Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi • 7(1) • 49-57

http://iibfdergi.aksaray.edu.tr

Çok Amaçlı De Novo Programlama Problemlerinde Uzlaşık Çözüm: Uzlaşık Programlama Uygulaması

Nurullah UMARUSMAN[a]
Aksaray Üniversitesi

Ahmet TÜRKMEN[b]
Aksaray Üniversitesi

Öz

De Novo Programlama verilen bir sistemin optimizasyonu yerine, bir optimal sistemin tasarımını gerçekleştirmektedir. Bu tasarım süreci, bütçe kısıtı göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. De Novo tasarımı ile yeniden düzenlenen kısıt miktarları tam kapasite ile kullanılarak amaç fonksiyonlarının başarım seviyelerini arttırmaktadır. Bu çalışmada Çok Amaçlı De Novo Programlama probleminin uzlaşık çözümü için Uzlaşık Programlama modeli önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler:

Çok Amaçlı Doğrusal Programlama; De Novo Programlama; İdeal Çözümler; Uzlaşık Programlama

Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (ÇADP) problemleri iki veya daha fazla amaç fonksiyonunu içeren optimizasyon problemleridir ve klasik (tek amaçlı) optimizasyon problemlerinden farkı, sadece amaç fonksiyonlarının yapısından meydana gelmektedir. Tek amaçlı optimizasyon problemlerinde çözümün hedefi amaç fonksiyonunun en iyi değerini veren değişkenlerin belirlenmesidir. Bu sebeple amaç fonksiyonunun optimum değeri tektir. ÇADP problemleri birden fazla maksimizasyon ve minimizasyon yönlü amaçların her ikisine de sahip olabilirler. Maksimizasyon yönlü amaç fonksiyonları için,

$$Z_k(x) = [Z_1(x), Z_2(x), ..., Z_l(x)] \tag{1.1}$$

veminimizasyon yönlü amaçlar için

$$W_l(x) = [Z_1(x), Z_2(x), ..., Z_r(x)] \tag{1.2}$$

şeklinde ifade edilmek üzere ÇADP programlama modeli aşağıdaki gibi yazılır (Lai ve Hwang,1994:28).

$$\text{Maksimize } \; Z(x) = \sum_{k.=1}^{l} Z_k(x)$$

$$\text{Minimize } \; W(x) = \sum_{s=1}^{r} W_r(x)$$

Kısıtlar; (M1.1)

$$g_i(x) = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \otimes b_i$$

$$x_j \geq 0, i = 1,2,..,m, \; j = 1,2,...,n, \; k = 1,2,...,l \text{ ve } \; s = 1,2,...,r$$

Burada; $\otimes$ işaretiyle $"\leq", "=", "\geq"$ eşitsizlik durumları genelleştirilmiştir. (M1.1)'in uygun çözüm alanı X ile gösterilir ve $X = \{x \in R : g_i(x) \otimes b_i, \, x \geq 0, \forall i, \, j\}$ şeklinde tanımlanır. Optimizasyon problemleri uygun çözüm alanı X içerisinde bir $x^* \; (x \in X)$ değerini araştırır ve amaçların maksimum veya minimum değerlerini belirler (Li,1990:75).Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) metotlarının çözümünde tek tip çözüm sonucu elde edilemez. Bu sebeple belirlenen çözümlerin yapısına göre farklı isimler kullanılır. Bunlar; optimal çözüm, ideal çözümler üstün olmayan çözümler ve tercih edilen çözümlerdir (Lai ve Hwang, 1994: 28). Bu çözüm

[a] **Sorumlu Yazar: Nurullah UMARUSMAN,** Yrd. Doç. Dr. Aksaray Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, nurullah.umarusman@aksaray.edu.tr

[b] Ahmet TÜRKMEN, Yrd. Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, turkmena82@gmail.com

tipleri içerisinden ideal çözümler kavramı aşağıda açıklanmıştır.

Tanım-İdeal Çözümler: İdeal çözümler pozitif ideal çözüm (ideal çözüm) ve negatif ideal (ideal olmayan çözüm) çözüm olmak üzere iki farklı şekilde incelenir. Maksimizasyon ve minimizasyon yönlü amaçlar için pozitif ideal çözüm;

$$Z_k^* = \underset{x \in X}{\text{Maksimize}} \; Z_k(x) \tag{1.3}$$

$$Z_k^* = \underset{x \in X}{\text{Minimize}} \; W_r(x) \tag{1.4}$$

olarak belirlenir Her iki amaç fonksiyonu için pozitif ideal çözüm kümesi

$$I^* = \{Z_1^*, Z_2^*, ..., Z_l^*; W_1^*, W_2^*, ..., W_r^*\} \tag{1.5}$$

Maksimizasyon ve minimizasyon yönlü amaçlar için negatif ideal çözümler;

$$Z_k^- = \underset{x \in X}{\text{Minimize}} \; Z_k(x) \tag{1.6}$$

$$W_k^- = \underset{x \in X}{\text{Maksimize}} \; W_r(x) \tag{1.7}$$

olarak belirlenir. Negatif ideal çözümler kümesi;

$$I^- = \{Z_1^-, Z_2^-, ..., Z_l^-; W_1^-, W_2^-, ..., W_r^-\} \tag{1.8}$$

şeklinde ifade edilir.

ÇADP problemlerinde üstün olmayan çözümler kümesinde çözüm sayısı oldukça fazladır. p- tane amaç fonksiyonunun birisine göre optimallik kavramı diğer "p-1" adet amaçlar için genellikle optimal değildir. Bu sebeple, tek bir optimal çözümün araştırılması yerine çok amaçlı programlama problemlerinde uygun çözüm alanı içerisinde üstün olmayan çözümlerin kümesinin tanımlanması ilk adımdır. Üstün olmayan çözüm noktalarının değerlendirilmesi için temel süreç, ideal çözüm noktalarına yakınlığın nasıl belirleneceğidir (Cohon,1978:69). Üstün olmayan çözümler arasından Step Metot, Geoffrion-Dyer-Freinberg Metot, Zoints ve Wallenius Metodu gibi İnteraktif Metotlar kullanılarak karar verici en tatminkâr çözümü belirler (Mollaghasemi ve Pet-Edwards, 1997; 55-58). Üstün olmayan çözümlerin değerlendirilmesinde diğer bir süreç, pozitif ve negatif ideal çözümlere göre yapılan değerlendirmedir. İdeal çözümlere bağlı olarak Fayda Yaklaşımı, Hedef Programlama ve Bulanık Mantık modelleri ile uzlaşık çözüm belirlenir (Zimmermann, 1978). ÇAKV problemlerinde kısıtların sınırlı miktarları, amaç fonksiyonları arasında farklı birim ve yapıların olması beklenen bir durumdur. Bu sebeple "optimizasyon" kelimesi çok amaçlı programlama problemlerinin kapsamında bulunmaz. Çünkü, bütün amaç fonksiyonlarının eşzamanlı olarak optimal seviyede gerçekleşmesi hemen hemen imkansızdır (Li, 1990: 76).

Çok Amaçlı De Novo Programlama

Doğrusal Programlama çözümlerinde mevcut üretim sistemi yalnızca planlanan ve başlangıçta verilmiş olan kısıtlar açısından değerlendirme yaparak amacın optimizasyonu ile ilgilenmekte ve çözüm neticesinde çoğunlukla kaynak kısıtlarının tipine göre ya fazla kapasite miktarı ya da daha fazla kaynak ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise başlangıçta belirlenmiş olan kısıtların etkin olarak kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. Doğrusal Programlama modelinin yetersiz kaldığı bu durum sebebiyle henüz üretim aşamasına geçilmeden De Novo Programlama yaklaşımı yardımı ile hammadde kullanım kapasiteleri yeniden düzenlenebilir (Umarusman, 2007: 158).

De Novo Programlama, kısıtların yeniden düzenlenerek sabitlenmiş kısıtlar altında ulaşılan çözümlerden daha uygun çözümler elde eder. Bu sebeple De Novo yaklaşımı verilen bir sistemi optimize etmek yerine amaçların başarılması mümkün olan en yüksek değerde ve kısıtların tam kapasitede kullanılması ile optimal bir sistemin nasıl oluşturulması gerektiğini belirtir. Bir optimal sistem, üretim aşamasına geçilmeden önce yapılandırılmalıdır. Çünkü optimal bir üretim planı, optimal seviyede hammadde miktarlarının belirlenmesi ile sağlanabilir (Babic ve Pavic,1996). Bu nedenle De Novo varsayımı bir sistem tasarımı tekniğidir. De Novo Programlama kaynakların uzun vadede yeniden yapılandırılmasına, kıt kaynakların daha verimli kullanılmasına ve sistemlerdeki savurganlığı önleyerek optimal tasarıma imkan sağlamaktadır. Çok Amaçlı De Novo programlama üzerine araştırmalar ilk kez Zeleny (1976) tarafından başlatılmıştır. De Novo varsayımına göre, belirli bir bütçeye bağlı olarak üretime kaynak olan üretim faktörlerinin yeniden düzenlenerek bir optimal model kurulmaktadır (Zeleny, 1986). Bu tekniğin en önemli özelliği verilen bir sistemin optimizasyonu yerine optimal sistem tasarımını gerçekleştirmesidir. Sistem tasarımı mevcut alternatifler arasından bir seçim süreci değil alternatiflerin ortaya çıkarılmasıdır (Zeleny,1990). Ayrıca optimal sistem ve bir sistemin optimize edilmesi arasındaki fark problemdeki bütün kısıtların tam kapasitede kullanılması ile ilgidir (Zeleny,1982:342). Klasik Doğrusal Programlama modeli göz önünde bulundurularak De Novo modeli aşağıdaki gibi formüle edilir (Zeleny,1984:171-184).

$$\text{Maksimize} \quad Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

Kısıtlar, (M1.2)

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i$$

$$x_j \geq 0, \; i = 1,2,...,m \; \text{ ve } \; i = 1,2,...,n$$

Model (M1.3)'te b_i kullanılabilir kaynakların seviyelerini göstermek üzere, b_i sabiti yeni bir (x_{n+i}) değişkenine dönüştürülerek modele eklenir. Bu yeni değişkenle birlikte De Novo model

$$\text{Maksimize} \quad Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

Kısıtlar, (M1.3)

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j - x_{n+i} \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^{n} p_i x_{n+i} \otimes B$$

$$x_j \geq 0, \; i = 1,2,...,m \; \text{ ve } \; i = 1,2,...,n$$

elde edilir. Burada,

$p_i : b_i(x_{n+i})$ kaynağının birim fiyatı

$B_i :$ Toplam bütçe

$\otimes : \text{"}\leq\text{"} \text{ veya } \text{"}=\text{"}$

Model (M1.3)'ün çözülmesi ile sadece değişkenlerin optimal seviyelerinin hesaplanması değil aynı zamanda model (M1.2)'de kısıt kaynaklarının (b_i) optimal seviyelerinin hesaplanması sağlanır. Model (M1.3)'te kısıtlar aşağıdaki gibi yapılan bir düzenleme ile daha basit şekilde oluşturulur. i-inci kaynak için p_i kaynakların birim fiyatı olduğundan,

$$p_i a_{1j} + p_2 a_{2j} + ... + p_m a_{mj} = A_j$$

yazılabilir. A_j, j-inci ürünün birim değişken maliyetini göstermektedir. A_j kullanılarak De Novo model,

$$\text{Maksimize} \quad Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

Kısıtlar, (M1.4)

$$\sum_{j=1}^{n} A_j x_j \otimes B$$

$$x_j \geq 0, \; i = 1,2,...,m$$

Sırt Çantası Problemi (SÇP) olarak yeniden düzenlenir. SÇP'nin amacı toplam ağırlıkları kapasiteyi (b_i) aşmayacak ve en fazla kazancı sağlayacak parçalardan hangisinin seçilmesi gerektiğini belirtmektir (Saraç ve Sipahioğlu,2004). Kaynakların ele alınışları açısından (M1.3) ve (M1.4) modelleri arasındaki temel fark, De Novoformülasyonda (x_{n+i})'nin yeni bir karar değişkeni olarak modele eklenmiş olmasıdır. De Novoformülasyon sadece çıktıların en iyi karışımının belirlenmesini değil aynı zamanda girdilerin en iyi birleşimi elde edilir (Tabucanon, 1988:102). Geleneksel Doğrusal Programlama ve De Novo yaklaşımı kısıt kaynaklarının yapısı ile ilgili olarak iki önemli sonuç vermektedir. Bunlar: Doğrusal Programlama problemlerinde kısıt kaynakların sabit ve kısıtlar katıdır. De Novo yaklaşımında ise bütün kısıt kaynaklarının esnekliği kaynakların yeniden tasarımlanabileceğine imkân tanımaktadır (Zeleny, 1984: 308-321). ÇADP problemlerine De Novo yaklaşımı kolay bir şekilde uygulanabilmektedir. Çok Amaçlı Doğrusal Problemlerinde olduğu gibi De Novo yaklaşımında da birbiri ile ihtilaflı amaçlar aynı kısıtlara bağlı kalınarak eş zamanlı optimize yapılır.

Çok Amaçlı De Novo Programlama (ÇADNP) modeli aşağıdaki gibi yazılır (Zeleny, 1990).

$$\text{Maksimize} \quad Z = \sum_{j=1}^{n} c_{kj} x_j$$

$$\text{Minimize} \quad W = \sum_{j=1}^{n} c_{sj} x_j$$

Kısıtlar; (M1.5)

$$\sum_{j=1}^{n} A_j x_j \otimes B$$

$$x_j \geq 0, \; i = 1,2,...,m, \; i = 1,2,...,n, \; k = 1,2,...l \text{ ve } s = 1,2,...r$$

ÇADNP problemlerinin genel bir çözüm tekniğinin olmamasına karşın Zeleny (1986) optimal sistem tasarımının oluşturulması için meta-optimum çözümü, Shi (1995) meta-optimum çözüm için 6 farklı optimum-yol oranı önermiştir. Li ve Lee (1990) De Novo yaklaşımını ideal çözümlere bağlı olarak ilk kez bulanık karar ortamında ele almıştır. Yaralıoğlu ve Umarusman (2010) Doğrusal Programlamadan optimal sistem tasarımına geçiş sürecini açıklayarak, optimal bir modeli ilk kez Uzlaşık Programlama ile gerçekleştirmiştir. Umarusman (2013) ÇADNP modelinin çözümü için Minmaks Hedef Programlamayı, Umarusman ve Türkmen (2013) Global Kriter Yöntemi önermişlerdir.

Uzlaşık Programlama

Uzlaşık Programlama ÇADP problemlerinin amaç fonksiyonlarına ait ideal çözümlere bağlı olarak uzlaşık çözümü araştırır. Uzlaşık Programlama matematiksel olarak aşağıdaki gibi oluşturulur (Zeleny,1978:281). Uzaklık derecesi D olmak üzere;

$$D_p = \sum_{k=1}^{l} \alpha_k^p \left[Z_k^*(x) - Z(x)\right]^p + \sum_{s=1}^{r} \alpha_s^p \left[W_s(x) - W_s^*\right]^p \qquad (1.9)$$

formülasyonu ile amaç fonksiyonları arasındaki uzaklıklar minimize edilir. Bu formülasyonda;

$p:$ uzaklık parametresi $(1 \leq p < \infty)$

$Z_k^*:$ maksimizasyon yönlü amaçlar için pozitif deal çözüm

$W_k^*:$ minimizasyon yönlü amaçlar için pozitif ideal çözüm

$\alpha_k:$ maksimizasyon amaçlar için göreceli ağırlık $(\alpha_k > 0)$

$\alpha_s:$ minimizasyon amaçlar için göreceli ağırlık $(\alpha_s > 0)$; $\sum_{k=1}^{l} \alpha_k + \sum_{s=1}^{r} \alpha_s = 1$

ÇAKV problemlerinde her bir amaç fonksiyonunun birimleri arasında farklılıkların bulunabileceği göz önünde bulundurularak (1.9) formülasyonu ile bir araya getirilen amaç fonksiyonları için bir normalleştirme süreci kaçınılmazdır. Normalleştirme işlemi, ölçekleme fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilir. Maksimizasyon ve minimizasyon yönlü amaçlar için ölçekleme fonksiyonları aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$S_k(d_k) = \frac{Z_k^* - Z_k(x)}{Z_k^* - Z_k^-} \qquad (1.10)$$

$$S_s(d_s) = \frac{W_s^* - W_s(x)}{W_s^- - W_s^*} \qquad (1.11)$$

(1.10) ve (1.11) formülasyonları ile (1.9) ÇAKV problemi için aşağıdaki dönüşüm gerçekleştirilir.

$$\min_{x \in X} \left\{ D_p = \sum_{k=}^{l} \alpha_k^p \left[\frac{Z_k^* - Z_k(x)}{Z_k^* - Z_k^-}\right]^p + \sum_{s=1}^{r} \alpha_s^p \left[\frac{W_s^* - W_s(x)}{W_s^- - W_s^*}\right]^p \right\}, \quad p \in [1, \infty] \qquad (1.12)$$

ÇAKV metotları açısından uzaklık parametresi p için en önemli değerler 1,2 ve ∞'dur. p =1 için D-Öklid uzayında en geniş uzaklığı, p = 2 için D-Öklid uzayında en kısa uzaklığı belirler. Diğer yandan p=∞ için en geniş uzaklık tamamen domine edilir. p=∞ değerine göre (1.12) için Uzlaşık Programlama modeli aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\text{Minimum} \quad D_\infty$$

Kısıtlar; (M1.6)

$$D_\infty \geq \alpha_k \left[\frac{Z_k^* - Z_k(x)}{Z_k^* - Z_k^-}\right]$$

$$D_\infty \geq \alpha_s \left[\frac{W_s(x) - W_s^*}{W_s^- - W_s^*} \right]$$

$$x \in X$$

p=∞ için (M1.6) üstün olmayan çözümler kümesi içerisinde uzlaşık çözüm olarak isimlendirilir. Uzlaşık Programlama çözümünün sonucu $0 \leq D \leq 1$ aralığı içerisindedir. D değerinin sıfır olması amaç fonksiyonlarının ideal değerlerinin elde edildiğini göstermektedir. D değerinin bire eşit olması amaç fonksiyonlarının ideal olmayan değerlere eşit olduğu gösterir. Bu iki durum dikkate alınarak, uzaklığın normalleştirilmiş derecesi amaç fonksiyonlarının ideal değerlere göre başarım yüzdesini göstermektedir.

Uygulama

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

Tablo1. Temel Hammadde kullanım Miktarları

Hammadde	Erkek Ayakkabı	Erkek Bot	Bayan Ayakkabı	Bayan Bot	Miktarlar (b_i)	Birim Fiyatlar (p_i)
Deri (m2)	0.5	0.76	0.44	0.8	100	62 TL
Kösele (kg)	0.65	0.65	0.45	0.45	170	43 TL
Astar (m2)	0.3	0.3	0.26	0.26	80	20 TL
ip (kg)	0.006	0.008	0.004	0.007	1	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	İşgücü (b_i)	Birim Fiyatlar (p_i)
Sayanın Kesilmesi (saat)	0.58	0.77	0.5	0.63	49	8 TL
Kösele ve Astarın Kesilmesi (saat)	0.45	0.5	0.38	0.44	53	7 TL
Sayanın Dikilmesi (saat)	1	1.2	1.1	1.5	58	10 TL
Saya, Kösele ve Astarın Birleştirilmesi (saat)	1.4	1.6	1.2	1.4	65	10 TL

Geçmişte yapılan üretimler sebebiyle işletme yönetimi üretimleri için belirli kısıtlar belirlemiştir. Bunlar; erkek ayakkabı için en az 12 çift, erkek bot için en az 10 çift, bayan ayakkabısı için en az 9 çifttir. Ayrıca işletme yönetimi erkek bot ve bayan bot toplam üretiminin 30 çifti aşmamasını istemektedir. Bu verilere bağlı olarak işletme yönetimi, Maksimum Gelir, Maksimum Birim Üretim ve Minimum İşgücü amaçlarını aşağıdaki gibi belirlemiştir.

Maksimum Gelir: Her bir ürün çiftinin son fiyatları ile çarpımlarının genel toplamlarıdır.

$$Z_1 = 150EA + 190EB + 165BA + 200BB$$

Maksimum Birim Üretim: Her ürün çiftinin en fazla birim üretimidir.

$$Z_2 = EA + EB + BA + BB$$

Minimum İşgücü Maliyeti: Tablo 2'deki verilerin birim fiyatlara çarpımlarının her bir ürün çifti için toplamlarıdır.

$$W_1 = 31.79EA + 37.66EB + 29.66BA + 37.12BB$$

Yukarıda verilen amaçlar ve kısıtlara bağlı olarak Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modeli aşağıdaki gibi oluşturulur. Ürün çiftlerinin tam sayı değerleri alması için Tamsayılı Programlama Algoritması ile çözümler yapılmıştır.

Maksimum

$$Z_1 = 150EA + 190EB + 165BA + 200BB$$

Maksimum $Z_2 = EA + EB + BA + BB$

Minimum
$W_1 = 31.79EA + 37.66EB + 29.66BA + 37.12BB$

Kısıtlar; (P1.1)

$0.5EA + 0.76EB + 0.44BA + 0.8BB \leq 100$

$0.65EA + 0.65EB + 0.45BA + 0.45BB \leq 170$

$0.3EA + 0.3EB + 0.26BA + 0.26BB \leq 80$

$0.006EA + 0.008EB + 0.004BA + 0.007BB \leq 1$

$0.58EA + 0.77EB + 0.5BA + 0.63BB \leq 49$

$0.45EA + 0.5EB + 0.38BA + 0.44BB \leq 53$

$EA + 1.26EB + 1.1BA + 1.5BB \leq 58$

$1.4EA + 1.6EB + 1.2BA + 1.4BB \leq 65$

$EB + BB \leq 30$; $EA \geq 12$; $EB \geq 10$; $BA \geq 9$

$EA, EB, BA, BB \geq 0$ ve Tamsayı.

(P1.1) probleminin çözümünde ÇADP ve ÇADNP modelleri kullanılmıştır. Her iki modelin uzlaşık çözümleri ise Uzlaşık Programlama ile gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde yapılan bir değerlendirmeyle karar vericiye iki farklı çözümün sonuçlarına ait bilgiler verilmiştir.

Çok Amaçlı Doğrusal Programlama Modeli Çözümü

İlk olarak problem (P1.1), Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modeline göre çözülerek optimallik durumu araştırılmıştır. Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modeli (M1.1)'e göre gerçekleştirilen çözümler neticesinde belirlenen değişkenlerin değerleri ve amaç fonksiyonu değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. ÇADP için Amaç Fonksiyonu Değerleri

Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
EA	12	12	12
EB	10	10	10
BA	14	26	9
BB	11	0	0
Amaç Fonksiyonu	8210	48	1025.02

Tablo 3'de amaç fonksiyonu değerleri farklı değişken ve bu değişkenlerin farklı değerlerine göre belirlenmiştir. Bu sebeple optimal çözüme ulaşılmamıştır. ÇADP problemlerinin uzlaşık çözümünün gerçekleştirilmesi için ideal çözümlere bağlı olarak üstün olmayan çözümler kümesi Tablo 4'te aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Tablo 4. Üstün Olmayan Çözümler

Temel Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
$x^1 = (12;1014;11)$	8210	47	1581.64
$x^2 = (12;10;26;0)$	7790	48	1529.24
$x^3 = (12;10;9;0)$	5185	31	1025.02

Üstün olmayan çözüm kümesi içerisinde amaç fonksiyonlarının pozitif ideal çözümleri sırası ile 8210, 48, 1025.02'dir. Bu değerler aynı zamanda her bir amaç fonksiyonunun optimal çözüm değerlerdir. (1.5) ve (1.8) denklemlerine göre negatif ideal çözüm değerleri sırası ile (5185;31;1582.9) olarak belirlenmiştir. Pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerine bağlı olarak ÇADP içinUzlaşık Programlama modeli (M1.6) kullanılarak aşağıdaki gibi oluşturulur.

$\text{Minimum } D_\infty$

Kısıtlar; (P1.2)

Amaç Fonksiyonları Kısıtları

$$D_\infty \geq \left[\frac{8210 - Z_1}{3025}\right]$$

$$D_\infty \geq \left[\frac{48 - Z_2}{17}\right]$$

$$D_\infty \geq \left[\frac{W_1 - 1025.02}{557.91}\right]$$

Model (P3.1) Kısıtları.

Problem (P1.2)'nin çözümünden belirlenen değişkenler ve amaç fonksiyonu değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5.ÇADP Uzlaşık Programlama Çözümü

Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
EA	12	12	12
EB	10	10	10
BA	17	17	17
BB	1	1	1
Amaç Fonksiyonu Değerleri	6075	40	1299.42

Uzlaşık Programlama modeline göre belirlenen uzlaşık çözüm değerleri her bir değişken için aynı değişken değerinde belirlenmiştir. Uzaklık parametresi $D = 0.4975207$ olarak elde edilmiştir.

Çok Amaçlı De Novo Programlama Modeli Çözümü

Hammadde kaynaklarının tam kapasite ile kullanımını sağlamak amacıyla (M1.5) ile problem aşağıdaki gibi düzenlenir. Burada sadece hammadde kullanım miktarları ve işgücü miktarı de novo yaklaşımına göre düzenlenmiş ve bütçe kısıtı oluşturulmuştur.

Maksimum

$$Z_1 = 150EA + 190EB + 165BA + 200BB$$

Maksimum $Z_2 = EA + EB + BA + BB$

Minimum

$$W_1 = 31.79EA + 37.66EB + 29.66BA + 37.12BB$$

Kısıtlar; (P3.3)

$$96.746EA + 118.738EB + 81.494BA + 111.277BB \leq 17104$$

(Bütçe kısıt)

$EB + BB \leq 30$; $EA \geq 12$; $EB \geq 10$; $BA \geq 9$

$EA, EB, BA, BB \geq 0$ ve Tamsayı.

Problemin çözümünden elde edilen değişken değerlerine bağlı amaç fonksiyonu değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. ÇADNP için Amaç Fonksiyonu Değerleri

Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
EA	12	12	12
EB	10	10	10
BA	181	181	9
BB	0	0	0
Amaç Fonksiyonu	33565	203	1025.02

Tablo 6'da her bir amaç fonksiyonu için belirlenen değişken incelendiğinde sadece üçüncü amaç fonksiyonunun farklı değişken değerlerine göre belirlendiği görülmektedir. Bu sebeple optimal çözüme ulaşılmamıştır. Tablo 7'de ÇADNP için uzlaşık çözümü gerçekleştirmek amacıyla (1.5) ve (1.8) denklemlerinden elde edilen pozitif ve negatif ideal çözümler verilmiştir.

Tablo 7. Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler

İdeal Çözümler	Z_1	Z_2	W_1
I^*	33565	203	1025.02
I^-	5185	31	6126.540

Belirlenen pozitif ve negatif ideal çözümlere bağlı olarak uzlaşık çözüm için (P1.3), Uzlaşık Programlama modeli (M1.6) kullanılarak aşağıdaki gibi oluşturulur

$$\text{Minimum} \;\; D_\infty$$

Kısıtlar; (P1.4)

Amaç Fonksiyonları Kısıtları

$$D_\infty \geq \left[\frac{35565 - Z_1}{33565 - 5185} \right]$$

$$D_\infty \geq \left[\frac{203 - Z_2}{203 - 31} \right]$$

$$D_\infty \geq \left[\frac{W_1 - 1025.02}{6126.540 - 1025.02} \right]$$

Model (P3.3) Kısıtları

Problem (P1.3)'ün çözümünden belirlenen değişkenler ve amaç fonksiyonu değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. De Novo için Uzlaşık Çözüm

Değişkenler	Z_1	Z_2	W_1
EA	12	12	12
EB	10	10	10
BA	95	95	95
BB	0	0	0
Amaç Fonksiyonları	19375	117	3575.78

(P1.4) için gerçekleştirilen çözümde uzaklık parametresi $D = 0.5$ olarak elde edilmiştir. Tablo 9'da ÇADP ve ÇADNP modellerinin çözüm sonuçları verilmiştir. Bu tabloda başlangıçta verilen hammadde ve işgücü kullanım miktarları bütçe kullanım miktarları ile gösterilmiştir.

Tablo 9. ÇADP ve ÇADNP Çözümlerin Genel Değerlendirmesi

Hammadde ve İşgücü Miktarları	**Birim Fiyatlar** (b_i)	**Her bir Hammadde ve İşgücü Maliyeti** (p_i)	**ÇADP ÇÖZÜM**	**ÇADP UZLAŞIK ÇÖZÜM ÖNERİSİ** (b_i)	**ÇADNP UZLAŞIK ÇÖZÜM ÖNERİSİ** (b_i)
Deri (m2)	100	62 TL	UYGUN OLMAYAN ÇÖZÜM	100	55.4
Kösele (kg)	170	43 TL		170	57.05
Astar (m2)	80	20 TL		80	31.3
ip (kg)	1	1 TL		1	0.532
Sayanın Kesilmesi (saat)	49	8 TL		49	62.16
Kösele ve Astarın Kesilmesi (saat)	53	7 TL		53	46.5
Sayanın Dikilmesi (saat)	58	10 TL		58	128.5
Saya, Kösele ve Astar Birleştirilmesi (saat)	65	10 TL		65	146.8
Toplam Bütçe (TL)	17104		17104	17104	10090

Tablo 9'da Problemle ilgi 3 model çözümü gerçekleştirilmiştir. Klasik ÇADP çözümünde her bir amaç fonksiyonu değişkenlerin farklı değerlerine gerçekleştirilmesi sebebiyle optimal çözüme ulaşılmamıştır. Optimal çözüme ulaşılmaması sebebiyle Uzlaşık Programlama kullanılarak çözüm araştırılmış ve bir uzlaşık çözüm belirlenmiştir. Bu çözümde başlangıçta verilen kaynaklara göre çözüm gerçekleştirilmiş tir. Bu kaynakların satın alınmasında ise 17104 TL kullanılmıştır. Uzaklık parametresi $D = 0.4975207$ olması amaç fonksiyonu değerlerinin hemen hemen pozitif ve negatif çözüm değerlerinin tam arasında bulunduğunu göstermektedir.

De Novo varsayımına bağlı ilk çözümde yine optimal çözüme ulaşılamamış ve uzlaşık çözüm araştırılmıştır. Bu çözüm neticesinde üretimde kullanılan kaynakların bütçesi 10090TL. olarak belirlenmiştir. Tablo 5'te ve Tablo 8'de her bir amaç fonksiyonunun değerleri incelendiğinde De Novo çözümün daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. De Novo ile daha az bütçe ve daha az kaynak miktarı ile amaç fonksiyonu değerlerinde önemli artışlar belirlenmiştir. Ayrıca $D = 0.5$ değerinin bire yakın olması pozitif ideal çözümlerden uzaklığı çok fazla olduğunu gösterse de sonuç olarak çözüm değerlerinin mükemmel bir seviyede gerçekleşmesi sağlanmıştır.

Tartışma

Geleneksel Doğrusal Programlama çözümlerinde mevcut üretim sistemi yalnızca planlanan ve başlangıçta verilmiş olan kısıtlar açısından değerlendirme yaparak amacın optimizasyonu ile ilgilenmekte ve çözüm neticesinde çoğunlukla kaynak kısıtlarının tipine göre ya fazla kapasite miktarı veya daha fazla kaynak ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise başlangıçta belirlenmiş olan kısıtların etkin olarak kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. De Novo varsayımına göre hammadde kullanım miktarlarının yeniden düzenlenmesiyle ve kaynak kapasitelerinin hem tam olarak kullanılmasına hem de amaç beklentilerinin daha yüksek bir seviyede gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde yapılan bir düzenleme ile kaynakların bütünüyle kullanımı sağlanmış olmakta ve amaçların daha yüksek bir değerde gerçekleştirilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu sebeple, önemli olan amaçların optimize edilmesi yerine, mevcut kısıtların tam kapasitede kullanılarak amaçların optimal seviyede belirlenmesidir. Bu çalışma De Novo Programlamanın değişik karar ortamlarında incelenme sürecinin ilk çalışmasıdır. Çalışmanın uygulama verileri daha sonraki araştırmalarda Meta-Optimum incelemesi ve Bulanık Mantık Teorisi açısında faklı iki makalede çalışma grubumuz tarafından ele alınacaktır.

Kaynakça

Babic, Z. andPavic, I.(1996).Multicriterial Production Planning By De Novo Programming Apl.,*Int. J.Production* Economics, (43), pp.59-66.

Cohon,J. (1978). *Multi objective Programming and Planning,* Academic Press,N.Y.

Lai, Y.J. andHwang, C.L. (1994). Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methodsand Applications: Springer-Verlag, Berlin.

Li, Rong-Jun (1990).*Multiple objective Decision Making In Fuzzy Environment, Collage of Engineering Departmnet of Industrial Engineering,* Kansas State University, Basılmamış Doktora Tezi, USA.

Li, R.J and Lee, E.S.(1990). Approaches To Multicriteria De Novo Programs, *Journal of Mathematical Analysis and Applications 153*, 97-111.

Mollaghasemi, M.and Pet-Edwards, J.(1978). *Technical Briefing Making Multiple-ObjectiveDecisions,* IEEE Computer Society Pres Los Alamitos, California1997,55-58H.J.

Saraç, T. ve Sipahioğlu, A.(2004). 0-1 Sırt Çantası Probleminin Çözümünde Genişletilmiş Subgradient Yönteminin Kullanımı, *YA/EM 2004 XXIV Ulusal Kongre,15-18 Haziran2004Adana-G.Antep*,http://yaem2004.cukurova.edu.tr/bildiriler/047%20-%20TamMetin.pdf, erişim: 25.04.2009.

Shi, Y. (1995). Studuies on optimum-Path Ratios in Multicriteria De Novo Programming Problems, *Computers Math. Applic. Vol 29*, No.5, 43-50.

Tabucanon, M.T.(1988). *Multiple Criteria Decision Making In Industry*, Elsevier, N.York

Umarusman, N.(2007). Çok Amaçlı Karar Problemlerinde Duyarlılık Analizi ve Bulanık Mantık İlişkisi: De Novo Programlama Uygulaması, *Dokuz Eylül Üniversitesi SBE Basılmamış Doktora Tezi*, İzmir.

Umarusman, N.(2013)Min-Max Goal Programming Approach For Solving Multi-Objective De Novo Programming Problems, *International Journal of Operations ResearchVol. 10, No. 2,* 92-99.

Umarusman, N. and Türkmen, A. (2013), Building Optimum Production Settingsusing De Novo Programming with Global Criterion Method, *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 82* – No 18, November.

Yaralıoğlu, K. ve Umarusman, N. (2010) Çok Amaçlı Doğrusal Programlamadan Sistem Tasarımına: De Novo, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt: 12, Sayı: 4*, Sayfa: 61-74.

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

Zeleny, M.(1978). *Multiple Criteria Decision Making*, Editedby James L. Cochraneand Milan Zeleny: TheUniversity of South Carolina Press, Colombia.

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

Zeleny, M.(1984). *Multicriterion Design of High-Productivity Systems," in: MCDM-Past Decadeand Future Trends,* A Source Book of Multiple Criteria Decision Making,, p 171-187Greenwich, CT.

Zeleny, M. (1984). *Multicriterion Design Of High-Productivity Systems: Extension And Application , Decision Making with Multiple Objective* s. 308- 321, Editby: Yacov Y. Haimes ve Vira Chankong, Springer-Verlag, New York.

Zeleny, M. (1986).Optimal systemdesignwithmultiplecriteria: De Novo programmin gapproach, *Engineering Costs and Production Economics, 10*,89–94.

Zeleny, M.(1990).Optimizing GivenSystems Vs. Designing Optimal Systems: The De Novo Programming Approach, *İnt. J. General SystemVol 17*, 295-307.

Zimmermann, H.J.(1978). Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Functions, *Fuzzy Sets and Sysytems 1*, 45-55.