*, 19, 481-490.
73. Suri, R., 1985, An overview of evaluative models for flexible manufacturing systems, *Annals of Operations Research* 3, 13-21.
74. Tübitak, Esnek Üretim/Esnek Otomasyon Sistem ve Teknolojileri, 1994.
75. Ventura, J.A., Chen, F.F., 1988, Loading tools and machines in flexible manufacturing systems, *Computers and Industrial Engineering*, vol.15, no. 1-4, 223-230.

76. Wilhelm, W.E., and Shin, H.M., 1985, Effectiveness of alternate operations in a flexible manufacturing system, *Int.J.Prod.Res.*, 23, 65-79.
77. Wilson, J.M., 1992, Approaches to machine load balancing in flexible manufacturing systems, *J.of the Operational Research Society*, Vol.43, Iss.5, 415-427.
78. Wu, S.D., and Wysk, R.A., 1989, An application of discrete -event simulation to on-line control and scheduling in flexible manufacturing, *Int.J.Prod.Res.*, 27, 1603-1623.
79. Yao, D.D., and Buzacott, J.A., 1985, Modelling the performance of flexible manufacturings systems, *Int.J.Prod.Res.*, 23, 949-959.