

# TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE BİR SANAYİ İŞLETMESİNİN ÜRETİM İNCELEMESİ

Yıldırım Kızgın\*

## ÖZET

Karar verme çalışmalarını kolaylaştıran Yöneylem Araştırması tekniklerinden en yaygın olarak kullanılmakta olan Doğrusal Programlamanın çözüm sonuçları genellikle tam sayılı olmayan biçimdedir. Ancak günümüzde uçak sanayi, gemi sanayi, vagon sanayi vb. alanlarda birçok karar problemine ilişkin çözümlerin tam sayılı olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada tam sayılı karar problemlerinin çözümüne ilişkin kullanılan Tam Sayılı Doğrusal Programlama ile bir sanayi işletmesinin geçmiş yılına ait üretimi incelenerek çıkan sonuçlara ilişkin değerlendirme ve önerilerde bulunulmuştur.

## GİRİŞ

İşletmeler, günümüzde küreselleşme kavramlarıyla birlikte önem kazanan uluslararası rekabet, konjonktürel hareketler ve değişen piyasa koşulları karşısında etkin ve hızlı bir şekilde karar almak ve bunları uygulamak zorundadırlar. Bu nedenle teknolojik gelişmeler ve çevresel değişiklikler sonucu karar verme problemlerini ilk insanların yaptığı gibi basit yöntemler kullanarak çözmek mümkün olmamaktadır. Çünkü günümüz problemlerinin son derece karmaşık ve büyük ölçekli olmalarının yanı sıra kazanılan risk faktörünü de bünyelerinde bulundurmaktadırlar.

Örgütsel gelişime paralel olarak yönetsel fonksiyona yardımcı olmak üzere karar vermeyi kolaylaştıran matematik teknikler **Yöneylem Araştırması, Kantitatif Teknikler, Matematik Programlama ve Optimizasyon** vb. başlıklar altında ele alınıp incelenmektedir.

Matematik Programlama, bir fonksiyonun belirli koşullar altında en büyük ve en küçük değerinin bulunmasıyla ilgili teknikleri konu edinen bir disiplin olarak tanımlanmaktadır (AVRALIOĞLU, 1981, s.1). Bir başka deyişle, Matematik Programlama ve özellikle Doğrusal Programlama (DP), yönetim bilimleri açısından uygulamada en çok kullanılan bir dal olup finansal, teknolojik, pazarlama vb. konuları kapsayan çeşitli kısıtlar altında mevcut sınırlı kaynakların optimum kullanılması olanaklarının araştırılması ile ilgilidir (BRADLEY-HAX-MAGNANTI, 1977, s.1.), (ESİN, 1981,s.9).

Tam Sayılı Programlama ise yeni bir matematik konusu olmayıp 1940'ların sonu ve 1950'li yılların başında geliştirilen bir matematik yaklaşımdır. Tam Sayılı Programlamanın doğrusal ve doğrusal olmayan diye ayrımı, problemin matematiksel yapısından ileri gelmektedir.

\* Ar.Gör., Muğla Üniversitesi İ.İ.B.F., Üretim Yönetimi-Pazarlama Anabilim Dalı



Tam sayılı olarak üretim yapan işletmelerin üretim planlamalarında, üretim analizlerinde kullanılan Tam Sayılı Programlama bu yönüyle oldukça fazla kullanım alanına sahiptir.

Bu çalışmada tam sayılı miktarda üretim yapan bir işletmenin 1992 yılı içerisinde yapmış olduğu üretim incelenerek, bu üretim verileri ışığı altında daha fazla bir üretim hacmine ulaşıp ulaşılamayacağı incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla bir Tam Sayılı Doğrusal Programlama (TDP) problemine yönelik işletmeye uygun bir model uygulanarak, bu modelin QSB paket programı yardımıyla elde edilen çözümlerine ve sonuçlarının değerlendirilmesine çalışılacaktır.

## TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE ÜRETİM İNCELEMESİ

### Üretim İşletmesinin Tanıtılması

Tam sayılı doğrusal programlama yardımıyla üretim incelemesi yapılacak olan orta ölçekli sanayi işletmesinin adı KÖYTAŞ'tır\*. Muğla'nın Köyceğiz ilçesine bağlı Beyovası köyünde faaliyet gösteren işletmenin faaliyet konusu vidanjör, arazöz, sıkıştırılmalı çöp kamyonu, damper, römork ve çöp bidonu üretimidir. İşletme sermayesinin %61'i KOİ (Kamu Ortaklığı idaresi)'ye aittir. İşçilerden 55'i direkt üretim hattında olmak üzere toplam 72 işçi çalışmaktadır. İşletmede üretilen mamüllerin çeşitleri ve mamül büyüklükleri ise aşağıdaki gibidir:

<u>Mamül Adı</u>	<u>Mamül Büyüklüğü</u>
Vidanjör	6,8 ve 12 m <sup>3</sup>
Arazöz	6,8 ve 12 m <sup>3</sup>
Sıkıştırılmalı Çöp Kasası	5 ve 10 m <sup>3</sup>
Damper	8 ve 10 m <sup>3</sup>
Römork	3.5 ve 5 ton
Çöp Bidonu	150, 400 ve 800 lt.

İşletmenin üretim yapısını inceleyebilmek için öncelikle üretim faaliyetine ilişkin bazı hususlara değinmek ve bunları kısaca açıklamak gerekecektir.

### İşletmenin Üretim Yapısı

Mamüllerin üretiminde kullanılan ana hammadde demir saç olup bunun yanında daha az olmak üzere inşaat demiri, köşebent demir, transmisyon ve profil kullanılmaktadır.

Mamüllerin üretim süreci hacimve kapasite gözönüne alınmadan şöyledir:

\* Bu işletmede yapılan uygulama özelleştirme çalışmasından önce olup, TL cinsinden veriler günümüz fiyatlarına %70 enflasyon varsayımıyla çekilerek elde edilmiştir.



### Vidanjör Üretimi:

- i) Tornada işlem gören vakum pompası araç şasesine monte edilir.
- ii) Vidanjörün monte edileceği araca (kamyon vb.) takılacak olan vakum pompasının montajı yapılır.
- iii) Pis su tankının oturacağı blok tankına emiş yapacak vana takılarak blok tank montajı yapılır.
- iv) Pis su tankı muhtelif kalınlıktaki saçlardan kesim, kıvrıma işleminden sonra kaynak yapılarak, blok tanka montajı yapılır.
- v) Şaseye ön ve arka yastık montajı yapılır.
- vi) Pis su tankına tahliye sibobu montajı, değişik çaptaki iki yollu vana montajı emiş hortumu yatağı montajı, basınç gösterge camı montajı işlemleri olur (emiş hortumu yatağı montaj öncesi kesim, baskı, kaynak aşamalarından geçer).
- vii) Şase bağlantı yastıkları tornada hazırlanarak şaseye monte edilir.
- viii) Kalite kontrolü yapılarak üretim tamamlanır.

### Arazöz Üretimi:

- i) Ara şanzımanı montaj edilmeden önce torna işlemine tabi tutulur, sonra araç şasesine montajı yapılır.
- ii) Şaft kesim işlemi yapılarak şaseye montajı yapılır.
- iii) Üç kademeli türbün torna edildikten sonra montajı yapılır.
- iv) İstenilen hacimde ve değişik saç kalınlığındaki saçlardan su tankeri için kesim, baskı ve kaynak işlemlerinden sonra tanker montajı yapılır.
- v) Tankeri koruyacak karoser, profilden kesilir ve kaynaktan sonra montajı yapılır.
- vi) Su tankerine su tesisatı montajı yapılır.
- vii) Pnömatik devre montajı yapılır.
- viii) Karoser DKP saçla kapatılır.
- ix) Kalite kontrolü işlemi yapılır.

### Sıkıştırılmalı Çöp Kasası:

- i) Yağ şanzımanı (PTO) ve basınçlı hava pompası karosere montaj edilir.
- ii) Karoser; kesim, basım ve kaynak işleminden sonra üretilip monte edilir.
- iii) Sıkıştırma işlemi ve çöp alma işlemini gerçekleştirecek hidrolik silindirler torna edilerek karosere montajı yapılır.
- iv) Hidrolik ve pnömatik devre aksamı montajı yapılır.
- v) Kalite kontrolü yapılır.



#### Damper:

- i) Yağ şanzımanı (PTO) ve basınçlı hava pompası montajı yapılır.
- ii) Karoserin kesim, basım ve kaynak işleminden sonra kaynak yapılarak montaj yapılır.
- iii) Hidrolik silindir montajı yapılır.
- iv) Çekirge yapılarak monte edilir.
- v) Kalite kontrolü yapılır.

#### Römork:

- i) Karoser saçı kesilerek, baskı ve kaynağı yapılır.
- ii) Şase saçı kesilerek basılır.
- iii) Dingilin şaseye bağlantısı yapılır.
- iv) Karoser şaseye montaj edilir.
- v) Kalite kontrolü yapılır.

#### Çöp Bidonu:

- i) Çöp bidonu saçı kesilerek basım ve kaynak (punto kaynağı) yapılması işlemi yapılır.
- ii) Bidon kapak saçı kesimi, basımı ve montajı yapılır.
- iii) Kulak ve tekerler yataklarının kesimleri, kaynakları ve montajı yapılır.
- iv) Asıl kaynak işlemi yapılarak ürün tamamlanmış olur.

İşletmenin üretim incelenmesinin yapılabilmesi için mevcut üretim miktarlarının tam sayılarla ifade edilmesi ve işletmenin (firmanın) amacının karını en büyükmek ya da maliyetleri en küçükmek olduğu gözönünde bulundurulduğunda problemin Tamsayılı DPP şeklinde formüle edilmesi gerektiği açıkça görülür.

### **ÜRETİM İNCELEMESİ İÇİN TAM SAYILI DOĞRUSAL MODELİN KURULMASI VE MODELİN ÇÖZÜMÜ**

İşletmenin faaliyet dönemi incelemesi sonucunda giderlerin dört ana grupta toplanabileceği ortaya çıkmıştır. Bunlar:

- a) Direkt Hammadde Giderleri
- b) Direkt İşçilik Gideri
- c) Yardımcı Hammadde Gideri
- d) Genel Üretim Giderleri (G.Ü.G)

Yukarıda adı geçen bu gider çeşitlerinin mamül bazındaki değerlerinin elde edilmesi işletme kaynaklarından kolayca bulunmuştur. Ancak G.Ü.G.'nin



mamüllere dağıtılmasında direkt hammadde gideri gözönüne alınmış ve bu amaçla bir **Yükleme Oranı\*** 'ndan faydalanılmıştır.

Belirlenen bu giderlerin ışığı altında oluşan birim maliyetler ve satış fiyatları mamüllere göre aşağıdaki gibidir:

<u>Mamül Cinsi</u>	<u>Mamül Büyüklüğü</u>	<u>S. Fiyatı</u>	<u>B. Maliyeti</u>
Vidanjör	6 m <sup>3</sup>	111554000	60995005
Vidanjör	8 m <sup>3</sup>	122054029	69745028
Vidanjör	12 m <sup>3</sup>	158083000	101246485
Arazöz	6 m <sup>3</sup>	175876903	108970872
Arazöz	8 m <sup>3</sup>	206999247	135107150
Arazöz	12 m <sup>3</sup>	230496724	154171824
S. Çöp Kasası	5 m <sup>3</sup>	136971131	80430691
S. Çöp Kasası	10 m <sup>3</sup>	180048942	120165252
Damper	8 m <sup>3</sup>	166376733	102854534
Damper	10 m <sup>3</sup>	185264701	12108701
Römork	3.5 ton	54187500	19308162
Römork	5 ton	18750000	29381847
Çöp Bidonu	150 lt	840990	402753
Çöp Bidonu	400 lt	1441301	685164
Çöp Bidonu	800 lt	2120393	1102029

#### **Tam Sayılı Doğrusal Modelin Kurulması**

Tam sayılı doğrusal modelin karar değişkenleri şöyledir:

X1: 6 m<sup>3</sup> hacimli vidanjör üretim miktarı

X2: 8 m<sup>3</sup> hacimli vidanjör üretim miktarı

X3: 12 m<sup>3</sup> hacimli vidanjör üretim miktarı

\* Toplam G.Ü.G.'nin mamül başına dağıtımı Direkt Hammadde Giderine göre yapılmış olup ilgili giderler ve yükleme oranı aşağıdaki gibidir:

$$Y.O = G.Ü.G. / D.HAM.GİDERİ = 2287525749 / 2329540855 = 0.98$$



- X4: 6 m<sup>3</sup> hacimli arazöz üretim miktarı  
 X5: 8 m<sup>3</sup> hacimli arazöz üretim miktarı  
 X6: 12 m<sup>3</sup> hacimli arazöz üretim miktarı  
 X7: 5 m<sup>3</sup> hacimli sıkıştırılmalı çöp kasası üretim miktarı  
 X8: 10 m<sup>3</sup> hacimli sıkıştırılmalı çöp kasası üretim miktarı  
 X9: 8 m<sup>3</sup> hacimli damper üretim miktarı  
 X10: 10 m<sup>3</sup> hacimli damper üretim miktarı  
 X11: 3.5 ton taşıma kapasiteli römork üretim miktarı  
 X12: 5 ton taşıma kapasiteli römork üretim miktarı  
 X13: 150 lt hacimli çöp bidonu üretim miktarı  
 X14: 400 lt hacimli çöp bidonu üretim miktarı  
 X15: 800 lt hacimli çöp bidonu üretim miktarı

yukarıdaki karar değişkenleri ve diğer bilgilere göre amaç fonksiyonu ve kısıtlar şöyledir:

Maks.Z=50558995X1+52309000+56836515X3+66906032X4+7188909X5+76324900X6  
 +56540625X7+59883690X8+63522200X9+64246000X10+16470038X11+24805653X12  
 +438237X13+756137X14+1018364X15

**İşçilik Kısıtı:** Emek-yoğun teknolojiye sahip işletmede üretim miktarını belirleyen en önemli kaynaklardan birisi de mevcut işçilik gücüdür. Her bir mamülün üretimi sırasında kullanılmakta olan birim işçilik saatleri işletmenin yetkili kişilerinden elde edilerek bulunmuştur. Kısıtın sağ tarafına, oluşturulacak mevcut işgücü kapasitesi 55 direkt işçi sayısının günlük 9 saat çalışmaya göre yıllık 260 işgünü ile çarpılması sonucu 128700 saattir. Bu veriye göre 1. kısıt,

$$37X1+41X2+50X3+111X4+120X5+126X6+85X7+97X8+29X9+33X10+26X11+34X12X2X13+3X14+4X15 \leq 128700 \quad (1)$$

**Hammadde Kısıtları:** Mamüllerin üretiminde kullanılan ana hammadde, farklı kalınlıklarda kullanılan demir saçtır. 1,5,2,3,5,8,12 mm. gibi farklı kalınlıklarda kullanılan saçların ayrı ayrı kısıt oluşturması gereksiz bulunarak kullanılan miktarın sanki tek bir kalınlıkta olduğu varsayılmış, ancak birim maliyete yansıtılırken kg. cinsinden kullanılan miktar ile saçların ortalama maliyet bedeli çarpılmıştır. İşletmenin geçmiş üretim döneminde kullandığı hammadde kaynağından daha fazlasını kullanmadan daha fazla bir üretim yapıp yapamayacağı, hangi mamüllerden kaç adet üretileceği gibi sorulara cevap aranmak istenmektedir. Bu nedenle geçmiş faaliyet dönemi içerisinde kullanılan saç miktarı işletmenin muhasebe kayıtlarından saçlar hesabı olarak elde edilmiş ve toplam 263260 kg. olarak bulunmuştur.

$$1226X1+1532X2+2206X3+723X4+975X5+1401X6+1473X7+2756X8+2712X9+2933X10+548X11+711X12+21X13+38X14+62X15 \leq 263260 \quad (2)$$



**Makina Kapasite Kısıtları:** işletmenin üretim hacmini belirleyen diğer bir faktör de üretim faaliyetinde kullanılan makinaların çalışma kapasiteleridir. Kullanılan makinaların kapasiteleri işlem merkezlerine göre farklı olup, makinaların toplam kapasiteleri makina sayılarına göre artıp azalır.

**Kesim Merkezi:** Kesim yapan makina sayısı giyotin ve testere olmak üzere iki adettir. Merkezin çalışma kapasitesi yıllık 260 işgünü ve günlük 9 saat çalışma gücüyle toplam 4680 saattir. Her mamül için gerekli kesme saatleri ve kısıt şöyledir:

$$2.5X1+3X2+4.5X3+5X4+6X5+7X6+3X7+4X8+8X9+9X10+10X11+13X12+0.35X13+0.54X14+0.71X15 \leq 4680 \quad (3)$$

**Saç Kıvırma Merkezi:** işletmede saç kıvırmada kullanılan makina sayısı üç adet olup yıllık 260 işgünü ve 9 saat çalışma kapasitesiyle toplam kapasite 7020 saattir. Her mamül için gerekli kıvırma saatleri ve kısıt şöyledir:

$$1.5(X1+X2)+2(X3+X4)+2.5X5+3X6+X7+X8+X9+X10+X11+1.5X12+0.2(X13+X14+X15) \leq 7020 \quad (4)$$

**Pres Baskı Merkezi:** Hidrolikli baskı makinasının sayısı bir tanedir. Yıllık kapasitesi aynı çalışma seviyesinde toplam 2340 saattir. Mamüllerin baskıda kalma süreleri ve kısıtı şöyledir:

$$0.5(X1+X2)+X3+2.5(X4+X5)+3X6+1.5X7+2.5X8+2X9+2.5X10+4X11+5.5X12+0.42(X13+X14+X15) \leq 2340 \quad (5)$$

**Kaynak Merkezi:** işletmenin mevcut kaynak makinası sayısı 30 adettir. Aynı çalışma seviyesinde yıllık kapasite 8100 saattir. Mamüllerin kaynakta kalma süreleri ve kısıtı şöyledir:

$$4X1+5X2+6.5X3+4.5X4+6X5+7X6+7X7+8.5X8+6X9+7X10+3.5X11+5X12+1.5X13+2X14+3.5X15 \leq 8100 \quad (6)$$

**Torna Merkezi:** Mevcut torna makinası sayısı 4 adettir. Aynı çalışma seviyesinde yıllık kapasite 9360 saattir. Mamüllerin tornada kalma süreleri ve kısıtı şöyledir:

$$3(X1+X2+X3)+64(X4+X5+X6)+40(X7+X8) \leq 9360 \quad (7)$$

**Mevcut Üretim Kısıtları:** işletmenin 1992 içerisinde yapmış olduğu üretimden daha az bir üretimin yapılmaması zorunluluğu bulunmaktadır. Çünkü bu mamüller üretilmiştir, bu kısıtların konması sayesinde bu karar değişkenlerine karşılık gelen mamüllerin en az bu miktarlarda üretilmesi sağlanacaktır. Aksi halde DP veya TDP çözüm tekniklerinin yaklaşımı gereği amaca uygun olarak en fazla katkı payına sahip mamüller çözüme girerek, miktarları kısıtlar çerçevesinde olabildiğince artacak, bu işlem, katkı payı en az olan ürüne doğru devam edecektir. Oysa bu kısıtın olmasıyla bu ürünlerin katkı payı ne olursa olsun bu miktarlarda üretilmeleri sağlanmış olacaktır. Bu bilgiler ışığında kısıt şöyledir:

$$X1 \geq 16; X2 \geq 7; X3 \geq 7; X4 \geq 4; X5 \geq 6; X6 \geq 3; X7 \geq 6; X8 \geq 12; X9 \geq 5; X10 \geq 15; X11 \geq 18; X12 \geq 5; X13 \geq 630; X14 \geq 880; X15 \geq 140 \quad (8)$$



**Yatırım Kapasitesi:** işletmenin kuruluş aşamasından önce hangi mamüllerden kaç adet üretebileceği belirlenmiştir. işletmenin üretim seviyesini sınırlayan bu teorik kapasitesi her mamül çeşidi için farklı olmayıp mamül cinsleri için farklılık göstermektedir. Buna göre toplam vidanjör, arazöz vs. üretimi, belirlenen miktarı geçemez.

$$\begin{aligned} X1+X2+X3 &\leq 80; & X4+X5+X6 &\leq 40; & X7+X8 &\leq 55; & X9+X10 &\leq 65; & X11+X12 &\leq 75; \\ X13+X14+X15 &\leq 3810 \end{aligned} \quad (9)$$

TDP modelimizi toplu olarak yazarsak;

### Tam Sayılı Doğrusal Model

$$\begin{aligned} \text{Maks. } Z = & 50558995X1 + 52309000X2 + 56836515X3 + 66906032X4 + 7188909X5 + 76324900X6 \\ & + 56540625X7 + 59883690X8 + 63522200X9 + 64246000X10 + 16470038X11 + 24805653X12 + \\ & 438237X13 + 756137X14 + 1018364X15 \end{aligned}$$

Kısıtlar;

$$37X1 + 41X2 + 50X3 + 114X4 + 120X5 + 126X6 + 85X7 + 97X8 + 29X9 + 33X10 + 26X11 + 34X12 + 2X13 + 3X14 + 4X15 \leq 128700$$

$$1226X1 + 1532X2 + 2206X3 + 723X4 + 975X5 + 1401X6 + 1473X7 + 2756X8 + 2712X9 + 2933X10 + 548X11 + 711X12 + 21X13 + 38X14 + 62X15 \leq 263260$$

$$2.5X1 + 3X2 + 4.5X3 + 5X4 + 6X5 + 7X6 + 3X7 + 8X9 + 9X10 + 10X11 + 13X12 + 0.35X13 + 0.54X14 + 0.71X15 \leq 4680$$

$$1.5(X1+X2) + 2(X3+X4) + 2.5X5 + 3X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + 1.5X12 + 0.2(X13+X14+X15) \leq 7020$$

$$0.5(X1+X2) + X3 + 2.5(X4+X5) + 3X6 + 1.5X7 + 2.5X8 + 2X9 + 2.5X10 + 4X11 + 5.5X12 + 0.42(X13+X14+X15) \leq 2340$$

$$4X1 + 5X2 + 6.5X3 + 4.5X4 + 6X5 + 7X6 + 7X7 + 8.5X8 + 6X9 + 7X10 + 3.5X11 + 5X12 + 1.5X13 + 2X14 + 3.5X15 \leq 8100$$

$$3(X1+X2+X3) + 64(X4+X5+X6) + 40(X7+X8) \leq 9360$$

$$X1 \geq 16$$

$$X2 \geq 7$$

$$X3 \geq 7$$

$$X4 \geq 4$$

$$X5 \geq 6$$

$$X6 \geq 3$$

$$X7 \geq 6$$

$$X8 \geq 12$$

$$X9 \geq 5$$



$$X_{10} \geq 15$$

$$X_{11} \geq 18$$

$$X_{12} \geq 5$$

$$X_{13} \geq 630$$

$$X_{14} \geq 880$$

$$X_{15} \geq 140$$

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 80$$

$$X_4 + X_5 + X_6 \leq 40$$

$$X_7 + X_8 \leq 55$$

$$X_9 + X_{10} \leq 65$$

$$X_{11} + X_{12} \leq 75$$

$$X_{13} + X_{14} + X_{15} \leq 3810$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} \geq 0 \text{ ve Tamsayı}$$

### Modelin Çözümü

Yukarıda toplu olarak yazılan TDP modelinin QSB paket program yardımıyla elde edilen çözümü aşağıdaki gibidir:

X1: 29 adet yıl; X2: 7 adet yıl; X3: 7 adet yıl; X4: 31 adet yıl; X5: 6 adet yıl; X6: 3 adet yıl; X7: 6 adet yıl; X8: 12 adet yıl; X9: 5 adet yıl; X10: 15 adet yıl; X11: 18 adet yıl; X12: 6 adet yıl; X13: 636 adet yıl; X14: 880 adet yıl; X15: 140 adet yıl.

Amaç fonksiyonunun değeri  $z = 8849804240$  TL yıl olarak bulunmuştur.

Elde edilen çözümle ilgili olarak yapılan duyarlılık analizi sonuçları da şöyledir:

Amaç fonksiyonu katsayıları için,

$$47059610 \leq C_1 \leq 113453377$$

$$-\infty \leq C_2 \leq 63188128$$

$$-\infty \leq C_3 \leq 90973200$$

$$61496871 \leq C_4 \leq \infty$$

$$-\infty \leq C_5 \leq 7729791$$

$$-\infty \leq C_6 \leq 94866059$$

$$-\infty \leq C_7 \leq 607455026$$



$$-\infty \leq C8 \leq 113654637$$

$$-\infty \leq C9 \leq 111840133$$

$$-\infty \leq C10 \leq 120953945$$

$$-\infty \leq C11 \leq 22598965$$

$$-\infty \leq C12 \leq 29320917$$

$$-\infty \leq C13 \leq 866019$$

$$-\infty \leq C14 \leq 1567082$$

$$-\infty \leq C15 \leq 2556815$$

Amaç fonksiyonu katsayıları yukarıdaki aralıklarda değiştirilebildiği sürece karar değişkenlerinin optimum değeri değişmeyecektir. Bu ise ürünlerin sağladığı katkı paylarının değiştirilebilmesi konusunda karar vericiye bilgi sağlayacaktır.

$$246482 \leq b2 \leq +\infty$$

$$1619.83 \leq b3 \leq +\infty$$

$$548.53 \leq b4 \leq +\infty$$

$$1005.84 \leq b5 \leq +\infty$$

$$3957.74 \leq b6 \leq +\infty$$

$$3411 \leq b7 \leq +\infty$$

$$-\infty \leq b8 \leq 29.68$$

$$0 \leq b9 \leq 17.95$$

$$0 \leq b10 \leq 14.6$$

$$-\infty \leq b11 \leq 31$$

$$0 \leq b12 \leq 33$$

$$0 \leq b13 \leq 27.75$$

$$0 \leq b14 \leq 17.39$$

$$0 \leq b15 \leq 18$$

$$0 \leq b16 \leq 11.19$$

$$0 \leq b17 \leq 20.72$$

$$0 \leq b18 \leq 48.62$$

$$0 \leq b19 \leq 28.6$$

$$0 \leq b20 \leq 1428.95$$

$$0 \leq b21 \leq 1321.52$$

$$0 \leq b22 \leq 410.61$$

$$43.68 \leq b23 \leq +\infty$$

$$13 \leq b24 \leq 63.2$$

$$18 \leq b25 \leq +\infty$$



$$20 \leq b_{26} \leq +\infty$$

$$23 \leq b_{27} \leq +\infty$$

$$1650 \leq b_{28} \leq +\infty$$

## SONUÇ VE ÖNERİLER

### Sonuç-Değerlendirme

Modelin çözümünden elde edilen sonuçlara göre modelde bulunan tüm karar değişkenlerinin çözümde olduğu görülmektedir. Çünkü bu değişkenleri ifade eden mamüller üretilmiştir.

Üretim hacmini belirleyen en önemli kaynak hammadde kısıtıdır. Çözüme ilişkin elde edilen gölge fiyatlarına göre hammadde kısıtının gölge fiyatı **14269.545**'dir. Bu nedenle bu kaynağın bir biriminin artırılması amaç fonksiyonunun değerinde bir artış sağlayacaktır. Ancak diğer kaynakların gölge fiyatları ise sıfır çıkmıştır, o halde bu kaynaklarda aylak kapasite mevcuttur diyebiliriz. Modelin tam sayılı olmayan çözümünden elde edilen amaç fonksiyonu değeri **8.857.009.010.-TL**'dir. Tam sayılı çözümün amaç fonksiyonu değeri **8.849.804.240.-TL** olarak bulunmuştur. Doğal olarak tam sayılı olmayan çözümün amaç fonksiyonu değeri tam sayılı olandan daha fazladır. Bu ise tam sayılı doğrusal programlama problemi çözüm alanının klasik doğrusal programlama uygun çözüm alanına göre daha küçük olduğunun bir ispatıdır.

### Öneriler

Modelin çözüm sonuçlarına göre 1992 yılında harcanan 263260 kg'lık demir saç ile çözüm kısmında belirtilen üretim seviyesine ulaşılmıştır. Yani aynı saç miktarıyla daha fazla bir üretim hacmi ve kar bulunmaktadır. Görüldüğü üzere israf edilen demir saç ile 6 m<sup>3</sup> vidanjörden 13 adet, 6 m<sup>3</sup>'lük arazözden 27 adet, 5 tonluk römorktan 1 adet ve 150 lt'lik çöp bidonundan 6 adet daha fazla bir üretim yapılması mümkün olmaktadır. Bunun işletmeye getirdiği kar kaybı ise **2.491.164.874.-TL**'dir. İşletmenin hammaddeden olan kaybını araştırarak, bunun nedeninin kullandıkları makina teknolojilerinden mi, yoksa insan faktöründen mi kaynaklandığının bulunabilmesi için **Değer Analizi** yapması yerinde olacaktır.

Amaç fonksiyonu değerine katkısı bakımından cazip mamüller olarak 6 m<sup>3</sup>'lük vidanjör, 6 m<sup>3</sup>'lük arazöz, 5 tonluk römork ve 150 lt'lik çöp bidonu olarak çıkmıştır. Buna göre bu mamüllerin satış ve dolayısıyla üretimlerinin mümkün olduğunca özendirilmesi işletmenin daha fazla kar elde edebilmesi açısından olumlu olacaktır.

Duyarlılık çözümlerinde belirlenen her bir mamüle ilişkin kar marjı değişim aralıkları dikkate alınarak, mamül fiyatlandırma ve tutundurma çabaları tekrar gözden geçirilerek daha tutarlı politikalar izlenebilir. Aynı zamanda bölgede faaliyet gösteren diğer rakip işletmelerle daha sağlam bir rekabete girilebilir, en önemlisi ise körfez krizi gibi ortaya çıkabilecek piyasa dalgalanmaları ve krizler en az kayıpla, daha az etkilenererek atlatılabilecektir.



## SUMMARY

Among the techniques of Operations Research which is used to facilitates the studies of decisions making, the most commonly used is Linear Programming. The results of its solutions are generally non-integer. However nowadays, it is necessary to express the solutions of many decision making problems related to areas such as airplane industry, shipping industry, railway industry and some other industries.

In this article, Integer Linear Programming which is used for the solutions of integer decisions problems is analyzed and also the prodution of a small-scale company is examined; finally the results are evaluated and some suggestions are made.

## KAYNAKÇA

AVRALIOĞLU, Z.; **Doğrusal Programlama ve Tarımsal İşletmelerde Bir Uygulama**, A.İ.T.İ.A. Yayını, Ankara, 1981.

BRADLEY, S.P.-HAX, A.C.-MAGNANTI, T.L.; **Applied Mathematical Programming**, Addison-Wesley Publishing Co., Philippines, 1977.

ESİN, A.; **Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri**, A.İ.T.İ.A. Yayın No:157, Ankara, 1981.