TAM SAYILI PROGRAMLAMA VE MALATYA MAKSAN TRANSFORMATÖR İŞLETMESİNE BİR UYGULAMA

Sait PATIR[(*)]

Özet: Tam sayılı programlama, sürekli olarak tanımlanan karar değişkenlerinin, kesikli biçimde tanımlanan karar değişkenlerine dönüştürüldüğü bir optimizasyon tekniğidir. Gerçek problemlerde en sık rastlanan özelliği ile en yaygın olarak karar stratejilerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Kesikli optimizasyon veya Kombinatorik optimizasyon isimleri ile de anılan, Tam sayılı programlamanın, genel özellikleri ve çeşitleri ele alınarak irdelenmiştir. Örnek bir uygulama alanı olarak, Malatya Maksan Transformatör işletmesi seçilmiştir. İşletmeninin aylık üretim planlanması yapılarak, optimal üretim birleşimi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesikli optimizasyon, Optimal Üretim, Kombinatorik Optimizasyon, Karar Stratejileri

Abstract: Integer programming is an optimization technique in which continuous decision variables are converted into discrete decision variables. It is widely used in decision strategies often encountered in real life problems. Also named as discrete optimization or combinatory optimization, the general properties and types of integer programming were investigated. For an application field, Malatya Maksan Transfarmator factory was chosen. By making a monthly plan of the factory, optimum production combination was obtained.

Key Words: Discrete optimization, Optimum Production, Combinatory optimization, Decision strategies.

I.Giriş

II. Tam Sayılı Programlama

A.Tanımı

Tamsayılı Programlama(TSP), doğrusal ve doğrusal olmayan değişkeninin bir kısmının veya tümünün kesikli olarak tanımlandığı problemlere "kesikli optimizasyon" veya "tamsayılı optimizasyon" problemi denir.

Başka bir anlatımla, TSP normal olarak sürekli biçimde tanımlanan karar değişkenlerinin, kesikli değerler alan, karar değişkenleri biçimde tanımlandığı, gerçek problemlerin doğası gereği en sık karşılaşılan durumlara çözüm arar. Bu durum hem problemlerin modellenmesinde ve hem de modellerin problem çözümünde kullanılmasında, etkin ve hızlı çalışan algoritmalar gereksinimini beraberinde getirmiştir(Bakır-Altunkaynak, 2003;148). Doğrusal programlama problemlerinin çözüm sonuçları, çoğunlukla, tam sayı olmayan rasgele pozitif sayılardır. Ancak pratikte, sonuçların tamsayılar olmasını gerektiren birçok problem bulunmaktadır. Örneğim; otomobil, buzdolabı, takım tezgâhları v.b. üretiminde üretilecek miktarların

[(*)] Yrd. Doç. Dr. İnönü Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü

pozitif tamsayılarla (0, 1, 2, 3, 4) ifade edilmesi gerekir. Böylesi mamullerin, doğrusal programlama yöntemlerinden yararlanılarak üretilecek miktarların saptanmasında tamsayılı programlama kullanılır(Tulunay,1987;491). İki temel şekilde ifade edilirler(Frederic ve diğerleri,1986;391);

-Değişkenlerinin sadece bazılarının tam sayılı olarak ifade edilen modele, Karma(mixed) Tamsayılı Programlama denir.

-Değişkenlerinin tamamının tamsayılı olmasının istendiği modele de, Arı/Saf (Pure) Tamsayılı Programlama denir.

-İkili (Binary;0-1) Tam Sayılı Programlama

Tam sayı değişken içeren modeller genellikle büyük ölçekli planlama modelleridir. Kullanım alanlarından bazıları şu biçimde sıralanabilir(Wagner,1969;446):

- Teçhizat kullanımı. Pahalı ve büyük kapasiteli araç gerecin (otomatik paketleme makineleri, petrol tankeri gibi)modelin planlama süresi içinde kullanılıp kullanılmayacağı, Xj tamsayılı değişkenlerle simgelenir.
- Sabit şarj sorunları Sabit maliyetlerin üretim düzeyi olarak tanımlanan Xj değişkenine bağımlı olmaksızın değiştiği, Xj>0 olduğunda sabit üretimi başlatma maliyeti bulunan sorunlar(çelik işletmesinde yüksek fırın kullanımında olduğu gibi).
- Atölyede iş dağıtım sorunları, Çeşitli işlerin çeşitli işlere atanması sorunları ve tek makinede işlenecek n işin en kısa olanaklı zamanda bitirilmek üzere sıraya konulması sorunları.
- Yığın üretim sorunları üretim planlamasında Xj üretim düzeyini Xj=0 ya da Xj≥Lj (Lj=birim olanaklı yığın üretim miktarı)olacak biçimde kısıtlama gereği olan sorunlar.
- Yap-yapma sorunlar. Xj'nin 1 ya da 0 olduğu yeni bir tesis kurup kurmama, yeni bir pazara açılıp açılmama sorunları. Bu sorunlar genellikle büyük kapital ve kaynak harcamaları gerektirdiğinden sermaye bütçelemesi sorunları olarak bilinir.

Pek çok karar problemleri tam sayılı modele gereksinim duyacaklardır. Bunlardan bir kaçı, programlama ve rotalama kararlarıdır. Buna bir örnek, gezgin satıcı örneğidir. Burada amaç, n şehre gitmek mecburiyetinde olan bir satıcı için, birinci şehirden başlayarak, seyahatinin başlama ve bitişin en kısa rotasını bulmaktır. Bir diğer örnek, makine programlama problemidir. Üretilme durumundaki n madde, k makinenin her birinden geçmek durumundadır. J–1 makinenin üretim süreci bitmeden, J makinesine gitmemelidir. Her mamulün her bir makinede harcayacağı süreç zamanı bellidir. Daha sonra, Optimal mamul çıktısı, bütün makineleri bütün işleri tamamlamak için harcayacağı toplam süreyi minimize eden, bir yöntem olarak belirlenmesidir. Ayrıca ilaveten; kritik yol yöntemi, hat dengelemesi, sıraya koyma ve yol belirleme sorunlarında da tam sayılı programlama kullanılabilmektedir(Wagner, age,447).

Tamsayılı programlama modellerinin formülasyonu, sürekli değişkenli matematiksel modellerin formülasyonuna önemli derecede benzerlik gösterir. Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıların cebirsel ifadesi iki modelde de aynı gibi durmasına rağmen, bazı ya da tüm değişkenlerin tam sayı olmasını sağlayan bazı kısıtların eklenmesi, hesaplama bakımından tamsayılı problemleri daha zor hale getirir. Doğrusal programlama modelleri, polynominal zamanda çözülebilirken, aynı problemin tamsayılı çözümünü bulmak üssel hesaplama zamanı gerektirebilir(Bakır, age,148).

Tamsayılı programlama ilk bakışta doğrusal programadan daha kolay çözülebileceği görünümünü verir. Çünkü doğrusal programlamada sonsuz sayıda olurlu çözüm varken, tamsayılı programlamada sınırlı sayıda olurlu çözüm vardır. Ancak bu gerçeğin yanı sıra ,simpleks çözüm yöntemi, optimal çözümün bulunması için birkaç köşe noktasının değerlendirilmesini yeterli kılar,olurlu alanı araştırmak gerekmez.Tamsayılı programlamada ise, tüm köşe ve olurlu alan içindeki noktaların araştırılması gerekebilir. Küçük bir tamsayı programlama sorununun bile çok büyük sayıda olurlu çözümü bulunabilir. Şimdiye kadar bilinen yöntemlerin hiçbiri, tamsayı değerlendirmelerini, simplekste olduğu gibi minumumda tutmayı sağlayamamıştır(Taha,1987;306).

Tüm tamsayıları ya da değişkenler üzerindeki 0–1 kısıtların ihmal edilerek elde edilen bir Doğrusal Programlama problemine Tamsayılı programlamanın "Doğrusal Programlama Gevşetmesi (Linear Programming Relaxation) denir. Yani, tamsayılı bir problem bazı ilave kısıtlarla, bir doğrusal programlama gevşetme problemine dönüştürülür. Bu kısıtlar, değişkenin tamsayı ya da 0–1 olması gerekliliğini ifade eden kısıtlardır.

B. Tamsayılı Programlama Problemlerinin Çözüm Algoritmaları

Tam sayılı programlamanın çözüm yöntemleri,

1)Kesme Yöntemi,

2) Araştırma (Sayma) Yöntemi'dir.

1) Kesme yöntemi; optimuma ulaşmada yardımcı olacak tamsayılı doğrusal problemleri için geliştirilmiştir. Sistematik olarak ikinci bir kısıtın ilavesi, tamsayılı şartların optimun değerlerin elde edildiği uç noktalara kadar düzenli olarak devam eder. Kesme metodu ismi, olurlu (feasible) tamsayılı noktaları kapsamayan, çözüm uzayının belirli noktalarının çıkarıldığı (kesildiği) etkin ikinci kısıtların ilave edilmesinden kaynaklanır (Tütek,Gümüşoğlu, 1994;247). Gomory tarafından geliştirilen Gomory kesme düzlemi yöntemi, kendi içinde iki kısma ayrılır; Arı TSP uygulanan a) Kesir Yöntemi, Karma TSP uygulanan b) Karma Yöntemi'dir(Tütek,age,247).

a)Kesir Yöntemi: Uygulamalı matematiğin bir aracı olan tam sayılı programlama değişkenlerden bir kısmının yada tamamının tam sayılı değerler alması koşulunda doğrusal programlama sorununa optimum çözüm bulunması amaçlanır. Optimum çözümün elde edilmesinde kullanılan Gomory kesme düzlemi yönteminin ana fikri, amaç denklemin, tanımlanan olurlu tam sayılı çözümleri en üsten terk ettiği çözümün bulunmasıdır. Gomory kesme düzlemi yöntemi değişken sayısının ikiden fazla olması halinde uygulanır. Yöntemde Euclid uzayındaki tüm konveks kombinasyonlar içinde en küçük konveks seti oluşturan olurlu tam sayılı çözümler konveks dış küre(convex hull) olarak tanımlanır. Doğrusal amaç fonksiyonunun optimal değerinin sınırlı olduğu varsayılır. Bu durumda konveks dış küreyi en üstten terk eden amaç fonksiyonunun optimal değerinin belirlenmesi kolaydır.Olurlu tam sayılı çözüm değerlerinden bir tanesi böyle uç noktayı verir.Konveks dış kürenin önemi sonlu doğrusal kısıtların belirlenmesinde ortaya çıkar.Kesme düzlemi yöntemi,ilk aşamada orijinal modelin doğrusal ve negatif olmama kısıtlarına bağlı olarak konveks seti tanımlar ve bu setin optimal uç noktasını bulur. Bu çözüm tamsayılı değilse bir kısıt olarak eklenir ki bu yeni kısıt belirlenmiş olan uç noktayı keserek konveks seti küçültür; ancak tüm olurlu tam sayılı çözümler konveks kürenin tüm uç noktalarıyla kesişmeyebilir. Sonuç olarak işlem yeteri kadar kısıtla küçültülen konveks setin optimal uç noktası, konveks dış kürenin optimal uç noktasına rastlayana kadar sürdürülür. Tüm değişkenlerin tam sayılı olması gerektiği varsayıldığında doğrusal programlama sorunu aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Tütek,age,251-252).

$$\text{Zmax/min}= \sum_{j}^{n} cjxj \qquad (1)$$

$$\text{Kısıtlar} \quad \sum_{j=1}^{n} aijxj = bi \qquad (i= 1,2\ldots..n) \qquad (2)$$

$$Xj \geq 0 \text{ ve tam sayı} \qquad (3)$$

Gomory düzlem kesme algoritmasında X karar değişkenleri üzerindeki tam sayılı kısıtları gevşetilerek simpleks yöntemle çözüm elde edilir. Eğer çözüm tamsayılı ise tamsayılı programlama probleminin de çözümü elde edilmiştir. Değilse, probleme Gomory kesenini tanımlayan bir kısıt eklenerek simpleks yöntemle elde edilen tam sayılı olmayan bazı çözümler elimine edilmeye çalışılır. Bununla beraber yeni kesme kısıdı uygun tamsayılı çözümleri uygun tam sayılı çözümleri elimine etmeyecek biçimde dikkatle oluşturulmalıdır. Bu sürece devam edilerek düzlem kesme kısıtlarıyla daraltılmış uygun çözüm alanında nihai olarak tam sayılı programlama probleminin çözümüne ulaşılır. Düzlem kesme kuralında simpleks yöntem ile elde edilen optimum çözüm değerinden en büyük kesir değerli karar değişkeni seçilir. Sonra da bu değişkenin satırında bulunan değişkenlerin katsayıları tam sayı ve kesirli olarak yazılır. Daha sonra tam sayılı değişkenler denklemin sağ tarafında toplanır ve sağ tarafta yer alan tam sayılı değişkenler atılarak kesirli elamanlar bırakılır. Tam sayılı değişkenler atıldığına göre, eşitlik halindeki denklem eşitsizliğe dönüşecek ve sol taraftaki elaman değerinden büyük veya eşit çıkacaktır. Böylece ek kısıtlayıcı elde edilmiş olacaktır. Bu ek kısıtlayıcı tam sayılı olmayan optimum çözüm tablosuna yerleştirilir. Süreç problemin tam sayılı değerleri elde edilinceye kadar devam eder ve Algoritma aşağıdaki adımları kapsar(Claycombe, Sulliyan,1975;194-199).

- Adım1. Orijinal Tamsayılı Programlama probleminin tam sayı kısıtlarını düşerek problemin Doğrusal Programlama gevşetmesini simpleks yöntemle çözünüz. Eğer, Doğrusal Programlama gevşetmesinin çözümü tam sayı ise Tamsayılı Programlama probleminin çözümü elde edilmiştir.
- Adım2. Eğer Doğrusal Programlama problemi için bulunan en iyi çözüm bazı değişkenler için tam sayı şartını sağlamıyorsa 3. adıma geçilir.
- Adım 3. Kesme türetme yöntemi uygulanır. Son simpleks tablosunda fi> 0 olan i'nci satır için düzlem kesme kısıtı türetilir.(Birden fazla satır olduğunda en büyük fi olan satır seçilir).
- Adım 4. Problem istenilen şartları sağlayana kadar adım 2 ve 3 tekrar edilir, düzlem kesme kısıtları ilave edilir.

Genel olarak eğer;

$\sum_j Am+1.jXj = Bm+1$ bir kesme düzlemiyse ve eğer (4)

$\sum_j Am+1.jXj < Bm+1$ ve (5)

$\sum_j Am+1.jXj > Bm+1$ (tam sayılı, geçerli çözümler için şartları gerçekleşiyorsa), (6)

$\sum_j Am+1.jXj > Bm+1$ kısıtı bir kesmedir. (7)

Kesme bir doğrusal eşitsizlik kısıtı olup,

1. Eldeki tam sayı olmayan ilişkin Doğrusal Programlama probleminin en iyi çözümünü eler.
2. Tamsayılı Programlama probleminin tüm geçerli tam sayılı çözümlerince bu kısıt sağlanır (Ayyıldız,1987;550).

b) Karma Tam Sayılı Programlama

Sadece bazı değişkenlerin tam sayı diğerlerinin ise reel değerler olmasının gerektiği tam sayılı programlama problemi ise karma tamsayılı programlama problemi denir(Bakır,age,150). Karma tamsayılı programlama çözüm yöntemi, tamsayılı programlamaya çoğu yönden benzer. Tamsayılı programlamada olduğu gibi tamsayı şartı olmaksızın optimal çözüm, simpleks yöntemle elde edilir. Gomory sınır şartı, Doğrusal Programlama problemine optimal çözümde en büyük kesirli değere sahip olan tamsayı şartı temel değişken alınarak formüle edilir(Halaç,1991;472). Karma tamsayılı doğrusal programlama problemi model olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

Zmax = 5X1+ 3X2 (8)

Kısıtlar 2X1+X2 $\leq$ 12 (9)

X1,X2 $\geq$ 0 ve X2 tamsayı (10)

2. Araştırma (Sayma) Yöntemi (Dal- Sınır Yöntemi)

Dal – sınır yöntemi, temelde tüm olurlu çözüm seçeneklerini belirlemeye yönelik bir tekniktir. Ancak optimal çözüme götürmeyen bazı çözüm seçenekleri önceden elimine edilmektedir. Bu nedenle gerekli değerlendirmelerin sayısı, genellikle çözüm alanını küçük alt setlere böler. Bu alt setlere " dallandırma noktaları" adı verilir. Her alt set, daha fazla araştırma gerekip gerekmediği belirlenmek üzere değerlendirilir. Değerlendirme, amaç fonksiyon değerlerini sınırlarla karşılaştırarak gerçekleştirilir. Maliyet minimizasyonu sorunlarında alt setin olurlu çözümleri için amaç fonksiyon değerlerine bir alt sınır bulunur. Eğer alt sınır $\geq$ bir üst sınır (başlangıçta kullanılır) ise tüm alt set elimine edilir. Yordam, her değerlendirmeden sonra üst sınırın yeniden düzenlenmesini olanaklı kılacak biçimde tasarlanmıştır. Dallandırma elimine edilmemiş ve en küçük alt sınırlı alt setlerde yapılır. Sınırlar arası fark, daha iyi çözümler bulundukça azalır ve optimal çözüm bulunur. Kâr maksimizasyonunda ise yöntem biraz değişir. Her alt set için amaç fonksiyonunun değerine üst sınırlar bulunur. Her alt set için bu üst sınırlar, optimal amaç fonksiyon değerine ilişkin bir alt sınır (başlangıç için sıfır değeri kullanılır9 ile karşılaştırılır. Eğer üst sınır $\leq$ alt sınır ise o alt set elimine edilir. Buraya kadar en iyi çözüm, şimdiye kadar yapılan değerlendirmelerden en yüksek amaç fonksiyon değerini verendir ve o andaki alt sınır bu değerdedir. Dallandırma genellikle en yüksek üst sınırı olan ve elimine edilmemiş alt sette yapılır (Tütek,age;261).

Dal –Sınır tekniği en çok başvurulan bir teknik olmakla beraber başka yöntemlerde geliştirilmektedir(Karagöz, 1988; 30.)

A.Land ve A. Doing 1960'da bütünüyle tamsayılı program için genel bir sayımlama yöntemi önermiştir. J.Little, K.Murty,D.Sweeney ve C.Karel 1963'de Doing yöntemini gezgin satıcı problemine uygulamışlarıdır. 1965'de E.Balas 0-1 tamsayılı programlama için bir algoritma geliştirmiştir. Diğer gelişmeler Glover, Lemke, Spielberg ve Driebeek tarafından sağlanmış ve karma tam sayılı durumlar için algoritmalar geliştirilmiştir.

Dal – Sınır Tekniği Algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir (Frederic,age;404-405).

Başlangıç Adımı; Başlangıçta $Z_{Ü} = \infty$ ($Z_{Ü;}$ Amaç Değerin Üst sınırı) olsun. Sadece geride kalan tek bir alt küme olacak şekilde, bütün çözüm kümelerini ele alarak (olurlu olmayan bütün çözümler de dâhil olmak üzere) işe başla. Takip edilecek düzenli adımlara geçmeden önce, bu alt kümeye sınır adımını, elimine adımını ve optimallik testini uygula.(Bu adım 0. iterasyon olarak düşünülür).

Dal Adımı; Kalan alt kümelerden (elenmemiş ve dallandırılmamış olmak üzere) biri seçilmek için dallandırma kuralı uygulanır ve bu alt küme iki veya daha fazla alt kümelere ayrılır.

Sınır Adımı; Her bir yeni alt küme için amaç fonksiyonu olurlu kılan Z_A (Amaç Değerin Alt Sınır Değeri)' yı belirle.

Eleme Adımı; Her bir yeni alt küme için üç durum söz konusudur, bunlar; şayet

1. $Z_A > Z_Ü$ ise,
2. Alt küme olurlu çözümü içermiyorsa,
3. Alt kümede en geçerli çözüm belirlenmemiş ise, Z_A amaç fonksiyonun değeri olacaktır. Şayet, $Z_A < Z_Ü$ ise, o zaman üst sınır, $Z_Ü = Z_A$ olur ve çözüm zorunlu çözüm olarak ayrılır. Geri kalan bütün alt kümelere birinci durum uygulanır.

Optimallik Testi; Altkümelerde hiç (elenmemiş) alt küme kalmamışsa durdurulur. En son çözüm zorunlu olarak optimaldir. Aksi takdirde, dallanma adımına tekrar dönülür.

Amaç, amaç fonksiyonu minimumdan ziyade maksimize etmek ise, süreç değişmeyecek sadece alt ve üst sınırlar tersine dönüşecektir. Z_A' nın yerine $Z_Ü$, ve $-\infty$ nın yerine $+\infty$, yer değiştirecek ve eşitsizliklerin yönü de tersine dönecektir.

3. İkili (Binary) Tam Sayılı Programlamada Dal- Sınır Algoritması

Değişkenlerinin tamamının, sadece 0–1 ile sınırlandırıldığı problemlere "İkili (Binary) Tamsayılı Programlama" denmektedir(Acar,1989;397). Bu tür değişkenlere ikili(binary) değişkenler veya (0–1 değişkenleri) adı verilir. Tamsayılı programlama problemindeki tüm değişkenlerin ikili değişkenler yani,0 veya 1'e eşit olması istendiğinde, bu tür tamsayılı programlama problemlerine ikili tamsayılı programlama veya 0–1 tamsayılı programlama problemi denmektedir(Öztürk,2007;346).

Ayrıca, birçok karar değişkenlerinde iki olası (0–1) değerden daha fazlasına gerek duyulması halinde, bunlar bazı zamanlar, tam sayılı şekle girecek problemi azaltmak adına ikili şekle sokularak temsil ettirilirler. Uygulamada çoğu doğrusal programlama problemlerinde bölünebilirlik varsayımı geçerli olmadığı gibi bazı problemlerin "evet veya hayır kararları " ile ilişkin olduğunu görmekteyiz. Bu tür kararlarda iki olanaklı seçim sadece evet veya hayırdır. Örneğin bu yatırımı yapmalı mıyız? Fabrikayı bu alanda mı kurmalıyız? Gibi sadece iki seçenekli kararlar, değerleri 0 ve 1 ile kısıtlanan karar değişkenleri ile gösterilir. Böylece J'inci evet veya hayır kararı J ile aşağıdaki gibi gösterilir (Öztürk,age;347).

Xj =	1 karar J evet ise
	0 karar J hayır ise

0–1 tam sayılı problemlerin yapısı aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Hillier,Lieberman,1986;413).

Amaç fonksiyonu;

$$Z_{\text{MİN}} = \sum_{j=1}^{n} CjXj, \qquad (11)$$

Kısıtlar

$$\sum_{J=1}^{n} aijXj \geq bi, \qquad i= 1,2,3,,,,,,,,m \qquad (12)$$

$$Xj = 0 \text{ veya } 1 \qquad j= 1,2,3,,,,,,,,n \qquad (13)$$

Bazı değişkenlerin 0 veya 1 değerini alırken diğer değişkenlerin sürekli (kesirli) değerler alan tamsayılı programlama problemlerine 0–1 karma tamsayılı programlama problemi denir. Uygulamada bu tür problemlere örnek olarak bazı ürünlerin hangi makinede üretilmesinin seçimi ile ilgili bu makinelerde söz konusu ürünlerden ne kadar üretileceğine ilişkin bir problem 0–1 karma tamsayılı programlama türündendir. Bir tamsayılı programlama probleminin doğrusal programlama gevşetmesi kavramı, tamsayılı programlama çözümünde önemli rol oynar. Değişkenler üzerindeki tüm tamsayı veya 0–1 kısıtlarının atılarak, elde edilen doğrusal programlama problemine, tamsayılı programlamanın doğrusal programlama gevşetmesi (relaxation) adı verilmektedir(Öztürk,age;347). Başka bir anlatımla, Doğrusal Programlama Gevşetme(DPG) problemi, bir Tamsayılı Problemden daha az kısıtlı ya da daha rahatlamış çeşididir. Herhangi bir Tamsayılı Problemin uygun çözüm bölgesine karşılık gelen, Doğrusal Programlama Gevşetme probleminin uygun çözüm alanı içinde içirilmesi gerekliliğidir. Yani, Doğrusal Programlama Gevşetmesinin en uygun Z değeri ≥ Tamsayılı Probleminin en uygun Z değerinden büyüktür(Bakır, age;152).

III. Uygulama

A. İşletmenin Tanıtılması

1974 yılında çok ortaklı bir yapıda, 120.000 m² açık, 11.000 m² kapalı alan üzerinde Malatya'da kurulan MAKSAN, ilk olarak İngiliz Bonar-Long lisansıyla transformatör üretimine başlamıştır. Kısa zamanda "Proje ve Ürün geliştirme kadrosu, MAKSAN proje ve markasını geliştirmiş. Kuruluşunun ilk yıllarından itibaren kaliteli ve dikkatli makine parkı seçimi, yeniliklere açık ve titiz üretim anlayışı sayesinde kısa bir sürede sektördeki lider kuruluşlardan biri olmuştur. İç pazarın yanı sıra, üç kıtaya ihracat yapan MAKSAN, 33 yılı geride bırakmıştır(www.maksan.com.tr,E.T.18.11.2008)

MAKSAN, müşteri istekleri doğrultusunda TS 267, TS 1055 ve diğer uluslararası standartlara göre(IEC 76, DIN 42500, vb.) 36 kV gerilim seviyesine kadar, 25-2500 kVA arası dağıtım transformatörleri(genleşme depolu veya hermetik tip), 2500-25000 kVA arası orta gerilim güç transformatörleri, yük altında otomatik kademe değiştiricili ve özel amaçlı çeşitli gerilim ve güçlerde üretim yapmaktadır((www.maksan.com.tr,E.T.18.11.2008).

33 yıllık dönem içinde çeşitli sektör ve işletmelerde kullanılmak üzere 70.000 adedin üzerinde transformatör üreten MAKSAN, yılda 2000 MVA veya 5000 adet transformatör üretebilecek kapasiteye sahiptir. MAKSAN, yurtiçinde ve yurtdışında; TEDAŞ, TEİAŞ, DSİ, DHMİ, Köy Hizmetleri, Şeker Fabrikaları, MKE, Türk Telekom, İSKİ, ASKİ, Belediyeler vb. gibi kamu kuruluşlarına; demir çelik endüstrisi, rafineriler, petrol kimya tesisleri, çimento fabrikaları, haddehaneler, tekstil fabrikaları, turizm tesisleri vb. özel sektör kuruluşlarına ve pek çok sanayi firmalarına hizmet vermektedir(www.maksan.com.tr,E.T.18.11.2008)

MAKSAN, kurulduğu günden beri transformatör üretiminin yanı sıra kendi teknolojisini üretimini de 1984 yılında başarmış Know How anlaşmasını iptal etmiştir. Şu anda 250 çalışanı ile kapasitesini 1200MVA/Yıl ‘a kadar çıkarmıştır(Maksan, Kalite El Kitabı,28,04,2003,Broşur,s.7).

B. Ürün Özellikleri ve Grupları

Transformatör, bir devreden diğer bir devreye elektromanyetik olarak enerji nakleden araçlardır. Elektrik enerjisi üretildiği yerden kullanım yerine göre çeşitli gerilim kademelerine yükseltilip alçaltılır. Gerilimin azaldığı hallerde nakil elamanlarının kesitleri büyür, gerilimin arttığı hallerde ise yalıtım problemleri önem kazanır. Bu nedenle enerji üretim, iletim ve dağıtımın her kademesinde en ekonomik sonucu verecek gerilimi seçmek gerekir. Gerilimin her kademede yükseltilip alçaltılması transformatörle sağlanır (www.maksan. com.tr,E.T.18.11.2008).

Ürün grupları aşağıdaki gibidir (www.maksan.com.tr,E.T.18.11.2008 .

- 10–25 kVA gücünde tek fazlı veya üç fazlı çift sargılı, yağ ile doldurulmuş transformatörler
- 25–2500 kVA gücünde üç fazlı, çift sargılı dağıtım transformatörleri (Genleşme depolu, hermetik, plug-in girişli ve tam kapalı)
- 2500–25.000 kVA gücünde güç transformatörleri
- İstenilen güçte ve gerilimde yük altında otomatik gerilim ayarlı transformatörler
- Oto transformatörler
- Enerji üretim tesisleri için step-up, step down güç transformatörleri
- Elektrostatik ekranlı transformatörler, topraklama transformatörleri
- Özel amaçlı, çeşitli güçte ve gerilimde transformatörler

C. Üretim Süreci

Maksan'da üretim birbirinden farklı dört bölümden geçerek üretilmektedir. Bunlar; Sargı, Nüve, Kazan ve Montaj'dan oluşmaktadır. Bu birimlerin işlevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir(Maksan, Kalite El Kitabı(Broşür),28.04.2003,s.8).

- Sargı Bölümü: Dışardan hazır olarak alınan iletken malzemelerin(Çıplak Yassı, Çıplak Yuvarlak, Emaye Yalıtımlı Yuvarlak, Folyo şerit tipi) yalıtımsız olanlar yalıtım makinelerinde kağıt yalıtımla kaplanır, yurt dışından alınan diğer yalıtım malzemelerinde trafonu projesinde belirtilen ebatla uygun olarak marangozhanede kesilip sargı bobinlerinin sarılarak oluşturulmasını sağlar.
- Nüve Bölümü: Yurt dışından Rulo kalıp şeklinde alınan özel silisyum alaşımlı trafo sacının önce dilme makinesinde dilinmesi daha sonra kesme makinesinde kesilip saçların trafonun proje değerlerine uygun şekilde elle dizilmesini kapsar(Bazı saçlar, fabrikada ısıl işleme tabi tutularak tavlanmaktadır).
- Kazan Bölümü: Siyah çelik saçtan oluşan trafonun enerjisiz kısmı (kazan,kapak..vbg)'nin her türlü kesme,delme,kıvırma ve kaynak işlerinin yapıldığı kısımdır.
- Montaj Bölümü: Diğer bölümlerden (Sargı, Nüve, Kazan) gelen mamul maddelerin birleştirilip montajının yapıldığı, aynı zamanda trafoda kullanılacak diğer aksesuarların montajı ve trafonun her türlü kurutma, yağ doldurma işlemlerinin yapıldığı kısımdır.

D. Programın Düzenlenmesi

1. Modelin Varsayımları
    - Tüm üretim girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilmiştir.
    - İşletme Ürettiği mamullerinin tamamını satabilmektedir.
    - Üretim için emek gücünün üretimi kısıtladığı varsayılmıştır.
    - İşletmenin aylık üretim planı elde edilecektir. Yıllık üretim planı elde edilmemiştir.
    - Üretim maliyetlerinin elde edilmesinde malzemenin ve emek gücünün hesaplanmasında aylık değişiklikler dikkate alınmamıştır.
    - İşletmenin maliyetleri minimize etmeyi hedeflediği varsayılmıştır.
    - Üretim düzeyinin sıfır ya da sıfırdan büyük tamsayı olacağı kabul edilmiştir.
    - Birim üretim maliyetini işçilik maliyet ile malzeme maliyetinin oluşturduğu varsayılmıştır. Genel giderler göz ardı edilmiştir.

- İşletme sipariş üzerinden iş yapmakta olup pazarlama ile ilgili bir aktivite içerisinde olmadığı varsayılmıştır.

2. işletmenin Üretim Çeşitleri ve Kısıtların Elde Edilmesi

İşletme 50 KVA'dan 2500KVA'ya kadar ulaşan bir mamul çeşidi söz konusudur. Bu farklı ürünlerden 11 ürün karar değişkeni olarak alınacaktır. İşletmenin üretimi dört bölümdeki emek gücünün aylık dağılımı kapasiteyi belirleyecektir. İşletmenin üretim çeşidi, işlenme süresi ve malzeme maliyetleri aşağıdaki tablo1'deki gibi elde edilmiştir(*).

Tablo1: *Ürün Çeşitlerinin İşlenme Süresi ve Malzeme Maliyeti*

GÜÇ KVA	SARGI BÖLÜMÜ		NÜVE BÖLÜMÜ		KAZAN BÖLÜMÜ		MONTAJ BÖLÜMÜ	
	İşçilik Süresi (Saat)	Malzeme Maliyeti YTL	İşçilik Süresi (Saat)	Malzeme Maliyeti YTL	İşçilik Süresi (Saat)	Malzeme Maliyeti YTL	İşçilik Süresi (Saat)	Malzeme Maliyeti YTL
50	28	500	9	1050	7	180	18	480
100	32	750	12	1650	11	250	20	580
160	35	1280	15	2330	15	310	20	660
250	38	1460	18	2720	17	370	22	880
400	40	1910	23	3940	24	480	25	1150
630	42	2850	28	5790	28	690	27	1800
1000	80	4060	38	6730	60	1040	50	2680
1250	86	4930	42	7790	75	1390	54	2960
1600	92	5050	60	10510	90	1870	57	3750
2000	98	5800	80	11160	110	2450	70	4150
2500	100	6670	95	14130	135	3260	80	6100

3. Bölümlerin Aylık Kapasiteleri

İşletmenin bölümlere göre eleman dağılımı sırasıyla:

Sargı Bölümü;37 elaman, Nüve Bölümü,21 eleman, Kazan Bölümü,26 eleman, Montaj Bölümü,24 eleman bulunmaktadır. Bu bilgilerden hareketle;

Aylık Çalışma Saatleri; günlük çalışma X aylık çalışma X eleman sayısı

Sargı Bölümü= 8saatX20günX37 eleman=5920saat/ay,
Nüve Bölümü=8saatX20günX21 eleman=3360saat/ay,
Kazan Bölümü=8saatX20günX26 eleman=4160saat/ay,
Montaj Bölümü=8saatX20günX24 eleman=3820saat/ay

4. Ürünlerin Birim Maliyetlerinin Hesaplanması

İşletme saat başı maliyeti 15 YTL olarak belirlemiştir. Buna göre işçilik ve malzeme maliyeti aşağıdaki tablo2'deki gibi elde edilecektir.

(*)Bu bilgiler işletmenin üretim mühendisleri tarafından verilmiştir.

Tablo2: *Mamullerin Maliyet Dağılımı*

GÜÇ KVA	SARGI BÖLÜMÜ		NÜVE BÖLÜMÜ		KAZAN BÖLÜMÜ		MONTAJ BÖLÜMÜ	
	İşçilik Maliyeti YTL	Malzeme Maliyeti YTL	İşçilik Süresi (Saat)	Malzeme Maliyeti YTL	İşçilik Süresi (Saat)	Malzeme Maliyeti YTL	İşçilik Süresi (Saat)	Malzeme Maliyeti YTL
50	420	500	135	1050	105	180	270	480
100	480	750	180	1650	165	250	300	580
160	35	1280	225	2330	225	310	300	660
250	525	1460	270	2720	255	370	330	880
400	600	1910	345	3940	360	480	375	1150
630	630	2850	420	5790	420	690	405	1800
1000	1200	4060	570	6730	900	1040	750	2680
1250	1290	4930	630	7790	1125	1390	810	2960
1600	1380	5050	900	10510	1350	1870	855	3750
2000	1470	5800	1200	11160	1650	2450	1050	4150
2500	1500	6670	1425	14130	2025	3260	1200	6100

İşletmenin birim mamullerinin maliyeti tablo3'deki gibi elde edilecektir.

Tablo3: *Mamullerin Birim Maliyetleri*

GÜÇ KVA (MAMULLER)	BİRİM MALİYETLER
50	3140
100	4355
160	5365
250	6810
400	9160
630	13005
1000	17930
1250	20925
1600	25665
2000	28930
2500	36310

5. Modelin Oluşturulması

Karar değişkenleri olarak üretim çeşitleri alınmıştır;

X1= 50 kva gücündeki trafonun üretim miktarı
X2=100 kva "
X3= 160 kva "
X4= 250 kva "
X5= 400 kva "
X6=630 kva "
X7=1000 kva "

X8= 1250 kva "
X9=1600 kva "
X10=2000kva "
X11=2500kva "

İşletmenin maliyet minimizasyonuna göre problemi aşağıdaki tablo4'deki gibi elde edilir.

Tablo 4: *Tamsayılı Programlama Modelinin Elde Edilmesi*

Amaç Fonksiyonu Zmin=3140X1+4355X2+5365X3+6810X4+9160X5+13005X6+
17930X7+20925X8+25665X9+28930X10+36310X11
Kısıtlar
28X1+32X2+35X3+38X+440X5+42X6+80X7+86X8+92X9+98X10+100X11≥5920
9X1+12X2+15X3+18X4+23X5+28X6+38X7+42X8+60X9+80X10+95X11≥3360
7X1+11X2+15X3+17X4+24X5+28X6+60X7+75X8+90X9+110X10+135X11≥4160
18X1+20X2+20X3+22X4+25X5+27X6+50X7+54X8+57X9+70X10+80X11≥3820
Pozitif Olma X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11≥0 ve Tamsayı

Problem QSB paket programlama ile çözülerek aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.

Problem 2655 iterasyon sonunda çözüme kavuşmuştur. Buna göre;

X1=98birim,X7=1birim,X8=3 birim, X10=29 birim, üretilmek üzere amaç fonksiyonun değeri, Zmin= 1227395 YTL olarak elde edilecektir.

İşletmenin aylık üretim miktarı ve üretim maliyeti işletmeye önerilmiştir.

IV. Sonuç

Tam sayılı programlama işletme sorunlarına çözüm üretmeye çalışan kantitatif tekniklerinden biridir. İşletmenin elindeki kaynaklarından en fazla yararlanmayı düşünen işletmelere önerebilecek bir tekniktir. Tam sayılı programlamanın problem yapısı, çözüm şekilleri ve problem tipleri ele alarak irdelenmiştir.Uygulama alanı olarak seçilen, Maksan işletmesinin, aylık üretim planı elde edilen verilerden hareketle bulunmuştur. Buna göre işletme; 50 KVA'ya kadar olan trafolardan, 98 birim, 1000KVA'ya kadar olanlardan, 1 birim, 1250 KVA'ya kadar olanlardan, 3 birim ve 2000KVA' ya kadar olanlardan, 29 birim üretmeyi planlaması halinde en az maliyet olan 1,227,395 YTL maliyete ulaşacaktır. Bu maliyet eldeki kaynakların en optimal olarak sağlandığı bir üretim birleşimidir.

Kaynaklar

Acar, Ahmet,. (1987)Linear Programming For Managerial Decesions,Middle East Technical University.

Ayyıldız, B., (1987) “Tamsayılı Programlamaya Genel Bir Bakış” ,Marmara Üniversitesi İibf,Dergisi,Cilt Iv,Sayı.

Bakır, M.Akif., Altunkaynak,B.,(2003),Tamsayılı Programlama Teori, Modeller Ve Algoritmalar, Nobel Yayın.

Claycombe, W.W.,Sullivan,W.C.,(1975)Foundations Of Mathematical Programming, Reston Pub.Co.

Halaç,Osman., (1991) Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması) Evrim Dağıtım,İstanbul.

Hamdy A.Taha., (1987)Operation Research An Introduction., Macmillan Publishing Company,New York.

Hillier,Frederick S., Lieberman,Gerald J.,(1986)Introduction To Operations Research,Holden-Day,Inc,California.

Karagöz, Murat,; Tam Sayılı Doğrusal Programlama Ve Maksan Uygulaması,Basılmamış Y.Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,1988.

Öztürk, Ahmet, (2007)Yöneylem Araştırması.,Ekin Yayınevi, Osmangazi/ Bursa.

Maksan, Kalite El Kitabı(Broşür),28.04.2003.

Tulunay,Y.,(1987)Matematik Programlama Ve İşletme Uygulamaları,Bayrak Matbaacılık,İstanbul.

Tütek,H.,Gümüşoğlu,Ş.,(1994)Sayısal Yöntemler Yönetsel Yaklaşım., Beta Dağıtım A.Ş.,İstanbul.

Wagner,Harvey M.,(1969)Prienciples Of Operations Research With Application To Management Decesions,Prenticle-Hall,İnc.

www.maksan.com.tr.