

Citation: Umarusman N. (2018), Çok Amaçlı Üretim Süreçlerinin Bulanık Karar Ortamında İncelenmesi: Bulanık Hedef Programlama Ve Bir Uygulama, BMIJ, (2018), 6(2): 488-507 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v6i2.240>

ÇOK AMAÇLI ÜRETİM SÜREÇLERİNİN BULANIK KARAR ORTAMINDA İNCELENMESİ: BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA VE BİR UYGULAMA

Nurullah UMARUSMAN¹

Received Date (Başvuru Tarihi): 24/05/2018

Accepted Date (Kabul Tarihi): 19/07/2018

Published Date (Yayın Tarihi): 02/09/2018

ÖZ

Hedef Programlamada karar verici tarafından belirlenen hedeflerin arzu edilen seviyeleri eğer gerçekçi değil ise, çözümün sonucunda hedeflerden sapmalar çok yüksek değerlerde gerçekleşebilir. Bu durum karar vericinin yanlış karar almasına yol açar. Benzer durum Bulanık Hedef programlama için de geçerlidir. Çünkü bulanık hedefler ve bu hedeflerin tolerans değerleri doğru belirlenmezse hedeflerden sapmalar artacaktır. Ayrıca ister Hedef Programlama problemi ister Bulanık Hedef programlama probleminde eğer hedeflerin yanı sıra kısıt fonksiyonları da olursa, kısıtlara bağlı çözüm gerçekleşeceği için doğru tanımlanmamış hedef değerlerden sapmalar çok fazla olacaktır. Çünkü hedefler kısıtlar tarafından sınırlandırılır. Bu çalışmada Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modelinde kurulan el yapımı mobilya üretimi yapan bir işletme problemi Bulanık Hedef Programlama modelinde çözülebilmesi için ilk olarak amaç fonksiyonlarının pozitif ve negatif ideal çözümleri belirlenmiştir. Daha sonra her bir amaç fonksiyonu pozitif ve negatif ideal çözümler kullanılarak bulanık hedeflere dönüştürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Hedef Programlama, İdeal Çözümler, MA Yaklaşımı

JEL Kodları: C61, M11

EVALUATION OF PRODUCTION PROCESSES IN FUZZY DECISION ENVIRONMENTS: FUZZY GOAL PROGRAMMING AND AN APPLICATION

ABSTRACT

If the aspiration levels of the goals are set unrealistically by the decision maker in Goal Programming, the deviations from the goals could occur too high as a result of the solution. It leads the decision maker to make incorrect decisions. It is also the case for Fuzzy Goal Programming. When the fuzzy goals and their tolerance levels are not defined properly, there will be deviations from the goals. Additionally, if there are constraint functions besides the goals in the problems of either Goal Programming or Fuzzy Goal Programming, the solutions will deviate greatly from the incorrectly defined goal values as the solutions are realized based on the constraints. It is because the goals are limited by the constraints. This study firstly defines the positive and negative ideal solutions of objective functions in the problem organized in Multiobjective Linear Programming model for a business which manufactures hand crafted furniture. Afterwards, each objective is transformed into fuzzy goals using positive and negative ideal solutions.

Keywords: Fuzzy Goal Programming, Ideal Solution, MA Approach

JEL Codes: C61, M11

¹ Dr. Öğrt. Üyesi, Aksaray Üniversitesi, nurullah.umarusman@aksaray.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6535-5329>

1. GİRİŞ

Hedef Programlamanın felsefi temelini Simon(1960)'ın “amaçların tatmini” kavramı oluşturur. Bu kavrama göre günümüz karmaşık organizasyonlarında karar vericiler iyi tanımlanmış fayda fonksiyonunu maksimize etmeye çalışmazlar. Çünkü çatışan çıkarlar ve bilgi yetersizliği sebebiyle karar vericilerin tercihlerini güvenilir bir matematiksel modele aktarmaları neredeyse mümkün değildir. Bu sebeple karar vermenin bu türünde karar verici hedeflerini en yüksek değerde gerçekleştirmeye çalışır (Jones ve Tamiz, 2010). Bu sebeple Hedef Programlama yönteminde elde edilen sonuçlar optimal çözüm yerine tatminkar çözüm olarak isimlendirilir (Min ve Storbeck, 1991). Çok Amaçlı Karar Verme yöntemleri sınıflandırması içerisinde yer alan Hedef Programlama, tercih bilgilerinin “öncelikli kullanıldığı yöntemler” içerisinde karar vericiden sağlanan bilgiler doğrultusunda hedefler arasındaki öncelik sıralaması ve/veya göreceli önem düzeylerine göre çözüm yapabilmektedir. Hedef Programlama üzerine ilk çalışma Charnes, Cooper ve Ferguson (1955) tarafından “sınırlandırılmış regresyon” tahmincilerini belirlemek için başlatılmış olmasına karşın Hedef Programlama kavramı Charnes ve Cooper (1961) tarafından ilk kez kullanılmış ve formülasyonu yapılmıştır. Doğrusal Programlanın da özel bir uzantısı olarak kabul edilen Hedef Programlamanın temel amacı hedeflerden sapmayı minimum kılmaktır (Lee ve Moore 1975; 199). Matematiksel olarak Hedef Programlama yaklaşımı aşağıdaki gibidir:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m (p_i + n_i)$$

Kısıtlar; (1)

$$f_i(x) + n_i - p_i = b_i$$

$$x \in F$$

$$n_i, p_i \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, m.$$

Burada;

$f_i(x)$: i -inci hedef fonksiyonu,

p_i : i -inci hedefin pozitif sapması,

n_i : i -inci hedefin negatif sapması,

F : uygun çözüm bölgesidir.

Hedef Programlama yaklaşımı tatminkâr çözümü belirlemek için karar vericinin birden fazla hedefini aynı anda ele alması önemlidir. Ayrıca, hedefler hakkında kısmi bilgiye sahip olunması sebebiyle her hedefin arzu edilen değerinin kesin olarak hesaplanması karar verici için zordur (Zeleny,1982). Hedef Programlamada minimizasyon süreci üç farklı yaklaşımla gerçekleştirilir:

- Ağırlıklı Hedef Programlama üzerine ilk çalışma İjiri (1965) tarafından öncelik ve ağırlık faktörlerinin bir arada düşünüldüğü modelle başlamıştır. Daha sonra Charnes ve Cooper (1977) yalnızca ağırlık faktörlerini içeren Ağırlıklı Hedef Programlama modelini önermiştir. Ağırlıklı Hedef Programlama bütün hedefler aynı anda göz önünde bulundurarak, hedefler ve hedeflere ait arzu edilen seviyeler arasındaki ağırlıklandırılmış sapmaların toplamı minimize yapar.

- Charnes ve Cooper (1977), İjiri (1965) tarafından önerilen modelden ağırlık faktörlerini çıkararak her bir hedef için öncelik sıralamasının olduğu Öncelikli Hedef Programlama modelini önermiştir. Bu modelde hedeflerin öncelik sıralaması korunarak, hedeflerden öncelikli sapmalar minimize yapılır.

- Flavell (1976) tarafından geliştirilen Minmaks Hedef Programlama modeli ise ağırlıklı ve öncelikli yapılardan farklı olarak sapan değişkenlerin toplamalarının minimizasyonu yerine maksimum sapmanın minimizasyonu araştırır.

Geliştirilen bu yaklaşımların yanı sıra Romero (1991), Schniederjans (1994), Jones ve Tamiz (2010) tarafından yazılan bilimsel kitaplar Hedef Programlamanın teorik gelişiminde ve gerçek dünya problemlerine uygulanabilirliği açısından çok önemli katkı sağlamıştır. Bu çalışmada, Çok Amaçlı Doğrusal Programlama probleminin çözümünün Bulanık Hedef Programlamaya göre yapılabilmesi için pozitif ve negatif ideal çözüm kavramları kullanılarak, amaç fonksiyonlarının bulanık hedef fonksiyonlarına dönüşümü bulanık üyelik fonksiyonları tanımlanarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra *Mohammed Ali Yaghoobi ve Mehrdad Tamiz (2007) tarafından geliştirilen MA yaklaşımına göre Bulanık Hedef Programlama modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmanın temel amacı birden fazla, birbiriyle çatışan ve ihtilaflı amaçlara sahip bir üretim probleminin bulanık karar ortamında nasıl çözülebileceğini araştırmaktır. Bu araştırmanın Bulanık Hedef Programlama literatüründeki çalışmalardan en belirgin farkı, bulanık hedeflerin karar vericiden sağlanan bilgilere göre oluşturulmasının yerine pozitif ve negatif ideal çözümler kullanılarak amaçların bulanık hedeflere dönüştürülmesidir.*

2. LİTERAÜR İNCELEMESİ

Zadeh (1965) tarafından geliştirilen “Fuzzy Sets” teorisi bilim dünyasında bir ufuk açmış ve daha sonra Bellman ve Zadeh (1970) tarafından önerilen Bulanık Ortamda Karar Verme süreci ile birlikte Matematiksel Programlama yöntemlerinde olduğu gibi Hedef Programlama yöntemlerinde de birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Bu başlık altında Bulanık Hedef Programlamanın teorik gelişim süreci ve üretim problemleri için literatür araştırması sunulmuştur. Bulanık Hedef Programlamanın teorik gelişim sürecindeki temel bilimsel makalelerden oluşan literatür şu şekilde verilebilir: Bulanık Hedef Programlamada ilk çalışma Narasimhan (1980) tarafından başlatılmış ve ilk kez bulanık ağırlıkları kullanmıştır. Hannan (1981) geliştirdiği modelde parçalı doğrusal üyelik fonksiyonunu kullanmıştır. Rubin ve Narasimhan (1984) hedefleri bulanık önceliklerini içeren yeni bir yaklaşım önermiştir. Yang vd. (1991) üçgensel doğrusal üyelik fonksiyonu kullanarak Bulanık Hedef Programlama problemlerinin çözümü için yeni bir model geliştirmiştir. Chen and Tsai (2001) bulanık hedeflerin başarımlarını yükseltmek için geliştirdiği modelde farklı önem ve öncelikleri kullanmıştır. Lin (2004) Bulanık Hedef Programlama için yeni bir ağırlıklı maksmin modeli önermiştir. Yaghoobi ve Tamiz (2007) Minmaks Hedef Programlamayı temel alan ve simetrik olmayan üçgensel üyelik fonksiyonu kullanması sebebiyle Hannan (1981) yaklaşımının bir uzantısı olarak da kabul edilen MA-yaklaşımını önermiştir. Gupta and Bhattacharjee (2012) ağırlıklandırma yöntemini kullanarak bulanık hedef programlama problemlerinin çözümü için farklı iki yöntem geliştirmiştir. Cheng (2013) hedefler arasında hiyerarşiyi içeren Bulanık Hedef Programlama problemlerinin çözümü için hedeflerin hem öncelik sırası hem de bulanıklığını içeren bir yaklaşım sunmuştur. Literatürde Bulanık Hedef Programlama için geliştirilen birçok yöntem olmasına karşın, bu yaklaşımların Narasimhan (1980) ve Hannan (1981) tarafından önerilen yaklaşımların birer uzantısı oldukları görüşü yaygındır (Yaghoobi ve Tamiz 2007).

Bulanık Hedef Programlamanın bu yaklaşımları birçok işletme probleminin çözümünde kullanılmıştır. Üretim süreçlerinin ele alındığı bir literatür incelemesi de şu şekilde özetlenebilir. Liang (2007), üretim/ulaştırma planlama karar problemleri için toplam dağıtım ve üretim maliyetlerini, iade edilen ürünlerin toplamını ve her kaynaktaki mevcut kapasite, işgücü seviyesi ve kotaya bağlı olarak toplam teslimat süresini, talep öngörümü ile depo alanı kullanımını minimize etmek için Bulanık Hedef Programlamayı kullanmıştır. Tsai vd. (2008) Çelik endüstrisinde, net karları maksimize etmek, geç yükleme oranını en aza indirmek gibi hedeflerini üretimine bağlı olarak Bulanık Hedef Programlama problemini formüle etmiştir.

Erpolat (2010) kanatlı hayvancılık sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın üretim planlaması ele almış, kurulan model Bulanık Hedef Programlama ve Öncelikli Hedef Programlamaya göre çözüm karşılaştırmalı bir değerlendirme yapmıştır. Silva ve Marins (2014) Brezilya'da şeker ve etanol üretimi yapan bir firmanın, gelecek döneminin üretim planlaması için Bulanık Hedef Programlama kullanarak yöneticilere öneride bulunmuştur. Özkan ve Bircan (2016) İstanbul'da faaliyet gösteren bir deterjan üretim fabrikasının bazı ürünlerinin kalitesini arttırmak amacıyla üretim planlama problemi için Bulanık Hedef Programlama ve Ağırlıklı Hedef Programlama yaklaşımları kullanarak çözüm araştırmıştır. Lutero vd. (2016) Filipinlerde biodizel üretiminin kaynağı olan hindistancevizi, jatropha kullanarak üç farklı hedefe sahip Bulanık Hedef Programlama problemini formüle etmiştir. Mokhtaria ve Hasani (2017) bir işletmenin üretim tesislerinde daha temiz bir üretim-taşıma planlaması probleminin çözümü için Bulanık Hedef Programlamayı önermiş ve elde edilen sonuçlarda envanter ve fazla mesai üretim oranlarının azaldığı belirlenmiştir. Chen vd. (2017) müşteri memnuniyetini üst düzeye çıkarmak amacıyla yeni ürün planlaması için Kalite Fonksiyonu Göçerimi ve Bulanık Hedef Programlamayı kullanarak model önerisinde bulunmuştur.

Bu çalışmada Minmaks Hedef Programlama yöntemine bağlı Yaghoobi and Tamiz (2007) tarafından geliştirilen MA yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımla Aksaray'da mobilya sektöründe faaliyet gösteren ve el yapımı mobilya üretimi yapan işletmenin üretim süreci ele alınmıştır.

3. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

Hedef Programlamanın Bulanık Karar ortamında incelenmesi sonucunda üç farklı tipte bulanık hedef tanımlanabilir. Bu hedeflerde hedeflerin sol taraf parametreleri birer sabitken, sadece hedeflerin arzu edilen seviyeleri bulanık sayı olarak ele alınıp tolerans değere sahip esnek hedefler ortaya çıkmaktadır. (Tiwari, Dharmar & Rao, 1986). Bu hedefler

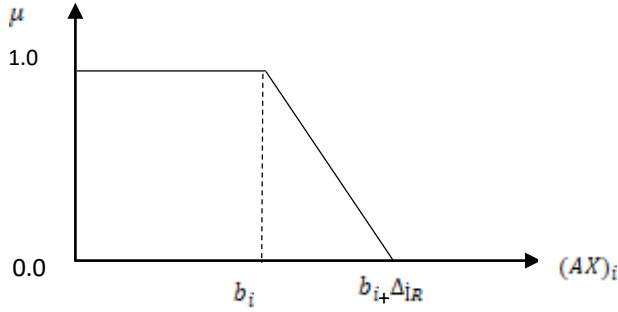
$$\text{Bulanık Hedef A: } (AX)_i \lesssim b_i \quad (2)$$

$$\text{Bulanık Hedef B: } (AX)_i \gtrsim b_i \quad (3)$$

$$\text{Bulanık Hedef C: } (AX)_i \cong b_i \quad (4)$$

Burada, $(AX)_i = \sum_{j=1}^k a_{ij}x_j$, $j=1,2,\dots,n$, " \sim " i-inci hedefin arzu edilen seviyeleri olan b_i 'nin bulanık sayıdan oluştuğunu göstermektedir. Bulanık hedefler farklı bulanık sayılarla tanımlanabilmektedir. Bu çalışmada Zimmerman (1978)'in doğrusal üyelik fonksiyonuna göre Narasimhan (1980) ve Hannan, (1981a) tarafından kullanılan artan, azalan ve üçgensel üyelik

fonksiyonları aşağıda açıklanmıştır. Bulanık Hedef için azalan üyelik fonksiyonu grafik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.

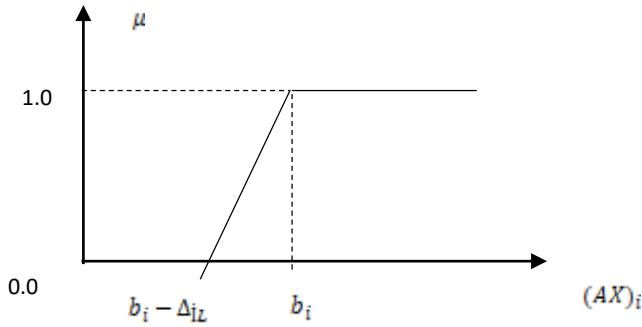


Şekil 1: Bulanık Hedef A için Üyelik Fonksiyonu

Şekil 1’de Δ_{iR} hedefin arzu edilen seviyesi olan b_i ’den sapma miktarıdır. Bu üyelik matematiksel olarak aşağıda verilmiştir.

$$\mu_i(AX) = \begin{cases} 1 & , \quad (AX)_i \leq b_i \\ \frac{(b_i + \Delta_{iR}) - (AX)_i}{\Delta_{iR}} & , \quad b_i \leq (AX)_i \leq b_i + \Delta_{iR} \\ 0 & , \quad (AX)_i \geq b_i + \Delta_{iR} \end{cases} \quad (5)$$

Bulanık Hedef için artan üyelik fonksiyonu grafik olarak aşağıda gösterilmiştir.

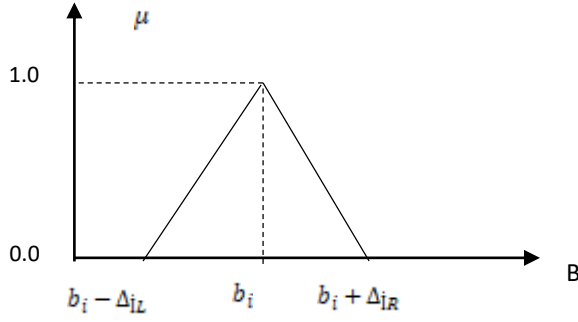


Şekil 2: Bulanık Hedef B için Üyelik Fonksiyonu

Artan üyelik fonksiyonu matematiksel olarak;

$$\mu_i(AX) = \begin{cases} 1 & , \quad (AX)_i \geq b_i \\ \frac{(AX)_i - (b_i - \Delta_{iL})}{\Delta_{iL}} & , \quad b_i - \Delta_{iL} \leq (AX)_i \leq b_i \\ 0 & , \quad (AX)_i \leq b_i - \Delta_{iL} \end{cases} \quad (6)$$

yazılır. Burada Δ_{iL} , b_i ’den sapma miktarını gösterir. Şekil 3’te Bulanık Hedef C için üçgensel üyelik fonksiyonu gösterilmiştir. Δ_{iR} ve Δ_{iL} , b_i ’den sapma miktarlarını gösterir.



Şekil 3: Bulanık Hedef C için Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_i(AX) = \begin{cases} 0 & , (AX)_i \leq b_i - \Delta_{iL} \text{ or } (AX)_i \geq b_i + \Delta_{iR} \\ \frac{(AX)_i - (b_i - \Delta_{iL})}{\Delta_{iL}} & , b_i - \Delta_{iL} \leq (AX)_i \leq b_i \\ \frac{(b_i + \Delta_{iR}) - (AX)_i}{\Delta_{iR}} & , b_i \leq (AX)_i \leq b_i + \Delta_{iR} \end{cases} \quad (7)$$

3.1. MA Yaklaşımı

MA yaklaşımı, ağırlıklı ve öncelikli yapılardan farklı olarak sapan değişkenlerin toplamalarının minimizasyonu yerine maksimum sapmanın minimizasyonu gerçekleştiren Minmaks Hedef Programlama tabanlıdır. Yaghoobi ve Tamiz (2007) tarafından önerilen MA yaklaşımı matematiksel olarak aşağıda verilmiştir.

$$Max \lambda$$

Kısıtlar; (8)

$$(AX)_i - p_i \leq b_i$$

$$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iR}} p_i \leq 1$$

$$(AX)_i + n_i \geq b_i$$

$$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iL}} n_i \leq 1$$

$$(AX)_i + n_i - p_i = b_i$$

$$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iL}} n_i + \frac{1}{\Delta_{iR}} p_i \leq 1$$

$$X \in C_s$$

$$\lambda, p_i, n_i \geq 0 \text{ ve } \lambda \in [0; 1]$$

$(AX)_i$: i-inci hedef,

b_i : i-inci hedefin arzu edilen seviye değeri,

n_i : i-inci hedefin negatif sapması,

p_i : i-inci hedefin pozitif sapması,

Δ_{iR} : i-inci hedef azalan üyelik için tolerans değeri,

Δ_{iL} : i-inci hedef artan üyelik için tolerans değeri.

Eğer hedef tipi " \leq " ise üyelik fonksiyonu (5), hedef tipi " \geq " ise üyelik fonksiyonu (6) ve hedef tipi " $=$ " ise üyelik fonksiyonu (7) kullanılır. MA yaklaşımında hedeflerin arasında öncelik sıralaması yerine eşit göreceli ağırlık faktörleri kullanılır. $((AX)_i - p_i \leq b_i)$ tipindeki hedef için negatif sapma istenen sapma olup pozitif sapma p_i istenmeyen sapmadır ve bu sapma minimum yapılmak istenir. Diğer yandan bu hedefle ilgili olan $(\lambda + \frac{1}{\Delta_{iR}} p_i \leq 1)$ kısıtı da tolerans değerli $(\frac{1}{\Delta_{iR}} p_i)$ normalleştirilmiş oranını minimum kılarak λ üyelik derecesini 1'e yaklaştırarak maksimum yapmaya çalışmaktadır. Benzer yorumlar diğer hedef tipleri için de yapılabilir.

3.2. MA Yaklaşımı için İdeal Çözümlerin Kullanılması

Bu başlık altında Çok Amaçlı Doğrusal Programlama açısından MA yaklaşımı yeniden düzenlenmiştir. Aşağıda verilen Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemi göz önünde bulundurulsun.

$$\text{Max. } Z_k = [Z_1, Z_2, \dots, Z_l]^T = [c_1x, c_2x, \dots, c_lx]^T$$

$$\text{Min. } W_s = [W_1, W_2, \dots, W_r]^T = [c_1x, c_2x, \dots, c_lx]^T$$

Kısıtlar;

(9)

$$Ax \leq b,$$

$$x \geq 0,$$

Burada, $c_k, k=1,2,\dots,l, c_s, s=1,2,\dots,r, x$ n-boyutlu vektör, b m-boyutlu vektör ve A, mxn tipinde matris. Çok Amaçlı Doğrusal programlama problemlerinin çözümü sonucunda farklı isimlendirilen çözümler elde edilir. Bu çözümlerden en önemlileri pozitif ve negatif ideal

çözümlerdir (Zeleny, 1982). Pozitif ideal çözümler her bir amaç fonksiyonunun verilen amaç yönünde çözümünden elde edilir.

$$I^+ = [Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_l^+; W_1^+, W_2^+, \dots, W_r^+] \quad (10)$$

Pozitif ideal çözümler aynı zamanda her bir amaç fonksiyonunun en iyi performansını göstermektedir. Negatif ideal çözümler ise her bir amaç fonksiyonunun verilen amacın ters yönde çözümünden elde edilir.

$$I^- = [Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_l^-; W_1^-, W_2^-, \dots, W_r^-] \quad (11)$$

Negatif ideal çözümler aynı zamanda her bir amaç fonksiyonunun en kötü performansı olarak isimlendirilir. MA yaklaşımı (8) için pozitif ve negatif ideal çözümlere bağlı olarak düzenleme aşağıda yapılmıştır. Bu düzenlemede “=” tipindeki hedefler kullanılmamıştır. Çünkü “≤” ve “≥” tipindeki hedefleri için tolerans değerleri pozitif ve negatif ideal çözümlere göre belirlenebilir. “=” tipindeki hedef için ise karar vericiler tolerans değerlerini tanımlayabilirler. Buna göre pozitif ve negatif ideal çözümler açısından (8) ve (9)’a göre MA yaklaşımı;

$$Max \lambda$$

Kısıtlar; (12)

$$W_s(x) - p_s \leq W_s^+$$

$$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iR}} p_s \leq 1$$

$$Z_k(x) + n_k \geq Z_k^+$$

$$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iL}} n_k \leq 1$$

$$X \in C_s$$

$$\lambda, p_i, n_i \geq 0, \lambda \in [0; 1], k = 1, 2, \dots, l \text{ ve } s=1, 2, \dots, r$$

elde edilir.

Burada;

$Z_k(x)$: k-inci maksimizasyon yönlü amaç fonksiyonu

Z_k^+ : k-inci amaç fonksiyonunun arzu edilen seviyesini gösteren pozitif ideal çözüm,

Z_k^- : k-inci amaç fonksiyonunun negatif ideal çözüm değeri,

n_k : k-inci amaç fonksiyonundan minimize yapılmak istenen sapma miktarı

$W_s(x)$: s-inci minimizasyon yönlü amaç fonksiyonu,

W_s^+ : s-inci amaç fonksiyonunun arzu edilen seviyesini gösteren pozitif ideal çözüm,

W_s^- : s-inci amaç fonksiyonunun negatif ideal çözüm değeri,

p_s : s-inci amaç fonksiyonundan minimize yapılmak istenen sapma miktarı,

Δ_{iR} : i-inci hedef azalan üyelik için tolerans değeri ($\Delta_{iR} = W_r^- - W_r^+$),

Δ_{iL} : i-inci hedef artan üyelik için tolerans değeri ($\Delta_{iL} = Z_i^+ - Z_i^-$).

4. UYGULAMA

Aksaray’da el yapımı salon mobilyası üretimi yapan bir işletme, iki farklı şekilde bu üretimi gerçekleştirmektedir; Birinci olarak müşteri talebine göre ürünleri ayrı ayrı olarak üretebiliyor, ikinci olarak da salon grubu (gümüşlük, tekli koltuk 2 adet, ikili koltuk ve üçlü koltuk) olarak üretebilmektedir. İşletme yönetiminin temel malzemeleri aynı kalitede olup sadece müşteri talebine göre aynı fiyat ve kalitede farklı desenli kumaş ve astar seçeneği sunmaktadır. Üretim sürecinde kullanılan hammadde kaynaklarının kullanım miktarları ile bu kaynakların toplam miktarları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Hammadde Kullanım Miktarları

Hammadde	Gümüşlük (x_1)	Tekli Koltuk-2 x_1	İkili Koltuk (x_3)	Üçlü Koltuk (x_4)	Toplam
Ahşap (m^3)	4	7	9	10	900
Sünger (kg)	-	3	3	5	500
Kumaş (m^2)	-	7	8	11	900
Astar (m^2)	-	3	3.5	4	450

Ayrıca ürünlerin iskelet parçalarının hazırlanmasından sonra yapılacak olan işlemler için iş gücü bilgileri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: İşgücü Kullanım Miktarları

İşgücü	Gümüşlük (x_1)	Tekli Koltuk- 2 (x_2)	İkili Koltuk (x_3)	Üçlü Koltuk (x_4)	Toplam
Parçaların Boyanması (Dakika)	15	17	19	21	1500
Parçaların Verniklenmesi (Dakika)	9	12	15	17	1600
Parçaların Birleştirilmesi (Dakika)	35	42	55	58	4100

Bu bilgilerle birlikte işletmenin ürünlerine haftalık gelen talepler sebebiyle sırasıyla; gümüşlük en az 5 adet, tekli koltuk en az 10 adet, ikili koltuk en az 20 adet ve üçlü koltuk en az 40 adet üretilmelidir. İşletme yönetimi bu üretim süreci için üç farklı amaç belirlemiştir. Bunlar;

- Kar Amacı: Ürünler için birim karlar sırası ile; 400 TL., 650 TL, 700 TL. ve 760 TL.'dir (*Kar bilgileri işletme yönetimi tarafından gerçeğe yakın olarak verilmiştir*).
- Maliyet Amacı: Ürünler için birim maliyetler sırası ile; 300 TL., 290 TL., 360 TL. ve 440 TL.'dir (*Maliyet bilgileri işletme yönetimi tarafından gerçeğe yakın olarak verilmiştir*).
- Maksimum birim üretim Amacı: 4 farklı ürünün maksimum miktarda üretilmesi arzu edilmektedir.

Bu bilgilere işletmenin haftalık üretimi için (9)'a göre Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{Maksimum } Z_1(x) = 400x_1 + 650x_2 + 700x_3 + 760x_4$$

$$\text{Maksimum } Z_2(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

$$\text{Minimum } W_1(x) = 300x_1 + 290x_2 + 360x_3 + 440x_4$$

Kısıtlar; (P1)

$$4x_1 + 7x_2 + 9x_3 + 10x_4 \leq 900$$

$$3x_2 + 3x_3 + 5x_4 \leq 500$$

$$7x_2 + 8x_3 + 11x_4 \leq 900$$

$$3x_2 + 3.5x_3 + 4x_4 \leq 450$$

$$15x_1 + 17x_2 + 19x_3 + 21x_4 \leq 1500$$

$$9x_1 + 12x_2 + 15x_3 + 17x_4 \leq 1600$$

$$35x_1 + 42x_2 + 55x_3 + 58x_4 \leq 4100$$

$$x_1 \geq 5$$

$$x_2 \geq 10$$

$$x_3 \geq 20$$

$$x_4 \geq 40$$

$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$ ve Tamsayı.

Bu modelde;

x_1 : Üretilecek Gümüşlük adedi,

x_2 : Üretilecek Tekli Koltuk adedi,

x_3 : Üretilecek İkili Koltuk adedi,

x_4 : Üretilecek Üçlü Koltuk adedi.

Uygulama problemi (P1)'in (9)'a göre çözümü sonucunda pozitif ve negatif ideal çözümleri Tablo 3'te verilmiştir.

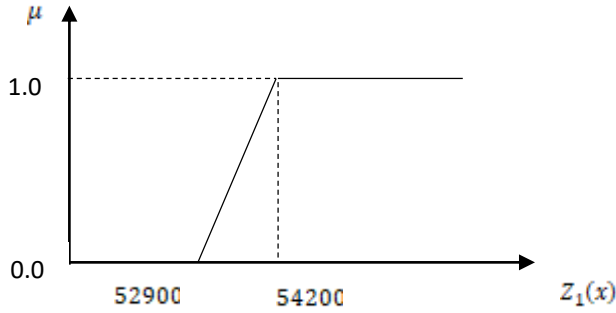
Tablo 3: (P1) için Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler

Karar Değişkenleri	Toplam Kar $Z_1(x)$	Toplam Üretim $Z_2(x)$	Toplam Maliyet $W_1(x)$
x_1	5	7	5
x_2	12	10	10
x_3	20	20	20
x_4	40	40	40
Amaç Fonksiyonu Değeri (Pozitif İdeal Çözümler)	54200 TL	77 Adet	29200 TL
Negatif İdeal Çözümler	52900 TL	75 Adet	29800 TL

Tablo 3'teki bilgilerden her bir amaç fonksiyonu karar değişkenlerinin farklı değerlerinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar ise çözümün optimal olmadığını göstermektedir. Tablo 3'teki pozitif ve negatif ideal çözümler kullanılarak düzenlenmiş MA yaklaşımı (12)'ye göre uygulama problemi (P1) için amaçların bulanık hedeflere dönüşümü aşağıda verilmiştir. Kar amacının bulanık hedefe dönüştürülmesi: Kar amaç fonksiyonunun pozitif ideal çözüm değeri 54200TL.'dir. İşletme yönetimi bu değer altına düşmek istememesine karşın, negatif ideal çözüm yani kar amacının en kötü performans değeri olan 52900 TL. değerini de kabul edilebilir görmüştür.

$$Z_1(x) = 400x_1 + 650x_2 + 700x_3 + 760x_4 \gtrsim 54200$$

Bu bilgilere göre kar hedefinin tolerans değeri; $\Delta_{1L} = 54200 - 52900 = 1300$ olarak belirlenir. Kar hedefinin üyelik fonksiyonu;



Şekil 4: Bulanık Kar Hedef Üyelik Fonksiyonu

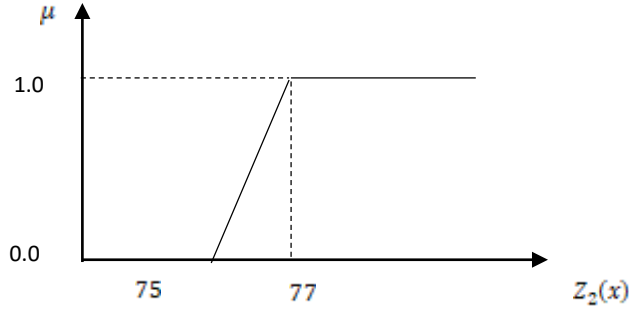
Artan üyelik fonksiyonu matematiksel olarak (6)'ya göre aşağıda verilmiştir.

$$\mu_{Z_1}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad Z_1(x) \geq 54200 \\ \frac{Z_1 - 52900}{1300} & , \quad 52900 \leq Z_1(x) \leq 54200 \\ 0 & , \quad Z_1(x) \leq 52900 \end{cases} \quad (13)$$

Maksimum birim üretim amacının bulanık hedefe dönüştürülmesi: Maksimum birim üretim amacının pozitif ideal çözüm değeri 77 adettir. Bu amacın negatif ideal çözüm değeri de 75 adettir. Buna göre;

$$Z_2(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \gtrsim 77$$

olarak maksimum birim üretim hedefi oluşturulur. Bu hedef için tolerans değeri $\Delta_{2L} = 77 - 75 = 2$ elde edilir. Maksimum birim üretim hedefi için üyelik fonksiyonu;



Şekil 5: Bulanık maksimum birim Hedef Üyelik Fonksiyonu

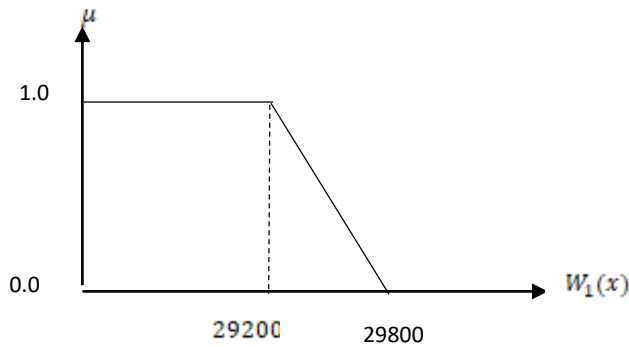
Artan üyelik fonksiyonu matematiksel olarak (6)'ya göre aşağıda verilmiştir.

$$\mu_{Z_2}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad Z_2(x) \geq 77 \\ \frac{Z_2-75}{2} & , \quad 75 \leq Z_2(x) \leq 77 \\ 0 & , \quad Z_2(x) \leq 75 \end{cases} \quad (14)$$

Maliyet amacının bulanık hedefe dönüştürülmesi: Maliyet amacının pozitif ideal çözüm değeri 29200 TL.'dir. Karar verici bu değeri işletme için uygun görmüş olmasına karşı, en kötü performans değeri olan 29800 TL.'yi kabul edebileceğini belirtmiştir. Buna göre bulanık maliyet hedefi

$$W_1(x) = 300x_1 + 290x_2 + 360x_3 + 440x_4 \lesssim 29200$$

ve tolerans değeri ise $\Delta_{3R} = 29800 - 29200 = 600$ olarak belirlenir. Bu bilgilerden bulanık maliyet hedefi için üyelik fonksiyonu;



Şekil 6: Bulanık Hedef A için Üyelik Fonksiyonu

Azalan Üyelik fonksiyonu matematiksel olarak (5)'e göre aşağıda verilmiştir.

$$\mu_{W_1}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad W_1(x) \leq 29200 \\ \frac{29800 - W_1(x)}{600} & , \quad 29200 < W_1(x) < 29800 \\ 0 & , \quad W_1(x) \geq 29800 \end{cases} \quad (15)$$

Uygulama problemi (P1), düzenlenmiş MA yaklaşımı (12)'ye göre (13),(14) ve (15) üyelik fonksiyonları kullanılarak aşağıdaki gibi oluşturulur.

Maksimum λ

Kısıtlar; (P2)

$$400x_1 + 650x_2 + 700x_3 + 760x_4 + n_1 \geq 54200$$

$$\lambda + \frac{1}{1300}n_1 \leq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + n_2 \geq 77$$

$$\lambda + \frac{1}{2}n_2 \leq 1$$

$$300x_1 + 290x_2 + 360x_3 + 440x_4 - p_3 \leq 29200$$

$$\lambda + \frac{1}{600}p_3 \leq 1$$

$$4x_1 + 7x_2 + 9x_3 + 10x_4 \leq 900$$

$$3x_2 + 3x_3 + 5x_4 \leq 500$$

$$7x_2 + 8x_3 + 11x_4 \leq 900$$

$$3x_2 + 3.5x_3 + 4x_4 \leq 450$$

$$15x_1 + 17x_2 + 19x_3 + 21x_4 \leq 1500$$

$$9x_1 + 12x_2 + 15x_3 + 17x_4 \leq 1600$$

$$35x_1 + 42x_2 + 55x_3 + 58x_4 \leq 4100$$

$$x_1 \geq 5$$

$$x_2 \geq 10$$

$$x_3 \geq 20$$

$$x_4 \geq 40$$

$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$ ve Tamsayı, $\lambda \in [0; 1]$.

Düzenlenmiş MA yaklaşımına göre oluşturulan (P2)'nin çözümünden elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: (P2)'nin Çözüm Sonucu

Karar Değişkenleri	Toplam Kar $Z_1(x)$	Toplam Üretim $Z_2(x)$	Toplam Maliyet $W_1(x)$
x_1	5	5	5
x_2	11	11	11
x_3	20	20	20
x_4	40	40	40
Elde Edilen Hedef Değerler	53550 TL	76 Adet	29490 TL
(P2)'nin Üyelik Derecesi		0.5	

Tablo 4'te her bir bulanık hedef aynı karar değişkenlerinin aynı değerinde gerçekleşmiştir. Tablo 4'teki bilgilerden her bir bulanık hedefin kendi ideal çözümüne yakınlık derecesi aşağıda hesaplanmıştır.

$$\text{Bulanık Kar Hedefi: } \frac{53550 - 52900}{1300} = 0.5$$

$$\text{Bulanık Birim üretim Hedefi } \frac{76 - 75}{2} = 0.5$$

$$\text{Bulanık Maliyet Hedefi: } \frac{29800 - (29490)}{600} = 0.5$$

Bulanık Hedeflerin kendi ideal çözümlerine yakınlık dereceleri ile (P2)'nin üyelik derecesi 0.5 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç ise (P2)'nin çözümünün etkin bir çözüm olduğunu gösterir. Diğer yandan, kar hedefinden sapma miktarı $n_1 = 650$ TL, maksimum birim hedefinden sapma miktarı $n_2 = 1$ adet ve maliyet hedefinden sapma ise $p_3 = 310$ TL olarak

belirlenmiştir. (P2)'nin çözümünden belirlenen çözüme “bulanık tatminkâr çözüm” adı verilebilir

5. SONUÇ

Hedef Programlama açısından kurulan modellerde sadece hedef fonksiyonuna göre çözüm yapılabildiği gibi, hedef fonksiyonlarının kısıtlara bağlı olarak değerlendirilmesi mümkündür. Hedef Programlama yönteminde karar vericiler hedeflerinin arzu edilen seviyelerini kendileri belirlediği takdirde bazı hedef ve/veya hedeflerden sapmalar çok fazla olabilir. Diğer yandan hedeflere verilecek olan öncelik sıralaması veya göreceli ağırlıklar farklı sonuçlara da yol açacak ve sapmaların artmasına sebep olacaktır. Bu beklenen bir durum olup, sapmaların yanlış yorumlanmasına neden olabilir. Ayrıca hedeflerin arzu edilen seviyelerinin bulanıklaştırılması da sapmaların artmasını sağlayabilir. Özellikle problemde, hedef fonksiyonlarından başka ilgili sistemin kısıtları varsa çözüm, kısıtların sağladığı bölge üzerinde gerçekleşeceği için saplamalar çok daha fazla artabilir.

İşletmeyle yapılan ilk görüşmelerde, yönetici mevcut üretiminin sadece kar amaçlı olduğunu ve üretim sistemini buna bağlı olarak geliştirdiğini belirtmiştir. İşletme yönetimine kar amacının yanı sıra maksimum birim üretim ile minimum maliyet amacı oluşturularak üretim sürecinin üç amaca bağlı yapılması önerilmiş ve bu öneri kabul edilmiştir. Üretim sisteminin modellenen problemi her üç amaç için ayrı ayrı çözüm yapılmış ve çözüm sonucunda amaçların farklı değişken değerlerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Tablo 3'teki bilgilerden; her üç amaç fonksiyonu için 20 adet ikili koltuk ile 40 adet üçlü koltuk üretimi belirlenirken, bu üç amaç fonksiyonu için gümüşlük ve tekli koltuk-2'nin farklı miktarlar elde edilmiştir. Bu çözüm sonucu ise beklenen bir durumdur. Çünkü Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemlerinde bütün amaçların aynı karar değişkenlerinin aynı değerinde gerçekleşmesi hemen hemen imkânsızdır. Bu nedenle her üç amacı aynı karar değişkenlerinin aynı değerinde gerçekleştirmek için Çok Amaçlı Karar Verme yöntemlerinden olan Hedef Programlanın bir uzantısı olan Bulanık Hedef programlama kullanılmıştır. Bulanık Hedef Programlamanın temeli olan Narasimhan (1980) ve Hannan (1981) tarafından geliştirilen yaklaşımlarda hedef fonksiyonlar için bulanık hedefler ile bu hedeflerin tolerans değerleri karar verici tarafından belirlenmektedir. Bu yaklaşımlarda, hedef fonksiyonlar için tanımlanan hedef değerler ile bunların tolerans değerlerindeki olabilecek yanlışlıklar tüm problemin yanlış sonuç vermesine ve yorumlanmasına sebep olacaktır. Oluşabilecek bu tip yanlışlıkları önlemek için MA (2007) yaklaşımı tercih edilmiştir. Çünkü MA yaklaşımı pozitif ve negatif ideal çözümleri kullanmak için çok uygun bir yöntemdir.

Bu çalışmada Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemi olarak düzenlenen uygulama problemi (P1)'in her bir amaç fonksiyonu bulanık hedef fonksiyonlarına dönüştürülürken, bu amaçların pozitif ideal çözümleri kullanılmıştır. Çünkü (P1)'deki amaçların ulaşabilecekleri en iyi değerler kendi pozitif ideal çözümleridir. Negatif ideal çözüm değerleri ise en kötü performansları olup, pozitif ve negatif ideal çözümler arasındaki fark ise bulanık hedef fonksiyonlar için tolerans değerleri olarak kabul edilmiştir. Birinci amaç fonksiyonu gözönünde bulundurulduğunda pozitif ideal çözüm 54200 TL ve negatif ideal çözüm 52900 TL'dir. Bu bilgiler kullanılarak oluşturulan Şekil 4 ve üyelik fonksiyonu (13)'e göre kar amacı bulanık hedefe dönüştürülmüştür. Maksimum birim üretim amacı için bulanık hedefe dönüştürme sürecinde Şekil 5 ve üyelik fonksiyonu (14), maliyet amacı için ise Şekil 6 ve üyelik fonksiyonu (15) kullanılmıştır. Bulanık Hedef Programlamaya göre yapılan çözüm sonucunda; her üç hedef aynı değişkenlerin/aynı ürünlerin miktarına bağlı ortaya çıkmıştır. Bu miktarlar gümüşlük için 5 adet, tekli koltuk-2 için 11 adet, ikili koltuk için 20 adet ve üçlü koltuk için 40 adettir. Bu bilgiler kullanılarak bulanık hedefler; Kar amacı için 53550 TL, birim üretim amacı 76 adet ve maliyet amacı ise 29490 TL olarak belirlenmiştir. (P2)'nin çözümüne ait tüm sonuçlar Tablo 4'te görülebilir.

Kar hedefi için; Hedefe dönüştürülen kar amacının pozitif ideal çözümü 54200 TL ve negatif ideal çözümü ise 52900 TL'dir. Bu hedef için tolerans değeri pozitif ve negatif ideal çözümlerin farkından 1300 TL olarak elde edilir. (P2)'nin çözümü sonucunda Kar hedefinin bulanık tatminkâr değeri 53550 TL olarak belirlenmiştir ki bu değer belirlenen aralık içerisinde gerçekleşmiştir. Diğer hedefler içinde benzer hesaplama yapılarak, her bir hedefin belirlenen aralıklar içerisinde kaldığı belirlenebilir. Sonuç olarak, bu uygulama çalışmasında kullanılan MA yaklaşımıyla, Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemlerinin pozitif ve negatif ideal çözüm kavramlarına bağlı olarak çözülebileceği bir gerçek işletme problemi üzerinde gösterilmiştir.

KAYNAKÇA

- Bellman, R.E., and Zadeh, L.A. (1970). "Decision-Making in A Fuzzy Environment", *Management Science* B.17 , pp. 141-164.
- Charnes, A., and Cooper, W. W. and Ferguson, R. (1955). "Optimal estimation of executive compensation by linear programming", *Management Science*, vol. 1, no. 2, pp. 138-151.
- Charnes, A., and Cooper, W.W. 1961, *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*, Wiley, New York.
- Charnes, A., and Cooper, W.W. (1977). "Goal programming and multiple objective optimizations", *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 1, issue 1, pp. 39-54.
- Chen, L-H., Ko, W-C., and Yeh, F-T. (2017). "Approach based on fuzzy goal programming and quality function deployment for new product planning", *European Journal of Operational Research*, 259 pp. 654-663
- Chen, L. H., and Tsai, F.C. (2001). "Fuzzy goal programming with different importance and priorities", *European Journal of Operational Research*, 133, 548-556.
- Cheng, H.W. (2013). "A satisficing method for fuzzy goal programming problems with different importance and priorities", *Qual. Quant*, 47, 485-498.
- Silva, A.F., and Marins, F.A.S. (2014). "A Fuzzy Goal Programming model for solving aggregate production-planning problems under uncertainty: A case study in a Brazilian sugar mill", *Energy Economics* 45, pp. 196-204.
- Erpolat, S. (2010). "Üretim Planlamasında Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması", *Öneri*, C.9.S.34. Temmuz, pp. 233-246.
- Flavell, R.B. (1976). "A new goal programming formulation", *Omega*, vol. 4, no. 6, 731-732, 1976.
- Gupta, M., and Bhattacharjee, D. (2012). "Two weighted fuzzy goal programming methods to solve multiobjective goal programming problem", *Journal of applied mathematics*, volume 2012, 1-20.
- Hannan, E. L. (1981), "On fuzzy goal programming", *Decision Sciences*, 12, 522-531.
- Ijiri, Y. (1965). *Management Goals and Accounting for Control*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Jones, D., and Tamiz, M. (2010). *Practical goal programming*, International Series in Operations Research and Management Science, 141 (141). Springer, New York.
- Lee, S.E., and Moore, L.J. (1975). *Introduction to Decision Science*, Petrocelli- Charter, New York.
- Liang, T-F. (2007). "Applying fuzzy goal programming to production/transportation planning decisions in a supply chain", *International Journal of Systems Science* Vol. 38, No. 4, pp. 293-304.
- Lin, C.C. (2004). "A weighted max-min model for fuzzy goal programming", *Fuzzy Sets and Systems* 142, 407-420.
- Lutero, D.S., Pangué, E.M.U, Tubay, J.M., and Lubag, S.P. (2016). "A fuzzy goal programming model for biodiesel production", *Journal of Physics: Conference Series* 693 (2016) 012007, doi:10.1088/1742-6596/693/1/012007
- Min, H., and Storbeck, J. (1991). "On the Origin and Persistence of Misconceptions in Goal Programming", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 42, pp. 301-312.
- Mokhtaria, H. and Hasani, A. (2017). "Multi-objective model for cleaner production-transportation planning in manufacturing plants via fuzzy goal programming", *Journal of Manufacturing Systems* 44, pp. 230-242.
- Romero, C. (1991). *Handbook of Critical Issues in Goal Programming*, Pergamon Press, New York .
- Narasimhan, R. (1980). "Goal programming in a fuzzy environment", *Decision Sciences*, 11, 325-336.
- Özkan, M. ve Bircan, H. (2016). "Bulanık Hedef Programlama ile Ürün Hedef Optimizasyonu: Yang, Ignizio ve Kim Modeli", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Vol/Cilt: 45, No/Sayı: 2, November/Kasım, pp. 109-119.
- Rubin, P.A., and Narasimhan, R. (1984). Fuzzy goal programming with nested priorities. *Fuzzy sets and systems* 14, 115-129.

- Schniederjans, M.J. (1994). *Goal Programming: Methodology And Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Simon, H.A. (1960). *The New Science of Management Decision*, Harper & Brothers Publishers, First Edition, New York.
- Tsai, K-M., HsinLin, S-Y.Y., and Tsai, C-H. (2008). "A fuzzy goal programming approach with priority for channel allocation problem in steel industry", *Expert Systems with Applications*, Volume 34, Issue 3, pp. 1870-1876.
- Tiwari, R.N., Dharmar, S. & Rao, J.R. (1986). Priority structure in fuzzy goal programming. *Fuzzy sets and systems* 19, 251-259.
- Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy Sets", *Information and Control* 8,s. 338-353.
- Zeleny, M.(1982). *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Zimmerman, H.J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, *Fuzzy sets and systems* 1 (1978) 45–55.
- Yaghoobi, M.A., and Tamiz, M. (2007). "A method for solving fuzzy goal programming problems based on minmax approach", *European Journal of Operational Research* 177, 1580–1590.
- Yang, T., Ignizio, J. P., and Kim, H. J. (1991). "Fuzzy programming with nonlinear membership functions: piecewise linear approximation", *Fuzzy Sets and Systems*, 41, 39–53.