

TEK YÖNLÜ DAİRESEL YERLEŞİM PROBLEMİ İÇİN YENİ SEZGİSEL ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Temel Öncan

Galatasaray Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34357, İstanbul

İ. Kuban Altınel

Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34342, İstanbul

Özet: Bu çalışmada NP-tam olduğu bilinen tek yönlü dairesel yerleşim problemi için yeni sezgisel çözüm yöntemleri önerilmektedir. Tek yönlü dairesel yerleşim problemi, tek bir yönde hareket eden kapalı çevrim konveyör hatlarının çevresine iş istasyonu yerleşiminde, CNC makinelerinin tek yönde dairesel hareket eden takım haznelarına kesici uç atamasında ve tek yönlü kapalı bir çevrimde hareket eden otomatik güdümlü araç sistemlerinde sıkça karşımıza çıkmaktadır. Önerilen yeni sezgisel çözüm yöntemlerinin bir bölümü bu problem ile doğrusal sıralama problemi ve gezgin satıcı problemi arasındaki benzerlikten yararlanılarak geliştirilmiştir. Rassal olarak üretilen örnekler üzerinde gerçekleştirilen deneyler yeni yöntemlerin varolanlardan hem çözüm kalitesi, hem de çözüm süresi açısından daha iyi olduklarını söylemektedir.

Anahtar Kelimeler: Tesis Planlama ve Tasarımı, Esnek İmalat Sistemleri, Üretim Sistemleri Tasarımı, Bilgisayarla Bütünleşik Üretim

1. Giriş

Bu çalışmayla dairesel malzeme iletim sisteminin hizmet verdiği bir imalat hücreesindeki önceden belirli n pozisyona, n iş istasyonu atama problemi ele alınmıştır. Dairesel malzeme iletim sistemi, her iş istasyonunu tam bir kere ziyaret ederek tüm iş istasyonları birbirine bağlar ve malzeme iletimi dairesel olarak gerçekleştirir. Malzeme iletiminin tek bir yönde sağlandığı varsayılmaktadır (saat yönünde ya da saat yönünün tersinde). Böyle bir sisteme örnek tek yönlü malzeme taşıyan kapalı çevrim konveyör hattıdır. Tek yönlü dairesel yerleşim problemlerinde (TYDYP) ortak bir politika tüm parçaların sisteme giriş çıkışlarının tek bir iş istasyonundan, Yükleme ve Boşaltma İstasyonundan (YBİ), gerçekleştirilmesidir. Sisteme giren her parça önceden proses planında belirlenen sıraya göre gerekli tezgahda işlem görmektedir. Bir tezgahda işlemi biten parça proses planında belirtilen işlem göreceği sonraki tezgaha tek yönlü dairesel malzeme taşıma sistemiyle iletilmektedir. İşlem göreceği parçanın gideceği tezgah o sırada meşgul ise parça, ara stok bölgesinde sırası gelene kadar bekletilecektir. Ele aldığımız TYDYP’inde amaç, birim zamanda taşınan malzeme miktarını enazlayacak şekilde tezgahların uygun yerlere atanmasıdır.

2. Tek Yönlü Dairesel Yerleşimi Oluşturan ve İyileştiren Yöntemler

Kouvelis ve Kim (1992), tarafından önerilen KK3 yönteminde, parça taşıma matrisi F dikkate alınarak, $RC_{ij}=(R_i-C_j)-(R_j-C_i)+f_{ji}-f_{ij}$ değeri en büyük olan (i^*, j^*) iş istasyonu çifti seçilir. Burada R_i ve C_i , F matrisindeki sırasıyla i . satır ve i . sütündeki elemanların toplamıdır. Diğer bir deyişle, R_i ve C_i sırasıyla, i iş istasyonundan çıkan ve i iş istasyonuna giren toplam parça miktarlarını verir. Seçilen iş istasyonları, i^* ve j^* , sırasıyla birinci ve sonuncu sıradaki uygun yerlere atanır. Daha sonra, F matrisindeki, i^* inci satır ve j^* inci satır ve sütun silinir. Yeni bir (i^*, j^*) iş istasyonu çifti RC_{ij} değerine göre belirlenir. Bu işlemler, parça taşıma matrisinde tek bir eleman kalıncaya kadar sürer.

Tansel ve Bilen (1998), iş istasyonlarının yeni pozisyonlara taşınması fikrini esas alarak TYDYP için yeni sezgisel iyileştirme yöntemleri önermişlerdir. Bunlardan taşıma yöntemi (MOVE), başlangıçta i pozisyonunda bulunan π_i iş istasyonunu, j pozisyonuna taşıma işlemine dayanır. Taşıma işlemi, π_i ve π_j arasındaki bir dizi iş istasyonunun yer değiştirmesine neden olmaktadır. MOVE, belirli bir yerleşimdeki, her bir iş istasyonunun olası tüm taşıma işlemlerinin maliyet kazancını hesaplar ve amaç fonksiyonundaki en büyük azalmaya sebep veren işlemi gerçekleştirir. Taşıma sezgisel yöntemi, kazançlı bir taşıma işlemi gerçekleştirilmeyinceye kadar devam eder.

Belli bir yerleşimi daha da iyileştirmek için bilinen en eski sezgisel iyileştirme yöntemlerinden yer değiştirme (SWAP), pozisyon değiş-tokuşuna dayanmaktadır. Amaç fonksiyonunda azalmaya neden olacak tüm pozisyon değiş-tokuş işlemleri belirlenip, aralarından en kazançlı olanı gerçekleştirilir.

Lee, Huang ve Chiang (2001) tarafından önerilen yöntemde (LHC), ilk adım olarak simetrik akış maliyetli ($f_{ij}=f_{ji}$, $j=1, \dots, n$) π_i iş istasyonları belirlenmiştir. Bu iş istasyonları daha sonra herhangi bir pozisyona atanırlar. Ardından, parça akış matrisindeki sütun (satur) toplamları sıfır olan iş istasyonları YBI'den hemen sonraki (önceki), boş pozisyonlara atanırlar. Sonra, tüm iş istasyonları için F parça akış matrisindeki satur toplamı ve sütun toplamı farkının mutlak değeri hesaplanır ve en büyük değere sahip olan iş istasyonu seçilir. Eğer bu değer pozitifse (pozitif değilse) bu iş istasyonu YBI'den sonraki (önceki) ilk uygun pozisyona atanır. Daha sonra, elde edilen yerleşim iyileştirilme sürecinden geçirilir. Parça taşıma matrisindeki satur toplamı sütun toplamından çıkartılır ve elde edilen en büyük pozitif (negatif) farklı iş istasyonu malzeme taşıma sisteminin ilerleme yönüne ters olarak (taşıma sisteminin yönünde) YBI'ye doğru diğer iş istasyonları ile yer değişiklikleri yapılarak ötelenmeye çalışılır. En sonunda SWAP çalıştırılır.

3 Tek Yönlü Dairesel Yerleşim Problemi için Yeni Sezgisel Yöntemler

TYDYP, n adet iş istasyonunu bir daire etrafındaki önceden belirli n pozisyona atamayı amaçlar. Asimetrik Gezgin Satıcı Problemi (AGSP) ise dairesel olarak yerleşik şehirlerin ziyaret sıralarının en ucuz şekilde belirlenmesini hedefler. Bu bakımdan iki problem birbirlerine benzemektedir. TYDYP'ye benzeyen bir diğer problem Doğrusal Sıralama Problemi (DSP)'dir (Reinelt, 1985). DSP, n elemanın birbirlerine göre konumlarının maliyetini enazlayacak sıralamayı amaçlar. TYDYP ve DSP arasındaki ilişki Potts ve Whitehead (2001) tarafından detaylı olarak anlatılmıştır. Bu kısımda, yukarıda bahsedilen benzerliklerden hareketle, aslında AGSP ve DSP için önerilmiş sezgisel yöntemler, TYDYP için yeniden ele alınmaktadır.

Değiştirme yönteminde (EX), amaç fonksiyonunda azalma sağlayan dört komşu iş istasyonu çiftine ait öncelik ilişkileri değiştirilir. Her adımda, olası tüm $2 \times 4! = 48$ değişiklikler hesaplanır ve amaç fonksiyonunda en çok azalmaya neden olan değişiklik gerçekleştirilir. EX, Lin (1965) tarafından aslında GSP için $k-opt$ ismiyle önerilmiştir. Yeniden atama yönteminde (RE) ardışık dört iş istasyonu mevcut yerlerinden alınır ve başka bir pozisyonda olası tüm sıralamalar denenerek ve bir bütün olarak yerleştirilmeye çalışılır. Bu arada, diğer iş istasyonları aralarındaki sıra bozulmadan boş yerlere kaydırılırlar. RE, GSP problemi için Or (1976) tarafından önerilmiştir.

Becker (1967) tarafından DSP için bir sıra oluşturma yöntemi geliştirilmiştir. Çıkış ve Giriş Oranı (OI) olarak isimlendirdiğimiz bu yöntemde her π_i iş istasyonu için F parça taşıma matrisinin i . satırdaki elemanlarının toplamı (R_i) ve i . sütundaki elemanlarının toplamı (C_i) bulunur ve $r_i=R_i/C_i$ oranı hesaplanır. Elde edilen r_i oranlarından en büyük değerli iş istasyonu birinci pozisyona atanır. Bu işlemin ardından, atanan iş istasyonuna ait parça taşıma matrisindeki satur ve sütun silinir. Kalan iş istasyonları için r_i oranları yeni baştan bulunur. En büyük değerli iş istasyonu ikinci pozisyona atanır. Bu işlemler tüm iş istasyonları bir pozisyona atanıncaya kadar devam eder.

Sıralama ve Ters Çevirme (SR) yöntemi, Chanas ve Kobylanski (1996) tarafından aslında DSP için tarafından tasarlanmıştır. Bu yöntemle, daha iyi bir yerleşim elde edilmeyinceye kadar *sıralama* ve *ters çevirme* işlemleri peşpeşe çalışır. *Sıralama*'nın çalışmasını özetleyebilmek için başlangıçta elimizde $\pi = \{\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n\}$ yerleşiminin olduğunu kabul edelim. Öncelikle, π_1 ve π_2 , iş istasyonları ele alınır. Bu iki iş istasyonu ya $\{\pi_1, \pi_2\}$ ya da $\{\pi_2, \pi_1\}$ şeklinde sıralanabilir. Hangi yerleşim daha az maliyetli ise o yerleşim seçilir. Örneğin, $\{\pi_2, \pi_1\}$ yerleşimi daha az maliyetli olsun. Sonra, üçüncü sıradaki iş istasyonu, π_3 ele alınır ve iki iş istasyonundan oluşan yerleşimde hangi pozisyona atanabileceğine karar verilir. Diğer bir deyişle, $\{\pi_3, \pi_2, \pi_1\}$, $\{\pi_2, \pi_3, \pi_1\}$, ve $\{\pi_2, \pi_1, \pi_3\}$, yerleşimlerinden en az maliyetli olanı bir sonraki adım için seçilir. Bu şekilde, tüm iş istasyonlarından oluşan bir yerleşim elde edildiğinde *sıralama* sona erer. Ters çevirme ile $\pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$ yerleşiminden hareket ederek $\pi' = \{\pi_n, \pi_{n-1}, \dots, \pi_1\}$ yerleşimi elde edilir.

SR yöntemi diğer yöntemlere göre daha hızlı olmasına rağmen, bu yöntemle elde edilen sonuçlar MOVE ile elde edilenler kadar iyi değildir. Bu gözleme dayanarak, SR'daki *sıralama* yerine *taşıma* kullanılarak, Taşıma ve Ters Çevirme (MR) yöntemi geliştirildi. MR'da *taşıma* ve *ters çevirme* işlemleri önceki yerleşimden daha iyi bir yerleşim elde edilmeyinceye kadar devam eder.

4. Bilgisayarlı Deneyler ve Sonuçlar

Sezgisel yöntemleri karşılaştırmak amacıyla TYDYP'nin, *Dengeli Olmayan*, *Dengeli Olan* ve *Tamamen Dengeli Olan*, durumları için toplam 240 adet rassal örnek üretilmiştir. Her durum için 20, 30, 40 ve 50 iş istasyonlu örnekler, A ve B olarak isimlendirdiğimiz, 10'lu gruplar halinde üretilmiştir. A grubu örnekleri için talepler $U(1,50)$ lik düzgün dağılım, B grubu örnekler için talepler $U(1,100)$ lük düzgün dağılım ile üretilmiştir. Her örnekte, 50 değişik parça tipinin izleyeceği iş istasyonu sırası rassal

olarak saptanır. *Dengeli olmayan* durum için her bir iş istasyonuna giren parça sayısı ayrı ayrı rassal olarak üretilmiştir. *Dengeli olan* durumda, her parça tipi için sisteme girecek olan parça miktarı bir kere üretilir ve belli bir iş istasyonuna giren toplam parça miktarı, o iş istasyonunu ziyaret eden parçaların toplamıyla belirlenir. *Tamamen dengeli olan* durumda, sisteme giren her parça tüm iş istasyonları ziyaret eder.

Tüm deneyler, 750 MHz işlemcili SUN iş istasyonunda gerçekleştirilmiştir. Altinel ve Öncan (2004)'de, Bozer ve Rim (1989) tarafından önerilen formülasyonun gevşetilmesinden daha etkin ancak yeni bir doğrusal programlama formülasyonu önerilmektedir. Bu yeni formülasyonla elde edilen alt sınırlar sezgisel yöntemlerin kalitesini ölçmede kullanılmıştır. Rassal olarak türetilen örnekler için, alt sınırdan ortalama sapma değerleri Tablo1'de ve ortalama CPU zamanları Tablo2'de verilmiştir. Yapılan deneylere göre KK3, OI'ye göre daha iyi sonuçlar verdiği için, tüm iyileştirme yöntemlerini çalıştırmadan önce ilk yerleşimi oluşturmak için KK3 kullanılmıştır. MOVE, bilinen hızlı ve etkili sezgisel yöntemlerden bir tanesidir. Bu çalışmada MR'ın önerilmesiyle ile MOVE daha da etkinleştirilmiştir. Bilgisayar deneylere göre, tüm yöntemler içinde en etkin olanı MR'dır.

Kaynaklar

Altinel, İ.K. ve Öncan, T., 2004, New Heuristics for the Unidirectional Cyclic Layout Problem. FBE-IE-****05/2003-05, Institute for Graduate Studies in Science and Engineering, Boğaziçi Üniversitesi Bebek, İstanbul, Türkiye.

Becker, O., 1967, *Das Helmstädtische Reihenfolgeproblem - Die Effizienz Verschiedener, Näherungsverfahren* in: Computer Uses in The Social Sciences. Bericht einer Working Conference, Wien.

Bozer, Y.A., ve Rim, S.C., 1989, Exact Solution Procedures for the Circular Layout Problem, Report No 89-33, University Of Michigan, USA.

Chanas, S. ve Kobylanski, P., 1996, A New Heuristic Algorithm Solving the Linear Ordering Problem. *Computational Optimization and Applications*, pp. 191-205, 6.

Kouvelis, P., ve Kim, M.W., 1992, Unidirectional Loop Network Layout Problem in Automated Manufacturing Systems, *Operations Research*, pp. 533-550, 40(3).

Lee, S-D., Huang, K-S, ve Chiang, C-P, 2001, Configuring Layout in Unidirectional Loop Manufacturing Systems, *International Journal of Production Research*, pp. 1183-1201, 39(6).

Lin, S., 1965, Computer Solutions of the Traveling Salesman Problem, *Bell System Computer Journal*, pp. 2245-2269, 44.

Or, İ., 1976, Traveling Salesman-Type Combinatorial Problems and Their Relation to the Logistics of Regional Blood Banking, Ph.D. Dissertation, Northwestern University, Evanston, IL.

Potts, C.N., ve Whitehead, J.D., 2001, Workload Balancing and Loop Layout in the Design of a Flexible Manufacturing System, *European Journal of Operational Research*, 129, pp. 326-336.

Reinelt, G., 1985, *The Linear Ordering Problem: Algorithms and Applications: Research and Exposition in Mathematics*, Vol. 8, In: Hoffmann H.H., Wille R, Editors, Heldermann Verlag, Berlin.

Tansel, C.B. ve Bilen, C., 1998, Move Based Heuristics for the Unidirectional Loop Network Layout Problem, *European Journal of Operational Research*, pp. 108, 36-48.

Tablo 1. Sezgisel yöntemlerin alt sınırdan ortalama sapma değerleri

	OI	KK3	LHC	SWAP	SR	MOVE	RE	EX	MR
Alt Sınırdan Ortalama Sapma	10.25	9.1	6.33	6.31	4.88	2.96	2.82	2.76	2.43

Tablo 2. Sezgisel yöntemlerin ortalama CPU zaman sapma değerleri

	KK3	OI	SR	SWAP	MOVE	LHC	MR	RE	EX
Ortalama CPU zamanı	0.0	0.0	0.11	3.2	4.97	6.86	17.57	19.42	313.2