

HALI DOKUMA TEZGAH YÜKLEMESİNDE BULUŞSAL TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA KULLANIMI

Mert C. Demir, İbrahim Sencar, İbrahim Ergen, Uğur Serli, Murat Kaya

Marmara Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul

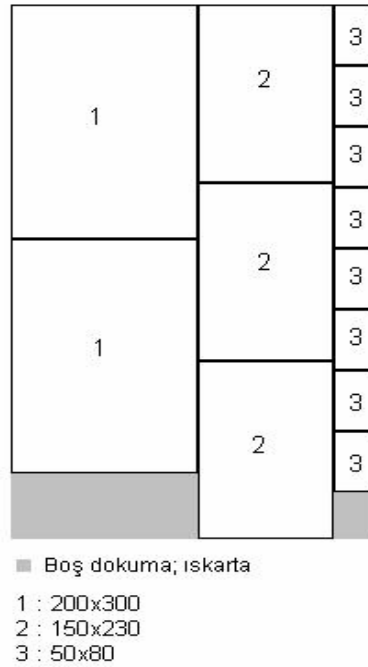
Fahrettin Yücel

Üretim Planlama Şefi, İstanbul

Özet: Bu çalışmanın amacı, halı dokuma siparişlerinin tezgahlara, çizelgeleme kısıtlarına uygun şekilde ve ıskarta miktarını en küçükleyerek yüklenmelerini sağlamaktır. Bunun için tamsayı doğrusal programlamanın kullanıldığı buluşsal bir algoritma geliştirilmiş, bu algoritmadan yola çıkarak bir yazılım oluşturulmuş ve bu yazılım uygulanarak üretimdeki ıskarta miktarı % 90 oranında azaltılmıştır.

1.Çizelgeleme Kısıtları

Halı tezgahı, programlandığı dokuma işlemini bitirince bıçaklar vasıtasıyla kesim yapılır ve yeni bir programın üretimine başlanır. İki kesim arasında kalan program parçalarına “çizelge” denir. Örnek bir çizelge Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Örnek çizelge

Çizelgeleme kısıtları teknolojik kısıtlar ve boyutsal kısıtlar olmak üzere ikiye ayrılır:

1.1. Teknolojik Kısıtlar

Tezgahların tarak dişi sıklığı, rapier sayısı ve tezgah eni değerleri değişkenlik gösterir. Farklı ürün grupları tezgahlarda farklı özelliklerin bulunmasını gerektirir. Ayrıca bir çizelgede yalnız bir ürün grubundan halılar bulunabilir. Bunların yanında belli bir siparişin yüklenebilmesi için tezgahta ayarlı olan renk grubu ile uyumlu olması gerekir.

1.2. Boyutsal Kısıtlar

Halıların tezgaha yan yana ve art arda nasıl yerleştirilmesi gerektiği ile ilgili kısıtlardır. Tezgahların enleri yaklaşık 4 metredir fakat çeşitli ebatlarda halılar siparişlerde yer almaktadır. Tezgah her zaman enini tamamen dolduracak şekilde dokuma yapar ve gereksiz kısım sonradan kesilerek atılır. Tezgahın en yüksek verimlilikle kullanılabilmesi için değişik ebatlardaki halıları yan yana yüklenesi ve tezgahın enini olabildiğince doldurması gerekmektedir. Bu şekilde yan yana verilen parçaların her birine “şerit” ismi verilmektedir. Ayrıca çizelgenin bittiği yerde şeritlerin boylarının birbirine yakın olması

istenir, çünkü tezgah en uzun şeridin bittiği yere kadar dokuma yapar. Dolayısıyla kısa kalan şeritlerde boş dokuma (ıskarta) söz konusu olur ve bu kısımlar da dokuma sonrası kesilerek atılır.

Boyutsal kısıtlar kısaca aşağıda özetlenmiştir:

1. Bir şerit içerisindeki halıların enleri değiştirilemez.
2. Her ürün grubu için çizelge boyunun alabileceği en büyük bir değer mevcuttur
3. Bir çizelge içinde en fazla 7 tane şerit bulunabilir.
4. Tezgah eninin en az % 97,5'inin doldurulması gerekir (performans kriteri).
5. Çizelge içerisindeki şerit boyları arasındaki fark 40 cm.'yi aşamaz. (performans kriteri).

2. Algoritma

Problemi çözecek algoritma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama teknolojik kısıtları göz önüne alarak boşalan bir tezgaha hangi halıların yükleneceğine karar veren buluşsal bir algoritmadır. İkinci aşama ise bu halılardan boyutsal kısıtlara uygun ve üretim kaybını (ıskarta) en küçükleyen çizelgeler elde edilmesini sağlar. İkinci aşamada tamsayı doğrusal programlama kullanılmıştır.

1. Aşama: Bir çizelgede yalnızca tek ürün grubu ve tek renk grubundan halılar bulunabilir. Bu aşamada tüm bekleyen siparişler birleştirilerek bir sipariş havuzu oluşturulur. Bu havuzdan aynı ürün grubu ve aynı renk grubuna ait halılar gruplara ayrılarak uygun tezgahlara yönlendirilir.

2. Aşama: Öncelikle hangi ebatlardan toplam kaç tane halı üretileceği belirlenir. Daha sonra tezgahın eninin % 97.5 ini doldurabilen bütün en şablonları çıkarılır. En şablonu halıların yan yana verilebileceği en kombinasyonlarıdır. Örnek olarak 400 cm eninde bir tezgah için Tablo 1.1'de 69 adet en şablonu çıkarılmıştır. Farklı siparişlerde bu rakam değişebilir.

Tablo 1.1. En şablonları

En	200	170	150	125	100	100	80	80	50	Toplam
Boy	300	256	230	200	300	200	300	150	80	En
1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	390
2	0	0	0	0	0	0	0	5	0	400
3	0	0	0	0	0	0	1	2	3	390
....
68	1	0	1	0	0	0	0	0	1	400
69	2	0	0	0	0	0	0	0	0	400

Tablo1.1'de en değerlerinin bulunduğu ilk satırı e vektörü. Tablonun girdilerini S matrisi, şablonların toplam enlerini ise w vektörü olarak tanımlanır ise, bu üç matris arasındaki ilişki aşağıdaki gibi iki farklı şekilde ifade edilebilir.

$$e^T S = w \quad \text{veya}$$

$$\sum (e_j * s_{ij}) = w_i \quad \text{bütün } w_i \text{ değerleri için } 0,975 * t \leq w_i \leq t, (t: \text{tezgah eni}) \text{ şartı sağlanır.}$$

Daha sonraki aşamada boy şablonları çıkarılır. Boy şablonu bir en şablonunu kullanarak her şeritte kaç adet halı olacağı bildiren ve aşağıdaki 3 koşulu sağlayan tam bir çizelgedir:

1. Çizelgedeki şeritlerin tek boyları arasındaki fark 40 cm yi aşmamalıdır (Bölüm 1.2).
2. Çizelgenin boyu ürün grubu en büyük boy değerini aşmamalıdır (Bölüm 1.2).
3. Üretilen halı adedi siparişte istenen miktarın %5 altında veya üstünde olabilir.

Bir en şablonundan birden fazla boy şablonu çıkabileceği gibi hiç çıkmayabilir. Boy şablonlarından iki ayrı matris elde edilir. Bunlardan birine "miktar matrisi" diğerine "şekil matrisi" denir. Bir boy şablonundan hangi ebatlardan kaç adet halı üretileceği miktar matrisinde, bunların tezgaha nasıl verileceği ise şekil matrisinde görülür. Böylece tezgaha yüklenecek siparişlerden çıkabilecek olası tüm çizelgeler, bunların her biri için hangi ebatlardan kaç adet üretileceği ve ıskarta miktarları elde edilir. Her bir boy şablonu (çizelge) için bir tamsayı değişken tanımlanır ve hem toplam ıskarta miktarı hem de her ebatan üretilen halı miktarları bu değişkenlerin doğrusal fonksiyonları olarak yazılır. Böylece bir tamsayı doğrusal programlama sorusu ortaya çıkar. Her boy şablonuna atanan değişkenler x kolon vektörü olarak, her boy şablonu için ıskarta miktarları i kolon vektörü olarak ve siparişte her ebat için

istenen halı miktarı da \mathbf{q} satır vektörü olarak tutulur. Miktar matrisi de \mathbf{M} olarak tanımlanacak olursa çözülmesi gereken tamsayılı doğrusal programlama sorusu;

$$\begin{aligned} &\text{En küçükle } \mathbf{i}^T \mathbf{x} \\ &0,95 * \mathbf{q} \leq \mathbf{Mx} \leq 1,05 * \mathbf{q} \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} &\text{En küçükle } \sum_i x_i \\ &0,95 * q_i \leq x_i \leq 1,05 * q_i \text{ her } j \text{ için,} \\ &\mathbf{M} = (m_{ij}), x_i \in \mathbb{Z}^+ \end{aligned}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Söz konusu matrisler GAMS yazılımına veri olarak girilir. GAMS yazılımının verdiği sonuçta değeri 0'dan farklı değişkenler şekil matrisinden filtrelendiğinde üretilmesi gereken çizelgeler bulunur. Bu çizelgelerden kaç adet üretilmesi gerektiği de GAMS'in sonuç dosyasında yazmaktadır. Böylece hem boşalan tezgaha hangi halıların yükleneceği hem de nasıl yükleneceği tam olarak bulunur.

3.Sonuç

Bu algoritma kullanılarak örnek siparişler üzerinde yapılan çeşitli denemeler sonucunda ıskarta miktarı toplam dokumanın % 0,015'i ile % 0,09'u arasında değişmektedir. Fabrikanın mevcut kabul edilebilir ıskarta miktarının toplam dokuma miktarının % 1-1,5'u olduğu düşünülürse, bu algoritma ile ıskarta miktarı yaklaşık 10 kat azaltılmaktadır.

Kaynaklar

Brode Anthony, Kendrick David, Meeraus Alexander, GAMS, *A User's Guide*, Thomson Publishing 1988,1992

Chvatal Vasek, *Linear Programming*, W.H. Freeman and Company, New York, 1983

Demey Stefaan, The new generation of carpet weaving machines combines flexibility and productivity, Nv Michel Van de Wiele, 1999

Winston Wayne L., Operations Research, *Applications and Algorithms*, (Duxbury Press), Chapter 9, pp. 464-552, 1993