

Bir Dişli Fabrikasında Tamsayılı Hedef Programlama

Uygulama Denemesi

Gülnur KEÇEK*

Özet: Günümüzde işletmelerde karşılaşılan problemler karmaşık olup; çok ve genellikle çelişen amaçlar içerirler. Bu çalışmada, öncelikle tamsayılı hedef programlama ve dal ve sınır tekniği açıklanmaya çalışılmıştır. Daha sonra, bir dişli işletmesinde belirlenen kısıtlayıcılar ve hedefler doğrultusunda bir tamsayılı hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Model QS ve WINQSB yazılımları ile çözülmüştür. Karar vericiye yardımcı olacak bir üretim programı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Amaçlı Karar Verme, Tamsayılı hedef programlama, dal ve sınır tekniği, tercih.

An Application of Integer Target Programming in A Gear Factory

Abstract: The problems in the organizations are complex and they contains multiple and conflicting objectives today. In this paper first, integer goal programming and branch and bound technique are explained. An integer programming model is formulated for the gear firm in line with the constraints and goals in effect. The model was solved by QS and WINQSB softwares. A production program to aid the decision makers is prepared.

Keywords: Multiple Objective Decision Making, Integer goal programming, branch and bound technique, preference.

ÇOK AMAÇLI KARAR VERME

Çok amaçlı yönetim, yönetim biliminin en önemli konularından biri olarak bilinir. İşletmelerdeki büyüme, büyük ve karmaşık karar problemlerini ortaya çıkarmaktadır. Stratejik karar verme problemlerinde çok sayıda seçenekler, kısıtlayıcılar ve amaçlar söz konusu olmaktadır.

Çok amaçlı karar modellerine ilişkin araştırmalar 18. yüzyılda başlamıştır. Bu araştırmalarının sonucunda uygulama problemleri için daha etkin teknikler ve bilgisayar programları geliştirilmiştir(Chinneck ve Michalowski, 1996; Lee ve Morris, 1977; Zeleny, 1982).

Çok amaçlı tekniklerin kullanımı, yatırım kaynaklarının sınırlı olduğu, etkin bir yatırım kararının çelişen sosyo politik koşullarla tanımlı amaçları sağlama gerektiğinde özellikle önem taşır. Bu teknikler, literatürde çok amaçlı analiz, çok amaçlı optimizasyon, çok amaçlı karar verme ve vektör optimizasyonu olarak bilinir. Çok amaçlı karar verme(ÇAKV) pratik

* Yrd.Doç.Dr., Dumlupınar Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü

uygulamaları kadar teorik gelişmeleri ile de karar analizinin en hızlı gelişme gösteren alanlarından biridir. (Brans ve Mareschal, 1996; Ballestero ve Romero, 1996). ÇAKV problemleri, yeni ürün geliştirme, fiyatlandırma kararları, araştırma projesi seçimi, işgücü planlaması gibi özel girişim işlerine ek olarak ulusal savunma giderlerini planlama, ulusal enerji planı geliştiren bir ülkenin politikasını belirleme gibi genel kararları da kapsar(Zionts, 1989).

Çok amaçlı karar problemi, birden çok ve genellikle çelişen amaçlar içerir. Çok amaçlı karar problemi, matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir,

$$\text{Max}(f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$$

Kısıtlayıcılar

$$x \in X$$

X:Uygun zm alanıdır.

Bu problem vektör maksimizasyonu problemi(VMP) olarak bilinmektedir. Burada m adet amacı içeren bir vektörün maksimizasyonu söz konusudur. Tüm amaç fonksiyonlarını birlikte enbüyükleyen zme ulaşmak genellikle mümkün olamamaktadır(Foued ve Sameh, 2001). Bu durumda her amaç için optimum zmler, karar vericinin tercihleri doğrultusunda uzlaştırılır ve elde edilen zme “eniye uzlaşık zm”(the best compromise solution) adı verilir.çok amaçlı karar vermede sık karşılaşılan bir diğer zm ise baskın(nondominated) zmdr.Baskın zm, VMP'nin diğer amaç fonksiyonları arasında en az birinde gerileme söz konusu olmaksızın, diğer bir amaç fonksiyonunda gelişme sağlanamayan üzümdür(Evren ve lengin,1992; Oliveira, v.d., 2003).

HEDEF PROGRAMLAMA

Hedef programlama,1955 'te Charnes, v.d.tarafından geliştirilen çok amaçlı programlama tekniğidir ve 1961'de Charnes ve Cooper tarafından daha açık bir Şekilde ortaya konulmuştur. Hedef Programlama, çok amaçlı karar verme teknikleri içerisinde seçkin ve etkin bir teknik olarak bilinir ve HP'nın teorik ve işlemsel durumlarının geliştirilmesi amacıyla yapılan araştırmalar yoğundur(Tamiz,v.d.,1999; Schniederjans, 1984).

HP, her amacın verilen hedef değerlerine mümkün olduğunca ulaşmasını amaçlar. Hedeflerden istenmeyen sapmalar enküçüklenir. Bu amaçla kullanılan uzaklık fonksiyonu, HP modelinin türüne bağlıdır(Ignizio,1985). HP modelinin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$\text{Min}z = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I P_k (w_{ik}^+ d_i^+ + w_{ik}^- d_i^-)$$

Kısıtlayıcılar

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad i = 1, 2, \dots, I$$

$$d_i^-, d_i^+ = 0, \quad x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

P_k : k hedefine atanan öncelik faktörü ($P_k \gg \gg P_{k+1}$)

w_{ik}^+, w_{ik}^- : k öncelik düzeyinde i hedefinin sapma değişkenlerine atanan ağırlıklar

d_i^-, d_i^+ : i hedefine ilişkin negatif ve pozitif sapma değişkenleri

a_{ij} : i hedefinde x_j 'ye ilişkin teknolojik katsayılar

b_i : i hedefinin değeridir.

(Ghosh, v.d., 2005; Tamiz ve Jones, 1996).

HP problemleri, matematik programlama modeli tipine göre sınıflandırılabilir: doğrusal, tamsayı, doğrusal olmayan v.b. İkinci bir sınıflandırma, hedeflerin önemlerinin karşılaştırılmasına göre yapılır. Eğer tüm hedefler yaklaşık önemde ise önceliklendirilmemiş HP, buna karşılık hedefler için öncelik düzeylerinin bir hiyerarşisi söz konusu ise (yani birinci, ikinci,.... Öncelikli hedeflere önceliklerine göre ulaşılacaksa) önceliklendirilmiş HP söz konusudur (Hillier ve Lieberman, 1995; Öztürk, 2004 ; Kuruüzüm, 1989).

HP problemlerinin çoğunda karar verici, bir hedefin gerçekleşmesini diğerinden daha fazla isteyebilir. Bu durumda hedefler, önceliklerine göre sıralanır. Önceliklendirilmiş hedeflere sahip olan bir HP modelinin formülasyonunda öncelik faktörleri sapma değişkenlerine yüklenerek amaç fonksiyonu oluşturulur (Ignizio, 1976; Markland ve Sweigart, 1987).

Önceliklendirmeden sonra, birinci öncelikli hedefler için sapmalar enküçüklenir. Bu aşamada bir önceki hedeften vazgeçilmez. Bu süreçte sırasıyla tüm hedefler göz önüne alınır. (Belton ve Stewart, 2002).

ÇAKV için en ümit verici (geleceği parlak) tekniklerinden biri hedef programlamadır. HP, DP'nın oldukça geliştirilmiş ve test edilmiş bir tekniği olarak düzenlenmiş olan güçlü bir araçtır. HP, rakip amaçların karmaşık sistemine eşanlı bir çözüm sağlar. Bu teknik orijinal olarak Charnes ve

Cooper tarafından geliştirilmiştir ve daha sonra Ijiri, Lee v.d. tarafından çalışmalar yapılmıştır(Lee ve Morris, 1977; Belton ve Stewart,2002).

HP'nın bir hünere, aynı öncelik düzeyindeki hedefleri ağırlıklandırabilmesidir. Bunun yapılabilmesi için aynı öncelik düzeyindeki hedefler ortak bir birimle gösterilmelidir. Sapma değişkenlerine atanan ağırlıkların iki önemli rolü vardır. Birincisi, farklı birimlerle ifade edilen amaçların birlikte ele alınabilmesini sağlaması, ikincisi ise karar vericinin tercihlerini yansıtmadır(Markland ve Sweigart, 1987; Foued ve Sameh, 2001, Kettani, v.d., 2004).

HP çözüm algoritmalarının geliştirilmesi için yapılan çalışmaların çoğu doğrusal hedef programlama problemlerinin(DHP) çözümüyle ilgilidir.¹ Simpleks tekniği, uzun süreden beri DP problemlerinin çözümünde etkinliğiyle genel kabul görmüş olan bir teknik olduğu için bu teknik ÇADP'yi etkilemiş ve araştırmacılar Simpleks tekniğinin yapısını düşünmeye yöneltmiştir. İlk DHP çözüm tekniği, Charnes ve Cooper tarafından ortaya konulmuş olup bilgisayar programı ise Jaaskelainen tarafından 1969'da oluşturulmuştur, bu program 50 veya daha az değişken içeren modellerle sınırlandırılmıştı. DHP için bilgisayar programlarının ikinci jenerasyonu, her öncelik düzeyini ayrı bir DP modeli olarak alıp; bir önceki düzeyde elde edilen minimal değeri korumak için her öncelik düzeyinde kısıtlayıcılar ekledi. Bu algoritma, ardışık(sequential) Simpleks olarak bilinir ve Ignizio tarafından geliştirilmiştir. Daha ileri algoritmalar, Arthur ve Ravindran, Schniederjans ve Kwak tarafından geliştirilmiştir. HP'nın tamsayı ve doğrusal olmayan durumlar için uzantıları, Ignizio tarafından verilmiştir(Tamiz ve Jones, 1996; Thizy, 1996).

Tamsayılı Hedef Programlama

ÇAKV problemlerinin çoğunda karar değişkenleri kesikli ve tamsayı değerler alırlar. Karar değişkenleri, kişiler, çeşitli personel ve donanımda oluşan gruplar, montaj hatları, binalar, uçaklar, gemiler veya donanım parçaları v.b. olduğunda bu değişkenlerin tamsayı değerler almaları gerekmektedir.Bunun yanı sıra, sermaye bütçeleme problemi, sabit yükleme problemi, gezgin satıcı problemi ve proje çizelgeleme problemi gibi problemlerde de sürekli çözümlerin kabul edilmeği problemler arasındadır. Tamsayılı hedef programlama probleminde elde edilen çözümde karar değişkenlerinin aldığı değerler, en yakın tamsayıya yuvarlanabilir. Bununla birlikte yuvarlama süreci, bazen uygun olmayan çözümler verebilir. Uygun çözüm verdiğinde de, gerçek optimum çözümün gözden kaçırılması durumu

¹ Hedef programlama çalışmalarına ilişkin ayrıntılı bilgi için bkz: Caballero, v.d., 1997.

ortaya çıkabilir. Bu durumda, tamsayılı hedef programlama tekniklerinin kullanılması gerekir(Lee ve Morris, 1977).

Tamsayılı Hedef Programlama Modelinin Çözümü

Tamsayılı HP teknikleri, bütünüyle tamsayılı, karma tamsayılı ve 0-1 tamsayılı ve çok amaçlı problemler için geliştirilmiş olup; Kesme düzlem, dal ve sınır tekniği, tamsayılama yaklaşımlarına dayanır(Saad ve Sharif, 2004).

Tamsayılı hedef programlamanın kesme düzlem tekniği, DP'da bilinen Gomory'nin metodolojisinden uyarlanmıştır. Bu yaklaşımla ilgili ayrıntılı bilgi için bkz: Lee ve Morris, 1977; Schniederjans, 1984.

Dal ve Sınır Tekniği

Tamsayılı programlama problemleri, karar değişkenleri için çoğunlukla alt ve/veya üst sınırlar içerirler. Sınırlandırılmış Tamsayılı hedef programlama problemi, sonlu(finite) sayıda uygun çözüme sahip olduğu için optimal çözüm aramada kısmi sayım tekniği(enumeration) uygun bir yaklaşımdır(Lee ve Morris, 1977).

Tamsayılı doğrusal hedef programlamanın çözümünde kullanılan dal sınır tekniğinin adımları aşağıda sıralanmıştır (Schniederjans 1984):

Adım 1: Doğrusal HP problemi çözülür. Eğer çözüm sonuçları tamsayı olma koşulunu sağlanmamışsa adım 2 'ye geçilir.

Adım 2: Ondalıklı(kesirli) kısmı en büyük olan tamsayı olmayan karar değişkenine bağlı olarak iki hedef kısıtlayıcısı geliştirilir. Bu kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

(1) $X_j + d_i^-$: En yakın tamsayı değere aşağı doğru yuvarlanan karar değişkeni değeri

(2) $X_j + d_i^+$: En yakın tamsayı değere yukarı doğru yuvarlanan karar değişkeni değeridir.

Adım 3: Orijinal DHP problemine (1) nolu eşitlikten yeni hedef kısıtlayıcısı eklenir. Amaç fonksiyonunda P_0 'a d_i^- değişkeni yerleştirilir ve bu ikinci yeni problem çözülür.

Adım 4: Orijinal DHP problemine (2) nolu eşitlikten yeni hedef kısıtlayıcısı eklenir. Amaç fonksiyonunda P_0 'a d_i^+ değişkeni yerleştirilir ve bu ikinci yeni problem çözülür.

Adım 5: 3. ve 4. adımlarda oluşturulan problemlerin her ikisi için çözümler yorumlanmalıdır.

- a) Eğer sonuçların her ikisi de tamsayı çözümler ise, hedefe en yakın olan sonuç seçilir. Orijinal problem için optimal tamsayı çözüme ulaşılmıştır ve daha sonraki adımlara gerek kalmaz.
- b) Eğer dallardan birinin çözüm sonucu tamsayı ve diğerinin çözüm sonucu tamsayı değilse ve tamsayı olmayan çözüm daha az tatmin edici ise, optimal tamsayı çözüme ulaşılmıştır ve daha sonraki adımlara gerek kalmaz.
- c) Eğer dallardan birinin çözüm sonucu tamsayı ve diğerinin çözüm sonucu tamsayı değilse ve tamsayı olmayan çözüm daha tatmin edici ise, adım 6'ya devam edilir. Tamsayı çözüm optimal çözüm için bir aday olarak kabul edilir.
- d) Eğer dallardan her ikisinin çözümü de tamsayı değilse adım 6'ya devam edilir.
- e) Eğer herhangi bir daldaki problem uygun olmayan çözüm oluşturursa, ilgili dal bir sondur ve ondan sonra gelen problemler formüle edilemez.

Adım 6: Tamsayı olmayan her bir dal çözümünü için tamsayı olan diğer bir karar değişkeni kullanılarak 2., 3., 4. ve 5. adımlar yinelenir.

Adım 7: Karar değişkenleri için gerekli olan tamsayı değerler elde edilinceye kadar adım 6 yinelenir. Eğer çoklu tamsayı çözüm varsa, hedef başarısının temelinde kabul edilebilir tamsayı çözümlerin tümünden optimal çözüm seçilebilir. En büyük hedef başarısını sağlayan tamsayı çözüm optimal çözümdür.²

BİR DİŞLİ FABRİKASINDA TAMSAYILI HEDEF PROGRAMLAMA UYGULANMASI

Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtımı

Tamsayılı hedef programlama; Eskişehir'de TÜLOMSAS' da (Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi A.Ş.) uygulanmıştır. TÜLOMSAS, 4 ana, 3 yardımcı fabrikadan oluşmaktadır. Dişli takım fabrikası, uygulama yeri olarak seçilmiştir. Bu fabrikada, ülkemizde ilk kez kesici takım üretimi gerçekleştirilmiştir.

Dişli takım fabrikasında çapı 1000 mm'ye kadar DIN 3972'ye göre dişliler imal edilmekte, tüm lokomotiflerin alın dişlilerinin yanı sıra üçüncü şahıslardan gelen dişli talepleri de karşılanmaktadır. Bu fabrika, yüksek çekerli (30 ve 100 ton) kantarların, elektrokarların, cadde süpürme

² Dal ve sınır tekniği ile ilgili ayrıntılı bilgi için bkz: Arthur, J.L ve Ravindran, A., 1980.

araçlarının ve sanayi kuruluşlarının çeşitli kalıp ve pres işlerini de yapmaktadır.

Üretim Akışı Hakkında Bilgi Verilmesi

Dişli takım fabrikasında üretim; malzeme, kesme, delme, torna, ısıl işlem, diş açma ve taşlama ünitelerindeki işlemlerle gerçekleşmektedir.

Dişli yapımında kullanılan başlıca malzemeler; sementasyon çeliği, alaşımsız makine yapım çeliği ve alaşımlı makine yapım çeliğidir. Bu malzemeler, belirli oranda Karbon, Manganez, Silisyum, Molibden, Fosfor, Kükürt, Krom ve Nikel v.b. maddeler içerirler.

Malzemeler, stok sahasına gelir ve malzeme tanıtım kartları kontrol edildikten sonra, resimleri ile birlikte testere tezgahına gönderilir.

Kesme Ve Delme

Malzemeler, vinç yardımıyla tezgahın (testere) üzerine konulur. Tezgaha bağlı malzemeler, çaplarına göre kesilir. Malzemeler kesilirken soğutma suyu kullanılır. Tesviye operatörü, parçanın alın yüzeyi boyadıktan sonra el matkabı ile deler.

Torna

Uzun kütük şeklindeki malzeme, vinç yardımı ile bir tarafı torna tezgahının aynasına, diğer tarafı puntaya gelecek şekilde bağlanır. Parça, torna tezgahında imalat resmine göre torna edilir. Torna edilen yüzeyler, zımparalanır.

Parça, torna işlemi tamamlandıktan sonra kontrol edilir ve tezgahtan sökülür.

Parçanın, imalat resmine göre, dış çapı, alın yüzeyleri, göbek faturası ile dış çap arasındaki kısımları v.b. torna edilebilir. Fabrikada, seçtiğimiz ürünlerin işlem gördüğü 3 adet torna tezgahı incelenecektir.

Isıl İşlem

Isıl işlem, katı haldeki metal veya metal alaşımlarına, kimyasal bileşimi dikkate alınarak, belirli özellikler kazandırmak amacı ile bir veya daha çok sayıda, yerine göre ard arda uygulanan ısıtma ve soğutma işlemidir.

Dişlilere uygulanan başlıca ısıl işlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a) Normalleştirme (Normalize) Tavı
- b) Sementasyon (Karbürleme)
- c) Sertleştirme
- d) Menevişleme

Normalleştirme (Normalize) Tavı

Normalleştirme tavı, tane küçültmek, homojen bir mikro yapı elde etmek ve çoğunlukla mekanik özellikleri geliştirmek amacıyla ötektoid altı çelikleri Ao_3 ve ötektoid üstü çelikleri Ao_{om} dönüşüm sıcaklıklarının yaklaşık olarak $50^{\circ}C$ üstündeki sıcaklığa kadar ısıtmak ve fırın dışında sakin havada soğutma işlemidir. Normalleştirme süresi, ocağın yükselme süresi ile dişlinin ocakta bekleme süresinin toplamından elde edilir.

Sementasyon

Sementasyon (Karbürleme), uygun bir karbon verici ortamda çeliği, genellikle dönüşüm bölgesi (Ao_1 ve Ao_3) üstündeki bir sıcaklığa ısıtmak ve bu sıcaklıkta bir süre tutarak yüzeyindeki karbon miktarını arttırmaktır. Malzeme, ya karbürlemeden sonra ani soğutulur veya sert bir yüzey ve uygun özellikli bir çekirdek elde etmek için tekrar ısı işlemine tabi tutulur. Semente edilen parçanın deformasyon kontrolü yapılır ve yüzeyleri bilya püskürtülerek temizlenir.

Sertleştirme, bir alaşımı dönüşüm bölgesinin üstünde veya içindeki bir sıcaklığa kadar ısıttıktan sonra, bu sıcaklıktan kritik soğutma hızına göre uygun bir ortamda soğutmaktır.

Menevişleme

Menevişleme, ısı işlemi ile sertleştirilmiş bir çeliği Ao_1 dönüşüm sıcaklığı altında ve yüksek olmayan sıcaklıklarda ($150- 450^{\circ}C$) ısıtarak uygun bir hızla soğutup gevrekliğini giderme işlemidir.

Yukarda belirtilen dört işlem, ısıl işlem kapsamında ele alınacaktır.

Isıl işlemde farklı ocaklar bulunmakla birlikte; ocağın potası değiştirilerek farklı parçalar aynı ocakta işlem görebilmektedirler. Uygulamada, seçilen parçaların işlem gördüğü iki ocak ele alınmıştır.

Diş Açma

Parça, ısıl işlemden sonra tekrar torna tezgahına gittikten sonra veya tornaya gitmeden önce diş açma tezgahına gelir. Diş açma tezgahına bağlanan parçanın resim ölçülerindeki karakteristiklerine göre dişleri taş paylı olarak açılır ve kontrol edilir. Seçilen ürünlerin işlem gördüğü diş açma tezgahı da iki adettir.

Taşlama

Parçalar, diş açma işleminden sonra tekrar ısıl işleme gider. Isıl işlemden sonra parça, resim ölçülerine uygun olarak konik ve/veya modül taşlama tezgahlarına gelerek taşlanır.

İşlemleri biten dişliler, çatlak kontrolünden geçerler. Çatlak veya bozuk olan dişliler kal edilir. Daha sonra parçaların diş araları ve alın yüzeyleri temizlenerek, koruma yağıyla yağlanıp, hava, su ve zedelenmelerden korunacak şekilde stok sahasına alınır.

Modeldeki Hedeflerin ve Önceliklerin Belirlenmesi

İşletmeden elde edilen verilerden yararlanılarak modeldeki hedefler aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- 1) İşletmenin aylık karının en az 500000 pb olması
- 2) Aylık en az 68 adet dişlinin sevk edilmesi
- 3) Ürünlerin her bir torna tezgahında geçen sürelerinin torna tezgahlarının aylık elverişli süresini aşmaması
- 4) Ürünlerin her bir ısıtma işlemde geçen sürelerinin ısıtma işleminin aylık elverişli süresini aşmaması
- 5) Ürünlerin her bir diş açma tezgahında geçen sürelerinin diş açma tezgahlarının aylık elverişli süresini aşmaması
- 6) Her bir ürün grubunun aylık talep değerlerinin karşılanması
- 7) Ürünlerin her bir taşlama tezgahında geçen sürelerinin taşlama tezgahlarının aylık elverişli süresini aşmaması
- 8) Dişlilerden aylık zayıt toplamının 3'ü aşmaması

Karar Modelinin Kurulması

Model kurulmadan önce aşağıdaki varsayımlarda bulunulmuştur:

- 1) Aylık çalışma zamanı 25 gün olarak varsayılmıştır.
- 2) Malzemenin temini konusunda herhangi bir problem bulunmadığı varsayılmıştır.
- 3) Malzemenin taşınmasıyla ilgili herhangi bir kısıtlayıcı bulunmamaktadır.
- 4) Tüm ısıtma ve soğutma işlemleri ısıtma işlemi adı altında toplanmıştır.
- 5) Fabrikasının seri üretim yaptığı varsayılmaktadır.
- 6) Yağ pompa dişlisinin diş açma tezgahı ile ilgili herhangi bir kısıt bulunmamaktadır.

Modelin Formülasyonu

Karar modelinin bileşenleri olan amaç fonksiyonu, karar değişkenleri ve kısıtlayıcılar belirlenmiştir.

Karar Değişkenleri: Fabrikada üretilen dişli türü, çok fazla olup; içlerinden pinyon dişliler, iç dişliler, yağ pompa dişlileri ve erkek dişliler rassal olarak seçilmiştir. Pinyon dişliler diş sayılarına göre üç gruba (pinyon dişlilerin bazı türleri alınmamıştır), iç dişliler iki gruba, yağ pompa dişlileri de uzun ve kısa olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Dişlilerin adet olarak üretim miktarları, karar değişkenleri olarak alınmıştır.

X_{jklm} : j. pinyon dişliden, k. tornada, l. ısıl işlemde, m. inci taşlamada üretilecek miktar.

j: 1(14 dişli pinyon),2(16 dişli pinyon),3(18 dişli pinyon)

k: 1,2,3,4

l:1,2

m: 1,2,3

Y_{jklm} : j. İç dişliden, k. Tornada, l. Isıl işlemde, m. taşlamada üretilecek miktar.

j: 1,2

k: 1,4

l: 1,2

m: 1

Z_{jklm} : j. yağ pompası dişlisinden, k. Tornada, l ısıl işlemde, m. taşlamada üretilecek miktar.

j: 1,2

k: 2,3 ,4

l: 1,2

m:2,3

V_{jklm} : j. erkek dişliden, k. Tornada, l ısıl işlemde, m. taşlamada üretilecek miktar.

j: 1,2

k: 4

l: 1,2

m:1,2

Amaç: Önceliklerine göre sıralanan hedeflerden sapmaların enküçüklenmesi ve hedeflere gerçekleştirilebilecek en iyi erişimin sağlanması

$$\begin{aligned} \text{Min}z = & P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 (d_3^+ + d_4^+ + d_5^+ + d_6^+) + P_4 (d_7^+ + d_8^+) + P_5 (d_9^+ + d_{10}^+) \\ & + P_6 (d_{11}^- + d_{12}^- + d_{13}^- + d_{14}^- + d_{15}^- + d_{16}^- + d_{17}^- + d_{18}^- + d_{19}^-) + P_7 (d_{20}^+ + d_{21}^+ + d_{22}^+) + P_8 (d_{23}^+) \end{aligned}$$

Parametreler: Parçaların tezgahlardaki birim işlem süreleri, tezgahların kapasiteleri, parçaların talep miktarı, parçaların birim karları ve zayıyat oranları parametreler olarak alınmıştır.

Modelin kısıtlayıcıları, işletmeden alınan veriler doğrultusunda aşağıda sıralanmıştır.

1. İşletmenin seçilen ürünlerden elde ettiği aylık kar, en az 500000 pb (pb:para birimi)olmalıdır. Seçilen her bir dişli türüne ilişkin birim karlar, işletmenin vermiş olduğu yaklaşık değerlerdir.

$$\begin{aligned} & 333.8 [x_{1111} + x_{1112} + x_{1113} + x_{1121} + x_{1122} + x_{1123} + x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1221} \\ & + x_{1222} + x_{1223} + x_{1311} + x_{1312} + x_{1313} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323} + x_{1411} + x_{1412} + x_{1413} + x_{1421} \\ & + x_{1422} + x_{1423}] + 430.4 [x_{2111} + x_{2112} + x_{2113} + x_{2121} + x_{2122} + x_{2123} + x_{2211} + x_{2212} \\ & + x_{2213} + x_{2221} + x_{2222} + x_{2223} + x_{2311} + x_{2312} + x_{2313} + x_{2321} + x_{2322} + x_{2323}] \\ & + 618.8 [x_{3111} + x_{3112} + x_{3113} + x_{3121} + x_{3122} + x_{3123} + x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} + x_{3221} \\ & + x_{3222} + x_{3223} + x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323} + x_{3411} + x_{3412} + x_{3413} + x_{3421} \\ & + x_{3422} + x_{3423}] + 492.6 [y_{1111} + y_{1121} + y_{1411} + y_{1421}] + 462.6 + [y_{2111} + y_{2121} \\ & + y_{2411} + y_{2421}] + 276.8 [z_{1212} + z_{1213} + z_{1222} + z_{1223} + z_{1312} + z_{1313} + z_{1322} + z_{1323} \\ & + z_{1412} + z_{1413} + z_{1422} + z_{1423}] + 267108 [z_{2212} + z_{2213} + z_{2222} + z_{2223} + z_{2312} + z_{2313} \\ & + z_{2322} + z_{2323} + z_{2412} + z_{2413} + z_{2422} + z_{2423}] + 312.8 [v_{1411} + v_{1412} + v_{1421} + v_{1422}] \\ & + 232.6 [v_{2411} + v_{2412} + v_{2421} + v_{2422}] - d_1^+ + d_1^- = 500000 \end{aligned}$$

2. İşletme, seçilen dişlilerden aylık en az toplam 68 adet sevk edecektir. Oransal olarak belirtilirse, pinyon dişlilerin aylık % 70'i, iç dişlilerin % 60'ı, yağ pompa dişlilerinin % 50'si ve erkek dişlilerin % 80'i sevk edilecektir.

$$\begin{aligned}
& 0.7 (x_{1111} + x_{1112} + x_{1113} + x_{1121} + x_{1122} + x_{1123} + x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1221} + x_{1222} + x_{1223} \\
& + x_{1311} + x_{1312} + x_{1313} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323} + x_{1411} + x_{1412} + x_{1413} + x_{1421} + x_{1422} + x_{1423} + x_{2111} \\
& + x_{2112} + x_{2113} + x_{2121} + x_{2122} + x_{2123} + x_{2211} + x_{2212} + x_{2213} + x_{2221} + x_{2222} + x_{2223} + x_{2311} + x_{2312} \\
& + x_{2313} + x_{2321} + x_{2322} + x_{2323} + x_{3111} + x_{3112} + x_{3113} + x_{3121} + x_{3122} + x_{3123} + x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} \\
& + x_{3221} + x_{3222} + x_{3223} + x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323} + x_{3411} + x_{3412} + x_{3413} + x_{3421} \\
& + x_{3422} + x_{3423} + 0.6(y_{1111} + y_{1121} + y_{1411} + y_{1421} + y_{2111} + y_{2121} + y_{2411} + y_{2421}) + 0.5(z_{1212} + z_{1213} \\
& + z_{1222} + z_{1223} + z_{1312} + z_{1313} + z_{1322} + z_{1323} + z_{1412} + z_{1413} + z_{1422} + z_{1423} + z_{2212} + z_{2213} + z_{2222} \\
& + z_{2223} + z_{2312} + z_{2313} + z_{2322} + z_{2323} + z_{2412} + z_{2413} + z_{2422} + z_{2423}) + 0.8(v_{1411} + v_{1412} + v_{1421} + v_{1422} \\
& + v_{2411} + v_{2412} + v_{2421} + v_{2422}) - d_2^+ + d_2^- = 68
\end{aligned}$$

3. Dişlilerin aylık olarak torna tezgahlarında kalma süresi, torna tezgahlarının aylık elverişli süresini aşamaz.

$$\begin{aligned}
& 42 (x_{1111} + x_{1112} + x_{1113} + x_{1121} + x_{1122} + x_{1123}) + 78 (x_{2111} + x_{2112} + x_{2113} + x_{2121} + \\
& x_{2122} + x_{2123}) + 42 (x_{3111} + x_{3112} + x_{3113} + x_{3121} + x_{3122} + x_{3123}) + 600 (y_{1111} + y_{1121} \\
& + y_{2111} + y_{2121}) - d_3^+ + d_3^- = 26160
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 216 (x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1221} + x_{1222} + x_{1223}) + 232 (x_{2211} + x_{2212} + x_{2213} + x_{2221} + x_{2222} \\
& + x_{2223}) + 240 (x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} + x_{3221} + x_{3222} + x_{3223}) + 180 (z_{1212} + z_{1213} + z_{1222} + z_{1223} \\
& + z_{2212} + z_{2213} + z_{2222} + z_{2223}) - d_4^+ + d_4^- = 13080
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 216 (x_{1311} + x_{1312} + x_{1313} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323}) + 232 (x_{2311} + x_{2312} + x_{2313} + x_{2321} + x_{2322} \\
& + x_{2323}) + 240 (x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323}) + 180 (z_{1312} + z_{1313} + z_{1322} + z_{1323} \\
& + z_{2312} + z_{2313} + z_{2322} + z_{2323}) - d_5^+ + d_5^- = 13080
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 216(x_{1411} + x_{1412} + x_{1413} + x_{1421} + x_{1422} + x_{1423}) + 240(x_{3411} + x_{3412} + x_{3413} + x_{3421} + x_{3422} \\
& + x_{3423}) + 600(y_{1411} + y_{142} + y_{2411} + y_{2421}) + 180(z_{1412} + z_{1413} + z_{1422} + z_{1423} + z_{2412} + z_{2413} \\
& + z_{2422} + z_{2423}) + 30(v_{1411} + v_{1412} + v_{1421} + v_{1422}) + 24(x_{2411} + x_{2412} + x_{2421} + x_{2422}) \\
& - d_6^+ + d_6^- = 13200
\end{aligned}$$

4. Dişlilerin aylık olarak her bir ısıl işlemde kalma süresi, ısıl işlemin aylık elverişli süresini aşamaz.

$$\begin{aligned}
& 180(x_{1111} + x_{1112} + x_{1113} + x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1311} + x_{1312} + x_{1313} + x_{1411} + x_{1412} + x_{1413}) \\
& + 180(x_{2111} + x_{2112} + x_{2113} + x_{2211} + x_{2212} + x_{2213} + x_{2311} + x_{2312} + x_{2313}) + 300(x_{3111} + x_{3112} \\
& + x_{3113} + x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} + x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3411} + x_{3412} + x_{3413}) + 240(y_{1111} + y_{1411} \\
& + y_{2111} + y_{2411}) + 60(z_{1212} + z_{1213} + z_{1312} + z_{1313} + z_{1412} + z_{1413} + z_{2212} + z_{2213} + z_{2312} + z_{2313} \\
& + z_{2412} + z_{2413}) + 120(v_{1411} + v_{1412} + v_{2411} + v_{2412}) - d_7^+ + d_7^- = 34920
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 180(x_{1121} + x_{1122} + x_{1123} + x_{1221} + x_{1222} + x_{1223} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323} + x_{1421} + x_{1422} \\
& + x_{1423}) + 180(x_{2121} + x_{2122} + x_{2123} + x_{2221} + x_{2222} + x_{2223} + x_{2321} + x_{2322} + x_{2323}) \\
& + 300(x_{3121} + x_{3122} + x_{3123} + x_{3221} + x_{3222} + x_{3223} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323} + x_{3421} + x_{3422} + x_{3423}) \\
& + 240(y_{1121} + y_{1421} + y_{2121} + y_{2421}) + 60(z_{1222} + z_{1223} + z_{1322} + z_{1323} + z_{1422} + z_{1423} + z_{2222} \\
& + z_{2223} + z_{2322} + z_{2323} + z_{2422} + z_{2423}) + 120(v_{1421} + v_{1422} + v_{2421} + v_{2422}) - d_8^+ + d_8^- \\
& = 35280
\end{aligned}$$

5. Dişlilerin aylık olarak her bir diş açma tezgahında kalma süresi, diş açma tezgahlarının aylık elverişli süresini aşamaz.

$$\begin{aligned}
& 180(x_{1111} + x_{1112} + x_{1113} + x_{1121} + x_{1122} + x_{1123} + x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1221} + x_{1222} + x_{1223} + x_{1311} \\
& + x_{1321} + x_{1313} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323} + x_{1411} + x_{1412} + x_{1413} + x_{1421} + x_{1422} + x_{1423}) + \\
& 180(x_{2111} + x_{2112} + x_{2113} + x_{2121} + x_{2122} + x_{2123} + x_{2211} + x_{2212} + x_{2213} + x_{2221} + x_{2222} + x_{2223} \\
& + x_{2311} + x_{2312} + x_{2313} + x_{2321} + x_{2322} + x_{2323}) + 240(x_{3111} + x_{3112} + x_{3113} + x_{3121} + x_{3122} + x_{3123} \\
& + x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} + x_{3221} + x_{3222} + x_{3223} + x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323} + x_{3411} \\
& + x_{3412} + x_{3413} + x_{3421} + x_{3422} + x_{3423}) + 180(z_{1212} + z_{1213} + z_{1222} + z_{1223} + z_{1312} + z_{1313} + z_{1322} \\
& + z_{1323} + z_{1412} + z_{1413} + z_{1422} + z_{1423} + z_{2212} + z_{2213} + z_{2222} + z_{2223} + z_{2312} + z_{2313} + z_{2322} \\
& + z_{2323} + z_{2412} + z_{2413} + z_{2422} + z_{2423}) - d_9^+ + d_9^- = 26700
\end{aligned}$$

$$240(v_{1411} + v_{1412} + v_{1421} + v_{4122} + v_{2411} + v_{2412} + v_{2421} + v_{2422}) - d_{10}^+ + d_{10}^- = 13200$$

6. 14 dişli pinyon dişliden aylık en az 5 adet, 16 diş pinyon dişliden aylık en az 40 adet, 18 dişli pinyon dişliden aylık en az 5 adet üretilmektedir. 1.iç dişliden ve 2. İç dişliden aylık en az 3'er adet üretilmelidir. Yağ pompa dişlilerinden aylık en az 15'er adet üretilmelidir.

$$\begin{aligned}
& x_{1111} + x_{1112} + x_{1113} + x_{1121} + x_{1122} + x_{1123} + x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1221} + x_{1222} + x_{1223} \\
& + x_{1311} + x_{1312} + x_{1313} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323} + x_{1411} + x_{1412} + x_{1413} + x_{1421} + x_{1422} + x_{1423} \\
& - d_{11}^+ + d_{11}^- = 5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& x_{2111} + x_{2112} + x_{2113} + x_{2121} + x_{2122} + x_{2123} + x_{2211} + x_{2212} + x_{2213} + x_{2221} + x_{2222} + x_{2223} + x_{2311} \\
& + x_{2312} + x_{2313} + x_{2321} + x_{2322} + x_{2323} - d_{12}^+ + d_{12}^- = 45
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& x_{3111} + x_{3112} + x_{3113} + x_{3121} + x_{3122} + x_{3123} + x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} + x_{3221} + x_{3222} + x_{3223} \\
& + x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323} + x_{3411} + x_{3412} + x_{3413} + x_{3421} + x_{3422} + x_{3423} \\
& - d_{13}^+ + d_{13}^- = 5
\end{aligned}$$

$$y_{1111} + y_{1121} + y_{1411} + y_{1421} - d_{14}^+ + d_{14}^- = 3$$

$$y_{2111} + y_{2121} + y_{2411} + y_{2421} - d_{15}^+ + d_{15}^- = 3$$

$$z_{1212} + z_{1213} + z_{1222} + z_{1223} + z_{1312} + z_{1313} + z_{1322} + z_{1323} + z_{1412} + z_{1413} + z_{1422} + z_{1423} - d_{16}^+ + d_{16}^- = 15$$

$$z_{2212} + z_{2213} + z_{2222} + z_{2223} + z_{2312} + z_{2313} + z_{2322} + z_{2323} + z_{2412} + z_{2413} + z_{2422} + z_{2423} - d_{17}^+ + d_{17}^- = 15$$

$$v_{1411} + v_{1412} + v_{1421} + v_{1422} - d_{18}^+ + d_{18}^- = 3$$

$$v_{2411} + v_{2412} + v_{2421} + v_{2422} - d_{19}^+ + d_{19}^- = 3$$

7. Dişlilerin aylık olarak her bir taşlama tezgahında kalma süresi, taşlama tezgahlarının aylık elverişli süresini aşamaz

$$540 (x_{1111} + x_{1121} + x_{1211} + x_{1221} + x_{1311} + x_{1321} + x_{1411} + x_{1421}) + 480 (x_{2111} + x_{2121} + x_{2211} + x_{2221} + x_{2311} + x_{2321}) + 660 (x_{3111} + x_{3121} + x_{3211} + x_{3221} + x_{3311} + x_{3321} + x_{3411} + x_{3421}) + 240 (y_{1111} + y_{1121} + y_{1411} + y_{1421} + y_{2111} + y_{2121} + y_{2411} + y_{2421}) + 240 (v_{1411} + v_{1421} + v_{2411} + v_{2421}) - d_{20}^+ + d_{20}^- = 26460$$

$$540(x_{1112} + x_{1122} + x_{1212} + x_{1222} + x_{1312} + x_{1322} + x_{1412} + x_{1422}) + 480(x_{2112} + x_{2122} + x_{2212} + x_{2222} + x_{2312} + x_{2322}) + 660 (x_{3112} + x_{3122} + x_{3212} + x_{3222} + x_{3312} + x_{3322} + x_{3412} + x_{3422}) + 180(z_{1212} + z_{1222} + z_{1312} + z_{1322} + z_{1412} + z_{1422} + z_{2212} + z_{2222} + z_{2312} + z_{2322} + z_{2412} + z_{2422}) + 240(v_{1412} + v_{1422} + v_{2412} + v_{2422}) - d_{21}^+ + d_{21}^- = 25920$$

$$540 (x_{1113} + x_{1123} + x_{1213} + x_{1223} + x_{1313} + x_{1323} + x_{1413} + x_{1423}) + 480 (x_{2113} + x_{2123} + x_{2213} + x_{2223} + x_{2313} + x_{2323}) + 660 (x_{3113} + x_{3123} + x_{3213} + x_{3223} + x_{3313} + x_{3323} + x_{3413} + x_{3423}) + 180 (z_{1213} + z_{1223} + z_{1313} + z_{1323} + z_{1413} + z_{1423} + z_{2213} + z_{2223} + z_{2313} + z_{2323} + z_{2413} + z_{2423}) - d_{22}^+ + d_{22}^- = 26700$$

8. Pinyon dişlilerde aylık % 3, iç dişlilerde % 1, yağ pompa dişlilerinde % 2 ve erkek dişlilerde % 1 oranında zayıt söz konusu olup; dişlilerden aylık zayıt toplamı 3'ü aşamaz.

$$\begin{aligned}
& 0,03 (x_{1111} + x_{1112} + x_{1113} + x_{1121} + x_{1122} + x_{1123} + x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1221} + x_{1222} + x_{1223} \\
& + x_{1311} + x_{1312} + x_{1313} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323} + x_{1411} + x_{1412} + x_{1413} + x_{1421} + x_{1422} + x_{1423} + x_{2111} \\
& + x_{2112} + x_{2113} + x_{2121} + x_{2122} + x_{2123} + x_{2211} + x_{2212} + x_{2213} + x_{2221} + x_{2222} + x_{2223} + x_{2311} + x_{2312} \\
& + x_{2313} + x_{2321} + x_{2322} + x_{2323} + x_{3111} + x_{3112} + x_{3113} + x_{3121} + x_{3122} + x_{3123} + x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} \\
& + x_{3221} + x_{3222} + x_{3223} + x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323} + x_{3411} + x_{3412} + x_{3413} + x_{3421} \\
& + x_{3422} + x_{3423}) + 0,01 (y_{1111} + y_{1121} + y_{1411} + y_{1421} + y_{2111} + y_{2121} + y_{2411} + y_{2421}) + 0,02 (z_{1212} \\
& + z_{1213} + z_{1222} + z_{1223} + z_{1312} + z_{1313} + z_{1322} + z_{1323} + z_{1412} + z_{1413} + z_{1422} + z_{1423} + z_{2212} \\
& + z_{2213} + z_{2222} + z_{2223} + z_{2312} + z_{2313} + z_{2322} + z_{2323} + z_{2412} + z_{2413} + z_{2422} + z_{2423}) \\
& + 0,01 (v_{1411} + v_{1412} + v_{1421} + v_{1422} + v_{2411} + v_{2412} + v_{2421} + v_{2422}) - d_{23}^+ + d_{23}^- = 3
\end{aligned}$$

9. Tüm değişkenler sıfır veya pozitif olmalıdır.

$$x_{jklm}, y_{jklm}, z_{jklm}, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

Modelin Çözümü

Dişli fabrikasında seçilen dişliler ve tezgahlar için geliştirilen HP modeli, 126 karar değişkeni, 23 kısıtlayıcı ve 46 sapma değişkeni içermektedir. Model, önce QS yazılımı kullanılarak çözülmüş ve aşağıdaki sonuçlar yaklaşık olarak elde edilmiştir;

$$x_{1222} = 60.555$$

$$x_{2322} = 0.7543$$

$$x_{2323} = 55.625$$

$$x_{3112} = 107.037$$

$$x_{3122} = 515.819$$

$$y_{2411} = 11.7032$$

$$v_{1421} = 205.935$$

Yukarıdaki sonuçlara göre x_1 ürününden toplam 60.555 adet, x_2 ürününden toplam 56.3793 adet, x_3 ürününden toplam 622.856 adet, y_2 ürününden toplam 11.7032 adet, v_1 ürününden toplam 205.935 adet, v_2 ürününden toplam 3 adet üretilecektir. QS yazılımı ile elde edilen çözümlerde ilk üç hedefe ulaşılmış, diğerlerine yaklaşılmaya çalışılmıştır, ancak bu çözümde

tamsayı olma koşulu sağlanamamıştır. Model, daha sonra WINQSB yazılımı ile çözülmüştür. Çözüm sonuçları aşağıda verilmiştir;

$$\begin{array}{rclclcl}
 x_{1113} = 3 & x_{2111} = 2 & d_3^- = 22548 & d_{21}^- = 3540 & & \\
 x_{1211} = 19 & x_{2112} = 26 & d_4^- = 3612 & d_{22}^- = 660 & d_{15}^- = 2 & \\
 x_{1222} = 14 & x_{3113} = 1 & d_5^- = 6600 & d_{10}^- = 12480 & d_{16}^- = 15 & \\
 x_{1321} = 24 & y_{2111} = 3 & d_6^- = 4470 & d_{11}^+ = 101 & d_{17}^- = 3 & \\
 x_{1323} = 6 & z_{1212} = 13 & d_7^- = 23400 & d_{12}^- = 17 & d_2^+ = 372 & \\
 x_{1411} = 2 & v_{1411} = 3 & d_8^- = 20520 & d_{13}^- = 4 & d_{23}^+ = 1,37 & \\
 x_{1423} = 38 & d_1^+ = 40674 & d_{20}^+ = 240 & d_{14}^- = 3 & &
 \end{array}$$

Yukarıdaki sonuçlara göre x_1 ürününden toplam 106 adet, x_2 ürününden 28 adet, x_3 ürününden 1 adet, y_2 ürününden 3 adet, z_1 ürününden 13 adet ve v_1 ürününden ise 3 adet üretilecektir. Sapma değişkenlerinin aldığı değerler, tezgahların aylık elverişli sürelerini aşmadığı için üretimde herhangi bir sıkıntı yaşanması söz konusu değildir. WINQSB yazılımı, HP modelini Değiştirilmiş Simpleks tekniği ile çözdükten sonra, dal ve sınır tekniği ile ilgili değişkenlerin(modelimizde tüm karar değişkenleri) tamsayı olma koşulunu gerçekleştirir. WINQSB ile çözüm sonucunda, modeldeki ilk beş hedefe tamamen ulaşılmış, diğerlerine ise oldukça yaklaşmıştır. QS yazılımında 109 yineleme ile üç hedefe tamamen ulaşılmasına karşılık, WINQSB yazılımında 25 yineleme ile beş hedefe tamamen ulaşılmıştır.

SONUÇ

Bir dişli işletmesinde, işletmeden alınan veriler doğrultusunda bir tamsayılı hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Model, QS ve WINQSB yazılımları ile çözümlenerek çözüm sonuçları karşılaştırılmıştır. WINQSB yazılımı ile elde edilen çözümde karar değişkenleri tamsayı değerler almıştır; beş hedefe ulaşılmış, kalan üç hedefe ise oldukça yaklaşmıştır. Karar verici, hedeflerin önceliklerini değiştirerek, ya da ileride farklı hedefler eklenmesi durumunda ortaya çıkabilecek yeni problemlere çözümler bulabilecektir.

KAYNAKÇA

- Arthur, J.L , Ravindran, A.(1980).”**Branch and Bound Algorithm With Constraint Partitioning For Integer Goal Programming Problems**”, European Journal of Operational Research, v4,n6,Jun, 421-425.
- Ballester E., Romero, C.(1996).”**Dynamic Choices in Economics: A Compromise Approach**”, Multi-Objective Programming and Goal Programming:theories and applications, Springer-Verlag, Germany, 11-24.
- Belton V., Stewart T.J.(2002). **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach**, Kluwer Academic Publishers,USA, 209-232.
- Caballero R., Ruiz F., Steuer R.E.(1997). **Advances in Multiple Objective and Goal Programming:Proceedings of the second International Conference on Multi-Objective Programming and Goal Programming**, Torremolinos, Spain, May 16-18, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Chinneck J.W., Michalowski W.(1996).”**MOLP Formulation Assistance Using LP Infeasibility Analysis**”, Multi-Objective Programming and Goal Programming:theories and applications, Springer-Verlag, Germany, 87-106.
- Evren R., Ülengin F.(1992). Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İTÜ Yayınları, Sayı:1490, İstanbul.
- Foued B.A., Sameh M.(2001).”**Application of goal programming in a multi-objective reservoir operation model in Tunisia**”, European Journal of Operational Research 133, 352-361.
- Ghosh, D., Sharma D.K., Mattison, D.M.(2005).” **Goal programming formulation in nutrient management for rice production in West Bengal**”, International Journal of Production Economics 95, 1-7.
- Hillier F.S., Lieberman G.J.(1995). Introduction to Operations Research, McGraw-Hill,Inc.,Singapore.
- Ignizio, J.(1976). **Goal Programming and Extensions**, D.C. Health and Company, Lexington.
- Ignizio, J.(1985). **Introduction to Goal Programming**, Sage Publications Inc., USA.
- Kettoni O.,Belaid A., Martel J.(2004).”**The double role of the weight factor in the goal programming model**”, Computers&Operations Research 31, Elsevier, 1833-1845.
- B. Al-Kloub, T. T. Al-Shemmeri, A.D. Pearman, J.P.Brans, B. Mareschal (1996). “**Application of Multicriteria Analysis to Ranking and Evaluation of Water Development Projects(The Case of Jordan)**”, Multi-

Objective Programming and Goal Programming, Springer-Verlag, Germany, 25-40.

Kuruüzüm O.(1989).”**Proses Endüstrisinde Proses Kontrolü Problemine Hedef Programlama ;İle Yaklaşım ve Alternatif Bir HP Algoritması ÖnerisininBir Uygulama Üzerinde Değerlendirilmesi**”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İ.T.Ü.

Lee Sang M., Richard L.Morris,(1977). “**Integer Goal programming methods**”, TIMS Studies in the Management Sciences 6, 273-289.

Markland R. E., Sweigart J.R.(1987).**Quantitative Methods: Applications to Managerial Decision Making**, John Wiley&Sons, Inc., Canada, 314-327.

Oliveira F., Volpi M.P., Sanquetta C.R.(2003).”**Goal programming in a planning problem**”, Applied Mathematics and Computation 140, 165-178.

Saad Omar M., Walied H. Sharif, (2004). “**Stability set for integer linear goal programming**”, Applied Mathematics and Computation 153, 743-750.

Öztürk A.(2004).Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.

Schniederjans M.J.(1984). **Linear Goal Programming**, Petrocelli Boks,Inc., USA.

Tamiz M., Mirrazavi S.K., Jones D.F.(1999).”**Extensions of Pareto efficiency analysis to Integer Goal Programming**”, Omega, The International Journal of Management Science 27, 179-188.

Tamiz M., Jones D.F. (1996).”**An Overview of Current Solution Methods and Modelling Practices İn Goal Programming**”, Multi-Objective Programming and Goal Programming:theories and applications, Springer-Verlag, Germany, 198-211.

Thizy J.(1996).”**Projective and Symbolic Degeneracy Reducing Techniques for Multiple Objective Linear Programming**”, Multi-Objective Programming and Goal Programming:theories and applications, Springer-Verlag, Germany, 116-127.

Zeleny M. (1982). **Multiple Criteria Decision Making**, McGraw-Hill Book Company, New York.

Zionts S(1989).”**Multiple Criteria Mathematical Programming:An Updated Overview And Several Approaches**”, Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers,(ed: Birsen Karpak), Springer-Verlag, Berlin.