BUSINESS AND ECONOMICS RESEARCH JOURNAL
ISSN: 2619-9491
www.berjournal.com

Business and Economics Research Journal Vol. 9, No. 4, 2018, pp. 825-838 doi: 10.20409/berj.2018.141

Çok Amaçlı De Novo Programlama Problemlerinin Çözümünde Bulanık Yaklaşım Önerisi ve Bir İşletme Uygulaması

Nurullah Umarusman[a]

Öz: *De Novo Programlama verilen bir sistemin optimizasyonu yerine, bir optimal sistemin tasarımını bütçe kısıtına bağlı olarak gerçekleştiren Doğrusal Programlama tabanlı bir yöntemdir. De Novo tasarımı ile yeniden düzenlenen kaynak miktarları tam kapasitede kullanılarak amaç fonksiyonlarının başarım seviyeleri arttırılmaktadır. Klasik optimizasyon problemleri kesin verilerle modellenirken, bulanık küme teorisi kullanılarak parametrelerin tanımlanmasıyla daha esnek sonuçlar elde edilir. Özellikle kaynak miktarlarındaki esneklikle, orta vadede üretim planlaması yapılabilir. Kaynak miktarlarındaki esneklik doğal olarak bütçeye de yansıyacağı için kaynakların tam kapasitede kullanılacak miktarlarının sağlanması gerekir. Bu çalışmada Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlamaya bağlı olarak gerçek bir işletmenin optimal üretim planlanın tasarımının nasıl yapılacağı yeni bir yaklaşım önerisiyle açıklanmıştır. Önerilen yaklaşımın en belirgin özeliği pozitif ve negatif ideal çözüm kavramları yerine, bütçenin alt ve üst sınırına göre elde edilen amaç fonksiyonu değerlerinin kullanılmasıdır.*

Anahtar Sözcükler: Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama, Bulanık De Novo Programlama, De Novo Programlama, Optimal Sistem Tasarımı

JEL: C61, M11

Geliş : 25 Mayıs 2018
Düzeltme : 17 Temmuz 2018
Kabul : 25 Temmuz 2018

Tür : Araştırma

A Fuzzy Approach Proposal in the Solution of Multi Objective De Novo Programming Problems and A Business Application

Abstract: *Instead of optimizing a given system, De Novo Programming is a method based on Linear Programming and designs an optimal system in terms of budget constraints. The reorganized resource amounts are utilized at full capacity with De Novo design, which increases the fulfilment levels of goal functions. While classical optimization problems are modelled with precise data, more flexible results are acquired by defining parameters using fuzzy set theory. Flexibility in resource amounts enables especially medium term production planning. As the flexibility in resource amounts reverberates the budget, it is necessary to define the resource amounts to be used at full capacity. With a proposal of a new approach, this study investigates how the optimal production plan of a real business should be carried out based on Fuzzy Multiobjective Linear Programming. The most distinctive feature of the proposed method is that it does not use the concepts of positive and negative ideal solutions; instead, it utilizes the target function values acquired in regards to the upper and lower limits of the budget.*

Keywords: Fuzzy Multiobjective Linear Programming, Fuzzy De Novo Programming, De Novo Programming, Optimal System Design

JEL: C61, M11

Received : 25 May 2018
Revised : 17 July 2018
Accepted : 25 July 2018

Type : Research

Cite this article as: Umarusman, N. (2018). Çok amaçlı De Novo programlama problemlerinin çözümünde bulanık yaklaşım önerisi ve bir işletme uygulaması. *Business and Economics Research Journal,* 9(4), 825-838.

The current issue and archive of this Journal is available at: ***www.berjournal.com***

[a] Asst. Prof., PhD., Aksaray University, Faculty of Economics and Administrative Sciences Department of Business Administration, Aksaray, Turkiye, nurullah.umarusman@aksaray.edu.tr (ORCID ID: 0000-0001-6535-5329)

1. Giriş

Kaynak kullanımı açısından bir optimal sistem, kısıt kaynaklarının tam kapasitede kullanılmasıyla veya bütün kısıtların aktif olmasıyla mümkündür. Üretim süreci problemlerinin modelleri kurulurken kaynakların tam kapasite kullanılabilecek miktarlarını belirlemek hemen hemen imkânsızdır. Bu durum, kaynak kullanım miktarlarının tam kapasitede kullanılacak seviyelerinin belirlenememesine ve kıt kaynakların verimli kullanılmamasına sebep olur. De Novo varsayımının en önemli özelliği birden fazla amaç fonksiyonuna sahip karar verme problemlerinin kaynak miktarlarını optimal düzeyde belirleyerek amaç fonksiyonlarının değerlerinde iyileştirme sağlamasıdır. De Novo Programlama, uzun vadede kaynakların kullanım miktarlarını kaynaklar satın alınmadan önce planlayarak bir optimal sistem tasarımının nasıl yapılacağını açıklar. Bu sebeple de novo varsayımına göre optimal sistemin kurulmasında tek kısıt bütçedir. Babic ve Pavic (1996)'e göre bir optimal sistem üretim aşamasına geçilmeden tasarımlanmalıdır. Çünkü optimal bir üretim, bütçeye bağlı olarak hammadde miktarlarının tam kapasitede kullanılacak düzeylerinin belirlenmesi ile sağlanabilir.

De Novo Programlama üzerine ilk çalışma Zeleny (1976) tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Zeleny (1981), ilk çalışmasında ortaya koyduğu de novo varsayımının klasik Doğrusal Programlama probleminin çözümü için kullanışlı bir yöntem olduğunu ve bu yöntemin verdiği sonuçların üstünlüğünden bahsetmiştir. Zeleny (1984) birden fazla kritere sahip bir problemde yüksek verimliliğin sağlanması için De Novo Programlamayı kullanmıştır. Bu çalışmadan sonra Zeleny (1986) Çok Amaçlı De Novo Programlama problemlerinin çözümü için pozitif ideal çözümlere bağlı olarak optium-yol oranını kullanarak "meta-optimal" çözümü geliştirmiştir. "Meta-optimal" çözüm, Shi (1995) tarafından ele alınarak altı farklı "optimum-yol" oranına göre yeniden düzenlenmiştir. Meta-optimum çözümün yanı sıra, Çok Amaçlı De Novo Programlama probleminin çözümünde kullanılan yöntemleri içeren literatür taraması şu şekilde verilebilir: Doğrusal Programlama temelli bir model olan De Novo Programlamayı Bulanık Karar Verme sürecinde ilk kez Li ve Lee (1990a) pozitif ve negatif ideal çözümlere bağlı olarak bir model önermiştir. Li ve Lee (1990b) bulanık kümenin olabilirlik kavramına bağlı kalarak bulanık parametreli Çok kriterli De Novo programlamayı geliştirmiştir. Lai ve Hwang (1992) tarafından Chanas (1983)'ın non-symetric yaklaşımını esas alarak tek amaçlı de novo programlama probleminin çözümünü gerçekleştirmiştir. Daha sonra Li ve Lee (1993), Çok Kriterli De Novo Programlamayı bulanık mantık çerçevesinde daha önceki çalışmalarının devamı olarak kabul edilen çalışmalarında bulanık hedefler ve bulanık katsayılar eşzamanlı olarak ele alınmış ve farklı bir yaklaşım önermiştir. Sasaki ve Gen (2003) Melez Genetik Algoritma kullanarak bulanık çok amaçlı optimal sistem tasarımı probleminin çözümü için bir yöntem önermiştir. Bu yaklaşım, bulanık kısıtlar ve bulanık hedefler kullanılarak esnek optimal sistem tasarımının gerçekleştirilmesine imkan vermektedir. Chen ve Hsieh (2006), çalışmalarında De Novo Programlama problemini bulanık kısıtlı ve bulanık hedefli bir Bulanık Dinamik Programlama formülasyonunu oluşturarak Genetik Algoritma mantığında çözmüştür. Bu yöntemlerin yanı sıra, farklı bilim insanları Çok Amaçlı De Novo Programlama problemerinin çözümünde Çok Amaçlı Karar Verme yöntemlerini kullanmaya başlamıştır. Çok Amaçlı De novo Programlama probleminin çözümü için Umarusman (2013) Minmaks Hedef Programlamanın, Umarusman ve Türkmen (2013) Global Kriter Yöntemin, Zhuang and Hocine (2018) Meta-Hedef Programlamanın, Umarusman (2018) Minmaks tabanlı Bulanık Hedef Programlamanın ve Banik and Bhattacharya (2018) Ağırlıklı Hedef Programlamanın kullanılmasını önermiştir.

Bu çalışmada, Çok Amaçlı De Novo Programlama probleminin bulanık ortamda çözümü için Wu ve Guu (2001) yaklaşımı kullanılarak bir öneri yapılmıştır. Önerilen yaklaşımın teorik alt yapısının oluşturulmasında Çok Amaçlı Doğrusal Programlama, Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama ve De Novo Programlama yöntemleri kullanılmıştır. Wu ve Guu (2001) yaklaşımı aslında Werners (1987) yaklaşımının bir uzantısı olup, Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemlerinin bulanık karar ortamında çözümünü gerçekleştirmektedir. Önerilen yaklaşımda, ilk olarak bütçe kısıtının alt ve üst sınırları kullanılarak her bir amaç fonksiyonu için pozitif ve negatif ideal çözümler tanımlanmıştır. Daha sonra, pozitif ve negatif ideal çözümler kullanılarak amaçlar fonksiyonları için bulanık üyelik fonksiyonları ile bütçe kısıtının alt ve üst sınırı kullanılarak bütçe için üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu üyelik fonksiyonları, Wu ve Guu (2001) yaklaşımına göre bir araya getirilerek De Novo Programlama problemini bulanık ortamda çözümünü sağlayan yaklaşımın modeli elde edilmiştir. Önerilen yaklaşımın literatürdeki diğer yaklaşımlardan belirgin farkı bulanık bütçeye göre her bir amaç fonksiyonunun pozitif ve negatif ideal çözümlerinin belirlenmesi olup, belirlenen bütçe aralığında kısıtların kaynak miktarları sınırlandırılmıştır. Geliştirilen yaklaşımın uygulanabilirliği bir işletmenin üretim problemi üzerinde gösterilmiştir.

2. Çok Amaçlı De Novo Programlama Formülasyonu

Optimal sistem tasarımı olarak da isimlendirilen De Novo Programlama, kaynakların uzun vadede yeniden yapılandırılmasına, kıt kaynakların daha verimli kullanılmasına ve sistemlerdeki savurganlığı önleyerek optimal tasarıma imkan sağlamaktadır (Zeleny,1984). Bir sistemin tasarımı, yeniden tasarımı ve optimizasyonu, sistem sınırlarının ve kısıtlarının amaca yönelik olarak yeniden şekillendirilmesini içermelidir. Bu sebeple sistem tasarımı alternatiflerin bir seçimi değil, alternatiflerin yaratılması işlemidir. Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemlerinde olduğu gibi De Novo yaklaşımında da birbiri ile ihtilaflı birden fazla amaç fonksiyonu kısıtlara bağlı kalınarak eşzamanlı olarak optimize edilebilir (Zeleny, 1990). Çok Amaçlı De Novo Programlama modeli (M1) aşağıda verilmiştir

$$
\begin{aligned}
& Max\ Z_k = C^k x_j \\
& Min\ W_s = C^s x_j \\
& \text{Kısıtlar;} \\
& (Ax)_i - b_i = 0 \\
& B(x) = f_i . b_i \leq B \\
& x_j \geq 0 \\
& i = 1,2,\dots,m \text{ ve } j = 1,2,\dots,n
\end{aligned}
\qquad \text{(M1)}
$$

Burada;

Z_k: maksimizasyon yönlü *k*-ıncı amaç fonksiyonu,

W_s: minimizasyon yönlü *s*-inci amaç fonksiyonu,

C^k: maksimizasyon yönlü *k*-ıncı amaç fonksiyonu katsayıları,

C^s: minimizasyon yönlü *s*-inci amaç fonksiyonu katsayıları,

B:Bütçe değeri,

$B(x)$: Bütçe kısıtı,

x_j: Karar değişkenleri,

A: Kısıtların *(mxn)* tipinde teknolojik katsayılar matrisi,

f_i: Kaynakların birim fiyatı,

b_i:Kaynak miktarı.

(M1)'de her bir amaç fonksiyonunun optimal değerini aynı değişkenlere göre belirlenmesi hemen hemen imkânsızdır. Cohon (1978)'e göre, eğer p-tane amaç fonksiyonunun herhangi birine optimallik mevcut ise diğer p − 1 adet amaçlar için genellikle optimal değildir. Bunun nedeni ise, geleneksel ürün karışım modellerinde kaynakların miktarlarının önceden belirlenmiş olmasıdır (Lai ve Hwang, 1994). Diğer yandan, bir optimal sistem sadece çıktıların en iyi karışımının belirlenmesini değil, aynı zamanda girdilerin en iyi birleşimi belirler (Tabucanon,1988). (M1)'in çözülmesiyle karar değişkenlerinin optimal değerlerinin yanı sıra kaynakların optimal seviyeleri de belirlenmiştir.

2.1. Bulanık De Novo Programlama Çözümü için Önerilen Yaklaşım

Lütfi Asker Zadeh (1965) tarafından yayınlanan "Fuzzy Sets" isimli makale, belirsizlik kavramının yeniden değerlendirilmesinde bir dönüm noktası olmuş ve bulanık küme teorisinin üyelikten üye olmamaya dereceli olarak geçişi açıklama yeteneğiyle birçok bilim alanına önemli katkılarda bulunmuştur. Bulanık Mantık, belirsizliğin ölçülmesinde çok faydalı olmasının yanı sıra günlük hayattaki belirsizlik içeren kavramların anlamlı bir şekilde tanımlanmasını sağlamaktadır. Bellman ve Zadeh (1970), klasik karar verme problemlerinin bulanık ortamda incelenmesi için model geliştirmiştir. Bulanık ortamda karar verme olarak isimlendirilen bu karar verme süreciyle birlikte matematiksel modeller için amaç ve kısıt fonksiyonlarını açıklayan üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır. Zimmermann (1978) Doğrusal Programlama probleminin amaç fonksiyonu ve kısıtları için üyelik fonksiyonlarını tanımlayarak bu alandaki çalışmalara öncülük yapmıştır.

Wu ve Guu (2001) tarafından önerilen yaklaşım göz önünde bulundurularak maksimizasyon ve minimizasyon yönlü amaçları için yeniden düzenlenmiştir. Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemleri (M2) ve (M3) sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Tolerans değeri olmadan düzenlenen Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modeli;

$$\begin{aligned} & Maks.Z_k^0 = [Z_1, Z_2, \dots, Z_l]^T \\ & Min\ W_s^0 = [W_1, W_2, \dots, W_r]^T \\ & \text{Kısıtlar;} \\ & (Ax)_i \leq b_i, \forall i\ ve\ x \geq 0 \end{aligned} \qquad \text{(M2)}$$

Burada;

Z_k^0: *k*-ıncı maksimizasyon yönlü amaç,

W_s^0:*s*-inci minimizasyon yönlü amaç,

$(Ax)_i$: *i*-inci kısıt fonksiyonu,

b_i:*i*-inci kısıtın sağ taraf değeri.

ve Tolerans değere göre düzenlenen Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modeli;

$$\begin{aligned} & Maks.Z_k^L = [Z_1, Z_2, \dots, Z_l]^T \\ & Min\ W_s^L = [W_1, W_2, \dots, W_r]^T \\ & \text{Kısıtlar;} \\ & (Ax)_i \leq (b_i + k_i), \forall i\ ve\ x \geq 0. \end{aligned} \qquad \text{(M3)}$$

Burada;

Z_k^{L}: *k*-ıncı maksimizasyon yönlü amaç, (*k=1,2,…,l*)

W_s^{L}:*s*-inci minimizasyon yönlü amaç, (*s=1,2,…,r*)

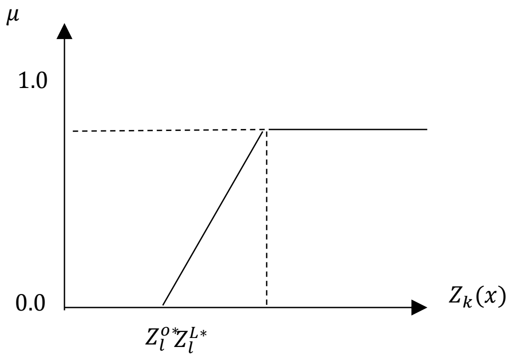
$(Ax)_i$:*i*-inci kısıt fonksiyonu, (*i=1,2,…,m*)

b_i:*i*-inci kısıtın sağ taraf değeri,

k_i:*i*-inci kısıtın tolerans değeri.

(M2) kullanılarak her bir amaç fonksiyonunun pozitif ideal çözümleri $I^{o*} = \{Z_1^{o*}, Z_2^{o*}, \dots, Z_l^{o*}; W_1^{o*}, W_2^{o*}, \dots W_r^{o*}\}$ ve (M3) kullanılarak her bir amaç fonksiyonunun pozitif ideal çözümleri $I^{L*} = \left\{Z_1^{L*}, Z_2^{L*}, \dots Z_l^{L*}; W_1^{L*}, WL_2^{*}, \dots W_r^{L*}\right\}$ ile gösterilir. I^{o*} kıstların alt sınırı (b_i) için pozitif ideal çözüm kümesi ve I^{L*}, kısıtların üst sınır $(b_i + k_i)$ için pozitif ideal çözüm kümesidir. Bu çözümlere bağlı olarak maksimizasyon yönlü amaçlar için üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

Şekil 1. Maks. Amaç Fonksiyonu İçin Doğrusal Üyelik Fonksiyonu

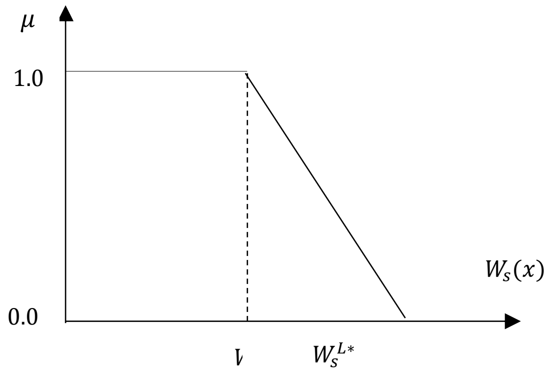


Şekil 1'de Z^{o*}'dan Z_l^{L*}'ye artan doğrusal üyelik fonksiyonu görülmektedir. Bu üyelik, matematiksel olarak aşağıda gösterilmiştir.

$$\mu_{o*}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad Eğer\ Z_k(x) \geq Z_k^{L*} \\ \frac{Z_k(x) - Z_k^{O*}}{Z_k^{L*} - Z_k^{O*}} & , \quad Z^{o*} \leq Z_k(x) \leq Z_k^{L*} \\ 0 & , \quad cx \leq Z^o \end{cases} \tag{1}$$

Minimizasyon yönlü amaçlar için azalan doğrusal üyelik;

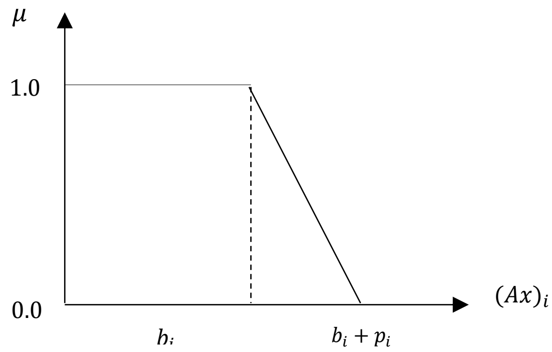
Şekil 1. Min. Amaç Fonksiyonu İçin Doğrusal Üyelik Fonksiyonu



$$\mu_{o*}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad Eğer\ W_s(x) \leq W_s^{0*} \\ \frac{W_s^{L*} - W_s(x)}{W_s^{L*} - W_s^{0*}} & , \quad W_s^{0*} \leq W_s(x) \leq W_s^{L*} \\ 0 & , \quad cx \geq W_s^{L*} \end{cases} \tag{2}$$

olarak tanımlanır. Bulanık kısıt fonksiyonları için azalan üyelik fonksiyonu Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 2. Bulanık kısıtlar için azalan doğrusal üyelik fonksiyonu



$$\mu_{(Ax)_i}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad Eğer\ (Ax)_i \leq b_i \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{k_i} & , \quad b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + k_i \\ 0 & , \quad (Ax)_i \leq b_i \end{cases} \tag{3}$$

(1), (2) ve (3) kullanılarak Wu ve Guu (2001) geliştirdikleri modelde, her bir amaç fonksiyonunu üst sınır pozitif ideal çözüm değerlerinden küçük, kısıtları da alt sınır değerlerinden büyük olacak şekilde sınırlandırmıştır. Bu bilgilere göre Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modeli (M4) aşağıdaki gibi düzenlenir.

$Maksimum\ \alpha$

Kısıtlar;

$$\frac{Z_k(x) - Z_k^{o*}}{Z_k^{L*} - Z_k^{o*}} \geq \alpha$$

$$\frac{W_s^{L*} - W_s(x)}{W_s^{L*} - W_s^{0*}} \geq \alpha$$

$$\frac{(b_i + k_i) - (Ax)_i}{k_i} \geq \alpha \qquad \text{(M4)}$$

$$Z_k(x) \leq Z_k^{L*}$$

$$W_s(x) \leq W_s^{L*}$$

$$(Ax)_i \geq b_i$$

$$x \geq 0;\ k = 1,2,\dots,l\,, s = 1,2,\dots,r\ ve\ i = 1,2,\dots,m.$$

De Novo Programlama probleminin (M4)'e göre düzenlenebilmesi için (3) üyelik fonksiyonunun bütçe kısıtı için yeniden tanımlanması gerekir. De Novo varsayıma göre bütçe kısıtının sağ taraf değeri B için k_i tolerans olmak üzere üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{B(x)} = \begin{cases} 1 & , \quad f_i b_i \leq B \\ 1 - \dfrac{f_i b_i - B}{k_i} & , \quad B \leq f_i b_i \leq B + k_i \\ 0 & , \quad f_i b_i \geq B + k_i \end{cases} \tag{4}$$

elde edilir. Tanımlanan üyelik fonksiyonu (4) ile kaynak miktarları (b), bütçenin tolerans değerini aşamayacak şekilde sınırlandırılmış olacaktır. Bu bilgilere göre Bulanık Çok Amaçlı De Novo Programlama problemi için düzenlen model (M5) aşağıda verilmiştir.

$$Maksimum\ \alpha \tag{M5}$$

Kısıtlar;

$$\frac{Z_k(x) - Z_k^{o*}}{Z_l^{L*} - Z_l^{o*}} \geq \alpha \tag{M5.1}$$

$$\frac{W_s^{L*} - W_s(x)}{W_s^{L*} - W_s^{0*}} \geq \alpha \tag{M5.2}$$

$$\frac{(B + k_i) - f_i b_i}{k_i} \geq \alpha \tag{M5.3}$$

$$(Ax)_i - b_i = 0 \tag{M5.4}$$

$$Z_k(x) \leq Z_k^{L*} \tag{M5.5}$$

$$W_s(x) \leq W_s^{L*} \tag{M5.6}$$

$$f_i b_i \geq B \tag{M5.7}$$

$$f_i b_i \leq B + k_i \tag{M5.8}$$

$x \geq 0;\ k = 1,2, \ldots, l\ , s = 1,2, \ldots, r\ ve\ i = 1,2, \ldots, m,$

$i = 1,2, \ldots, m$ ve $j = 1,2, \ldots, n$

(M5)'teki (M5.1) kısıtı maksimizasyon yönlü amaçların bütçenin alt ve üst sınırlarına göre pozitif ideal çözüme yakınlık derecesini, (M5.2) kısıtı minimizasyon yönlü amaçların bütçenin alt ve üst sınırlarına göre pozitif ideal çözüme yakınlık derecesini göstermektedir. (M5.3) kısıtı ise sınırlandırılmış bütçenin "bütçe üst sınırına" yakınlık derecesini göstermektedir. (M5.4) kısıtı "sistem kısıtlarının" tam kapasitede kullanılacağını göstermektedir. (M5.5) kısıtı, *k*-ıncı maksimizasyon yönlü amacın "bütçenin" üst sınırına göre belirlenen pozitif ideal çözümünden küçük veya eşit olması, (M5.6) kısıtı ise, kısıtı *s*-inci minimizasyon yönlü amacın "bütçenin" üst sınırına göre belirlenen pozitif ideal çözümünden küçük veya eşit olması gerektiğini göstermektedir. (M5.7) kısıtı, satın alınacak kaynakların toplam fiyatının bütçenin alt sınırından büyük olmasını, (M5.8) kısıtı da satın alınacak kaynakların toplam fiyatının bütçenin üst sınırından küçük olmasını belirtmektedir.

Wu ve Guu (2001) yaklaşımına bağlı geliştirilen (M5) modeli, Li ve Lee (1990a) yaklaşımına alternatif olarak önerilmiştir. Çünkü Li ve Lee (1990a) yaklaşımı sadece pozitif ve negatif ideal çözümlere bağlı kalarak; amaç fonksiyonlarının belirlenen değerleri arasında çözümü veren karar değişkenlerine göre bütçenin kesin olarak sınırlandırılmış miktarına bağlı çözüm araştırmaktadır. Önerilen yaklaşımda ise bütçenin alt sınırı ve kabul edilebilir tolerans değerine bağlı üst sınırına göre çözüm yapılarak, esnek bütçeyle amaç fonksiyonlarının üst sınır değerleri de sınırlandırılmıştır. Bu bilgilerden (M5) için şu şekilde bir yorum yapılabilir: Bütçenin alt ve sınır değerlerine göre her bir amaç fonksiyonunun kendi "pozitif ideal çözümlerine" yakınlığını maksimum yapacak şekilde kaynak miktarları "optimal" seviyede belirlenir.

3. Uygulama

Önerilen yöntemin uygulanabilirliği göstermek amacıyla Güneş ve Umarusman (2013)'ün makalesindeki veriler kullanılmıştır. Bu veriler halen Aksaray'da faaliyet gösteren bir işletmeye ait olup, işletme yönetimi ile tekrar birebir görüşme yapılarak mevcut probleme kaynakların birim fiyatları ile iş gücü maliyetleri eklenmiştir. Bu işletmenin seçilmesindeki temel sebep, insan gücüne dayalı üretim gerçekleştirmesi ve mevcut kaynaklarını optimal seviyede kullanmak istemesidir.

Söz konusu işletme dört farklı tipte el yapımı ayakkabı üretimi gerçekleştirmektedir. Ayakkabı üretiminde deri, kösele, astar ve dikim için ip temel kaynaklardır. Üretim süreci için bu dört kaynak için her bir ayakkabı tipinde kullanılan miktarlar Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda aynı zamanda hammaddelerin birim fiyatları da verilmiştir.

Tablo 1. Temel Hammadde Kullanım Miktarları

Hammadde	Erkek Ayakkabı	Erkek Bot	Bayan Ayakkabı	Bayan Bot	Birim Fiyat
Deri (m2)	0,5	0,76	0,44	0,8	62 TL
Kösele (kg)	0,65	0,65	0,45	0,45	43 TL
Astar (m2)	0,3	0,3	0,26	0,26	20 TL
İp (kg)	0,006	0,008	0,004	0,007	1 TL

İşletme yönetimi bu hammadde miktarlarını bir haftalık üretim için belirlemiştir. Ayakkabı ustaları tarafından her bir ayakkabı çiftinin yapımında kullanılan işgücü süreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. İşgücü Kullanım Miktarları

İşgücü Kullanımı	Erkek Ayakkabı	Erkek Bot	Bayan Ayakkabı	Bayan Bot	İş Gücü Maliyeti
Sayanın Kesilmesi (saat)	0,58	0,77	0,5	0,63	8 TL
Kösele ve Astarın Kesilmesi (saat)	0,45	0,5	0,38	0,44	7 TL
Sayanın Dikilmesi (saat)	1	1,2	1,1	1,5	10 TL
*Yapıştırma süreci(saat)	1,4	1,6	1,2	1,4	10 TL

* ***Yapıştırma süreci,*** *Saya, Kösele ve Astarın birleştirilme işlemlerini içerir*

İşletmenin üretimde kullanılacak hammadde ve işgücü için belirlediği bütçe 18000 TL olup bütçe için 3000 TL'lik bir tolerans değeri belirlemiştir. Geçmişte yapılan üretimler sebebiyle işletme yönetimi üretimleri için belirli kısıtlar belirlemiştir. Bunlar; erkek ayakkabı için en az 20 çift, erkek bot için en az 15 çift, bayan ayakkabısı için en fazla 30 çift ve bayan bot en az 50 çifttir. Bu verilere bağlı olarak işletme yönetimi 3 amaç belirlemiştir. Bunlar;

- Maksimum Kar Amacı ($Z_1(x)$): İşletmenin her bir ürün satışından sağlanan karı sırasıyla; 150 TL, 190 TL, 165 TL ve 200 TL'dir.
- Maksimum Birim Üretim Amacı ($Z_1(x)$): İşletme her bir üründen kısıtlar ölçüsünde en fazla üretmek istemektedir.
- Minimum Maliyet Amacı ($W_1(x)$): İşletme toplam üretim maliyetini minimum kılmak istemektedir. Ürün başına maliyetler sırasıyla, 96,746, 118,738, 81,494 ve 111,277 TL'dir.

Bu bilgilere göre işletmenin Çok Amaçlı De Novo Programlama modeli (M1)'e göre aşağıdaki düzenlenir.

$$Max\ Z_1(x) = 150x_1 + 190x_2 + 165x_3 + 200x_4$$

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

$$Max\ W_1(x) = 96.746x_1 + 117.738x_2 + 81.494x_3 + 111.277x_4$$

Kısıtlar; (P1)

$$0{,}5x_1 + 0{,}76x_2 + 0{,}44x_3 + 0{,}8x_4 - b_1 = 0$$

$$0{,}65x_1 + 0{,}65x_2 + 0{,}45x_3 + 0{,}45x_4 - b_2 = 0$$

$$0{,}3x_1 + 0{,}3x_2 + 0{,}26x_3 + 0{,}26x_4 - b_3 = 0$$

$0{,}006x_1 + 0{,}008x_2 + 0{,}004x_3 + 0{,}007x_4 - b_4 = 0$

$0{,}58x_1 + 0{,}77x_2 + 0{,}5x_3 + 0{,}63x_4 - b_5 = 0$

$0{,}45x_1 + 0{,}5x_2 + 0{,}38x_3 + 0{,}44x_4 - b_6 = 0$

$x_1 + 1{,}2x_2 + 1{,}1x_3 + 1{,}5x_4 - b_7 = 0$

$1{,}4x_1 + 1{,}6x_2 + 1{,}4x_3 + 1{,}5x_4 - b_8 = 0$

$x_1 \geq 20$

$x_2 \geq 15$

$x_3 \leq 30$

$x_4 \geq 50$

$B(x) = 62b_1 + 43b_2 + 20b_3 + b_4 + 8b_5 + 7b_6 + 10b_7 + 10b_8 \leq B$

$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq ve\ tamsayı.$

(P1): Uygulama probleminin matematiksel modelidir.

(P1)'de, bütçe kısıtı B(x)'in alt sınırı 18000 TL ve üst sınırı 21000 TL'dir. (P1), Wu ve Guu (2001) tarafından önerilen (M2) ve (M3)'e göre çözümünden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. İlk olarak (P1), (M2)'ye bağlı her bir amaç fonksiyonunun çözümünden elde edilen değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Bütçe Alt Sınırı için Çözüm

Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
x_1	21	85	20
x_2	15	15	15
x_3	30	28	0
x_4	105	51	50
b_1	119,09	107,01	61,4
b_2	84,15	100,55	45,25
b_3	42	47,16	27,4
b_4	1,101	1,099	0,59
b_5	104,88	106,98	54,65
b_6	68,85	73,89	44,2
b_7	229,5	210,3	113
b_8	252,9	258,7	127
Amaç Fonk. Değeri	31950	179	13435,67

Tablo 3'teki sonuçlar bütçe kısıtı $B(x) \leq 18000$ için elde edilmiştir. Burada her bir amaç fonksiyonu karar değişkenlerinin farklı değerinde gerçekleşmiştir. Benzer olarak (P1), (M3)'e göre çözüldüğünde elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. Bu çözümde $B(x) \leq 21000$ olarak alınmıştır.

Tablo 4'teki değerler B(x)≤21000 'e bağlı olarak belirlenmiştir. (P1) için önerilen (M5) modeline göre çözümünün yapılabilmesi için her bir amaç fonksiyonu ve bulanık bütçe için üyelik fonksiyonlarının tanımlanması gerekir. Tablo 3 ve Tablo 4'teki amaç fonksiyonu değerlerine göre bulanık üyelik fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

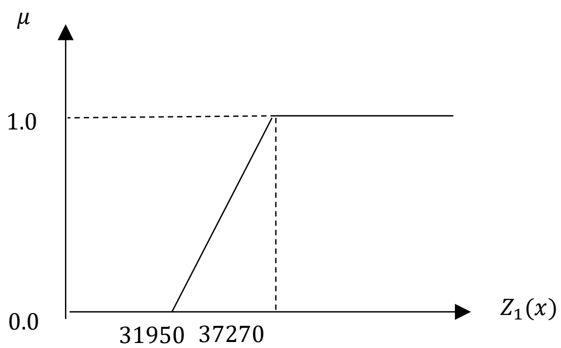
Tablo 4. Bütçe Üst Sınırı için Çözüm

Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
x_1	20	116	20
x_2	15	15	15
x_3	28	28	0
x_4	134	51	50
b_1	140,92	122,52	61,4
b_2	95,65	120,7	45,25
b_3	49,24	56,46	27,4
b_4	1,29	1,285	0,59
b_5	121,57	124,96	54,65
b_6	81,16	8784	44,2
b_7	269,8	241,3	113
b_8	292,2	302,1	127
	37270,00	210	13435,67

Kar amacı için bulanık üyelik fonksiyonu (1)' e göre ;

$$\mu_{Z_1(x)} = \begin{cases} 1 & , \quad Z_1(x) \geq 37270 \\ \frac{Z_k(x)-31950}{5320} & , \quad 31950 \leq Z_2(x) \leq 37270 \\ 0 & , \quad Z_1(x) \leq 31950 \end{cases} \tag{5}$$

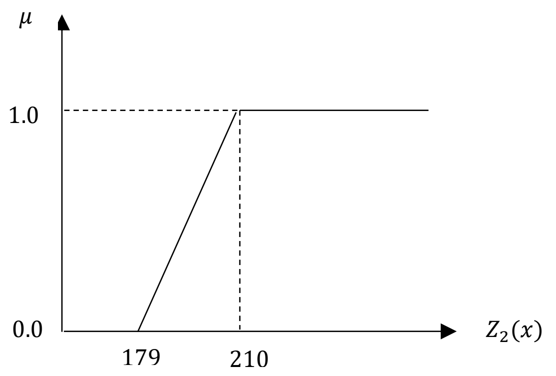
Şekil 4. Kar Amacı İçin Doğrusal Üyelik Fonksiyonu



Birim üretim amacı için bulanık üyelik fonksiyonu (2)'ye;

$$\mu_{Z_2(x)} = \begin{cases} 1 & , \quad Z_2(x) \geq 210 \\ \dfrac{Z_2(x) - 179}{31} & , \quad 179 \leq Z_2(x) \leq 210 \\ 0 & , \quad Z_2(x) \leq 179 \end{cases} \tag{6}$$

Şekil 3. Birim Üretim Amacı İçin Doğrusal Üyelik Fonksiyonu

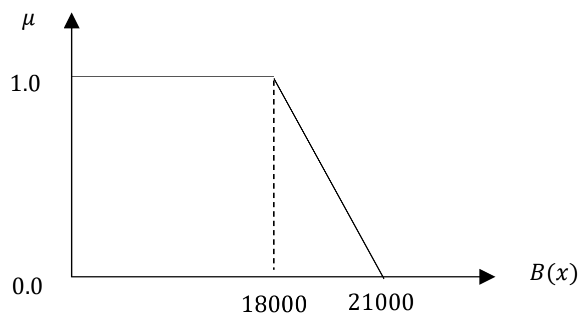


Maliyet amacı için $W_s^{L*} = W_s^{0*} = 13435$ olması sebebiyle $W_s^{L*} - W_s^{0*} = 0$'dır. Bu sebeple maliyet amacı için bulanık üyelik fonksiyonu tanımlanamaz. Doğal olarak bu amacın bulanık çözümdeki değeri en az 13435 olacaktır. Dolayısıyla maliyet amacı

$$96{,}746x_1 + 117{,}738x_2 + 81{,}494x_3 + 111{,}277x_4 \geq 13435$$

olmalıdır. Son olarak bulanık bütçe için üyelik fonksiyonu (3)'e göre;

Şekil 6. Bulanık Bütçe İçin Azalan Doğrusal Üyelik Fonksiyonu



$$\mu_{B(x)} = \begin{cases} 1 & , \quad f_i b_i \leq 18000 \\ 1 - \frac{f_i b_i - 18000}{3000} & , \quad 18000 \leq f_i b_i \leq 21000 \\ 0 & , \quad f_i b_i \geq 21000 \end{cases} \tag{7}$$

olarak belirlenir. Belirlenen üyelik fonksiyonlarına göre (P1), (M5)'e göre aşağıdaki gibi oluşturulur.

$Maksimum$ α

Kısıtlar;
(P2)

$$150x_1 + 190x_2 + 165x_3 + 200x_4 - 5320\alpha \geq 31950$$

$$150x_1 + 190x_2 + 165x_3 + 200x_4 \leq 37270 \quad \text{(P2)}$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - 31\alpha \geq 179$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 210$$

$$96.746x_1 + 117.738x_2 + 81.494x_3 + 111.277x_4 \geq 13435.67$$

$$0{,}5x_1 + 0{,}76x_2 + 0{,}44x_3 + 0{,}8x_4 - b_1 = 0$$

$0,65x_1 + 0,65x_2 + 0,45x_3 + 0,45x_4 - b_2 = 0$

$0,3x_1 + 0,3x_2 + 0,26x_3 + 0,26x_4 - b_3 = 0$

$0,006x_1 + 0,008x_2 + 0,004x_3 + 0,007x_4 - b_4 = 0$

$0,58x_1 + 0,77x_2 + 0,5x_3 + 0,63x_4 - b_5 = 0$

$0,45x_1 + 0,5x_2 + 0,38x_3 + 0,44x_4 - b_6 = 0$

$x_1 + 1,2x_2 + 1,1x_3 + 1,5x_4 - b_7 = 0$

$1,4x_1 + 1,6x_2 + 1,4x_3 + 1,5x_4 - b_8 = 0$

$x_1 \geq 20$

$x_2 \geq 15$

$x_3 \leq 30$

$x_4 \geq 50$

$62b_1 + 43b_2 + 20b_3 + b_4 + 8b_5 + 7b_6 + 10b_7 + 10b_8 + 3000\alpha \leq 21000$

$62b_1 + 43b_2 + 20b_3 + b_4 + 8b_5 + 7b_6 + 10b_7 + 10b_8 \geq 18000$

$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq ve\ tamsayı.$

(P2): Önerilen modele göre (P1)'in dönüşümü

(P2)'nin çözümüyle elde edilen değişken değerleri ile kısıtların kaynak kullanım miktarları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Önerilen Çözüm

Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
x_1	21		
x_2	53		
x_3	30		
x_4	79		
b_1: Deri (m2)	127,18		
b_2 :Kösele (kg)	97,15		
b_3: Astar (m2)	56,52		
b_4: ip (kg)	1,223		
b_5: Sayanın Kesilmesi (saat)	117,76		
b_6: Kösele ve Astarın Kesilmesi (saat)	90,85		
b_7: Sayanın Dikilmesi (saat)	236,1		
b_8: Yapıştırma Süreci (saat)	274,7		
Amaç Fonksiyonu Değeri	33970	183	19560,48
Amaçların α-kesim derecesi	0,3796	0,13	0
Modellin Üyelik Derecesi	0,3732457		

Tablo 5'te de novo varsayımına göre bu üretim süreci için belirlenen optimal kaynak kullanım miktarları verilmiştir. Bu bilgilere göre her bir amaç aynı karar değişkenlerinin aynı değerlerinde gerçekleşmiştir. Bu değişken değerlerine göre her bir amaç fonksiyonu için üyelik derecesi belirlenmiştir. Diğer yandan bulanık bütçenin üyelik 0,3732'ye karşılık 19880,26 TL olarak belirlenmiştir. Amaç fonksiyonlarının üyelik derecelerine bağlı olarak kar ve birim üretim amaç fonksiyonu değerleri (P1)'in (M2) modeline göre yapılan çözüm değerlerine yakın olduğu açıktır. Maliyet amacının değeri ise 19560,48 TL olarak belirlenmiş olup bu değer bütçenin alt sınıra ve üst sınıra göre yapılan çözümlerden elde edilen değerden çok fazladır. Çünkü Tablo 5'teki karar değişkeni değerleri, Tablo 3 ve Tablo 4'teki maliyet amaç fonksiyonu karar değişkeni değerlerden daha büyüktür. Bu da Maliyetin artmasına sebep olmuştur. Bu durum sebebiyle maliyet amacı için (2) numaralı üyelik fonksiyonu, $W_s^{L*} = W_s^{0*} = 13435{,}67$ (tolerans değeri:$W_s^{L*} - W_s^{0*} = 0$) olması sebebiyle oluşturulamamış ve maliyet amacı en az $13435{,}67$ olarak sınırlandırılmıştır.

Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'teki Z_1 ve Z_2 amaç fonksiyonu değerleri karşılaştırıldığında, önerilen çözümün bu amaç fonksiyonu için belirlediği değerler Şekil 1'de (veya (2) numaralı üyelik fonksiyonu) tanımlanan artan üyelik fonksiyonuna uygundur. Z_1 amacı $31950 \leq Z_1 \leq 37270$ aralığı içerisinde olup, alt sınır değerine daha yakın gerçekleşmiş ve buna karşılık üyelik derecesi 0.3796'dir. Z_2 amacı $179 \leq Z_2 \leq 210$ aralığında alt sınır değerine yakın olup üyelik derecesi 0,13'tür. Diğer yandan W_1 amacının üyelik derecesi Şekil 2'deki üyelik fonksiyonuna göre sıfırdır. Bu bilgilere ek olarak Önerilen yaklaşıma göre oluşturulan (P2)'nin üyelik derecesi ise 0,3732457 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada Li ve Lee (1990a) yaklaşımına göre (P1) çözülmemiştir. Çünkü Li ve Lee (1990a) yaklaşımında bulanık bütçe kullanılmamaktadır. Bu sebeple önerilen yaklaşımla karşılaştırmalı bir analizin yapılması mümkün değildir.

4. Sonuç

De novo varsayımına göre üretime geçilmeden kaynak miktarları optimal seviyede planlanarak kaynak kullanımı açısından bir optimal üretim modelini kurmak mümkündür. Bu optimal modelle kaynaklar tam kapasitede kullanılarak kaynak fazlalığı veya noksanlığı olmadan üretim gerçekleşecektir. Optimal sistem tasarımı için tek kısıt üretim için ayrılan bütçedir. Bütçeyle özellikle kaynak miktarlarının düzeyleri belirlenerek amaçların daha yüksek başarım seviyesinde gerçekleşmesi sağlanabilir. Matematiksel model parametrelerinin kesin verilerden oluşması, sadece bu parametreler açısından problemin çözümüne imkân tanımaktadır. Fakat günümüz değişen iş dünyasında, parametrelerdeki bazı değişikliklerin modeli üzerindeki etkileri bilinmek istenir. Bulanık Küme Teorisiyle modeldeki parametreler ve/veya amaç fonksiyonu için karar vericiden sağlanan tolerans değerleri kullanılarak daha esnek sonuçlar elde edilmektedir.

Çok Amaçlı De Novo Programlama problemleri bulanık ortamda iki farklı durumda incelenmektedir. Birincisinde amaç fonksiyonlarının pozitif ideal çözümler ile negatif ideal çözümlerine bağlı olarak bütçe miktarı bulandırılmadan yapılan çözümdür. Bu çözümün temeli Zimmermann (1978) yaklaşımına dayanmaktadır. İkincisi ise bulanık küme teorisinin olabilirlik yaklaşımına bağlı olarak modeldeki sağ taraf sabitleri dışındaki bütün parametrelerin ve amaç fonksiyonların pozitif negatif ideal çözümlerinin üyelik fonksiyonları tanımlanarak α-kesim seviyesine göre yapılan çözümdür. Ayrıca, kaynakların birim fiyatları için tolerans değerleri belirlenerek bulanık bütçe oluşturulmaktadır. Bu çalışmadaki çözüm önerisinde her bir amaç fonksiyonu bütçenin alt ve üst sınırlarına göre belirlenen değerler kullanılarak üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur. Daha sonra bütçenin alt ve üst sınırlarına göre bulanık bütçenin üyelik fonksiyonu tanımlanmış ve çözüm gerçekleştirilmiştir.

Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemlerinde olduğu gibi Bulanık De Novo Programlama problemlerinde de etkin çözümler elde etmek için iki aşamalı yaklaşımlarda kullanılmaktadır. Önerilen model için de iki aşamalı yaklaşımlar kullanılarak elde edilen çözümün etkinliği araştırılabilir.

Kaynaklar

Babić, Z., & Pavić, I. (1996). Multicriterial production programming by de novo programming approach. *International Journal of Production Economics*, 43(1), 59-66.

Banik, S., & Bhattacharya, S. (2018). Weighted goal programming approach for solving multi-objective de novo programming problems. *International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering (IJERCSE)*, 5(2), 316-322.

Bellman, R. E., & Zadeh, L. A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science,* 17, 141-164.

Chanas, S. (1983). The use of parametric programming in FLP. *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 243-251.

Cohon, J. (1978). *Multiobjective programming and planning*. New York: Academic Press.

Güneş, M., & Umarusman, N. (2013). The usage of vague sets for different approaches o f fuzzy goal programming. *Int. J. of Industrial and Systems Engineering*, 15(3), 315-328.

Lai, Y. J., & Hwang, C. L. (1992). *Fuzzy mathematical programming* (First ed.). Berlin: Springer-Verlag.

Li, R. J., & Lee, E. S. (1990a). Multi-criteria de novo programming with fuzzy parameters. *Computers Math. Applic.*, 19(56), 13-20.

Li, R. J., & Lee, E. S. (1990b). Approaches to multicriteria de novo programs. *Journal of mathematical analysis and applications*, 153, 97-111.

Li, R. J., & Lee, E. S. (1993). Fuzzy multiple objective programming and compromise programming with pareto optimum. *Fuzzy Sets and Systems*, 53, 275-288.

Sasaki, M., & Gen, M. (2003). Fuzzy multiple objective optimal system design by hybrid genetic algorithm. *Applied Soft Computing*, 2(3), 189-196.

Shi, Y. (1995). Studuies on optimum-path ratios in multicriteria de novo programming problems. *Computers Math. Applic.*, 29(5), 43-50.

Tabucanon, M. T. (1988). *Multiple criteria decision making in industry* (First ed.). New York: Elsevier.

Umarusman, N. (2013). Min-max goal programming approach for solving multi-objective de novo programming problems. *International Journal of Operations Research*, 10(2), 92-99.

Umarusman, N. (2018). fuzzy goal programming problem based on minmax approach for optimal system design. *Alphanumeric Journal: The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 6(1), 177-193.

Umarusman, N., & Türkmen, N. (2013). Building optimum production settings using de novo programming with global criterion method. *International Journal of Computer Applications*, 82(18), 12-14.

Werners, B. (1987). An interactive fuzzy programming system. *Fuzzy Sets and Systems*, 23, 295-305.

Wu, K., & Guu, S.M. (2001). A compromise model for solving fuzzy multiple objective linear programming problems. *The Chinese Institute of Industrial Engineers*, 18(5), 87-93.

Zeleny, M. (1976). Multi-objective design of high-productivity systems. In.Proc. Joint Automatic Control Conf., paper APPL9-4, New York.

Zeleny, M. (1981). On the squanering of resources and profits via linear programming. *Interfaces*, 11(5), 101-107.

Zeleny, M. (1984). Multicriterion design of high-productivity systems: Extension and application. (Ed.) Y.H. Yacov and V. Chankong, *Decision Making With Multiple Objective* (pp. 308- 321). New York: Springer-Verlag.

Zeleny, M. (1986). Optimal system design with multiple criteria: De Novo programming approach. *Engineering Costs and Production Economics*, 10, 89–94.

Zeleny, M. (1990). Optimizing given systems vs. designing optimal systems: The de novo programming approach. *Int. J. General System*, 17, 295-307.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

Zhuang, Z. Y. & Hocine, A. (2018). Meta goal programing approach for solving multi-criteria de Novo programing problem. *European Journal of Operational Research*, 265(1), 228-238.

Zimmermann, H. J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 45–55.