

ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ROBOT ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN İNCELENMESİ

Â. Yurdun Orbak¹, Seda Özmutlu¹, H. Cenk Özmutlu¹ ve Aslı Orbak²

¹ Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü – BURSA
orbak@uludag.edu.tr
seda@uludag.edu.tr
hco@uludag.edu.tr

² Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü – İSTANBUL
aerdiller@yahoo.com

Özet

Günümüzde robotlar ileri teknoloji üretim sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Robotların bu sistemlerde kullanımı üretim hızını ve kaliteyi önemli ölçüde arttırmaktadır. Ancak robotların bir arada kullanımı birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Bu problemlerden belki de en önemlisi parçalar, işlemler ve robot hareketleri ile ilgili çizelgelerin etkin biçimde belirlenmesidir. Belirtilen bu çizelgeleme probleminin doğru biçimde çözülmesi verimliliği maksimize edecektir. Bu nedenle bu çalışmada, bir üretim sistemindeki robotların çizelgelemeye etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu amaçla sistemde bulunan aktif robot sayısına ve değişik makine ve parça sayısına bağlı olarak sistem performans ölçütlerinin ne şekilde etkilendiği araştırılmıştır. Bu araştırma için çok makineli ve çok robotlu sistemler bilgisayar ortamında benzetim yazılımları yardımıyla canlandırılmış ve sonuçlar istatistikî olarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda üretim sistemlerinde kullanılan robotların getirdiği bazı avantaj ve dezavantajlar da irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: esnek üretim sistemleri, robot çizelgeleme, benzetim

Abstract

Today, robot manipulators are commonly used in advanced technology production systems. The use of robots increases the production rate and quality significantly. However, using several robots in the same specific process also produces many problems. One of the most important of these problems is the identification and the preparation of schedules related to parts, operations, and robot motions. Solution of this problem in a plausible way will maximize productivity. Therefore, in this paper the effect of using robots to scheduling problem is examined. For this purpose the changes of system performance criteria are investigated depending on the active robots in the system and on different number of machines and produced parts. In order to pursue this investigation, simulation of these systems is performed and the results are given. Depending on the results, some advantages and disadvantages of using robots are also listed.

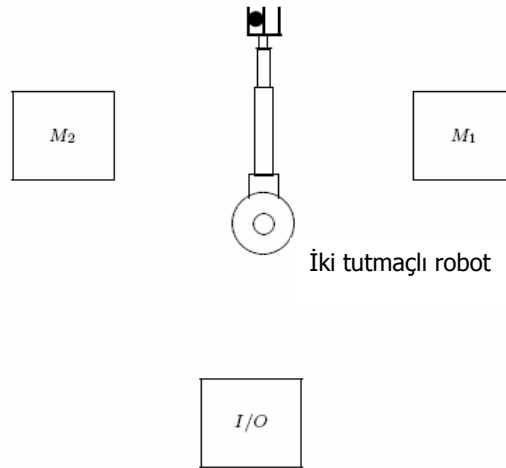
Keywords: flexible manufacturing systems, robot scheduling, simulation

1. GİRİŞ

Robotlar günümüzde ileri teknoloji üretim sistemlerinde sıkça kullanılan araçlardır. Robotların temel hedefleri ile sistemin maliyet azalımı, kalite güvencesi, esnek üretim ve insana saygı gibi hedefleri tümüyle uyum içindedir. Robotlar sadece tehlikeli işlerde işçilerin yerini almakla kalmazlar aynı zamanda tekrarlı ve monoton işlerde işçilerin yerine geçerek işçilerin daha yaratıcı işlerde görev yapmasına olanak verirler. Bu açıdan, robotların insana saygı hedefinin gerçekleştirilmesine önemli katkıları olmaktadır. Yalnız bu uygulamada önemli olan, diğer tüm teknolojik gelişmelerde olduğu gibi bu aracın da insanlığın hizmetinde kullanılması ve bunun tersi olacak uygulamanın engellenebilmesidir.

Son yıllarda üretim şirketlerinde robotlar geniş bir yelpazedeki uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır [1-3]. Üretimde kullanılan robotların önemli bir uygulaması robotik hücrelerde malzeme taşıyıcı olarak kullanılmalarıdır. Çok kullanılan robot merkezli bir hücre [4]'te görülebilir. Bu uygulamada robot yaklaşık olarak çalışma hücresinin ortasında bulunmakta ve birçok makine (M_1, M_2, \dots, M_m) ve giriş/çıkış istasyonu (I/O) robotun çevresine yerleştirilmiştir. Dört robot kullanılan robot merkezli gerçek uygulama örneği ise [3]'te verilmektedir. Bu uygulamada bir yüzey taşıma makinesi, bir NC torna, iki NC delme makinesi ve bir giriş/çıkış ünitesi bulunmaktadır. Başka bir uygulamada ise New York'taki Xerox şirketi her birinde iki tutmaçlı 2105B Unimate robotları bulunan üç robot hücresi kullanarak "fotokopi makinesi ruloları" üretmektedir. Her bir hücrede ayrıca iki makine (CNC torna) bulunmakta ve bütün sistem PLC ile kontrol edilmektedir. Çoklu NC ve robot programları bir üründen diğerine hızlı geçişi sağlamaktadır [3].

Şekil 1'de iki makineli robot merkezli bir hücre görülmektedir. Makinelere merkezi robot hizmet etmektedir. Robot kolu dönebilmekte ve düzlemsel hareket edebilmektedir. Bu örnekte, her bir parça giriş/çıkış istasyonundan alınmakta, önce birinci ve sonra ikinci makinede işlem gördükten sonra tekrar giriş/çıkış istasyonuna bırakılmaktadır. Makinelerin giriş/çıkış kuyruğu bulunmamaktadır ve her bir parça sıra ile işlenmektedir. Robot, makinelerden birine yükleme yaptıktan sonra ya orada işlemin tamamlanmasını beklemekte, ya diğer makineye geçerek yükleme/boşaltma yapmakta veya giriş/çıkış istasyonuna giderek başka bir parça almakta/bırakmaktadır.

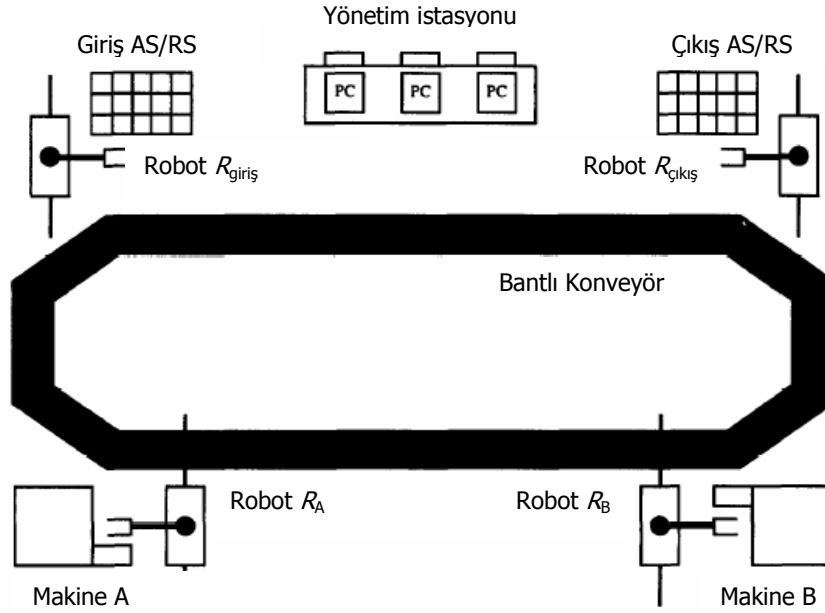


Şekil 1. Robot merkezli bir üretim hücresi

Şekil 2'de ise daha karmaşık olan tam bir üretim hücresi verilmektedir [5]. Örneği İsrail'de bir eğitim kurumunda olan bu sistemde ise iki makine ve dört robot bulunmaktadır. A ve B makineleri üretim işleminde kullanılmakta bu makinelere birer robot hizmet etmekte ve

başka iki robot ise gereken parçaların alınıp bırakılması işlemlerinde kullanılmaktadır. İşlem sırası [5]'te detaylı bir biçimde verilmektedir.

Birçok uygulamada robotik hücreler en az parça kümelerinin (minimal part set) tekrarlanabilir veya döngüsel üretiminde kullanılmaktadır. En az parça kümesi, toplam üretim hedefiyle aynı oranda seçilmiş ve mümkün olan en az parça sayısından oluşan kümedir. Örnek olarak bir şirkette hedef üretim A parçasından 7000 adet, B parçasından 3000 adet ve C parçasından 4000 adet ise, bu üretim için en az parça kümesi A'dan 7, B'den 3 ve C'den 4 olmak üzere 14 olacaktır.



Şekil 2. İki makine, dört robotlu bir üretim hücresi

Robotik üretim hücrelerinde herhangi bir anda sistemin durumu aşağıdaki veriler ile belirtilebilir:

- Makinelerde o anda bulunan parça sayısı
- Makinelerde bulunan her bir parça için bulunduğu makine ve makinede geçirdiği süre
- Robotların pozisyonu
- Tutamaçların durumu (dolu veya boş olarak)
- Eğer tutamaç dolu ise hangi makineye gideceği (bir sonraki noktası).

Sistemin durumunun bu şekilde belirlenmesi ve açıklamaya çalıştığımız robotik hücrelerinin genel yapısı, üretim sistemlerinde sıkça ortaya çıkan çizelgeleme problemini de beraberinde getirmektedir.

Bilindiği gibi çizelgeleme, belli bazı amaçları eniyileyecek şekilde kısıtlı kaynakları zaman içinde belli görevlere atamaya çalışan bir karar verme sürecidir. Çizelgelemenin amacı, makine ve teçhizatın en iyi kullanımının en düşük maliyetle sağlanmasını ve işlerin teslim zamanında bitirilmesini gerçekleştirecek şekilde ayrıntılı çizelgeler oluşturmaktır. Bu ana amaca göre çizelgelemeyi oluşturan kişi iki yönlü bir sorunun çözümüyle karşı karşıya kalır:

- İş emirlerinin ortalama gerçekleşme süresinin kısaltılması, ara stokların azaltılması, üretimin zamanında bitirilmesi olasılığının yükseltilmesi,
- Ekipman kullanım oranının artırılması ve dolayısıyla yatırım getiri oranının yükseltilmesi.

Sorunların ilki için belli bir ürünün en küçük üretim süresine göre düzenlenen bir çizelgeleme uygulamak gerekir. Ürün sayısı fazla ise üretim süreleri ortalamalarının en küçüğüne göre davranmak gerekir. İkinci sorun için ise eldeki kapasiteden yararlanma oranını maksimize edecek bir çizelgeleme düzenlemek gerekir. Her iki sorun için 'etkenlik ölçüleri' de denen bazı alt amaçları gerçekleyecek programlara gerek vardır.

Çizelgelemedeki alt amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İşlerin tamamlanması için geçen süreleri azaltmak
- Toplam boş süreyi en küçükmek
- Ürünün toplam bekleme süresini en küçükmek
- Teslimat zamanlarına uyumu artırmak
- Belli bir süre içindeki çıktıyı artırmak

Bunun yanı sıra üretim çizelgeleme ölçütleri ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bitirme zamanlarını en düşük düzeye indirmek
- Makine kullanım oranını en yüksek düzeye çıkarmak
- Sistemdeki döküm sayısını en düşük düzeye indirmek
- Müşterinin bekleme süresini en aza indirmek

Bütün bu bilgilerden şu sonuç çıkarılabilir: Üretimde robotik hücreler sıkça kullanılmaya başladığından bu hücrelerin performansını eniyileme problemi gittikçe önem kazanmaktadır. Hücrenin performansı doğrudan robot hareketlerinin sıralanmasına dayandığından etkin robot hareket sırasının bulunması önemli bir araştırma konusunu oluşturmaktadır. Bu konuda yazılmış birçok makaleden bazıları [6-11]'dir. Bu bildiri de bu makaleler ışığında bir üretim sistemindeki bulunan aktif robot sayısına ve değişik makine ve parça sayısına bağlı olarak sistem performans ölçütlerinin ne şekilde etkilendiği araştırılmıştır. İleriki bölümlerde sistemin benzetimi yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

2. BENZETİM

Bu bildiri de amaç iş atölyelerinde robot kullanımı durumunda değişik çizelgeleme kurallarının uygulanması sonucu elde edilen verilerin değişikliklerinin analiz edilmesidir. Bu amaçla çok makineli ve çok robotlu sistemler benzetim ortamında canlandırılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Benzetim programı olarak ARENA kullanılmıştır.

Atölyede sırayla 3, 5 ve 7 parça üretildiği kabul edilmiştir. Bu parçaların 4, 6 ve 8 makinede işleme durumları incelenmiştir. Seçilen robot sayısı ise sırasıyla makine sayısının %50 ve %100'ü olarak alınmıştır.

Sonuç olarak yukarıda belirtilen makine, parça ve robot sayıları göz önünde bulundurularak benzetim yapılmıştır. Benzetimde üretim süreleri ve toplam maksimum gecikmeler hesaplanmıştır.

Bu benzetimin sonuçları Çizelge 1-3'de görülebilir.

Bu değerler makineler için grafik olarak çizdirilecek olursa Şekil 3-5 elde edilmektedir. Bu şekillerde bulunan grafiklerle parça sayısının artmasına bağlı olarak sistem performans ölçütleri olan bekleme süresi, pozitif geç kalma, akış süresi ve üretim miktarının değişimleri incelenmektedir.

Çizelge 1. Dört makine için benzetim sonuçları

4 Makine

	2 Robot				4 Robot			
	Bekleme Süresi	Pozitif Geç Kalma	Akış Süresi	Üretim Miktarı	Bekleme Süresi	Pozitif Geç Kalma	Akış Süresi	Üretim Miktarı
3 Parça	2.2979	8.2785	31.168	448	.70442	6.2723	29.210	428
5 Parça	6.4022	10.795	33.778	767	2.5903	7.6876	30.019	724
7 Parça	13.078	17.545	40.910	1002	3.4417	8.3132	31.354	1051

Çizelge 2. Altı makine için benzetim sonuçları

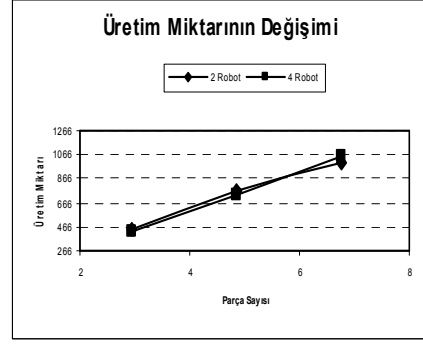
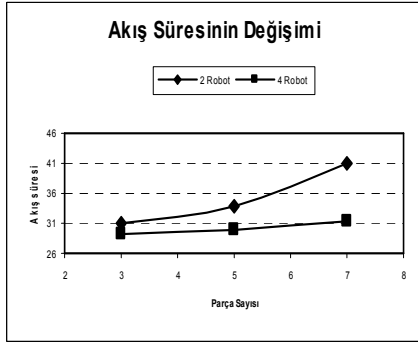
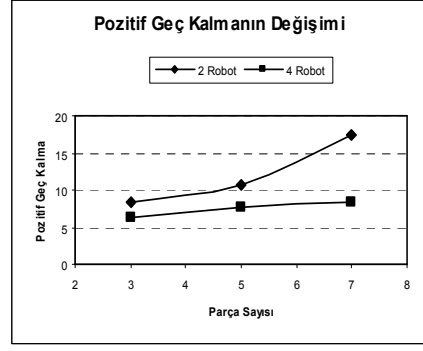
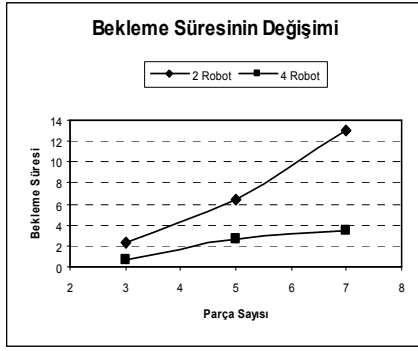
6 Makine

	3 Robot				6 Robot			
	Bekleme Süresi	Pozitif Geç Kalma	Akış Süresi	Üretim Miktarı	Bekleme Süresi	Pozitif Geç Kalma	Akış Süresi	Üretim Miktarı
3 Parça	5.0280	11.887	49.390	470	3.5682	10.369	48.417	443
5 Parça	13.102	16.542	55.100	716	11.564	16.155	53.849	743
7 Parça	51.296	53.301	92.695	997	5.6235	10.415	47.273	979

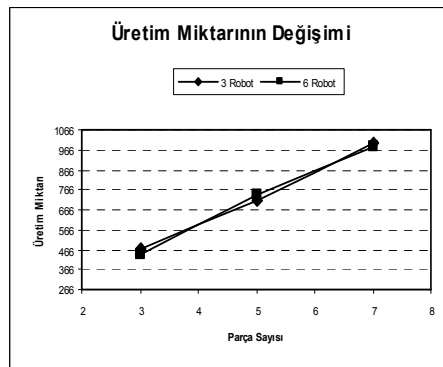
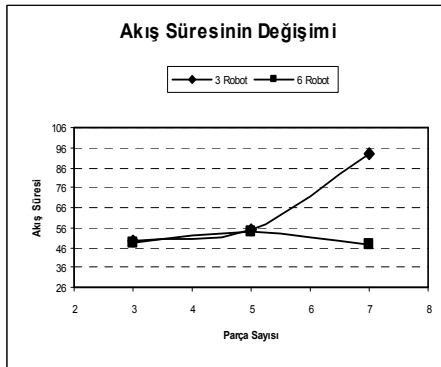
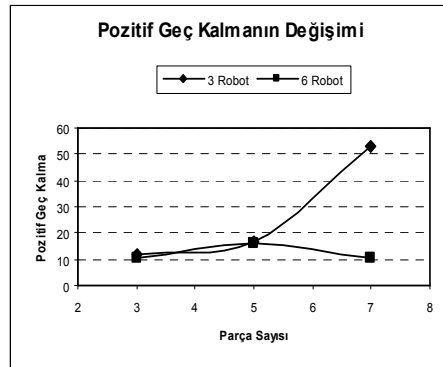
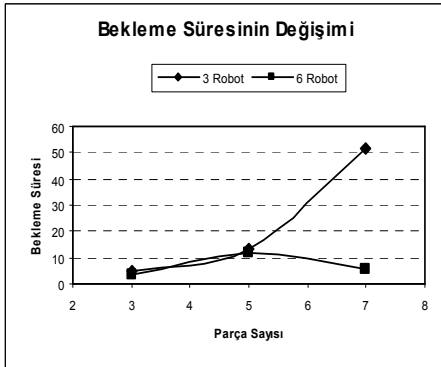
Çizelge 3. Sekiz makine için benzetim sonuçları

8 Makine

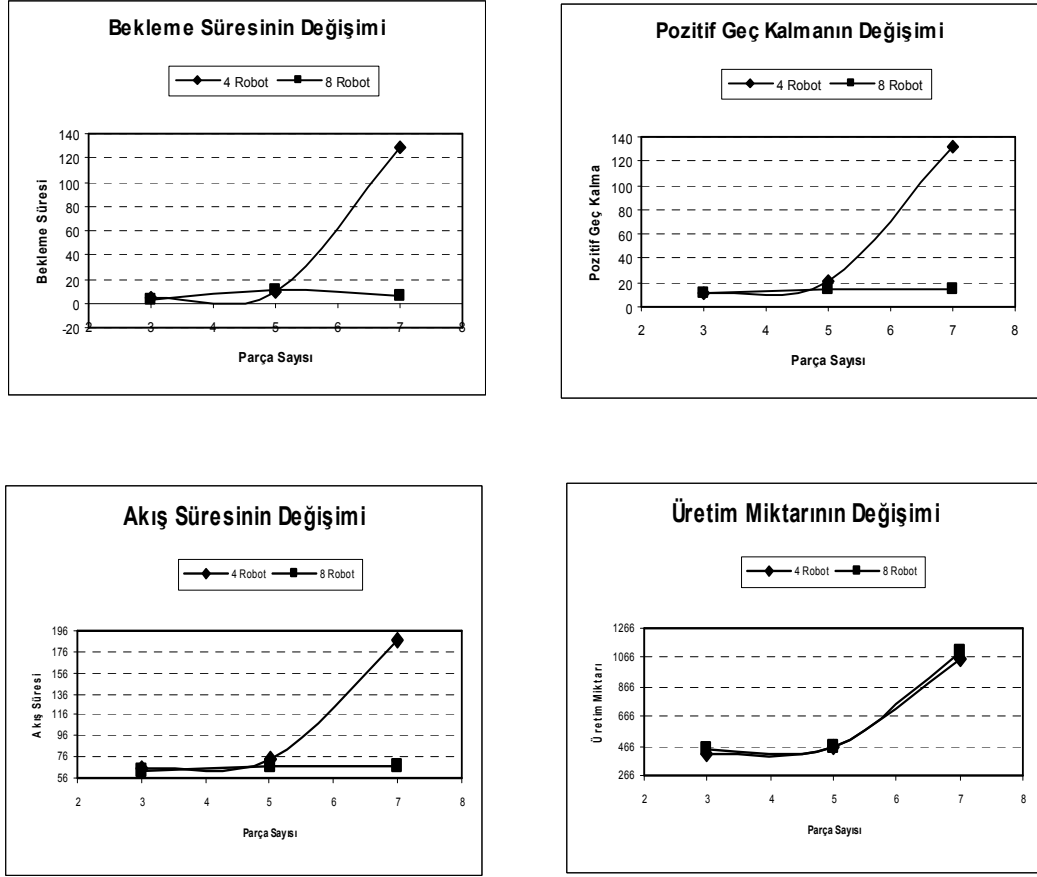
	4 Robot				8 Robot			
	Bekleme Süresi	Pozitif Geç Kalma	Akış Süresi	Üretim Miktarı	Bekleme Süresi	Pozitif Geç Kalma	Akış Süresi	Üretim Miktarı
3 Parça	4.8224	12.186	64.243	409	1.4540	11.288	63.065	441
5 Parça	10.078	21.545	74.901	459	2.1924	15.221	67.012	461
7 Parça	128.18	132.31	188.02	1062	8.6135	14.961	68.068	1101



Şekil 3. Dört makineli durumda performans ölçütlerinin değişimi



Şekil 4. Altı makineli durumda performans ölçütlerinin değişimi



Şekil 5. Sekiz makineli durumda performans ölçütlerinin değişimi

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, bir üretim sistemindeki robotların çizelgelemeye etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu amaçla sistemde bulunan değişik makine ve parça sayısına ve buna ek olarak çalışan robot sayısına bağlı olarak sistem performans ölçütlerinin ne şekilde etkilendiği araştırılmıştır. Yapılan benzetimler sonucunda sistemdeki parça sayısı arttıkça yani sistem kalabalıklaştıkça robotların faydasının artmakta olduğu görülmüştür. Örneğin 7 parçalı sistemlerde robot eklemenin %100'e varan faydalar sağlamakta olduğu, 3 makineli ve 5 makineli sistemlerde fayda daha az olduğu söylenebilir. Bu konuda yapılmakta olan ve yapılacak araştırmalar devam etmektedir.

4. KAYNAKÇA

- [1] Asfahl, C. R., "Robots and Manufacturing Automation", John Wiley and Sons, New York, 1992.
- [2] Hartley, J., "Robots at Work: a Practical Guide for Engineers and Managers", IFS (Publications) Ltd., U.K., 1983.
- [3] Miller, R. K. ve Walker, T. C.. "FMS/CIM Systems Integration Handbook", The Fairmont Press, Lilburn, GA, 1990.
- [4] Groover, M. P., "Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987.

- [5] Kogan, K. ve Levne, E., "A polynomial algorithm for scheduling small-scale manufacturing cells served by multiple robots", *Computers Ops. Res.*, Vol. 25, No. 1. pp. 53-62, 1998.
- [6] Hall, N. G., Kamoun, H. ve Sriskandarajah, C., "Scheduling in robotic cells: classification, two and three machine cells", *Operations Research*, Vol. 45, pp. 421-439, 1997.
- [7] Hall, N. G., Kamoun, H. ve Sriskandarajah, C., "Scheduling in robotic cells: complexity and steady state analysis", *European Journal of Operational Research*, Vol. 109, pp. 43-63, 1998.
- [8] Sethi, S. P., Sriskandarajah, C., Sorger, G., Blazewicz, J. ve Kubiak, W., "Sequencing of parts and robot moves in a robotic cell", *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 4, pp. 331-358, 1992.
- [9] Sriskandarajah, C., Hall, N. G. ve Kamoun, H., "Scheduling large robotic cells without buffers", *Annals of Operations Research*, Vol. 76, pp. 287-321, 1998.
- [10] Kamoun, H., Hall, N. G. ve Sriskandarajah, C., "Scheduling in robotic cells: heuristics and cell design", *Operations Research*, Vol. 47, pp. 821-835, 1999.
- [11] Crama, Y. ve Van de Klundert, J., "Cyclic scheduling of identical parts in a robotic cell", *Operations Research*, Vol. 45, pp. 952-965, 1997.