

OTOMATİK YÖNLENDİRİCİLİ ARAÇ SİSTEMLERİ TASARIMI İÇİN BİR MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA MODELİ

Yeřim Kalender, Orhan Türkbey

Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliđi Bölümü, 06570, Ankara

Özet: Otomatik Yönlendiricili Araç (OYA) sistemleri , esnek yapısı nedeniyle malzeme taşıma sistemlerinden en çok tercih edilen sürücüsüz araçlardır. OYA 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar yakın zamanlarda otomatik üretim sistemlerinde popüler olmuştur. Çalışmanın amacı, OYA sistemlerinin tasarımında karşılaşılan problemlerden ihtiyaç duyulan araç sayısının ve tipinin saptanması ile yönlü yol tasarımının bulunmasıdır. Bu tasarım problemlerini aynı anda çözmek için orijinal bütünlük bir model önerilmektedir. Model malzeme taşıma maliyetlerini minimize etmektedir. Çalışmanın ilgili literatürden temel farkı, bu iki temel ve zor problemin aynı karışık tamsayı doğrusal programlama modelinde bütünlüştürmesidir.

Anahtar Kelimeler: Malzeme Taşıma Sistemi, Otomatik Yönlendiricili Araç (OYA) Sistemleri, Matematiksel Programlama

A MATHEMATICAL PROGRAMMING MODEL FOR DESIGN OF AUTOMATED GUIDED VEHICLE SYSTEMS

Abstract: Automated Guided Vehicle systems (AGVs) are driverless vehicles that considered by many as the choices of material handling systems because of their flexible structure. AGVs were started to be use in 1970's. Recently, these vehicles are becoming popular in automated manufacturing systems. Purpose of this study is to determine the required number and type of AGVs and to find the guided path design, which are among the problems encountered in the design state of AGVs. An original integrated model is suggested for solving these design problems simultaneously. The model minimizes the material handling costs. The main difference of this study from the related literature is that these two basic and difficult problems are integrated in the same mixed integer linear programming model.

Keywords: Material Handling System, Automated Guided Vehicle Systems (AGVs), Mathematical Programming

1. Giriş

İlk tasarım problemi olan araç sayısının ve tipinin bulunmasında amaç, araçların kapasitesini sınırlandırarak, sabit maliyetlerini, işletme maliyetlerini minimize etmektir. İhtiyaç duyulan araçların sayısının ve tipinin bulunması birçok tasarım faktöründen etkilenebilir. Bunlar; araç tipleri, dolaşım zamanları, tesis düzenlemesi, ürün rotaları, araçların kapasitesi, istasyondaki araç akışı, araçların yükleme ve boşaltma zamanları olarak sayılabilir. (Kasilingam, 1991) Önerilen modelin ihtiyaç duyulan araçların sayısını ve tipini belirleyen kısmı, bu faktörleri göz önüne alan bir modelleme yapmayı hedeflemektedir.

Diğer problemimiz olan yönlü yol tasarımına ve OYA'ların takip edebilecekleri rotalara ulaşmada temel amaç, optimal akış yol düzenlemesini bulan ekonomik tasarıma ulaşmaktır. OYA'da optimal malzeme akış yoluna ulaşılması, sistemin işleyişi için oldukça önem taşıyan bir problemdir. Modelin bu kısmı araçların dolaşım yapma maliyetlerini minimize etmektedir.

Önerilen karışık tamsayı doğrusal programlama modelinde maliyet minimizasyonu yapmanın temel nedeni, malzeme taşıma maliyetinin üretim maliyetinin büyük bir kısmını oluşturmasındadır.

2. Başlangıç Tasarımı için Önerilen Matematiksel Model

Dikkate alınan OYA sisteminde; yol tipi yönlü (bidirectional) yoldur. Model, düğüm-yay şebekesi şeklinde düşünülmüştür. OYA görevini tamamladıktan sonra, yeni bir göreve atanması mümkün olmaktadır. Tesis düzenlemesi yani iş istasyonları ve toplama/dağıtım istasyonlarının yerleşimlerinin bilindiği varsayılmaktadır. Talep yıllık ortalama bir değer olarak dikkate alınmaktadır. OYA'nın yüklü ve boş hızları birbirine eşit kabul edilmektedir. Aracın; bekleme zamanları, batarya değişikliği veya şarj edilmesi, insandan kaynaklanan engelleri, bakım onarım, ve trafik durmaları gibi faktörleri temsil etmek üzere etkinlik faktörü olduğu varsayılmıştır. Sistemde araçların karşılaşmalarında çarpışmalarını önlemek için, yalnız bir aracın geçişine izin veren kontrol bölgeleri bulunduğu varsayılmaktadır.

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} \sum_{l, m \in S} VC_{lmk} Y_{lmk} + \sum_{k \in K} \sum_{m, l \in S'} VC_{mlk} Y_{mlk} + \sum_{k \in K} 2FC_{YS} V_k + \sum_{k \in K} BC_k N_k + \sum_{k \in K} PC_k N_k + \sum_{k \in K} \sum_{l, m \in S} LC_{lmk} LN_{lmk}$$

Amaç fonksiyonu; maliyetleri minimize etmektedir. Bu maliyet kalemleri; araçların satın alma ve işletme maliyetleri, satın alınan her tip aracın toplama/dağıtım istasyonları arasındaki dolaşım uzunluğuna bağlı olarak değişken maliyeti, satın alınan araç tipleri için yolların sayısına bağlı olarak sabit maliyeti, araçların istasyonlar arasındaki tur yapma maliyetleridir.

$$\sum_{j \in \bar{N}_{l,i}} \sum_{i \in \bar{N}_{m,j}} X_{ijlmk} D_{ij} = Y_{lmk} \quad \forall (l,m) \in S, \forall k \in K \text{ için} \quad (1)$$

1 nolu kısıt, satın alınacak k tipi aracın dolaştığı l toplama istasyonundan m dağıtım istasyonuna olan yol uzunluğunu (rota uzunluğunu) ifade etmektedir.

$$\sum_{j \in \bar{N}_{m,i}} \sum_{i \in \bar{N}_{l,j}} X_{ijmlk} D_{ij} = Y_{mlk} \quad \forall (m,l) \in S', \forall k \in K \text{ için} \quad (2)$$

2 nolu kısıt, satın alınacak k tipi aracın m dağıtım istasyonundan l toplama istasyonuna olan dönüş yol uzunluğunu (rota uzunluğunu) ifade etmektedir

$$X_{ijlmk} \leq Z_{ijk} \quad \forall (l,m) \in S, \forall (i,j) \in A, \forall k \in K \text{ için} \quad (3)$$

3 nolu kısıt, l toplama istasyonundan, m dağıtım istasyonuna olan malzeme akış yolunun uygunluğunu göstermektedir.

$$X_{ijmlk} \leq Z_{ijk} \quad \forall (m,l) \in S', \forall (i,j) \in A, \forall k \in K \text{ için} \quad (4)$$

4 nolu kısıt, m dağıtım istasyonundan l toplama istasyonuna dönüş yolunun uygunluğunu göstermektedir.

$$Z_{ijk} = Z_{jik} = V_k \quad \forall (i,j) \in A, \forall k \in K \text{ için} \quad (5)$$

5 nolu kısıt, yolların çift yönlü olduğunu gösteren yönlülük (bidirectional) kısıttır.

$$\sum_{i \in N_j} Z_{ijk} \geq V_k \quad \forall j \in N, \forall k \in K \text{ için} \quad (6)$$

6 nolu kısıt, satın alınacak her araç tipi için, j istasyonuna i istasyonundan gelen en az bir tane yolun bulunmasını gerektirmektedir.

$$\sum_{j \in N_i} Z_{ijk} \geq V_k \quad \forall i \in N, \forall k \in K \text{ için} \quad (7)$$

7 nolu kısıt, satın alınacak her araç tipi için i istasyonundan j istasyonuna en az bir tane giden yolun bulunmasını gerektirmektedir.

$$\sum_{t \in N_l} X_{tlmk} = V_k \quad \forall (l,m) \in S, \forall k \in K \text{ için} \quad (8)$$

8 nolu kısıt, l istasyonundan m dağıtım istasyonuna olan malzeme akış yolu kullanılarak, l toplama istasyonundan sisteme alınacak her araç için bir yolun çıkmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{t \in N_m} X_{tmlk} = V_k \quad \forall (l,m) \in S, \forall k \in K \text{ için} \quad (9)$$

9 nolu kısıtta; 8 nolu kısıta benzer olarak, l toplama istasyonundan m istasyonuna olan malzeme akış yolu kullanılarak, m dağıtım istasyonuna sisteme alınacak her araç için bir yolun gelmesini gerektirmektedir.

$$\sum_{t \in N_m} X_{mtmk} = V_k \quad \forall (m,l) \in S', \forall k \in K \text{ için} \quad (10)$$

10 nolu kısıt, m istasyonundan l toplama istasyonuna olan malzeme akış yolu kullanılarak, m dağıtım istasyonundan sisteme alınacak her araç için bir çıktı yolun çıkmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{t \in N_l} X_{tlmk} = V_k \quad \forall (m,l) \in S', \forall k \in K \text{ için} \quad (11)$$

11 nolu kısıtta; 10 nolu kısıta benzer olarak, m dağıtım istasyonundan l istasyonuna olan malzeme akış yolu kullanılarak, l toplama istasyonuna sisteme alınacak her araç için bir yolun gelmesini gerektirmektedir.

$$\sum_{i \in N_j - \{m\}} X_{ijlmk} = \sum_{t \in N_j - \{l\}} X_{jtlmk} \quad \forall (l,m) \in S, \forall j \in N, \forall k \in K \text{ için} \quad (12)$$

12 nolu kısıt, girdi yolları sayısının çıktı yolları sayısına eşit olması durumunu temsil etmektedir.

$$\sum_{i \in N_j - \{l\}} X_{ijmlk} = \sum_{t \in N_j - \{m\}} X_{jtmlk} \quad \forall (m,l) \in S, \forall j \in N, \forall k \in K \text{ için} \quad (13)$$

13 nolu kısıt, 12 nolu kısıta benzer olarak sisteme alınacak her tip aracın m dağıtım istasyonundan l toplama istasyonuna gittiği yolda, j istasyonuna giren yollarla j istasyonundan çıkan yolların aynı sayıda olmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{k \in K} LN_{lmk} QN_k \geq F_{lm} FF \quad \forall (l,m) \in S, \quad \forall k \in K \text{ için} \quad (14)$$

14 nolu kısıt toplama ve dağıtım istasyonları arasındaki malzeme akış ihtiyaçlarını karşılamada her tip AGVs'e atanan turları garanti etmektedir.

$$\sum_{l,m \in S} (LU_{lmk} + LUT_{lmk}) LN_{lmk} \leq C_k N_k EF \quad \forall k \in K \text{ için}, \quad (15)$$

15 nolu kısıt satın alınacak araçların kapasite sınırlandırmalarını sağlamaktadır.

$$N_k - M V_k \leq 0 \quad \forall k \in K \text{ için} \quad (16)$$

16 nolu kısıt eğer sistemde k tipi araçtan ihtiyaç duyuluyorsa, bu tip aracın sisteme alınmasını ve bu araç için rota uzunluklarının bulunmasını sağlamaktadır.

$$X_{ijlmk} = 0,1; X_{ijmlk} = 0,1; Z_{ijk} = 0,1; V_k = 0,1; Y_{lmk} \geq 0; Y_{mlk} \geq 0;$$

$$N_k \geq 0 \text{ ve tamsayı; ve } LN_{lmk} \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad (17)$$

17 nolu kısıt, karar değişkenlerinin tanımlandığı tamamlayıcı kısıttır.

3. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, OYA sistem tasarımında iş istasyonları arasındaki yolların akış yönleri, toplama/dağıtım istasyonları arasında OYA'nın dolaştığı rotanın uzunluğu ve sisteme hangi tip araçtan kaç tane alınması gerektiğine karar verilmektedir.

Çalışmanın başlangıç tasarımı aşamasından sonra, yeniden tasarım durumunda sistem başlangıç tasarımında belirlenen tip ve sayıda OYA ile saptanan rotalarda dolaşımını yapacak şekilde işleyişine devam edecektir. Bu tasarım aşamasının amacı araçların iş istasyonları arasındaki trafik akış yoğunluğunu dengelemek olacaktır. Literatürde benzer kısıt yapılarına sahip problem boyutları kadar üretilen test problemlerinin çözümüne devam edilmektedir. (Kaspi ve diğerleri, 2002)

Kaynaklar

- Castleberry, G. A.**, The AGV Handbook: *A Handbook for the Selection of Automated Guided Vehicle*, Braun Brunfield Inc., Ann Arbor, Michigan, 1991.
- Gaskins, R.J. ve Tanchoco, J.M.A.**, Flow path design for automatic guided vehicle systems, *I.J. of Prod. Res.*, 25 (5), 667-676, 1987.
- Hoff, E. B. ve Sarker, B.R.**, An overview of path design and dispatching methods for automated guided vehicles, *Integtated Manufacturing Systems*, 9(5), 296-307, 1998.
- Kasilingam, R.G.**, Mathematical modeling of the AGVs capacity requirements planning problem, *Engineering Cost and Prod. Eco.*, 21, 171-175, 1991.
- Kaspi, M. ve diğerleri**, Optimal solution for the flow path design problem of a balanced unidirectional AGV system, *I.J. of Prod. Res.*, 40 (2), 389-401, 2002.
- Kaspi, M. ve Tanchoco, J.M.A.**, Optimal flow path design for uni-directional AGV systems, *I.J. of Prod. Res.*, 28 (6), 1023-1030, 1990.
- Ko, K.C. ve Egbelu, P.J.**, Unidirectional AGV guidepath network design: a heuristic algorithm, *I.J. of Prod. Res.*, 41(10), 2325-2343, 2003.
- Majety, S.V. ve Wang, M.H.**, Terminal location and guide path design in terminal base AGV systems, *I.J. of Prod. Res.*, 33(7), 1925-1938, 1995.