

## ARAŞTIRMA MAKALESİ

## Kalite Uygulamaları Dikkate Alınarak Gerçekleştirilen Üretim Planlama Programının Çok Amaçlı Programlama Yöntemleri ile Belirlenmesi

### Production Planning Program In The Face Of Quality Applications Determined By Multi Objective Programming

Makale Gönderim Tarihi: 12.12.2019

Makale Kabul Tarihi: 14.03.2019

Berna NAYİR<sup>7</sup>Selçuk ALP<sup>8</sup>

ORCID: 0000-0002-6545-4287

**Özet:** İşletmeler tek bir amaç yerine birden çok amacı aynı anda en iyilemek zorunda kalmaktadır. Çok Amaçlı programlama algoritmaları karar vericiden hedeflerini belirlemesini ve bütün hedeflerini önem derecesine göre sıralamasını istemektedir. Algoritma öncelik faktörlerini kullanarak önem derecesine göre sıralanmış olan hedeflere en önemliden başlamak üzere ulaşılmaya çalışılmakta ve önemli hedefe mümkün olan en iyi düzeyde ulaşıldıktan sonra bir sonraki hedefi karşılamaya çalışılmaktadır. Hedef programlama ile hedeflere verilen kısıtlar altında ulaşılmaya çalışılmakta ve hedeflerden olası en az sapma başarılmaya çalışılmaktadır. Ancak hedeflerin belirsiz olduğu durumlarda hedef programlamanın yerine esneklik sağlayan bulanık hedef programlama kullanılmaktadır. Bu çalışmada kalite koşulları dikkate alınarak yapılan üretim planlama problemi, çok amaçlı karar verme, hedef programlama ve bulanık hedef programlama yöntemleri ile çözülerek sonuçları karşılaştırılmıştır. Bulanık hedef programlama yönteminde en uygun üyelik fonksiyonunun belirlenebilmesi amacı ile üçgen üyelik fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı kullanılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çok Amaçlı Programlama, Üretim Planlama, Kalite Kontrol.

**Abstract:** Firms have to optimize many objectives at the same time, instead of just one objective. Multi Objective programming algorithms requires decision makers to set goals and put them in order, in accordance with importance level. Then, it tries to reach these goals by starting with the most important one. After that, the algorithm tries to realize the next goal. By goal programming, objectives are tried to be achieved under given constraints. In other words, the minimum possible deviation from the objectives is tried to be succeeded. However, in cases where the goals are uncertain fuzzy goal programming is used instead of goal programming which is providing flexibility. In this study planning program in the face of quality applications was solved by using multi-objective techniques, goal programming and fuzzy goal programming methods and the results of them were compared. For fuzzy goal programming method determining the most appropriate membership function, approachment of Yang, Ignizio and Kim method for fuzzy programming with triangular membership functions were used.

**Key words:** Multi Objective Programming, Production Planning, Quality Control.

<sup>7</sup> Lisans Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, bernanayir.bn@gmail.com

<sup>8</sup> Doç.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, alp@yildiz.edu.tr

## Giriş

Üretim faaliyetleri birçok değişkenin etkilediği faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin işletme amaçlarına uygun bir şekilde yerine getirilebilmesi için etkin bir planlamanın yapılması gereklidir (Kobu, 2014). Üretim planı, belirli zaman aralıklarındaki üretim çeşit ve miktarının, plana uygun yürümesini kontrol edecek araç ve yöntemleri, tüm fabrikayı kapsayan iş yükü dağıtım düzenini belirleyen; işçisinden en üst yöneticisine kadar fabrikanın tüm çalışanlarına yol gösteren önemli bir araçtır (Kobu, 2014). Üretim planlama, işletmenin faaliyetlerini kararlı bir şekilde sürdürerek çalışanlarına ve içinde bulunduğu topluma karşı sorumluluklarını yerine getirmek, tüketici talebini karşılamak, atıl kapasite oluşmasını önlemek ve toplam maliyeti minimize etmek gibi işletme amaçlarını gerçekleştirmeye yönelik bir araç olarak da tanımlanabilir (Üreten, 1998).

Üretim planlama temelinde, kapasite ile talebin dengelenmesi yatmaktadır. Planlama etkinliğinin olduğu bir ortamda kontrol faaliyeti de bulunmalıdır. Bu sebeple, üretim işletmelerinde planlama faaliyetleri, üretim planlama ve kontrol olarak ele alınmaktadır. Kontrolün en önemli işlevi, üretim planlarından sapmaların belirlenmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılabilmesi için geri iletiminin sağlanmasıdır (Acar, 1985). Kalite kontrol ise bir ürünün ya da hizmetin kullanıma uygunluğunu sağlamak için yapılan faaliyetlerin planlamasıdır (Juran ve Godfrey, 1998). Kalite kontrol, tüketicilerin gereksinimlerini karşılayan kaliteli mal ya da hizmetleri ekonomik olarak üreten bir üretim yöntemleri sistemidir (Ishikawa, 1997). Kalite konusunda meydana gelen gelişmeler ışığında plan, ilke ve hedefleri belirlemede ve yönlendirme kontrol faaliyetini aşmış ve bir yönetim niteliğine kavuşmuştur. Bu çerçevede kalite yönetimi, müşteri gereksinimlerini en ekonomik şekilde karşılamak için üretimin belirli kalite standartlarına göre yapılarak ürün kalitesinin devamlılığını sağlama işlemidir (Tekin, 1996).

Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (ÇADP) problemleri, iki ya da daha fazla amaç fonksiyonu bulunan optimizasyon problemleridir. ÇADP problemleri maksimizasyon ve minimize edilebilir problemlerini aynı anda içerebilirler (Umurosman ve Türkmen, 2014). Hedef Programlama (HP), birden çok amaçın bulunduğu Doğrusal Programlama (DP) problemlerinin çözümünde yöntemlerden biridir. Problemin HP'ye dönüştürülebilmesinde, her bir amaç için erişilmek istenen bir hedef değerinin belirlenmesi gerekir. Burada amaç, bir eylemin karar verici tarafından hangi doğrultuda gerçekleştirilmek istendiğini, hedef ise bu eylemin niceliğini ifade etmektedir. HP, hedef değerler ve gerçekleşmiş sonuçlar arasındaki sapmaları minimize ederek, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır (Lueng vd., 2001). HP işletmelerin birbirleriyle çelişen birden çok hedefleri olduğunda karar vermelerini kolaylaştıran bir tekniktir (Atlas ve Keçek, 2000). HP yönteminde karar vericiden her bir amaç için erişilmesini arzu ettiği bir hedef değer belirlemesi istenir. Bu yönetime göre tercih edilen çözüm, bu hedef değerlerden sapmaları en küçükleyen çözüm olmaktadır (Timor, 2010). HP yönteminde söz konusu hedeflerin ya da modelde kullanılan değişkenlerin değerleri kesin olarak belirlenemediği durumlarda Bulanık Hedef Programlama (BHP) yöntemi kullanılmaktadır.

Literatürde çok amaçlı programlama yöntemlerinin farklı alanlarda kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Sarıkaya vd. (2014) çalışmalarında

piyasa taleplerinin belirsiz olduğu bütünleşik bir tedarik zinciri ağındaki birden fazla ölçülemeyen amacı gerçekleştirmek için bulanık çok amaçlı bir programlama modeli önermişlerdir. Organ vd. (2013) bütünleşik üretim planlaması kapsamında firmanın kar ve maliyet hedefleri belirleyerek, üretim planlamasını BHP kullanarak gerçekleştirmiştir. Sofyaloğlu ve Öztürk (2013) çalışmalarında HP yaklaşımının tedarik zinciri ağ tasarımı kapsamında, bütçe ayrıştırması ve dağıtım planlaması faaliyetlerinde kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Bağ vd. (2012) hemşireler için nöbet çizelgeleme problemine 0-1 tamsayı HP yöntemini kullanarak bir çözüm önermişlerdir. Orhan vd. (2012) bütünleşik uçak rotalama ve bakım planı çizelgelemede HP yöntemini kullanmışlardır. Erpolat (2010) çalışmasında üretim planlama problemini HP ve BHP yöntemleri ile çözerek sonuçlarını karşılaştırılmıştır. Ayan (2010) toplam üretim planlaması problemi için BHP modeli geliştirmiştir. Ediz ve Yağdırın (2009) çalışmalarında 19–30 yaş aralığında ve orta aktivite gerektiren iş faaliyetinde çalışanlar için 15 günlük menü listesini, tamsayı HP yöntemi kullanılarak oluşturmuşlardır. Mezghani vd. (2009) toplam üretim planlaması için bir HP yaklaşımı sunmuştur. Selim vd. (2008) çalışmalarında üretim-dağıtım planlaması problemlerinde BHP'nin hem merkezi hem de merkezi olmayan tedarik zincirlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir. Torabi ve Hassini (2008) çalışmalarında çok sayıda tedarikçi, bir fabrika ve çok sayıda dağıtıcı içeren bir tedarik zincirinde dağıtım planlaması problemini çok hedefli karma tamsayı DP problemi yöntemi ile ele almıştır. Kağnıcıoğlu (2006) üretim planlaması problemi için HP ve BHP yöntemlerini karşılaştırmıştır. Bulunan sonuçlar karşılaştırılarak her iki yöntem arasındaki ilişki, incelenmiş ve yorumlanmıştır. Turanlı ve Köse (2005) HP yöntemi ile sigorta şirketlerinin performanslarını karlılık, likidite ve kapasite hedeflerini temel alarak incelemişlerdir. Ertuğrul (2005) bir tekstil firmasında işlem süresi hedefleri altında imalat planlaması için DP ve BHP yöntemlerini kullanmış ve sonuçları karşılaştırmıştır.

## **1. Matematiksel Modeller**

### **1.1. Hedef Programlama**

....

### **1.2. Hedef Programlama**

Teorik temelleri daha öncelere dayanmasına rağmen HP'nin ilk önemli uygulamaları 1970'li yıllarda gerçekleştirilmiştir (Render, Stair ve Hanna, 2012). İjiri (1965) HP yönteminin işlem adımlarını ve prensiplerini açıklayan bir çalışma yayınlamıştır. İjiri (1965) bu çalışmasıyla HP tekniğini daha kullanışlı bir hale getirmiştir. Çalışmada, problem birbiri ile ilgili alt amaçlara ayrılmıştır. Lee (1972) çalışmasında HP yönteminin matematiksel formu ve örnek uygulamaları konusunda ayrıntılı bilgilere vermiştir. Ayrıca, amaçları karşılaştırmanın mümkün olmadığı durumlarda karar vericinin bu amaçları önceliklendirebileceğini belirtmiştir. Bunun yanında değişen amaç önceliği sıralamaları ve yeni duyarlılık analizleri için yeni yöntemler önermiştir. Kornbluth (1973) ise ağırlıklandırılmış, önceliklendirilmiş, ağırlıklandırılmış kesirli ve önceliklendirilmiş kesirli amaçlar diye sınıflandırdığı dört tip amaç yapısından bahsetmiştir. Kornbluth ayrıca, karar

vericinin, çözüme kişisel tercihlerine göre etki edebilmesinin HP yönteminin diğer yöntemlere göre en önemli üstünlüğü olduğunu belirtmiştir. Mendoza (1987) ise HP modellerinin genel bir incelemesi ve açıklamalı örnekleri ile geleneksel ve yeni HP yöntemlerini incelenmiştir. Çalışmada HP yönteminin birden fazla sayıda amaç içeren karar problemlerinin çözümüne yönelik en geniş şekilde kabul gören araçlardan birisi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu yöntemle ilgili eleştiriler de tartışılmış ve bunları düzeltmeye yönelik bazı yaklaşımlar belirtilmiştir.

HP modeli, Çok Amaçlı Programlama (ÇAP) modellerinin bir türüdür. ÇAP modellerinde, birbiriyle çatışan amaçları kısıtlayıcı kümesine göre eşanlı olarak doyuran bir çözüm vektörünün belirlenmesi amaçlanır. HP modelinde ise, karar verici için tatmin edici bir çözüm belirlenmeye çalışılır. Bu nedenle, HP modelinin en optimum sonucu bulma düşüncesinden daha çok bir doyum düşüncesine dayanmaktadır (Özkan, 2003).

HP modeli ile en uygun çözümün bulunabilmesi için bazı temel varsayımların sağlanması gereklidir. Bu varsayımlar:

*Doğrusallık varsayımı:* Bu varsayım girdiler ile çıktılar arasında aynı yönlü bir ilişkinin olduğunu gösterir. Girdiler artarken ya da azalırken çıktılar da aynı oranda artar ya da azalır.

*Toplanabilirlik varsayımı:* Çeşitli faaliyetler tarafından kullanılan kaynakların toplam kullanımı ve elde edilen toplam katkı, her bir faaliyet tarafından ayrı ayrı kullanılan kaynakların toplamı ve bunların ayrı ayrı yarattıkları katkıların toplamına eşittir.

*Sınırlılık varsayımı:* Amaç, sınırlı kaynakların en uygun dağılımını sağlamaktır. Problemin çözümünde kullanılacak olan kaynaklar sonludur. Bu nedenle probleme giren kaynaklar kısıtlanır.

*Negatif olmama varsayımı:* Modeldeki tüm değişkenlerin (karar ve sapma değişkenleri) değerleri sıfır ya da sıfırdan büyük olmalıdır.

*Amaçlara öncelik verilmesi varsayımı:* Her bir amaca ya da amaç grubuna bir öncelik verilir (Alp, 2008; Ignizio, 1976).

HP’de her bir amaç, bir hedef olarak kabul edilir.  $n_i$  (negatif sapma), hedefin altında kalınması,  $p_i$  (pozitif sapma) hedefin aşılması durumunu gösterir. Amaçlara ait hedef düzeyleri dikkate alınarak belirlenen hedef değerlerinden toplam sapma, minimize edilmeye çalışılır. HP’de hedeflerin gerçekleştirilmesinde öncelikler dikkate alınır. İlk olarak birinci öncelik düzeyindeki hedefler daha sonra ikinci öncelik düzeyindeki hedefler gerçekleştirilir. Bütün hedefler tamamlanana kadar devam edilir. HP modelinde amaç fonksiyonu, karar vericinin istekleri, sınırlı kaynaklar ve kontrol değişkenleri üzerine konulan kısıtlama koşulları göz önünde bulundurularak oluşturulur (Schniederjans, 1984).

HP modeli, kısıtlayıcı kümesi ve amaç fonksiyonu şeklinde iki bölümde incelenebilir. DP modelinde yer alan kısıtlayıcılar ve amaç fonksiyonları HP modelinin kısıtlayıcı kümesini oluşturur. HP modelinde, amaç fonksiyonları için ulaşılmak istenen erişim değerlerini karar vericinin belirlemesi gerekir. Belirlenen erişim değerli amaç fonksiyonları bir eşitlik halinde kısıtlayıcı kümesine eklenir.

Belirlenen erişim değerli amaç fonksiyonları bir eşitlik halinde kısıtlayıcı kümesine eklenebilmesi için; her bir hedef fonksiyonu için sapma değişkenlerinin tanımlanması gerekir. Hedef fonksiyonlarının erişim düzeylerinden ne kadar uzaklaşıldığının ölçülmesine yarayan sapma değişkenleri, negatif ve pozitif sapma olarak ikiye ayrılır. Negatif sapma değişkeninin değerinin sıfırdan büyük olması, o hedefin belirlenen erişim düzeyinin altında bir değere ulaştığını, pozitif sapma değişkeninin sıfırdan büyük olması durumu ise; o hedef için belirlenen erişim düzeyinin aşıldığını gösterir. Pozitif ve negatif sapma değişkenlerin 0'a eşit olması o hedef için erişim düzeyine kesin olarak ulaşıldığını gösterir. Sapma değişkenlerinden aynı anda sadece birisi pozitif değer alabilir (Erdin, 2007):

Genel bir HP problemi,

$$\left. \begin{array}{l} \text{Min } \bar{a} = [P_1 h_1(n, p), P_2 h_2(n, p), \dots, P_k h_k(n, p)] \\ f_i(\bar{x}) + n_i + p_i = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ n_i, p_i \geq 0 \quad \forall i \\ \bar{x} \geq \bar{0} \end{array} \right\} \quad (1)$$

şeklinde formüle edilir. Burada,

$\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x)$  : karar değişkeni vektörü

$f_i$  :  $i$ . amaç fonksiyonu

$\bar{a}$  : Birleşik erişim fonksiyonu

$b_i$  :  $i$ . amaç fonksiyonu için karar verici tarafından belirlenmiş hedef

$n_i$  :  $i$ . hedefin negatif sapma değeri

$p_i$  :  $i$ . hedefin pozitif sapma değeri

$h_k(n, p)$  : sapma değişkenlerinin doğrusal bir fonksiyonu

$P_k$  : fonksiyonun öncelik sırası şeklinde tanımlanmıştır (Ignizio, 1976).

### 1.3. Bulanık Hedef Programlama

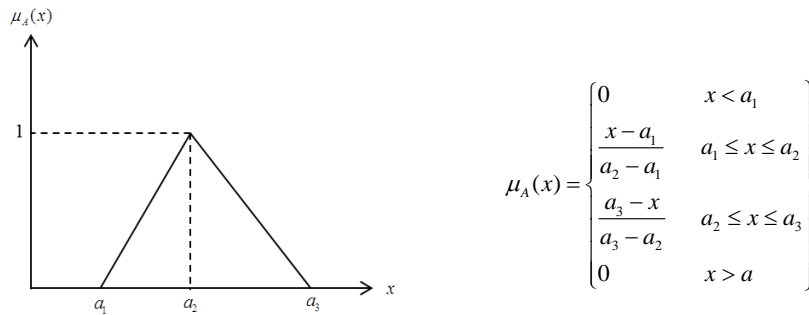
Bulanık amaç ve kısıtlara dayalı karar verme kavramı ilk kez Bellman ve Zadeh (1970)'in çalışması ile literatüre girmiştir. Daha sonra birçok araştırmacı gerçek yaşamdaki karar verme problemleri için bulanık mantık yaklaşımını kullanmışlardır. Bulanık kümelerin çok amaçlı problemlerdeki ilk olarak kullanımı ise Zeleny'nin (1973) yaptığı çalışmada gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Zeleny bulanık küme teoremini, etkin noktaların sayısını azaltmakta kullanmıştır. Neigota ve Ralesco (1977) tarafından yapılan çalışmada bulanık kısıtlara sahip bir problemin en uygun şekilde düzenlenmesi ve uygun yöntemlerle normal bir optimizasyon problemine dönüştürülebileceği üzerinde durulmuştur. Zimmermann (1978), birden fazla amaç fonksiyonuna sahip olan problemi çözmek için Bulanık DP modelini geliştirmiştir. Bulanık küme teorisi, HP modelinde ilk olarak Narasimhan (1980) tarafından kullanılmıştır. Narasimhan, bulanık hedefleri bulanık eşitlikler olarak kabul ederek, onları üçgensel üyelik fonksiyonları ile ifade etmiştir. Hannan (1981) tarafından bulanık hedeflerin simetrik üçgensel üyelik fonksiyonlarla nitelenmesi durumunda, Narasimhan yaklaşımı ile aynı sonuçları

veren bir çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Hannan çalışmasında, BHP modeli tek bir problem olarak formüle edilmiştir.

Bulanık küme teoremi gereği her bulanık küme bir alt ve üst sınıra sahip olduğundan, burada da hedef değerine bir alt ve üst sınır verilir ve bir aralık şeklinde ifade edilir (Lai ve Hwang,1996).

### 1.3.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Üçgensel üyelik fonksiyonu  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  olarak üç parametre ile tanımlanır ve  $\mu_A(x)$  üçgensel üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilir. Küme,  $A = (a_1, a_2, a_3)$  olmalıdır. Üçgensel üyelik fonksiyonlarında en az bir öğenin üyelik derecesi 1 olmalıdır. Böylece bulanık kümenin normallik özelliği gösterdiği kabul edilir. Şekil 3.1’de görülen  $a_2$  normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir (Li vd., 2004).



**Şekil 2.1.** Üçgensel Üyelik onksiyonunun Gösterimi

Üçgensel üyelik fonksiyonlarında, üyelik derecesi bir öğede 1’e eşit oluncaya kadar artar, 1’e ulaşıldıktan sonra diğer öğeler için azalır. Bu özellik bulanık kümenin konveks olduğunu göstermektedir. Bir kümedeki herhangi iki noktayı birleştiren çizgideki her nokta bu kümenin elemanı ise küme konveks bir kümedir.

Konvekslik matematiksel olarak  $\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_B(x_2))$   $\lambda \in [0,1]$  ve  $x_1, x_2 \in X$  şeklinde ifade edilir. Konveks olmayan bulanık kümelere üyelik fonksiyonu olarak kullanılamazlar (Sakawa, 1993).

### 1.3.2. Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı

Hannan (1981), bulanık programlamaya parçalı doğrusal üyelik fonksiyonlarını çözümleyebilen bir model geliştirmiştir. Bu modellemenin en önemli katkısı, karar vericilerin kişisel amaç ve beklentilerini model yapısına yansıtabilmesidir. Nakamura’ya (1984) kadar, bu interpolasyon içinde üyelik fonksiyonları sadece konkav (içbükey) olarak değerlendirilmekteydi. Önce Nakamura (1984), daha sonra Inuiguchi ve Ichihashi (1990) ve Yang vd. (1991), yarı-konkav üyelik fonksiyonları ile bulanık programlama için kendi çözüm

yöntemlerini geliştirmişlerdir. Yang, Ignizio ve Kim (1991), bir eşitliğin eşitsizlikler halinde ifadesinin mümkün olabilmesinden yola çıkarak, bulanık bir eşitliğin de iki eşitsizlik olarak ifade edilebileceği fikrini öne sürmüşlerdir. Bu durumda  $(Ax)_i \cong b_i$  olarak belirlenmiş olan bulanık hedefler ve kısıtlar eşitsizlikler ( $\leq$  ve  $\geq$  olacak şekilde iki eşitsizlik) olarak gösterilebilir. Herhangi bir eşitlik iki eşitsizlik olarak ifade edilebildiği için,  $(Ax)_i \cong b_i$  ifadesi bulanık eşitsizlikler olarak ele alınabilir. Bu durumda,

$$(Ax)_i \cong b_i, i = 1, 2, \dots, m_1 \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

eşitsizliği olarak verilen BHP problemi,

$$\left\{ \begin{array}{l} (Ax)_i \cong b_i \\ x_j \geq 0 \end{array} \right\} \equiv \left\{ \begin{array}{l} (Ax)_i \leq b_i \\ (Ax)_i \geq b_i \\ x_j \geq 0 \end{array} \right\} \quad i = 1, 2, \dots, m_1; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

şeklinde düzenlenebilir. Burada bulanık eşitsizlikleri üçgensel bir üyelik fonksiyonuna dayanarak aşağıda verilen üyelik fonksiyonları ile nitelendirilebilir.

$$(Ax)_i \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m_1) \Rightarrow \mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{eğer } (Ax)_i \geq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ; \text{eğer } b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1 & ; \text{eğer } (Ax)_i = b_i \text{ ise} \end{cases} \quad (5)$$

$$(Ax)_i \geq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m_1) \Rightarrow \mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{eğer } (Ax)_i \geq b_i - d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ; \text{eğer } b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 & ; \text{eğer } (Ax)_i = b_i \text{ ise} \end{cases} \quad (6)$$

Bulanık eşitliklerin üçgensel üyelik fonksiyonları ile nitelenmesi halinde, bir BHP bulanık bir DP problemi olarak çözülebilir. Bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik dereceli elemanı, aşağıda verilen model çözülerek belirlenebilir.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } \lambda \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \geq \lambda \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \geq \lambda \\ \lambda \in [0, 1] \\ x_j \geq 0 \end{array} \right\} \quad i = 1, 2, \dots, m_1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

## 2. Uygulama

### 2.1. Uygulamanın Amacı

Türkiye'nin otomotiv sektöründe önde gelen bir firmasından alınan bilgilerle otomotiv üretiminin planlanması ve kalite kontrol faaliyetlerinin belirlenerek üretilen araçlardaki hatalı üretimin minimize edileceği, kazancın



arttırılacağı ve hatalı üretilen araçların minimum sayıda kalmasının sağlanacağı modeller kurulmuştur. Bu uygulama sayesinde günlük olarak araç modelinden kaç adet üretilmesi gerektiği, her bir modelde kaç aracın kontrol edilmesi gerektiği ve modellerde ne kadar aracın hatalı olacağı saptanmıştır. Üretilen araç sayısının kısıtlarının değiştirilebiliyor olması modelin günlük olarak çıktı verebilmesini mümkün kılmıştır. Öğrenilmiş bilgilerle araç sayısına göre kaç adet hatalı aracın çıkacağını bilmek, ürün ve işçilik maliyetlerini daha üretim başlamadan ve hatalı araçlar bulunmadan önce bilinmesi firma için önemli kaynak oluşturmaktadır.

Bu çalışmada gerçekleştirilmesi istenilen amaçlar;

1. Üretilen ve kontrollerde hatasız bulunan araç sayısını maksimize etmek,
2. Maksimum satış gelirinе ulaşmak,
3. Hatalı çıkan araç sayısını minimum düzeyde tutmak.

## 2.2. Problem

İşletmede, Üretim 3 vardiya şeklinde yapılmaktadır. Vardiya saatleri 7,5 saat olarak belirlenmiştir. Fazla mesai yapılmamaktadır. İşgücü ve hammadde girdileri sınırlıdır. Stoklama yapılmamaktadır.

Firmada 5 farklı tip (Model 1, Model 2, Model 3, Model 4 ve Model 5) araç üretimi vardır. Araç tiplerinde Model 1, üretimine yeni başlanmış bir model olması ve çalışanların aracı çok iyi bilmemesinden dolayı firma tarafından bu modelin üretiminde hassas davranılmaktadır. Aynı şekilde Model 5, ihraç edilen bir model olmasından dolayı firmanın yurt dışındaki prestijinden dolayı özel bir yere sahiptir. Model 2, yıllardır üretilen bir araç olduğu için firma çalışanları aracı daha iyi tanımaktadır. Model 3 ve Model 4 ise üretimi hala devam eden araçlardandır.

Firmanın günlük araç üretim kapasitesi 1500 araç olup, üretilen toplam araç miktarının bu sayıyı geçmemesi istenmektedir. Günlük kapasiteyi doğru kullanmak ve tüm araç tipleri için istenilen talep miktarını karşılamak için Model 1'in 150'den fazla, Model 2'nin 300'den fazla, Model 3'ün 450'den fazla, Model 4'ün 480'den fazla, Model 5'in ise 200'den fazla üretilmemesi istenilmektedir. Bu üst limitlere karşın her bir model için günlük en az 100 birimlik üretim olması gerekmektedir.

Firma, araçların toplam üretim maliyetini paylaşmamaktadır. Bunun için kar üzerinden değil; satış fiyatını (2018 Mayıs ayı bayi liste fiyatları) maksimize eden bir üretim planı oluşturulmuştur. Yukarıda değinilen özelliklerinden dolayı üretilen Model 1 ve Model 5 için %100 kontrol şartı vardır. Model 2, Model 3 ve Model 4 de ise her model için %10'luk bir kontrol vardır. Modellerin kontrol süreleri birbirlerinden farklılık göstermektedir (Tablo 3.1) gösterilmektedir. Firma hem toplam üretimde hem de modeller içinde hatalı çıkan araç sayısının % 0,3 oranını geçmemesini istemektedir.

**Tablo 3.1.** Araç Modelleri ve Bilgileri

Model	Satış Fiyatı (TL)	Kontrol Süreleri	İstenen Maksimum Hatalı
-------	-------------------	------------------	-------------------------



		(dakika)	Araç Oranı (%)
Model 1	60000	30	0,3
Model 2	50000	30	0,3
Model 3	80000	30	0,3
Model 4	75000	30	0,3
Model 5	80000	50	0,3

$X_i$  : *i.* araç modelindeki üretim sayısı

$Y_i$  : *i.* araç modelindeki kontrollerde çıkan hata sayısı

Modelin ilk kısıtı olarak günlük üretilen araç sayısının 500'den fazla ve 1500'den az olması istenilmiş ve her model için üretimin 100 birimlik alt limiti ve her model için farklı bir üst limiti oluşturulmuştur.

Kısıt 2, 3, 4, 5, 6 için günlük olarak üretilecek araç modelleri için ayrı ayrı üst limitler belirtilmiştir.

Modelde yer alan  $X_1 + 0,1(X_2 + X_3 + X_4) + X_5 \leq 1008$  kısıtında (7. Kısıt) Model1 ve Model 5 araçlarının üretim sonrası %100 kontrolünün yapılması gerektiğini; Model2, Model3 ve Model4 araçlarının ise %10'luk bir bölümünü kontrolünün yapılmasının yeterli olacağı söz konusudur. Bu önceliğin verilmesi sebebi ise 1. modelin yeni üretilen bir model olması; 5. Modelin ise yurt dışına ihraç edilen bir model olduğu için daha hassas davranılması şeklindedir. 1008 değeri ise firmanın bir günde kalite kontrolünü yapabileceği araç sayısını göstermektedir.

$30X_1 + 3(X_2 + X_3 + X_4) + 50X_5 \leq 28350$  kısıtı (8. Kısıt) ise şu şekilde oluşturulmuştur: Model1, Model2, Model3 ve Model4 araç modellerinin kontrol süreleri 30'ar Model5'in kontrol süresi ise bu süre 50 dakika olarak ölçülmüştür. Model1 ve Model5'ten üretilecek araçların tümünün kontrol edilmesi istenildiği için bu süreler olduğu gibi (30 dk. ve 50 dk.), Model2, Model3 ve Model4'ten üretilecek araçların ise %10'unun kontrol edilmesi gerektiği için 3 (30dk./10) değeri katsayılar olarak belirlenmiştir. Toplam süre ise günlük çalışma zamanı ile sınırlandırılmıştır. 3 vardiya sistemi ile çalışan, vardiya süresinin 7,5 saat olduğu ve 21 kişiden oluşan bir ekip için günlük toplam çalışma süresi  $(7,5*3*60*21)=28350$  dakika olarak belirlenmiştir.

$1000Y_1 + 1000Y_2 + 1000Y_3 + 1000Y_4 + 1000Y_5 - 3X_1 - 3X_2 - 3X_3 - 3X_4 - 3X_5 \geq 0$  kısıtında, üretimi yapılmış araçlarda ortaya çıkan toplam hataların oranı %0,3 olarak belirlenmiş ve fazlasının olamayacağı varsayımı şeklindedir.

$0,15Y_1 + 0,15Y_2 + 0,2Y_3 + 0,2Y_4 + 0,2Y_5 \leq 1$  kısıtında ise kontroller sonucunda hatalı çıkan araçların firmaya maliyeti ele alınmıştır. Satış fiyatı üzerinden alınan bir oranla bu katsayılar firma çalışanları ile görüşülerek belirlenmiştir.

11. ve 15. Kısıtlar arasında kontrollerde her bir model için kabul edilebilir hatalı araç yüzdesinin %0,3 oranını geçmemesi için modeller için de yeni kısıtlar oluşturulmuştur.

Kısıt 16, 17, 18, 19, 20'de ise her araç modelinden günlük en az 100 adetlik üretimin olması istenmiştir.

21. kısıt ise karar değişkenlerinin negatif olmama koşulu olarak tanımlanmıştır.

1.Kısıt.... $500 \leq X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \leq 1500$	<i>Toplam üretilen araç sayısı kısıtı</i>
2.Kısıt.... $X_1 \leq 150$	<i>Model1'den üretilen araç sayısı kısıtı</i>
3.Kısıt.... $X_2 \leq 300$	<i>Model2'den üretilen araç sayısı kısıtı</i>
4.Kısıt.... $X_3 \leq 450$	<i>Model3'den üretilen araç sayısı kısıtı</i>
5.Kısıt.... $X_4 \leq 480$	<i>Model4'den üretilen araç sayısı kısıtı</i>
6.Kısıt.... $X_5 \leq 200$	<i>Model5'den üretilen araç sayısı kısıtı</i>
7.Kısıt.... $X_1 + 0,1(X_2 + X_3 + X_4) + X_5 \leq 1008$	<i>Araçların kalite kontrol kısıtı</i>
8.Kısıt.... $30X_1 + 3(X_2 + X_3 + X_4) + 50X_5 \leq 28350$	<i>Kalite kontrol süre kısıtı</i>
9.Kısıt.... $1000Y_1 + 1000Y_2 + 1000Y_3 + 1000Y_4 + 1000Y_5 - 3X_1 - 3X_2 - 3X_3 - 3X_4 - 3X_5 \geq 0$	<i>Kabul edilebilir hatalı araç oranı kısıtı</i>
10.Kısıt.... $0,15Y_1 + 0,15Y_2 + 0,2Y_3 + 0,2Y_4 + 0,2Y_5 \leq 1$	<i>Hatalı araç maliyeti kısıtı</i>
11.Kısıt.... $1000Y_1 - 3X_1 \geq 0$	<i>Model1 için hatalı araç oranı kısıtı</i>
12.Kısıt.... $1000Y_2 - 3X_2 \geq 0$	<i>Model2 için hatalı araç oranı kısıtı</i>
13.Kısıt.... $1000Y_3 - 3X_3 \geq 0$	<i>Model3 için hatalı araç oranı kısıtı</i>
14.Kısıt.... $1000Y_4 - 3X_4 \geq 0$	<i>Model4 için hatalı araç oranı kısıtı</i>
15.Kısıt.... $1000Y_5 - 3X_5 \geq 0$	<i>Model5 için hatalı araç oranı kısıtı</i>
16.Kısıt.... $X_1 \geq 100$	<i>Model1 için en az üretim miktarı kısıtı</i>
17.Kısıt.... $X_2 \geq 100$	<i>Model2 için en az üretim miktarı kısıtı</i>
18.Kısıt.... $X_3 \geq 100$	<i>Model3 için en az üretim miktarı kısıtı</i>
19.Kısıt.... $X_4 \geq 100$	<i>Model4 için en az üretim miktarı kısıtı</i>
20.Kısıt.... $X_5 \geq 100$	<i>Model5 için en az üretim miktarı kısıtı</i>
21.Kısıt.... $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 \geq 0$	<i>Negatif olmama kısıtı</i>

### 2.3. Modeller ve Çözümler

#### 2.3.1. Çok Amaçlı Doğrusal Programlama Modeli

ÇADP modeli aşağıda verilmiştir. Bu modelde birinci amaç maksimum hatasız üretim (toplam üretilen araç sayısı – hatalı üretilen araç sayısı) yapılmasını ifade etmektedir. Modeldeki ikinci amaç maksimum getiriyi, üçüncü amaç ise minimum hatalı araç üretim talebini ifade etmektedir

Amaç Fonksiyonları

$$Z_{max} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5$$

$$Z_{max} = 60X_1 + 50X_2 + 80X_3 + 75X_4 + 80X_5$$

$$Z_{min} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$$

21 Adet Mutlak kısıt

Kurulan ÇADP Modeli WinQSB paket uygulama programıyla çözülmüştür. Elde sonuçları Tablo 3.2’de sunulmuştur.

**Tablo 3.2.** Çok Amaçlı Programlama ile Elde Edilen Çözüm

Üretilen Model	Üretim Sayısı	Kontrollerde Hatalı Çıkan Model	Hata Sayısı
X1	150	Y1	0,45
X2	220	Y2	0,66
X3	450	Y3	1,35
X4	480	Y4	1,44
X5	200	Y5	0,60
$G_1 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5$			1495,5
$G_2 = 60X_1 + 50X_2 + 80X_3 + 75X_4 + 80X_5$			98100
$G_3 = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$			4,50

Çok Amaçlı Programlama modelinde 1. araç tipinden 150, 2. araç tipinden 220, 3. araç tipinden 450, 4. araç tipinden 480, 5. araç tipinden 200 adetlik üretim yapılacak olup maksimum üretim miktarı olan 1500 adetlik üretime ulaşılmıştır. Beklenen toplam hatalı araç üretiminin 4,5 olduğu modelde gelirin 98.100.000 TL olması planlanmıştır.

### 2.3.2. Hedef Programlama Modeli

HP modeli aşağıda verilmiştir. HP modelinde amaç hedef kısıtlarda yer alan sapma değişkenlerinin değerlerinin en düşük yapılmasıdır. Kurulan HP modelinde birinci hedef kısıtında 1500 hatasız üretim yapılması, ikinci hedef kısıtında 1000000 TL getiriyi, üçüncü hedef kısıtında ise 4 adet hatalı araç üretim talebini ifade edilmiştir.

Amaç Fonksiyonları

$$Z_{\min} = n_1 + p_1 + n_2 + p_2 + n_3 + p_3$$

Hedef Kısıtları

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 + n_1 - p_1 = 1500$$

$$60X_1 + 50X_2 + 80X_3 + 75X_4 + 80X_5 + n_2 - p_2 = 1000000$$

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + n_3 - p_3 = 4$$

21 Adet Mutlak kısıt

Kurulan HP Modeli WinQSB paket uygulama programıyla çözülmüştür. Elde sonuçları Tablo 3.3’de sunulmuştur.

**Tablo 3.3.** Hedef Programlama ile Elde Edilen Çözüm

Üretilen Model	Üretim Sayısı	Kontrollerde Hatalı Çıkan Model	Hata Sayısı
X1	120	Y1	0,36
X2	280	Y2	0,84
X3	370	Y3	1,11

X4	550	Y4	1,65
X5	100	Y5	0,30
Negatif Sapma	Değer	Pozitif Sapma	Değer
n1	84,88	p1	-
n2	-	p2	-
n3	-	p3	0,26
$G_1 = n_1 + p_1 + n_2 + p_2 + n_3 + p_3$			85,15

HP modelinde 1. araç tipinden 120, 2. araç tipinden 280, 3. araç tipinden 370 ; 4. araç tipinden 550, 5. araç tipinden 100 adetlik üretim planlanmıştır, 1. kısıt için negatif sapma 84,88; 3. kısıt için pozitif yönde 0,26'lık bir sapma olmuştur. Bu modeldeki toplam hedeften sapma değeri 85,14 olarak öngörülmüştür.

Beklenen toplam hatalı araç üretiminin 4,26 olduğu modelde gelirin 100.050.000 TL olması planlanmıştır.

### 2.3.3. Bulanık Hedef Programlama Modeli

BHP modeli aşağıda verilmiştir. Kurulan BHP modelinde HP modelinde olduğu gibi birinci hedef kısıtında 1500 hatasız üretim yapılması, ikinci hedef kısıtında 1000000 TL getiriyi, üçüncü hedef kısıtında ise 4 adet hatalı araç üretim talebini ifade edilmiştir. Bunun için birinci hedefin tolerans değeri 200, ikinci hedefin tolerans değeri 1000 ve üçüncü hedefin tolerans değeri ise 1 olarak belirlenmiştir.

Amaç Fonksiyonları

$$Z_{\max} = \lambda$$

Hedef Kısıtları

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - 200\lambda \geq 1300$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 - Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 + 200\lambda \leq 1700$$

$$60X_1 + 50X_2 + 80X_3 + 75X_4 + 80X_5 - 10000\lambda \leq 90000$$

$$60X_1 + 50X_2 + 80X_3 + 75X_4 + 80X_5 + 10000\lambda \geq 110000$$

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 - \lambda \geq 3$$

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + \lambda \leq 5$$

21 Adet Mutlak kısıt

Kurulan BHP Modeli WinQSB paket uygulama programıyla çözülmüştür. Elde sonuçları Tablo 3.4'de sunulmuştur.

**Tablo 3.4.** Bulanık Hedef Programlama ile Elde Edilen Çözüm

Üretilen Model	Üretim Sayısı	Kontrollerde Hatalı Çıkan Model	Hata Sayısı
X1	120	Y1	0,36

X2	280	Y2	0,84
X3	390	Y3	1,17
X4	550	Y4	1,65
X5	100	Y5	0,30
$G_1 = \lambda$			85,14

BHP modeli için 1. araç tipinden 120, 2. araç tipinden 280, 3. araç tipinden 390, 4. araç tipinden 550, 5. araç tipinden 100 adetlik üretim yapılması planlanarak toplam üretim adedi 1440 olmuştur.

Beklenen toplam hatalı araç üretiminin 4,32 olduğu modelde gelirin 101.650.000 TL olması planlanmıştır.

### Sonuç

Günümüzde işletmeler rekabet nedeniyle yoğun bir yarış içindedirler. Şirketler, yarışta yer alabilmek için bazı hedefler belirlerler. Müşteri isteklerinin karşılanabilmesi, işletmeler maliyetinin düşürülmesi ve rakiplerine göre daha kısa zamanda ürünün veya hizmetin teslim edilebilmesi, şirketin tam kapasite çalışması, fazla mesainin mümkün olduğunca yapılmaması, makineler ve ekipmanların en etkin şekilde kullanılması, çalışma koşullarının iyileştirilmesi, iş kazalarının en aza indirgenmesi, üretim hattında bekleme sürelerinin en aza indirgenmesi, cironun yüksek olması, AR&GE çalışmaları yapılarak yeni ürünlerin ürün gamına eklenmesi, kârın maksimum yapılması, şirket politikasına göre stokun ayarlanması belirlenmiş hedefler arasında sayılabilir. Şirketlerin bu hedeflere sürekli olarak ulaşabilmesi, yarışta önde götürebilmelerini ve daha ileriye gidebilmelerini sağlar. Ancak belirlenmiş hedeflerin çoğu birbiriyle çelişen hedeflerdir. Şirket yöneticileri bu hedeflere ulaşabilmek için kararlar almak zorundadırlar. Belirlenen hedeflere aynı anda ulaşmak istenildiğinde, kullanılacak karar verme yöntemlerinden biri hedef programlama yöntemidir. HP, en yüksek öncelikli hedeften başlayarak sırasıyla hedefleri mümkün olduğunca karşılayarak, optimal çözüm yerine tatmin edici çözümü veren bir yöntemdir. HP'nın yetersiz kaldığı durumlar için de tolerans limitleriyle BHP yapılabilmektedir.

Bu çalışma temel olarak teorik ve uygulama olarak iki kısımda incelenebilir. İlk bölümde çok amaçlı programlama ile ilgili temel kavramlardan bahsedilmiş ve genel bir literatür taraması yapılmıştır. İkinci bölümde çalışmada kullanılan modellerin matematiksel yapısı incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan her üç model (ÇADP, HP ve BHP) ile oluşturulan modellerin çözüm sonuçları verilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında ÇADP'da Model 3 ve Model 3 araç tiplerinde daha yüksek değerler; HP ve BHP'de ise araç modeli bazlı üretim sayılarının birbirlerine daha yakın ve 4. araç tipine daha fazla öncelik verildiğini görülmektedir.

Beklenen toplam hatalı araç üretimi ÇADP modelinde 4,50; HP modelinde 4,26 ve BHP modelinde 4,32 olarak hesaplanmıştır. Gelir ise ÇADP modelinde

98.100.000 TL; HP modelinde 100.050.000 TL ve BHP modelinde 101.650.000 TL olarak hesaplanmıştır.

Çözümler incelendiğinde sonuçların optimal düzeyde olduğu ve gerçek üretim planına ve kalite kontrol beklentisine uyduğu belirlenmiştir. Eğer firma her bir model için maliyet bilgisini vermiş olsaydı, karı maksimize eden bir hedef koyularak daha da gerçekçi sonuçlar veren bir model oluşturulabilir ve sonuçlar farklı sayısal veriler olabilirdi. Ancak verilen bilgiler doğrultusunda çözümler yapılmış olup, bu değerler de deneyimlenen sonuçlara uygun bulunmuştur.

### Kaynakça

- Acar, N. Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları. 2. Baskı, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 1985.
- Alp, S. Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Otobüsle Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2008; 7(13): 73-91.
- Atlas, M., Keçek G. Hedef Programlama ve Bir Seramik İşletmesinde Uygulama Denemesi. Anadolu Üniversitesi İİBF Dergisi, 2000; 18(1-2): 81-104.
- Ayan, T.Y. Toplam üretim planlaması problemi için bir bulanık hedef programlama yaklaşımı. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2010; 34: 69-90.
- Bağ. N., Özdemir N.M., Eren, T. 0-1 Hedef Programlama ve ANP Yöntemi ile Hemşire Çizelgeleme Problemi Çözümü. Kırıkkale Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 2012; 4(1): 2-6.
- Bellman, R. ve Zadeh L.A. Decision Making in A Fuzzy Environment, Management Science, 1970; 17B (4): 141-164.
- Ediz, A. ve Yağdıran Y. Hedef programlama tekniğiyle menü planlaması. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2009; 11(1): 45-74.
- Erdin, C. Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul, 2007.
- Erpolat, S. Üretim planlamasında hedef programlama ve bulanık hedef programlama yöntemlerinin karşılaştırılması. Öneri Dergisi, 2010; 9 (34): 233-246.
- Ertuğrul, İ. Bulanık Hedef Programlama ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama Örneği. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2005; 6(2): 45-79.
- Evren, R., Ülengin F. Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 1992.
- Hannan, E.L. On Fuzzy Goal Programming, Decision Sciences, 1981; 12(1): 522-531.
- Ignizio, J. P. Goal Programming and Extensions. London: Lexington Books Co, 1976.
- Ijiri, Y. Management Goals and Accounting for Control, North Holland, Amsterdam, 1965.
- Inuiguchi, M., ve Ichihashi, H. Relative Modalities and Their Use in Possibilistic Linear Programming, Fuzzy Sets and Systems, 1990; 35(3): 303-323.
- Ishikawa, K. Toplam Kalite Kontrol: 2. Baskı, İstanbul: Kalder Yayınları, 1997.
- Juran, J. M., Godfrey A.B. Juran's Quality Handbook. Fifth Edition, New York: Mc Graw-Hill, 1998.



Kağnıcıoğlu, C.H. Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Arasındaki İlişki. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2006; 7 (2): 17-38.

Kim, J.S. ve Whang K.S. A Tolerance Approach to The Fuzzy Goal Programming Problems with Unbalance Triangular Membership Function. European Journal of Operational Research, 1998; 107(1): 614-624.

Kobu, B. Üretim Yönetimi. 17. Baskı, İstanbul: Beta Basım Yayın, 2014.

Kornbluth, J. A Survey of Goal Programming. Omega, 1973; 1: 193-205.

Lai, Y.J ve Hwang C.L. Fuzzy Multiple Objective Decision Making Methods and Applications, Berlin: Springer-Verlag, 1996.

Lee, S. M. Goal Programming for Decision Analysis. Philadelphia: Aberbach Publisher, 1972.

Leung, M.T., Daouk, H., Chen A.S. Using Investment Portfolio Return to Combine Forecasts: A Multiobjective Approach, European Journal of Operational Research, 2001; 134: 84-102.

Li, S.Y. Zou, T. ve Yang Y.P. Finding The Fuzzy Satisfying Solutions to Constrained Optimal Control Systems and Application to Robot Path Planning. International Journal of General Systems, 2004; 33(2-3): 321-337.

Mendoza G.A. Goal Programming Formulations and Extensions: An Overview and Analysis. Canadian Journal of Forest Research, 1987; 17(7): 575-581.

Mezghani, M., Rebai, A., Dammark, A., Loukil T. A Goal Programming model for Aggregate Production Planning Problem. International Journal of Operational Research, 4(1): 2009; 23-34.

Nakamura, K. Some Extension of Fuzzy Linear Programming, Fuzzy Sets and Systems, 1984; 14(1): 211-229.

Narasimhan, R. Goal Programming in A Fuzzy Environment, Decision Sciences, 1980; 11(2): 325-336.

Neigota, C.V. ve Ralesco, D.A. Applications of Fuzzy Sets to Systems Analysis, Birkhauser Verlag, 1977.

Organ, A. Ertuğrul İ, Gürel S.G. Bütünleşik Üretim Planlamasının Hedef Programlamayla Optimizasyonu ve Denizli İmalat Sanayiinde Uygulanması. Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 2013; 6(1): 96-115.

Orhan, İ., Kapanoğlu, M., Karakoç T.H. Hedef Programlama ile Bütünleşik Uçak Rotalama ve Bakım Çizelgeleme. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2012; 27 (1): 11-26.

Özkan, M. M. Bulanık Hedef Programlama. Bursa, Ekim Kitabevi, 2003.

Render, B. Stair, R.M., Hanna, M.E. Quantitative Analysis for Management. 11th Edition, New Jersey: Prentice Hall, 2012.

Sakawa, M. Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization. Plenum Press, New York, 1993.

Sarıkaya, H.A., Çalışkan, E., Türkbey, O. Bütünleşik Tedarik Zinciri Ağında Tesis Yeri Seçimi için Bulanık Çok Amaçlı Programlama Modeli, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2014; 20(5): 150-161.

Schniederjans, M. J. Linear Goal Programming. New Jersey: Petrocelli Books, 1984.

Selim, H., Araz, C., Özkarahan, İ. Collaborative Production-Distribution Planning in Supply Chain: A Fuzzy Goal Programming Approach: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2008; 44(3): 396-419.

Sofyalıoğlu, Ç., Öztürk, Ş. Hedef Programlama ile Tedarik Zincirinde Dağıtım Planlaması ve Bütçe Ayrıştırması. Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 2013; 6(2): 1-16.

Tekin, M. Üretim Yönetimi, Cilt II, Geliştirilmiş ve Değiştirilmiş 3. Baskı, Konya: Arı Ofset Matbaacılık, 1996.

Timor, M. Yöneylem Araştırması, İstanbul: Türkmen Kitabevi, 2010.

Torabi, S. A., Hassani E. An Interactive Possibilistic Programming Approach for Multiple Objective Supply Chain Master Planning. Fuzzy Sets and Systems, 2008; 159: 193-214.

Turanlı, M., Köse, A. Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi ile Türkiye'deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2005; 4(7): 19-39.

Umurosmann, N., Türkme, A. Çok Amaçlı De Novo Programlama Problemlerinde Uzlaşık Çözüm: Uzlaşık Programlama Uygulaması. Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2014; 7(1): 49-57.

Üreten, S. Üretim/İşlemler Yönetimi: Planlama-Denetim Kararları, Karar Modelleri ve İyileştirme Yaklaşımları. Ankara: THK Matbaası, 1998.

Yang T., Ignizio, J.P. ve Kim H.J. Fuzzy Programming with Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation. Fuzzy Sets and System, 1991; 41(1) : 39-53.

Zeleney, M. Multiple Criteria Decision Making. New York: McGraw-Hill Book Company, 1973.

Zimmerman H.J. Fuzzy Mathematical Programming. Computer and Operations Research, 1978; 4 (1): 291-298.