

Süleyman Demirel Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Y.2002, C.7, S.2 s.299-311.

ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE YÜKLEME VE ROTALAMA PROBLEMLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

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

ÖZET

Bu çalışmada, bir otomatik üretim sistemi olan, Esnek Üretim Sistemlerinde, yükleme ve rotalama problemleri için genel bir literatür araştırması yapılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar, çeşitli faktörlere göre sınıflandırılmıştır. Bu çalışmalar hakkında kısaca bilgiler verilmiştir.

In this study, literature survey has been realized for loading and routing problems in Flexible Manufacturing Systems that is an automatic production system. Studies in the literature are classified due to several factors. A brief information is given about these studies.

Esnek Üretim Sistemleri, yükleme, rotalama.
Flexible Manufacturing Systems, loading, routing.

1.GİRİŞ

Teknoloji ağırlıklı sektörler bir ülkenin ekonomik performansını belirlerler. Özellikle sanayileşmiş ülkelerin giderek artan bir önemle üzerinde durmaya başladıkları bir konu olan esnek üretim teknolojileri de herşeyden önce bu performansın yükseltilmesiyle ilgilidir.

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

EÜS, bir malzeme taşıma sistemiyle birbirine bağlanmış, bilgisayar kontrollu makinalardan ve bu sistemlerin işleyişini kontrol eden bilgisayar sisteminden oluşan, birbirinden farklı parçalar üretebilen bir üretim sistemi

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

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

olarak tanımlanabilir. EÜS'nin amacı, otomasyon kavramını ve teknolojisini tek bir üretim sisteminde birleştirmektir. Bu sistemler, otomatik taşıma ve depolama sistemlerini, otomatik malzeme taşıma sistemlerini, robotları, nümerik kontrollu makinaları ve bilgisayar kontrol sistemlerini içerir.

EÜS'nin ana bileşenleri şunlardır(Singh, 1996):

a) İş istasyonları: Makina merkezleri, nümerik kontrollu makinalar (NC), muayene donanımları, yükleme ve boşaltma alanlarıyla iş alanlarından oluşur. Bu istasyonlarda, işleme, yükleme/boşaltma, montaj, yıkama v.b. operasyonlar otomatik olarak gerçekleştirilir. NC makinaları EÜS'nin yapı taşlarıdır. Bunlar EÜS'deki esneklik derecesini ve EÜS'nin yeterliliğini belirler.

b) Malzeme taşıma sistemleri: Malzeme taşıma sistemleri bilgisayar kontrolü ile çalışan, konveyörler, kreynerler, küçük araba tipi taşıyıcılar ve otomatik yönlendirilen araçlardan oluşmaktadır. Otomatik yönlendirilen araç sistemi (AGVS), taşıma aracı, bir rehber yol kontrol ve yönlendirme için özel kumanda sistemlerinden oluşur. Yol takibi manyetik olarak sağlanmakta, bu amaçla aracın geçtiği yola teller döşenmekte ve araç geçeceği zaman elektrik akımı verilmektedir. Böylece tellerin çevresinde bir manyetik alan oluşmakta ve araçların bu manyetik alanı algılayarak tam rotasında gitmesi sağlanmaktadır.

Otomatik yönlendirilen araçlar;

- i) Herbiri tek tek yük taşıyan iletim aracı olarak;
- ii) Paletli taşıyıcı olarak veya durup yükü bırakabilen ve aynı anda iki yükü taşıyabilen taşıyıcılar olarak;
- iii) Otomatik depolama/geri taşıma sistemi ve atölye kontrol sistemiyle bir arada kullanılabilir.

c) Otomatik depolama ve yerleştirme sistemleri : Bu alanlarda, hem hareket eden parçaları, hem de emniyet stoğu görevini yapan parçaları istasyonlar arasında taşıyan mekanizmalar bulunur. EÜS içindeki işleme merkezleri yüksek oranda yatırım gerektirir. Tam olarak işleme geçmeden önce hammadde, tertibat ve paletler hazır olmalıdır. Paletler, EÜS'de işlem göreceğ olan malzemelerin konulduğu standart taşıma kolaylıklarıdır. Tertibatlar ise, paletler üzerine yerleştirilen parça tutucu birimlerdir. Tertibatlar, EÜS ortamında oldukça önemlidir. Tertibatların yanlış ya da zayıf tasarımları sonucunda yeniden işleme maliyetleri, gecikmeler vb.sorunlar ortaya çıkabilir.

EÜS'nin amaçlarından birisi, işlenmek üzere bekleyen iş parçalarının sayısını azaltmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için kullanılan bilgisayar kontrollu taşıma sistemleri, malzemenin iş istasyonuna tam işleneceği sırada gelmesini ve iş istasyonunda parçanın işlenmesi biter bitmez, alınıp uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Bu görevi yapan iki taşıma sisteminden birisi,

otomatik depolama/geri taşıma sistemi, diğeri ise yarı otomatik olarak kumanda edilen taşıma aracı sistemidir.

d) Bilgisayar kontrol sistemi: Bütün esnek üretim sistemlerinde tüm sistemi yönlendirici, kontrol edici, işlemlerin sırasını belirleyici bir dijital bilgisayar vardır.

Bir EÜS'de hem imalatı yapan makineler, hem de malzeme akışı bir ana bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. İmalatın yapıldığı merkezler, otomatik yürüyen paletlerle bağlıdır. Prosesler arası bekleme süreleri azaltmakta, değişik parçaların yapımı için kullanılan takımların ve özel düzeneklerin de otomatik olarak devreye girmesi sonucu hazırlık zamanları azalmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzdeki imalat teknolojilerine göz atarsak, örneğin, EÜS'ye geçmiş imalat sistemlerinde, üretim gecikme zamanlarının azaldığı, yeni ürünler için yeni süreçlerin geliştirildiği, hazırlık zamanlarının azaldığı ve sonuç olarak esnekliğin artırıldığını görmekteyiz. Esnekliğin, imalat servis ömrünü uzatması ve dinamik pazar değişikliklerine cevap vermesi istenir.(Chen ve Chung, 1991).

Ancak EÜS'ye geçmiş birçok firma, EÜS'nin gerektirdiği şartları yerine getiremediği için, bu konuda başarısızlığa uğramıştır. Kulatilaka(1988) , çoğu EÜS kullanıcısının mevcut esnekliği gerektiği gibi kullanamadığını, eski üretim teknolojilerini kullandığı ve bu şekilde yeni üretim teknolojilerinin yararlarından uzaklaştığını göstermiştir. Birçok EÜS kullanıcısının kabul ettiği, eski üretim kavramlarından birisi de, atölye yüklemesidir. EÜS yükleme kararı, sistemdeki kaynaklar ve teknolojik kısıtlar altında, işlemlerin atanmasıyla ilgilidir. EÜS'de yükleme amaçları şunlar olarak gösterilebilir:

Atanan makine işlem sürelerini dengelemek

2. Makinalar arası hareketleri minimize etmek

3. Gruplanmış eşit kapasitelerdeki makinelerin işyüklerini dengelemek

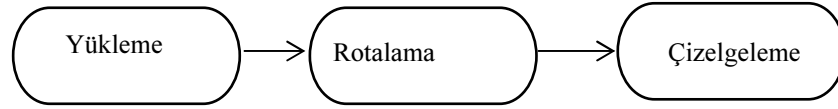
4. Gruplanmış farklı kapasitelerdeki makinelerin işyüklerini dengelemek

Yüklemenin ardından iş sıralamanın da sistem performansı üzerinde etkisi büyüktür. Sistemde pahalı olan NC tezgahlarının bulunması, makine boş bekleme sürelerini, sistem performansı ölçüsü ile ilgili en önemli maliyet elemanı yapmaktadır. EÜS'nin esneklik yapısı dolayısıyla, eğer her makineye oldukça dengeli bir işyükü atanmışsa, sistemdeki makine boş bekleme sürelerinin düşmesi doğal bir sonuçtur.

Bununla beraber, geleneksel sipariş tipi olan atölyelerdeki yükleme kavramı, herbir makinanın yalnızca bir işleme atanmasıdır. Bu sistemlerde Gant şemalarıyla başlayan yükleme sorunu, dengeli yükleme amacına uygun olarak ilk kez Irastorza ve Dean (1974) tarafından ele alınmıştır. Ancak bu kişilerin çalışmalarında, EÜS’de olduğu gibi bir işe ait alternatif rotalar değil, tek bir rota söz konusudur. Buradaki yüklemde, gruplanmış işler arasından, çeşitli kısıtlar altında dengeli işyükünü sağlamak üzere bir kısım işin seçilip atölyeye verilmesi, diğerlerinin diğer çizelgeleme periyoduna taşınması durumu vardı. Sonuç olarak, herbir parça tipi, sistemde yalnızca bir rotadan oluşmaktadır. Buna EÜS literatüründe sabit rotalama denilmektedir. Ancak, eğer birden fazla makina kümesi, benzer işlemleri yapabileme yeteneğine sahipse, herbir parça tipi için birden fazla rotaya sahip olabilecektir. Sonuç olarak, alternatif rotalama politikası mümkün olabilmektedir.

Teknolojik kısıtlar altında, iş kümelerinin tamamlanması için rotaların (makina sıralarına göre) atanması, rotalama kararları olarak tanımlanabilir. İşlerin bu makinalara gerçek zamanda atamaları ise çizelgelemedir. Şekil 1’de EÜS’deki hiyerarşik yapı gösterilmiştir.

Çizelgeleme de, EÜS’nin çalışmasını etkileyecek çok geniş kapsamlı bir problemdir. Çizelgeleme teorisi, bu alanda kullanılacak faydalı model ve tekniklere sahiptir. Bu model ve teknikleri, EÜS’nin hem merkezi, hem de makine merkezlerini ve taşıma sistemlerini kontrol eden bilgisayarlarda programlayarak kullanmak mümkündür.



Şekil 1. EÜS’deki hiyerarşik yapı

Şekil 1’e göre çizelgelemeden önce rotalama yapılması gerektiği görülmektedir. Maimon ve Gershwin (1988)’de çalışmalarında, EÜS çizelgelemeden önce, rotalamanın önemini vurgulamışlardır. Chen ve Chung (1991) yaptığı çalışmalarında, yükleme ve rotalamanın bölünebilir iki problem gibi olduğu, bu iki kararın birbiriyle yakın ilişkide bulunduğu ve sonuç olarak, EÜS performansını etkileyeceklerini göstermiştir.

Sonuç olarak, yükleme modelinden elde edilen çıktılar, herbir parça tipi için, rotalama alternatiflerinin bir kümesidir diyebiliriz. Örneğin, 1. Parça tipi iki alternatif rotaya sahipken, 2. Parça tipi üç alternatif rotadan oluşabilir. Böylece, maksimum sistem performansı için, herbir parça tipinde hangi rotanın kabul edilebileceği belirlenir.

EÜS’de yükleme ve rotalama problemlerini incelediğimizde, 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)
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)*
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)
MAKİNE KAPASİTELERİ	-Bernardo ve Mohamed(1992)	-Co et al.(1990) -Mohamed(1996)
TESLİM TARİHİ	-Hwan ve Shogun(1989)	-Moreno ve Ding(1993)
MAKİNELER ARASINDAKİ UZAKLIK	-Atmaca ve Erol(2000)*	

Tablo 1’de, (*)’la gösterilen çalışmalar çok amaçlı karar verme ile ilgili olan çalışmalardır.

Tablo 1’de yapılan çalışmaları incelersek, EÜS’de yükleme problemi ile ilgili olarak, ilk çalışma, Stecke ve Solberg tarafından (1981) bir simülasyon çalışması şeklinde sunulmuştur.

EÜS’de yükleme problemi için ilk matematiksel formülasyon ise yine Stecke (1983) yapılmıştır Gruplama ve yükleme, 0-1 doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama şeklinde formüle edilmiştir. Makinalardaki işyüklerinin dengelenmesi problemi üzerinde çalışmıştır.

Kimemia ve Gershwin (1983), maksimum akış amacına ulaşmak üzere, EÜS'de parça rotalarının en iyilenmesi problemi üzerinde çalışmışlardır.

Ammons v.d. (1985), işyüklerinin dengelenmesi ve iş istasyonlarındaki gidiş-geliş sayılarının enazlanmasıyla ilgili çalışma yapmışlardır.

Shanker ve Tzen (1985), parça seçimi problemlerinin çözümünde, matematiksel programlama yaklaşımını önermişlerdir. Bu yaklaşım, Stecke'nin (1983) çalışmasıyla benzerdir. Her iki çalışmada da, her bir parça tipi için tek bir rota olduğu varsayılarak model kurulmuştur. Çalışmada işyüklerinin dengelenmesi ve geciken işlerin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır.

Wilhelm ve Shin (1985), alternatif işlemler için, makinalardaki işyüklerinin dengelenmesi problemini incelemişlerdir. Problem, doğrusal programlama modeli olarak kurulmuş olup, herbir parçanın hangi alternatif makinalardan geçeceği ve parça sayıları hesaplanmıştır. Modelde, makina yerleşimlerine önem verilmeyip, makinalar arası uzaklık da modele dahil edilmemiştir. Bu, modelde eksik olan taraflardan birisidir.

O'Grady ve Menon (1987), EÜS'nin ana çizelgelemesiyle ilgili olarak karar vermede, çok amaçlı yaklaşım üzerinde durmuşlardır.

Avonts ve Van Wassenhove (1988), kapasite ve talep kısıtları altında, geleneksel atölyelerde üretilen parçalara karşı, EÜS'de üretilen bazı parçaların getireceği faydalar ve farklı makinalardaki işyüklerinin dengelenmesini incelemişlerdir. Geleneksel yöneylem araştırması çalışmalarında kullanılan LP modeller ve kuyruk teorisinin EÜS'deki parça karışımı ve rota karışımı problemlerinin çözümüne getireceği katkı üzerinde durulmuştur.

Ventura ve Chen (1988), EÜS'de alet ve makina yükleme problemleri üzerinde durmuşlardır. Makinalardaki işyükü dengesizliğinin azaltılmasıyla ilgili modelleme yapmışlardır.

Maimon ve Gershwin (1988), Kimemia ve Gershwin (1983)'in çalışmalarını genişleterek, gerçek zamanlı çizelgeleme ve gerçek zamanlı rota hesabını eklemiştir.

Bastos (1988), kümeleme ve rotalama arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Kümeleme, rotalama, dağıtım ve sıralama olmak üzere dört işlemsel planlama fonksiyonu tanımlanmıştır. Rotalama ve kümeleme problemlerini detaylı olarak incelemiştir. İmalat sistemleri için etkin işlemin, rotalama sonuçlarına bağlı olduğuna karar vermiştir.

Lee ve Jung (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'ın amaç programlama modeli, verilen amaçlar ve önceliklere bağlı olarak, karar vericinin amaçlarına ulaşmasında istenen düzeyde bir çözüm sağlamaktadır.

Shanker ve Srinivasulu (1988), Shanker ve Tzen'in (1985) çalışmasından hareketle, modeldeki analitik formülasyonlarda yeni düzenlemeler yaparak çözümde kolaylık sağlamışlardır.

Dean ve Schniederjans (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 (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. (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 (1990), EÜS'de altı yükleme sezgiselinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Herbiri farklı amaçlara dayanan sezgisel yaklaşımlar, örnek problem verilerine bağlı olarak değerlendirilmiştir.

Wilson (1992), EÜS'de makinalara işyüklerinin atanmasıyla ilgili olarak, makinalardaki işyüklerinin dengelenmesi problemi üzerinde durmuşlardır.

Kim ve Yano (1993), üretim hızlarının enbüyüklenmesi amacıyla, EÜS'de işyüklerinin dengelenmesi problemi üzerinde çalışmışlardır.

Liang ve Dutta (1993), parça seçimi ve makina yüklemeyi, EÜS'de üretim planlama problemlerinde, birbiriyle ilişkili iki ana problem olarak ele alıp, modelleme yapmışlardır.

Schall ve Chandra (1994), EÜS'de alternatif alet kullanımları üzerinde durarak, makinalardaki işyüklerinin dengelenmesi amacına yönelik çalışmalar yapmışlardır.

Mohamed (1995), parça gruplama, yükleme ve parça rotalama problemlerinde alet deposu kapasitesinin önemi üzerinde durmuştur. Parça

grupları için, makinalara atanan toplam işyüklerinin dengelenmesi ile ilgili modelleme yapmıştır.

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. (1996), EÜS tasarımında, çok kriterli bir model üzerinde çalışmışlardır. Bazı performans değerlendirme ölçülerine bağlı olarak bir değerlendirme yapmışlardır.

Mohamed ve Bernardo (1997), detaylı alet planlama problemleriyle ilgili olarak, yükleme ve rotalama problemleri üzerinde çalışmışlardır.

Mohamed vd. (1999), EÜS'de parça gruplama, yükleme ve rotalama ile ilgili olarak, makinalardaki işyükü dengeleri ve toplam işlem zamanlarını enazlayan model geliştirmiştir.

Chakravarty ve Shtub (1984), Chung (1986), makinalardaki işlem süreleri faktörünü gözönünde bulundurarak, EÜS'de parça seçimi ve yükleme problemleri üzerinde çalışmışlardır.

Lashkari v.d. (1987), Wilson (1992), EÜS'de rota esnekliği ve alet deposu faktörlerini birarada kullanarak, herbir işlem için yalnızca tek bir makinanın kullanılabilirdiği bir yaklaşım üzerinde çalışmışlardır.

Hutchison v.d. (1989), toplam işlem sürelerini enazlayan bir modelleme yapmışlardır.

Han v.d. (1989), makine işlem süreleri üzerinde durarak, makinalar için iş ve alet atamaları problemleri üzerinde çalışmışlardır.

Chen ve Chung (1991), EÜS planlama ve kontrol kararlarında, yükleme, rotalama ve çizelgelemenin ardışık olarak devam ettiğini göstermişlerdir. EÜS çizelgelemesinden önce rotalamanın önemini vurgulamışlardır. Yükleme ve rotalamanın birbiriyle yakın ilişkide olduğu ve EÜS performansını etkileyecekleri de çalışmada gösterilmiştir.

Liang (1994), EÜS'de parça seçimi ve makina yükleme kararlarıyla ilgili olarak, toplam işlem süresini enaza indiren model üzerinde çalışmışlardır.

Piplani ve Talavage (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.

Kusiak (1986), üretim maliyetleri üzerinde durarak, EÜS'de bu faktörün modeldeki önemini vurgulamıştır.

Sarin ve Chen (1987), makine ve üretim maliyetlerinin en küçüklenmesi amacı altında yükleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Çözüm için bir tamsayılı programlama modeli önermişlerdir.

Jaikumar ve Van Wassehove (1989), Ram v.d. (1990), üretim maliyetlerini enazlayan model üzerinde çalışmışlardır.

Ram vd. (1990), üretim maliyetlerinin en küçüklenmesi amacıyla çalışmalar yapmışlardır.

Myint ve Tabucanon (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, makinelerin değişik konfigürasyonlarına bağlı olarak, maliyet ve kar değerlendirmesi yapılmıştır.

Das ve Nagendra (1997), EÜS'de değişik rotalara bağlı olarak oluşabilecek üretim maliyetleri üzerinde durmuşlardır.

Bernardo ve Mohamed (1992), makina kapasitesi ve alet kısıtları altında yükleme ve rotalama problemleri üzerinde çalışmışlardır.

Co v.d. (1990), EÜS'de yükleme ve rotalama problemleri üzerinde çalışmışlardır.

Mohamed (1996), EÜS'de parça seçimi, rotalama ve makina yükleme ile ilgili modelleme yapmıştır. Parçalar için parça aileleri oluşturarak, grup teknolojisi kavramını kullanmıştır

Hwan ve Shogun (1989), teslim tarihleriyle ilgili olarak, bütün parça tiplerini üretebilme yeteneğine sahip makinelerde, rassal bir EÜS için, parça tipi seçimi problemi üzerinde çalışmışlardır.

Moreno ve Ding (1993), modelde makine teslim zamanları faktörünü de gözönünde bulundurarak, makinelerdeki işyükü dengelerini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır.

Atmaca ve Erol (2000), EÜS'de yükleme ve rotalama problemlerinde, çok amaçlı karar verme yaklaşımının uygulanabilirliği üzerinde durmuşlardır. Çalışma, EÜS'de yükleme ve rotalama problemlerinin çok amaçlı karar verme teknikleri kullanılarak çözülmesi, ayrıca çalışmalarda rastlanmayan makineler arasındaki uzaklık faktörünü de modelde ele alması açısından, literatürdeki çalışmalardan farklılık gösterir.

3. SONUÇ

Yapılan çalışmada EÜS’de yükleme ve rotalama problemleri ile ilgili bir literatür çalışması hazırlanmıştır. İlk olarak EÜS hakkında temel bilgiler verilerek, EÜS’de yükleme ve rotalama problemleri üzerinde durulmuştur. Önceki yıllarda konu ile ilgili yapılan çalışmalar, çalışmalarda gözönünde bulundurulan faktörlere göre gruplara ayrılarak, çalışmalar hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Yapılan çalışmalarda yazarların farklı faktörlere ağırlık verdikleri görülmektedir. İleriki çalışmalarda değişik faktörler üzerinde durularak, bu faktörlerin yükleme ve rotalama problemleri üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ammons, J.C., Lofgren, C.B. ve McGinnis, L.F.(1985). A Large Scale Machine Loading Problem in Flexible Assembly. Annals of Operations Research, Vol.3, 319-322.
2. Atmaca, E. ve Erol, S. (2000). Esnek Üretim Sistemlerinde Yükleme ve Rotalama Problemlerinde Amaç Programlama Yaklaşımının Uygulanması, YA/EM 2000, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XX1. Ulusal Kongresi, K.K.T.C.
3. Avonts, L.H. ve 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.
4. 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.
5. Bernardo, J. ve Mohamed, Z. (1992). The Measurement and use of Operational flexibility. European J.of. Op. Res., 60, 144-155.
6. Chakravarty,A.K. ve Shtub, A. (1984). Selecting parts and loading flexible manufacturing systems. Proceedings of the First ORSA/TIMS Special Conference on Flexible Manufacturing Systems, ss. 284-289, Ann Arbor, Michigan.
7. Chen, Y. ve Askin, R.G. (1990). A Multiobjective evaluation of flexible manufacturing system loading heuristics. Int.J.Prod.Res., Vol.28, No.5, 895-911.

8. Chen, I.J. ve 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.
9. Co, H.C., Biermann,J.S. ve 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.
10. Das, S.C. ve Nagendra, P. (1997). Selection of routes in a flexible manufacturing facility. *Int.J.Prod.Economics*, 48, 237-247.
11. D'Angelo, A., Massimo, G. ve Levialdi, N. (1996). Multicriteria evaluation model for flexible system design. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol.9, N0.3, 171-178.
12. Dean, B. ve Schniederjans,Y.M. (1990). A goal programming approach to production planning for flexible manufacturing systems. *Journal of Engineering Technology Management*, 6, 207-220.
13. Han, M.H. ve McGinnis, L.F. (1989). Flow control in flexible manufacturing: minimization of stockout cost. *Int.J.Prod.Res.*, 27, 701-715.
14. Hutchison, J., Leong, K., Snyder, D. ve Ward, F. (1989). Scheduling for random job shop flexible manufacturing systems. *Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*, 161-166.
15. Hwan , S.S. ve Shogun, A.W. (1989). Modelling and solving an FMS part selection problem. *Int.J.Prod.Res.*, Vol.27, No.8, 1349-1366.
16. Jaikumar, R. ve Van Wassenhove, L.N. (1989). A Production Planning framework for flexible manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Operations Management*, 2, 52-79.
17. Kim, Yeong-Dae ve Yano, C.A. (1993). Heuristics approaches for loading problems in flexible manufacturing systems. *IIE Transactions*, Vol.25, Iss.1, 26-39.
18. Kimemia, J. ve Gershwin, S.B. (1983). An algorithm for the computer control of production in flexible manufacturing systems. *IIE Transactions*, 15, 353-362.
19. Kulatilaka, N. (1988). Valuing the flexibility of flexible manufacturing systems. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35(4), 250-257.
20. Kumar, P., Tewari, N.K. ve Singh, N. (1990). Joint Consideration of Grouping and Loading Problems in Flexible Manufacturing System. *Int.J. Prod.Res.*, 25,1053-1068

21. Kusiak, A. (1986). *Modelling and Design of FMS's*. Elsevier Science Publishers b.v., Amsterdam.
22. Lashkari, R.S., Dutta, S.P. ve 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.
23. Lee, S.M. ve 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.
24. Liang, M. ve 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.
25. Liang, M. (1994). Integrated machining speed, part selection, and machine loading decisions in flexible manufacturing systems. *Computers and Industrial Engineering*, 26(3), 599-608.
26. Maimon, O.Z. ve Gershwin, S.B. (1988). Dynamic scheduling and routing for flexible manufacturing systems that have unreliable machines. *Operations Research*, 36(2), 279-292.
27. 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.
28. Mohamed, Z.A. (1996). A flexible approach to (re) configure flexible manufacturing cells. *European J.of Op.Res.*, 566-576.
29. Mohamed, Z.A.; Kumar A. ve Motwani, J. (1999). An improved part grouping model for minimizing makespan in FMS. *European J.of Op.Res.*, Vol.116, Iss.1, 171-182.
30. Mohamed, Z.M. ve Bernardo, J.J. (1997). Tool planning models for flexible manufacturing systems. *European J.of Op.Res.*, 103, 497-514
31. Moreno, A. ve Ding, F. (1993). Heuristics for the FMS-Loading and part type selection problems. *Int.J.Flexible Manufacturing Systems*, 287-300.
32. Myint, S. ve 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.
33. O'Grady, P.J. ve Menon, U. (1987). Loading a flexible manufacturing system. *Int.J.Prod.Res.*, vol.25, No.7, 1053-1068.

34. Piplani, R. ve Talavage, J. (1995). Launching and dipatching strategies for multi –criteria control of closed manufacturing systems with flexible routing capability. *Int.J.Prod.Res.*, vol.33, No.8, 2181-2196.
35. Ram, B., Sarin, S.C. ve 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.
36. Ro, I. ve Kim, J. (1990). Multi-criteria operational control rules in flexible manufacturing systems(FMS's). *Int.J.Prod.Res.*, vol.28, No.1, 47-63.
37. Sarin, S.C. ve Chen, C.S. (1987). The machine loading and tool allocation problem in a flexible manufacturing system. *Int.J.Prod.Res.*, 25, 1081-1094.
38. Schall, S.O. ve Chandra, J. (1994). Evaluation of alternative tool combinations in a flexible manufacturing system. *Computers and Industrial Engineering*, 26(4), 633-645.
39. Shanker,K. ve Tzen, Y.J. (1985). A loading and dispatching problem in a random flexible manufacturing system. *Int.J.Prod.Res.*, 23(2), 579-595.
40. Shanker, K. ve Srinivasulu, A. (1989). Some methodologies for loading problems in flexible manufacturing systems. *Int.J.Prod.Res.*, 27, 1019-1034.
41. Singh, N. (1996). Flexible manufacturing systems, *Systems Approach To Computer-Integrated Design and Manufacturing*, ss. 529-576.
42. Stecke, K.E. (1983). Formulations and solutions of nonlinear integer production planning problems for flexible manufacturing systems. *Management Science*, 29(3), 273.
43. Stecke, K.E. ve Solberg, J.J. (1981). Loading and Control Policies For a Flexible Manufacturing Systems. *Int.J. Prod.Res.*, 19,481-490.
44. Ventura, J.A. ve Chen, F.F. (1988). Loading tools and machines in flexible manufacturing systems. *Computers and Industrial Engineering*, Vol.15, no. 1-4, 223-230.
45. Wilhelm, W.E. ve Shin, H.M. (1985). Effectiviness of Alternate Operations in a Flexible Manufacturing System. *Int.J.of Prod.Res.*, 23, 65-79.
46. Wilson, J.M. (1992). Approaches to machine load balancing in flexible manufacturing systems. *J.of the Operational Research Society*, Vol.43, Iss.5, 415-423.