

MENÜ PLANLAMASINDA ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

Varol GÜNYAŞAR¹, Hakan ORAL²

¹Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F., İngilizce İşletme Bölümü, Yardımcı Doçent Dr.

²Kara Harp Okulu, Yöneylem Araştırması Merkezi, Ankara, Lv.Yzb. (Sistem Yük.Müh.)

A MULTI-OBJECTIVE PROGRAMMING APPROACH FOR MENU PLANNING

Abstract: In this study, a multiobjective linear programming (MOLP) model that was developed for the daily and weekly planning of the menu has been presented. The model has been applied to the planning of the menu for the military students in a unit of Turkish Army. The model includes three objectives: (1) Minimization of the total cost of the menu in the planning period, (2) Maximization of the energy content of the menu, and (3) Maximization of the overall preference score of the students for the menu contents.

The decision maker has selected the best – compromise solution among the representative noninferior solutions offered to him. It has been observed that the presentation of the noninferior solutions and the associated trade-offs among the objectives to the decision maker played an important role in improving the effectiveness of the decision making process.

Keywords: Multiobjective Programming Models, Menu Planning

MENÜ PLANLAMASINDA ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

ÖZET: Bu çalışmada, Türk Ordusu' nun bir biriminde görev yapan askeri öğrenciler için dönemsel ve öğünler bazında yemek listelerinin (menülerin) planlanmasına yönelik olarak geliştirilen bir Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (ÇADP) modeli ve uygulama sonuçları sunulmaktadır. Bu model kapsamında; (1) Menüün toplam maliyetinin en küçüklenmesi, (2) Menüün sağladığı enerji miktarının en büyüklenmesi ve (3) Öğrencilerin öğün bazındaki yemek tercihlerinin karşılama düzeyinin en büyüklenmesi şeklinde üç amaç işlevi dikkate alınmıştır.

Geliştirilen ÇADP modelinin farklı senaryolar için çözümlenmesi ve baskın çözümlerin belirlenmesinde çok amaçlı programlama çözüm tekniklerinden biri olan "Kısıt Yöntemi" kullanılmış olup, karar verici kendisine sunulan baskın çözümler arasından en iyi uzlaşma çözümünü seçmiştir. Uygulama sonucunda, karar vericiye baskın çözümlerin ve bu çözümlere ilişkin amaçlar arası takas değerlerinin sunulmasının, karar verme sürecinin etkinliğinin artırılmasında önemli bir rol oynadığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Amaçlı Programlama Modelleri, Menü Planlaması

I. GİRİŞ

Toplu beslenme sistemi kentleşme ve sanayileşmeye paralel olarak gelişmiş ve günümüz yaşantısının vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Toplu beslenme yapılan birçok kurumda (kamu ve özel kuruluş yemekhaneleri, askeri kuruluşlar, üniversite kafeteryaları, hastaneler vb.) yemeklerin planlanması, ilgili kişi veya bölüm tarafından hazırlanan yemek listeleri yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu durumda, kamu ve özel sektör çalışanları, yatılı okul ve yüksek okul öğrencileri, askerler gibi toplumun büyük bir kesimi günlük yemek listelerinin (menülerin) planlanmasında söz sahibi bile olmadan, kendileri için hazırlanan yemekleri tüketmektedir. Yemek planlaması aslında düşünüldüğünden daha kapsamlı, zor ve oldukça önemli bir faaliyettir. Planlama faaliyetinden sorumlu olan kişiler, başta menü planlamasına etki eden faktörler olmak üzere yemek listesi hazırlama kurallarını dikkate almak suretiyle, insanların fiziksel doyumunun yanısıra sosyal ve psikolojik tatminlerini de sağlamak zorundadırlar. Bu nedenle menü planlaması, çok amaçlı bir karar problemidir.

Bu çalışmada, menü planlama kurallarını esas alan ve planlama dönemi içinde (a) menünün toplam maliyetini en küçük, (b) sağladığı enerji miktarını en büyük, (c) beslenen kitlenin menülere ilişkin tercihlerinin karşılama düzeyini en büyük yapmayı amaçlayan bir çok amaçlı doğrusal programlama (ÇADP) modeli ve uygulama sonuçları sunulmuştur.

II. MENÜ PLANLAMA PROBLEMİ

Başarılı bir yemek listesi hazırlayabilmek için, menü planlamasını etkileyen faktörlerin ayrıntıları ile bilinmesi gerekir. Burada önemli olan beslenecek grubun özellikleridir. Bunlar; grubun yaş, cinsiyet ve aktivitesine bağlı besin gereksinimleri, alışkanlıkları ve grubun genişliğidir. Yemek listesini hazırlayan kişiler, mutfak planı, servis alanı, mevcut araç gereç, personel sayısı ve yeteneği, bütçede yiyeceğe ayrılan para ve servis tipi gibi, yiyeceğin hazırlanışı ve servisi ile ilgili şartları göz önünde bulundurmak zorundadır. Mevsimler ve iklim de yemek listelerine etki eden etmenlerdir. Tat, renk, şekil, kıvam uyumu düşünülerek biçimlendirilmiş bir

yemek listesi, uygun yiyecek hazırlama ve pişirme ilkelerinin de uygulanması ile başarıya ulaşır [1].

II.1. Menü Planlamasını Etkileyen Faktörler

Menü planlamanın temel amacı, insanların temel besin ihtiyaçlarını karşılama yanında sosyal ve psikolojik doyum sağlayan ekonomik ve eğitici bir yemek servisi sunabilmektir [2]. Bu kapsamda, menü planlamasında etkili olan ve genel kabul görmüş faktörler aşağıdadır.

- a. Kişilerin besin ihtiyaçları
- b. Kişilerin beslenme alışkanlıkları
- c. Gruptaki bazı kişilerin özel diyet ihtiyaçları
- d. Mutfak için ayrılan paranın miktarı
- e. Mutfak araç-gereç ve insan gücünün nitelik ve nicelikleri
- f. Yemek servisi yöntemi
- g. Menüde yer alacak yemeklerin tarifleri
- h. İklim, mevsim ve bölgenin coğrafi özellikleri

II.2. Yemek Listesinin Hazırlanması

Menü haftalık, aylık veya yıllık planlanabilir. Haftanın belirli günlerinde aynı yemeklerin verilmesini önlemek için, menüler en az 8 günlük olarak hazırlanır. Bu süre içerisinde herhangi bir yemek birden fazla tekrar etmemelidir. Yiyecek tekrar edebilir, ancak yemek türü olarak farklı biçimde hazırlanmış olmalıdır [2].

Yemek listesi hazırlanırken; yemeklerin birbirine göre renk, şekil, tat ve kıvam bakımından uyumu ile kahvaltı veya diğer öğünler için uygun yemek grupları göz önünde bulundurulmalıdır [1]. Bu bölümde, gerek genel kabul görmüş, gerekse geliştirilen çok amaçlı programlama modelinin uygulandığı askeri okul öğrencileri için esas alınması gereken yemek listesi hazırlama kuralları özet olarak sunulmuştur.

II.2.1. Sabah Kahvaltısındaki Yiyeceklerin Seçimi

Kahvaltı planlanırken aşağıdaki kurallara uyulmalıdır [2,3].

1. Kahvaltıda her gün süt, peynir veya yumurtadan biri mutlaka bulundurulmalıdır.
2. Kahvaltılık yiyecek olarak, peynir, yumurta, reçel-yağ ve zeytin kullanılır. Kahvaltıda içecek yanında bunlardan en az iki tanesinin verilmesi gerekir. Yumurta

haftada en az iki kez kullanılmalıdır.

3. Kahvaltılık içecek olarak çay, süt ve olanak varsa meyve suyu kullanılır. Süt haftada en az iki kez kullanılmalıdır.

4. Reçel ve yağ, kahvaltıda tek yiyecek olarak düşünülür. Reçel veya yağ, ayrı ayrı verilmemelidir.

5. Kahvaltının monoton olmaması için; kaşar veya beyaz peynir, yeşil veya siyah zeytin ile gül, ayva, vişne, çilek veya kayısı reçeli dönüşümlü olarak verilmelidir.

6. Kahvaltıda C vitamini yönünden zengin domates, portakal ve mandalina gibi bir sebze ve meyve bulundurulması uygun olur.

II.2.2. Öğle ve Akşam Yemeklerinin Seçimi

Yemekler servis özelliklerine göre gruplandırılmıştır. Öğünlerde bir adet birinci grup, bir adet ikinci grup, bir adet üçüncü grup olmak üzere en az üç kap yemek bulunmalıdır. Aynı öğünde aynı gruptan iki yemek bulunmamalıdır [2,3].

a. Birinci Grup Yemekler: Et yemekleri, köfteler, etli sebze yemekleri, etli ve etsiz kuru baklagiller, etli dolma ve sarmalar, yumurtalı yemekler

b. İkinci Grup Yemekler: Çorbalar, pilavlar, makarnalar, börekler, zeytinyağlı yemekler (zeytinyağlı sebze yemekleri, zeytinyağlı sarmalar ve dolmalar, pilakiler)

c. Üçüncü Grup Yemekler: Meyveler, salatalar, kompostolar, tathırlar, diğerleri (yoğurt, cacık, piyaz vb.)

Bu gruplardan yemek seçerken aşağıdaki esaslara dikkat edilmelidir:

1. Etli sebze yemekleri ve etli sarmalar dolmalar yanına zeytinyağlı sebze yemekleri veya zeytinyağlı sarmalar ve dolmalar verilmemelidir.

2. Etli veya zeytinyağlı dolma ve sarmaların yanına pilav veya makarna verilmemelidir.

3. Pilav, makarna ve börek yanına tatlı verilmemelidir. Ağır işte çalışanlar için bu kural geçerli değildir.

4. Zeytinyağlı sebze yemekleri yanına salata verilmemelidir.

5. Balık verildiğinde, yanına her ikisi de üçüncü grup yemeklerden olmasına rağmen, salata ve tatlı verilebilir.

6. Aynı günde aynı gruptan benzer yemekler verilmemelidir. Örneğin, öğlen etli sebze yemeği verildiğinde, akşama yine etli sebze yemeği verilmez.

7. Olanaklar elverdiğince, çorbalar akşam yemeklerinde, kuru baklagiller ise öğle yemeklerinde kullanılmalıdır.

III. MENÜ PLANLAMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA MODELİ

III.1. Çok Amaçlı Programlama Problemi

Çok amaçlı programlama, iki veya daha fazla amaç işlevine sahip eniyileme (optimizasyon) problemleri ile ilgilenir. n adet karar değişkeni, m adet kısıt ve p adet amaç işlevinden oluşan çok amaçlı programlama (ÇAP) modelinin genel yapısı aşağıdaki gibidir [4].

$$\text{Enb. } Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = [Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ Z_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ \dots, Z_p(x_1, x_2, \dots, x_n)]$$

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0, \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

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

Tek amaçlı programlama problemlerinde amaç en iyi (optimal) çözümün elde edilmesidir. En iyi çözüm, en büyükleme problemleri için geçerli bölgeyi içinde en büyük amaç işlevi değerini, en küçükleme problemleri için ise en küçük amaç işlevi değerini veren noktadır [5].

En iyi çözüm kavramı, çok amaçlı programlamada anlamını yitirir. Çünkü herhangi bir amaç için en iyi olan bir çözüm, diğer $p-1$ adet amaç için en iyi olmayabilir. Çok amaçlı programlamada bunun yerine “baskın çözüm” kavramı kullanılır.

III.2. Baskın Çözümler

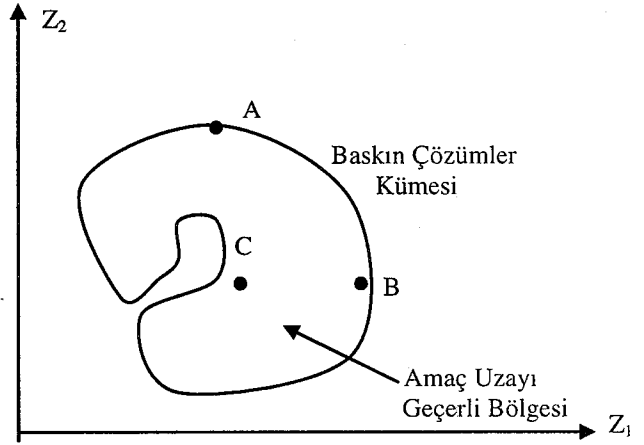
Baskın çözüm bir geçerli çözüm olup, burada bir amacın değerindeki artış ancak en az bir diğer amacın değerindeki azalma ile elde edilebilir [4].

Tablo.1. Baskın Çözüm

Seçenek	Z_1	Z_2	
A	10	11	Baskın
B	12	10	Baskın
C	9	8	Basılgın

Tablo.1’deki A ve B seçenekleri C seçeneğine göre daha iyi Z_1 ve Z_2 değerlerine sahiptir. Bu nedenle A

ve B baskın, C ise basılgın çözüm olarak tanımlanır. Şekil.1’de A ve B noktaları arasındaki bölge baskın çözümler kümesini gösterir.



Şekil.1. Baskın Çözümler Kümesi

Çok amaçlı programlama problemlerinde,

$$X = \{ x \mid g_i(x) \leq 0, \forall i, x_j \geq 0, \forall j \}$$

kümesi, karar uzayındaki geçerli bölge olarak tanımlanır. $Z(X)$ ise amaç uzayındaki geçerli bölgedir. Problemin her geçerli çözümü $x \in X$, her bir amaç işlevi için $[Z_k(x), k=1,2,\dots, p]$ bir değer ifade eder.

Baskın çözümlerin oluşturduğu kümeye baskın küme adı verilir:

$$X^* = \{ x \mid x \in X \text{ ve } x \text{ baskın çözümdür.} \}$$

Baskın küme genellikle çok sayıda çözüm içermekte olup, bu çözümler arasından karar verici tarafından seçilen çözüm “en iyi uzlaşma çözümü” olarak adlandırılır [4].

III.3. Çözüm Teknikleri

Çok amaçlı programlama problemlerinin çözümüne yönelik teknikler, karar vericinin çözüm süreciyle etkileşimde bulunduğu aşamaya göre 3 grupta toplanabilir:

1.Çözüm üretme teknikleri

2.Tercihlerin önceden açıklanmasına dayalı teknikler

3.Tercihlerin yinelemeli olarak açıklanmasına dayalı (etkileşimli) teknikler.

III.4. ÇADP Modelinin Yapısı

III.4.1. Model Parametreleri

- $i : 1, \dots, n$ (gün)
 $j : 1, 2, 3$ (öğün; 1 = kahv., 2 = öğle y., 3 = akşam y.)
 $m : 1, \dots, t_1, \dots, t_2, \dots, t_{19}$ (menüdeki tüm yemekler)
 $m_4 : 1, \dots, t_3$ (kahvaltılık)lar
 $m_5 : t_3+1, \dots, t_{19}$ (birinci, ikinci, üçüncü grup yemekler)
 $m_1 : t_3+1, \dots, t_9$ (birinci grup yemekler)
 $m_2 : t_9+1, \dots, t_{14}$ (ikinci grup yemekler)
 $m_3 : t_{14}+1, \dots, t_{19}$ (üçüncü grup yemekler)
 $m_{41} : 1, \dots, t_1$ (kahvaltılık içecekler)
 $m_{42} : t_1+1, \dots, t_2$ (kahvaltılık yiyecekler)
 $m_{43} : t_2+1, \dots, t_3$ (söğüşler)
 $m_{11} : t_3+1, \dots, t_4$ (et yemekleri)
 $m_{12} : t_4+1, \dots, t_5$ (köfteler)
 $m_{13} : t_5+1, \dots, t_6$ (etli sebze yemekleri)
 $m_{14} : t_6+1, \dots, t_7$ (etli kuru baklagiller)
 $m_{15} : t_7+1, \dots, t_8$ (etli dolmalar sarmalar)
 $m_{16} : t_8+1, \dots, t_9$ (yumurta yemekleri)
 $m_{21} : t_9+1, \dots, t_{10}$ (çorbalar)
 $m_{22} : t_{10}+1, \dots, t_{11}$ (pilavlar)
 $m_{23} : t_{11}+1, \dots, t_{12}$ (makarnalar)
 $m_{24} : t_{12}+1, \dots, t_{13}$ (börekler)
 $m_{25} : t_{13}+1, \dots, t_{14}$ (zeytinyağlı yemekler)
 $m_{26} : t_{13}+1, \dots, t_{13}+k$ (zeytinyağlı sebze yemekleri)
 $m_{27} : t_{13}+k+1, \dots, t_{13}+q$ (zeytinyağlı dolmalar)
 $m_{28} : t_{13}+q+1, \dots, t_{14}$ (pilakiler)
 $m_{31} : t_{14}+1, \dots, t_{15}$ (meyveler)
 $m_{32} : t_{15}+1, \dots, t_{16}$ (salatalar)
 $m_{33} : t_{16}+1, \dots, t_{17}$ (kompostolar)
 $m_{34} : t_{17}+1, \dots, t_{18}$ (tatlılar)
 $m_{35} : t_{18}+1, \dots, t_{19}$ (diğerleri)
 $f : 1, \dots, h$ (besin öğeleri)
 $N_{jm} : m$ yemeğine ait f besin öğesi değeri
 $L_f : \text{beslenen grubun } f \text{ besin öğesi ihtiyacının alt sınırı}$
 $U_f : \text{beslenen grubun } f \text{ besin öğesi ihtiyacının üst sınırı}$
 $C_m : m$ yemeğinin maliyeti
 $P_{jm} : m$ yemeğinin j . öğündeki tercih düzeyi
 $E_m : m$ yemeğinin kalorisi
 $D_c : \text{günlük yasal ödenek (istihkak) tutarı}$

III.4.2. Karar Değişkenleri

$X_{ijm} : i$.inci günde j .inci öğünde verilen m yemeği (0 – 1 tamsayıyla değişken)

III.4.3. Amaç İşlevleri

i. Maliyet:

$$\text{Enk. } Z_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{t_{19}} C_m X_{ijm} \quad (1)$$

ii. Enerji:

$$\text{Enb. } Z_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{t_{19}} E_m X_{ijm} \quad (2)$$

iii. Tercih Düzeyi:

$$\text{Enb. } Z_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{t_{19}} P_{jm} X_{ijm} \quad (3)$$

III.4.4. Model Kısıtları

i. Sabah kahvaltısı için yiyecek seçimi

$$\sum_{m_4=1}^{t_1} X_{i1m_4} = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

$$\sum_{m_{42}=t_1+1}^{t_2} X_{i1m_{42}} = 2 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

$$\sum_{m_{43}=t_2+1}^{t_3} X_{i1m_{43}} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (6)$$

$$\sum_{m_5=t_3+1}^{t_{19}} X_{i1m_5} = 0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (7)$$

$$X_{i12} + X_{i14} + X_{i15} + X_{i16} + X_{i17} = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (8)$$

$$\sum_{i=1+g}^{7+g} X_{i17} \geq 2 \quad (g = 0, 7, \dots, w) \quad (9)$$

$$\sum_{i=1+g}^{7+g} X_{i12} \geq 2 \quad (g = 0, 7, \dots, w) \quad (10)$$

$$w = (7(\text{planlanan hafta sayısı} - 1))$$

ii. Öğle ve akşam yemekleri için yemek seçimi

$$\sum_{m_1=t_3+1}^{t_9} X_{ijm_1} = 1 \quad (i = 1, \dots, n; j = 2, 3) \quad (11)$$

$$\sum_{m_2=t_9+1}^{t_{14}} X_{ijm_2} = 1 \quad (i = 1, \dots, n; j = 2, 3) \quad (12)$$

$$\sum_{m_3=t_{14}+1}^{t_{19}} Xijm_3 = 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3) \quad (13)$$

$$\sum_{j=2}^3 \sum_{m_4=1}^{t_3} Xijm_4 = 0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (14)$$

$$Xijm_{13} + \sum_{m_{26}=t_{13}+1}^{t_{13}+k} Xijm_{26} + \sum_{m_{27}=t_{13}+k+1}^{t_{13}+q} Xijm_{27} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{13} = t_5+1, \dots, t_6) \quad (15)$$

$$Xijm_{15} + \sum_{m_{26}=t_{13}+1}^{t_{13}+k} Xijm_{26} + \sum_{m_{27}=t_{13}+k+1}^{t_{13}+q} Xijm_{27} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{15} = t_7+1, \dots, t_8) \quad (16)$$

$$Xijm_{15} + \sum_{m_{22}=t_{10}+1}^{t_{11}} Xijm_{22} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{15} = t_7+1, \dots, t_8) \quad (17)$$

$$Xijm_{15} + \sum_{m_{23}=t_{11}+1}^{t_{12}} Xijm_{23} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{15} = t_7+1, \dots, t_8) \quad (18)$$

$$Xijm_{22} + \sum_{m_{34}=t_{17}+1}^{t_{18}} Xijm_{34} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{22} = t_{10}+1, \dots, t_{11}) \quad (19)$$

$$Xijm_{23} + \sum_{m_{34}=t_{17}+1}^{t_{18}} Xijm_{34} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{23} = t_{11}+1, \dots, t_{12}) \quad (20)$$

$$Xijm_{24} + \sum_{m_{34}=t_{17}+1}^{t_{18}} Xijm_{34} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{24} = t_{12}+1, \dots, t_{13}) \quad (21)$$

$$Xijm_{26} + \sum_{m_{32}=t_{15}+1}^{t_{16}} Xijm_{32} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{26} = t_{13}+1, \dots, t_{13}+k) \quad (22)$$

$$Xijm_{14} + \sum_{m_{28}=t_{13}+q+1}^{t_{14}} Xijm_{28} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m_{14} = t_6+1, \dots, t_7) \quad (23)$$

$$\sum_{m_{21}=t_9+1}^{t_{10}} Xi2m_{21} = 0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (24)$$

$$\sum_{m_{14}=t_6+1}^{t_7} Xi3m_{14} = 0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (25)$$

$$\sum_{m_{11}=t_3+1}^{t_4} (Xi2m_{11} + Xi3m_{11}) \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (26)$$

$$\sum_{m_{12}=t_4+1}^{t_5} (Xi2m_{12} + Xi3m_{12}) \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (27)$$

$$\sum_{m_{35}=t_{18}+1}^{t_{19}} (Xi2m_{35} + Xi3m_{35}) \leq 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (41)$$

iii. Yemek tekrar sayısı alt (v) ve üst (y) sınırları

$$\sum_{i=1}^n Xi1m_4 \geq v \quad (m_4 = 1, \dots, t_3) \quad (42)$$

$$\sum_{i=1}^n Xi1m_4 \leq y \quad (m_4 = 1, \dots, t_3) \quad (43)$$

$$\sum_{i=1}^n (Xi2m_5 + Xi3m_5) \geq v \quad (m_5 = t_3+1, \dots, t_{19}) \quad (44)$$

$$\sum_{i=1}^n (Xi2m_5 + Xi3m_5) \leq y \quad (m_5 = t_3+1, \dots, t_{19}) \quad (45)$$

iv. Yemeklerin tekrarlanma sıklığı

(Aynı yemek en az “s” gün geçtikten sonra yeniden verilecek ise, r = s – 1 alınır)

$$(X_{i1m_4} + X_{(i+1)1m_4} + \dots + X_{(i+r)1m_4}) \leq 1$$

$$(i = 1, \dots, n ; m_4 = 1, \dots, t_3) \quad (46)$$

$$(X_{i2m_5} + X_{i3m_5} + X_{(i+1)2m_5} + X_{(i+1)3m_5} + \dots + X_{(i+r)2m_5} + X_{(i+r)3m_5}) \leq 1$$

$$(i = 1, \dots, n ; m_5 = t_3+1, \dots, t_{19}) \quad (47)$$

v. Besin ögesi ihtiyacı alt ve üst sınırları

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{t_{19}} N_{fm} X_{ijm} \geq L_f$$

$$(f = 1, \dots, h ; i = 1, \dots, n) \quad (48)$$

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{t_{19}} N_{fm} X_{ijm} \leq U_f$$

$$(f = 1, \dots, h ; i = 1, \dots, n) \quad (49)$$

vi. Günlük yasal ödenek (istihkak) tutarı

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{t_{19}} C_m X_{ijm} \leq D_c \quad (i = 1, \dots, n) \quad (50)$$

$$X_{ijm} = 0 \text{ veya } 1$$

$$(i = 1, \dots, n ; j = 2, 3 ; m = 1, \dots, t_{19}) \quad (51)$$

IV. MODELİN UYGULAMA SONUÇLARI

Yukarıda geliştirilen modelin uygulaması, Muhabere Elektronik Bilgi Sistemler (MEBS) Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığı'nda öğrenim görmekte olan astsubay öğrencileri esas alınarak gerçekleştirilmiştir [6].

Yemek listesi hazırlama kurallarına ilişkin olarak, okulun Levazım Şube Müdürlüğü'nce belirtilen ek kısıtlar modele dahil edilmiştir. Öğrencilerin yemek çeşitlerine ilişkin tercih düzeyi değerlerini belirlemek için, okulda öğrenim gören 350 astsubay öğrenciye anket uygulanmıştır.

IV.1. Çözüm Yöntemi

ÇADP modeli, GAMS (General Algebraic Modeling System) yazılımı kullanılarak çözülmüş olup, ilk etapta menülerin aylık bazda planlanması hedeflenmiştir. Daha sonra modelin çözüm süresini kısaltabilmek için kahvaltı, öğle ve akşam yemeği için ayrı değişkenler tanımlanarak planlama dönemi 30 günden 15 güne indirilmiş, böylece değişken ve kısıt

sayısı azaltılmıştır. Model, 15 günlük planlama dönemi ve 89 adet yemek çeşidi için, 2280 adet (0-1) karar değişkeni ve 3421 adet kısıtla sahiptir.

ÇADP modelinin baskın çözümlerinin belirlenmesinde, çözüm üretme tekniklerinden biri olan "Kısıt Yöntemi" kullanılmıştır [4]. Kısıt yönteminin seçilmesinde;

a. Karar vericinin amaç işlevlerine ilişkin değer yargılarını (tercih, öncelik, fayda işlevi vb.) belirtmemesi

b. Amaç işlevlerinin yapısı

c. Yöntemin sağladığı üstünlükler (Baskın çözümlerin anlamlı ve verimli şekilde elde edilebilmesi, amaç işlevi değerlerinin ve çözüm sürecinin denetimi, amaçlar arası takas değerlerinin belirlenmesi vb.) rol oynamıştır.

Kısıt yönteminin uygulanması 3 temel adımla özetlenebilir [4]:

1. Amaç işlevleri tek tek eniyelenerek "Sonuç Tablosu" elde edilir ve kısıtlanacak amaç işlevleri için başlangıç adım genişliği değerleri belirlenir.

2. Amaç işlevlerinden biri eniyelenirken, diğerleri kısıt olarak dikkate alınır ve "Temsilci Baskın Çözümler" elde edilir. Gerektiğinde adım genişliği değerleri değiştirilerek yeni baskın çözümler belirlenir.

3. (2) adımı, baskın çözümler kümesinin yaklaşık görünümü elde edilinceye kadar yinelenir. Belirlenen baskın çözümlerden biri, karar verici tarafından "En İyi Uzlaşma Çözümü" olarak seçilir.

ÇADP modeli, öncelikle iki amaç işlevi (maliyet – tercih düzeyi ve maliyet – enerji) için çözümlenmiş, daha sonra üç amaç işlevi birlikte dikkate alınarak sonuçlar elde edilmiştir.

IV.2. Maliyet ve Tercih Düzeyi Amaçları

Menünün toplam maliyetinin en küçüklenmesi (Z_1) ve öğrencilerin öğün bazındaki yemek tercihlerinin karşılama düzeyinin en büyüklenmesi (Z_3) şeklindeki iki amaç işlevi için elde edilen sonuç tablosu Tablo.2' de sunulmuştur. Amaç işlevi değerlerinin değişim aralıkları bu tabloda görülmekte olup, Z_1 amaç işlevi en küçüklenirken Z_3 amaç işlevinin kısıt olarak dikkate alınması uygun görülmüştür:

$$\text{Enk. } Z_1$$

$$Z_3 \geq L_3$$

Tablo.2. Maliyet -Tercih Düzeyi Amaçları Sonuç Tablosu

Çözüm	Maliyet (Z ₁)	Tercih Düzeyi (Z ₃)
X ¹	5.968.795	1039,020
X ³	7.065.800	1147,910

M₃ ve m₃, Z₃ amaç işlevinin en büyük ve en küçük değerlerini gösterecek şekilde, Z₃ kısıtı için sağ taraf katsayıları L₃ aşağıdaki şekilde hesaplanır [4]:

$$L_3 = m_3 + [t / (r-1)] (M_3 - m_3), \quad t = 0,1,2,\dots, (r - 1)$$

Burada r elde edilmek istenen baskın çözüm sayısını göstermekte olup, uygulama için r = 6 seçilmiştir.

Bu durumda, L₃ = 1039, 1060, 1080, 1100, 1120 ve 1147 değerleri için 6 baskın çözüm elde edilecektir. Bu çözümler Tablo.3 ve Şekil.2' de sunulmuştur.

Burada λ_{Z_1/Z_3} , Z₃ kısıtının gölge fiyatı, diğer bir deyişle Z₁ ve Z₃ amaçları arasındaki takas (trade-off) değeridir.

Tablo.3. Maliyet -Tercih Düzeyi Amaçları için Temsilci Baskın Çözümler

Çözüm	L ₃	Tercih Düzeyi (Z ₃)	Maliyet (Z ₁) (TL)	λ_{Z_1/Z_3} (TL)
1	p ≥ 1039	1039,020	5.968.795	4729,70
2	p ≥ 1060	1066,815	6.100.257	1402,73
3	p ≥ 1080	1080,087	6.118.874	6558,06
4	p ≥ 1100	1100,280	6.251.301	4808,73
5	p ≥ 1120	1120,314	6.347.639	26024,09
6	p ≥ 1147	1147,910	7.065.800	----

Elde edilen baskın çözümlerin karar vericiye (Levazım Şb. Md.) sunulması sonucunda, karar verici tercih düzeyi 1120,314 ve maliyet değeri 6.347.639 TL. olan 5 no.lu çözümü "en iyi uzlaşma çözümü" olarak belirlemiştir.

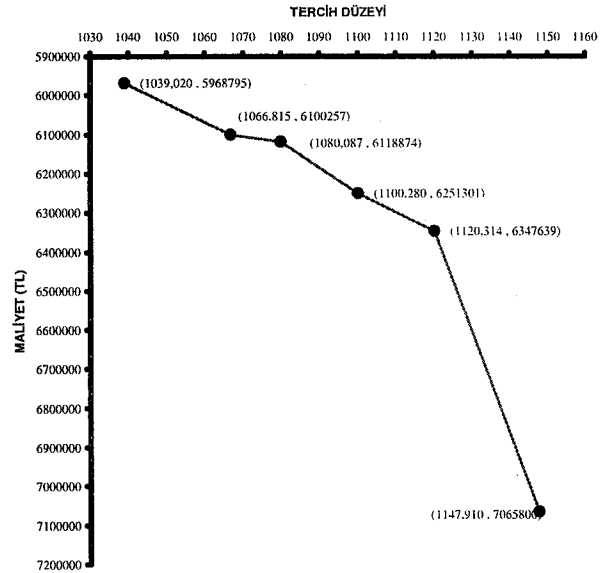
Z_M ve Z_m amaç işlevlerinin enbüyük ve enküçük değerlerini, Z_U ise en iyi uzlaşma çözümünün amaç işlevi değerlerini gösterdiğinde, en iyi uzlaşma çözümünün (Z₁ = 6.347.639, Z₃ = 1120,314) tüm amaçların mümkün olan en iyi değerlerine ulaştığı ideal çözüme (Z₁ = 5.968.795, Z₃ = 1147,910) yakınlık oranı; enbüyüklenen Z₃ amaç işlevi için

$$\frac{Z_U - Z_m}{Z_M - Z_m}$$

formülü ile, enküçüklenen maliyet amaç işlevi için ise

$$\frac{Z_M - Z_U}{Z_M - Z_m}$$

formülü ile hesaplanır [5]. En iyi uzlaşma çözümünün ideal çözüme yakınlık oranı Z₁ amacı için % 65, Z₃ amacı için ise % 75 olarak belirlenmiştir.



Şekil.2. Maliyet -Tercih Düzeyi Amaçları için Temsilci Baskın Çözümlerin Görünümü

IV.3. Maliyet ve Enerji Amaçları

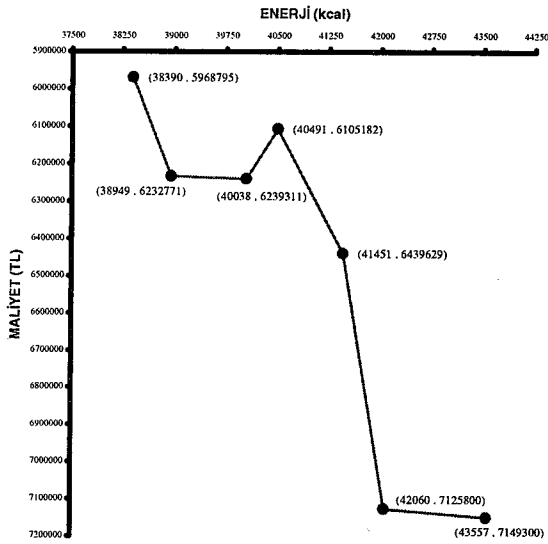
ÇADP modelinin toplam maliyetin enküçüklenmesi (Z₁) ve menünün sağladığı enerji miktarının enbüyüklenmesi (Z₂) amaçları için çözümlenmesi sonucunda, elde edilen sonuç tablosu Tablo.4' te, kısıt yönteminin uygulanması sonucunda belirlenen temsilci baskın çözümler ise Tablo.5 ve Şekil.3' te sunulmuştur.

Tablo.4. Maliyet - Enerji Amaçları Sonuç Tablosu

Çözüm	Maliyet (Z ₁)	Enerji (Z ₂)
X ¹	5.968.795	38.390
X ²	7.149.300	43.557

Tablo.5. Maliyet -Enerji Amaçları için Temsilci Baskın Çözümler

Çözüm	L_2	Enerji (Z_2) (kcal)	Maliyet (Z_1) (TL)	λ_{Z_1}/Z_2 (TL/kcal)
1	$e \geq 38390$	38.390	5.968.795	472,23
2	$e \geq 38920$	38.949	6.232.771	(Basilgin)
3	$e \geq 39425$	40.038	6.239.311	(Basilgin)
4	$e \geq 40490$	40491	6.105.182	348,38
5	$e \geq 41400$	41.451	6.439.629	1126,72
6	$e \geq 42000$	42.060	7.125.800	15,70
7	$e \geq 43557$	43.557	7.149.300	----



Şekil.3. Maliyet-Enerji Amaçları için Temsilci Baskın Çözümlerin Görünümü

Elde edilen baskın çözümlerin karar vericiye sunulması sonucunda, karar verici enerji miktarı 41.451 kcal. ve maliyet değeri 6.439.625 TL. olan 5 no.lu çözümü "en iyi uzlaşma çözümü" olarak belirlemiştir. En iyi uzlaşma çözümünün ideal çözüme yakınlık oranı Z_1 amacı için % 60, Z_2 amacı için ise % 59 olarak hesaplanmıştır.

IV.4. Maliyet, Enerji ve Tercih Düzeyi Amaçları

Geliştirilen ÇADP modeli son olarak tüm amaçlar birlikte ele alınarak çözümlenmiştir. Bu durumda maliyet (Z_1) amacı enküçükleme üzere seçilmiş, enerji (Z_2) ve tercih düzeyi (Z_3) amaçları ise modelde kısıtlar şeklinde dikkate alınmıştır:

$$\text{Enk. } Z_1$$

$$Z_2 \geq L_2$$

$$Z_3 \geq L_3$$

ÇADP modelinin üç amaç işlevinin birlikte değerlendirilmesiyle çözümlenmesi sonucunda, elde edilen sonuç tablosu Tablo.6' da, kısıt yönteminin uygulanması sonucunda belirlenen temsilci baskın çözümler ise Tablo.7' de sunulmuştur.

Tablo.6. Maliyet -Enerji -Tercih Düzeyi Amaçları Sonuç Tablosu

Çözüm	Maliyet (Z_1)	Enerji (Z_2)	Tercih Düzeyi (Z_3)
X^1	5.968.795	38.390	1039,020
X^2	7.065.800	38.190	1147,910
X^3	7.149.300	43.557	1072,130

Elde edilen 8 adet baskın çözümün karar vericiye sunulması sonucunda, karar verici tercih düzeyi 1120, enerji miktarı 39.283 kcal. ve maliyet değeri 6.385.714 TL. olan 8 no.lu çözümü "en iyi uzlaşma çözümü" olarak belirlemiştir. En iyi uzlaşma çözümünün ideal çözüme yakınlık oranı Z_1 amacı için % 65, Z_2 amacı için % 74, Z_3 amacı için ise % 74 olarak hesaplanmıştır.

V. SONUÇ

Menü planlama faktörlerini ve yemek listesi hazırlama kurallarını esas alan ve planlama dönemi içinde menü toplam maliyetini enküçük, sağlanan enerji miktarını enbüyük, beslenen kitlenin yemek türü ve öğünler bazındaki tercihlerinin karşılanma düzeyini enbüyük yapmayı hedefleyen bir çok amaçlı doğrusal programlama (ÇADP) modeli geliştirilmiş ve uygulama sonuçları sunulmuştur. Modelleme ve uygulama sürecindeki temel bulgular ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

a. Önerilen model, yemek listesi hazırlama kurallarına göre 8 günden az olmamak koşuluyla, n gün için menü planlanmasına elverişlidir.

b. Menü hazırlamaya etki eden faktörler ve menü hazırlama kuralları genel kabul görmüş nitelikte olduğundan, geliştirilen model toplu beslenme yapılan tüm kuruluşlarda gerekli değişikliklerin yapılması koşuluyla kullanılabilir.

c. Kısıt yöntemi yardımıyla baskın çözümlerin ve bunlara ilişkin amaçlararası takas değerlerinin (gölge fiyatlarının) karar vericiye sunulmasının, karar verme sürecini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Karar vericiye baskın çözüm seçeneklerini güvenle ve tam

bilgilendirilmiş olarak değerlendirebilme ve en iyi uzlaşma çözümünü kolayca seçebilme olanağı sağlanmıştır.

d. Karar vericilerin; problemin yapısı, amaçlar ve seçeneklerin özellikleri ile kendi tercih işlevlerine ilişkin bilgi düzeyleri arttıkça, “etkileşimli” yöntemlerin uygulanması ve karar sürecinin hızlandırılması mümkün olacaktır.

Tablo.7. Maliyet -Enerji-Tercih Düzeyi Amaçları için Temsilci Baskın Çözümler

Çözüm	L_3	L_2	Tercih Düzeyi (Z_3)	Enerji (Z_2) (kcal)	Maliyet (Z_1) (TL)	λ_{Z_1/Z_3} (TL)	λ_{Z_1/Z_2} (TL/kcal)
1	$p \geq 1066$	$e \geq 38190$	1066,026	38647	6.113.163	(Basılgin)	
2	$p \geq 1080$	$e \geq 38190$	1083,108	38200	6.376.694	(Basılgin)	
3	$p \geq 1100$	$e \geq 38190$	1100	38249	6.355.148	1528,300	29,560
4	$p \geq 1147$	$e \geq 38190$	1147,910	38190	7.065.800	-1882,822	34,928
5	$p \geq 1039$	$e \geq 38949$	1057,668	38950	6.665.020	(Basılgin)	
6	$p \geq 1066$	$e \geq 38949$	1066,342	39114	6.074.116	15466,462	1042,167
7	$p \geq 1080$	$e \geq 38949$	1080,088	39318	6.286.718	3436,621	-64,013
8	$p \geq 1120$	$e \geq 38949$	1120	39283	6.385.714	-959,900	119,476
9	$p \geq 1066$	$e \geq 39600$	1078,179	39619	6.425.858	4831,446	334
10	$p \geq 1080$	$e \geq 39600$	1081,359	39665	6.441.222	9384,952	-423,442
11	$p \geq 1120$	$e \geq 39600$	1120,473	39669	7.117.459	-658,647	8,189

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] Kutluay, T., & Bırer, S. (1981). *Orta Dereceli Kız Teknik Okulları Kurum Beslenmesi Temel Ders Kitabı*. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.
- [2] Baysal, A., & Merdol, T.K. (1994). *Toplu Beslenme Yapılan Kurumlar İçin Yemek Planlama Kuralları ve Yıllık Yemek Listeleri*. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi.
- [3] KKY.10-19. (1995). *Kara Kuvvetleri Komutanlığı Askeri Okullar Beslenme Yönergesi*. Ankara: K.K. Basımevi ve Basılı Evrak Depo Müdürlüğü.
- [4] Cohon, J.L. (1978). *Multiobjective Programming and Planning*. New York: Academic Press.
- [5] Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. New York: Mc Graw-Hill Inc.
- [6] Oral, H. (1999). Menu Planning Through Multiobjective Programming: An Application in Turkish Army. *Sistem Müh. Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yeditepe Üniversitesi.

Varol GÜNYAŞAR (vgunyasar@superonline.com) was graduated from Kabataş High School in 1974. He graduated from Industrial Engineering Department of Boğaziçi University in 1979 and completed the requirements for the degree of Master of Science in Industrial Engineering in 1984. In 1979, he was appointed as a Research Assistant in Production Management Unit of Marmara University and obtained the Ph.D. degree in 1990 in this field of expertise. Since 1990, he has been working as an instructor in the Department of Business Administration and offering the courses of “Operations Management” and “Total Quality Management” in the faculty and graduate programs. His interest areas are production and operations management, total quality management, business process improvement, quantitative methods in business, multiobjective modelling and decision making techniques.