

DIYET PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILABİLECEK BAZI ENİYİLEME TEKNİKLERİNİN YAKLAŞIM FARKLILIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Şenol Erdoğan^{*}, Eylem Koç^{*}, Ahmet Sabri Öğütlü^{**}

^{*}Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü,
ESKİŞEHİR

^{**}Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü,
AFYONKARAHİSAR

ÖZET

Bir kişinin yaşamını sağlıklı ve verimli bir şekilde sürdürebilmesinde beslenme önemlidir. Çeşitlilik, ölçülülük, denge ve maliyet beslenme planlamalarındaki önemli unsurlardır. Bu unsurları sağlayacak menü planlarının hazırlanması gerçek yaşamda sürekli olarak karşılaşılan önemli bir problem olup, diyet problemi kapsamında ele alınır. Diyet probleminin çözülmesiyle bireyin yaşına, cinsiyetine, fiziksel aktivite düzeyine, fizyolojik durumuna ve beslenme alışkanlıklarına uygun menüler hazırlanır. 0-1 Tamsayılı Doğrusal Programlama (TDP), Doğrusal Hedef Programlama (DHP) ve Bulanık Doğrusal Programlama (BDP) diyet probleminin çözümünde kullanılacak tekniklerdir. Çalışmanın amacı TDP, DHP ve BDP tekniklerinin diyet problemine yaklaşım farklılıklarını göstermektir. Bu doğrultuda her üç en iyileme tekniğinin diyet problemine yaklaşımları tartışılmış ve genel diyet problemine ilişkin TDP, DHP ve BDP modelleri karşılaştırmalı olarak kurulmuştur. Uygulamada 19-30 yaş grubunda orta fiziksel aktiviteye sahip 65 kg. ağırlığındaki sağlıklı erkeklere ilişkin bir diyet problemi menü planlama kapsamında tanımlanmıştır. Bu probleme söz konusu tekniklerin çözümleme aşamasındaki yaklaşım farklılıkları değerlendirilmiş ve uygulayıcılar ile araştırmacılara öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: 0-1 Tamsayılı Doğrusal Programlama, Doğrusal Hedef Programlama, Bulanık Doğrusal Programlama, Diyet Problemi, Menü Planlaması.

EVALUATION OF THE APPROACH DIFFERENCES OF SOME OPTIMIZATION TECHNIQUES WHICH CAN BE USED TO SOLVE DIET PROBLEM

ABSTRACT

To lead a healthy and productive life, any person should pay attention to nutrition. Variety, moderation, balance and cost are key constituents for nutrition planning. Planning menus prepared according to these constituents is a problem frequently encountered in the real life and should be handled under diet problem. Solving diet problem, menus fit to age, gender, physical activity level, physiologic condition and nutrition habits are prepared. 0-1 Integer Linear Programming (TDP), Linear Goal Programming (DHP) and Fuzzy Linear Programming (BDP) are among techniques which could be employed in solving diet problems. Aim of this study is to show approach differences of TDP, DHP and BDP techniques to the diet problem. For this aim, approach of each of three optimization techniques to the diet problem is discussed, and TDP, DHP and BDP models regarding general diet problem are set up comparatively. In the practice section, a diet problem for 19-30 aged and 65 kg weighted men having moderate body activity is taken into consideration in the scope of menu planning. Approach differences to the techniques being discussed about this problem in the solving phase are also evaluated, and suggestions are made for those who practice and research techniques for solving diet problems.

Key Words: 0-1 Integer Linear Programming, Linear Goal Programming, Fuzzy Linear Programming, Diet Problem, Menu Planning.

1.GİRİŞ

Sağlıklı bir şekilde yaşamını sürdürmek isteyen her bireyin yeterli ve dengeli beslenmesi gerekmektedir. Günümüzde, daha fazla insan iyi beslenmenin önemini kavramıştır. Ancak gelinen noktanın yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir. Birleşik Devletler'deki başlıca ölüm nedenlerinin onda dördünü oluşturan kalp hastalığı, kanser, felç ve diyabet hastalıkları, yemek yeme şekliyle ilişkilidir [1]. Ayrıca yemek yeme alışkanlığının diğer hastalıkların çoğunda da etkisi vardır. Bununla birlikte doğru diyet sağlıklı yaşamın bir parçası iken, yanlış diyet insan sağlığına zararlı olabilmektedir. Dolayısıyla diyet planlamasının sağlıklı yaşam için kaçınılmaz bir zorunluluk olduğu açıkça görülmektedir.

Diyet planlamasının amacı, bireyin yaşına, cinsiyetine, fiziksel aktivite düzeyine, fizyolojik durumuna ve beslenme alışkanlıklarına uygun olarak yeterli ve dengeli beslenmesidir. Birden fazla besin grubundan beslenmek

anlamına gelen çeşitlilik, herhangi bir besin grubundan ne çok fazla ne de çok az yemek anlamına gelen ölçülülük ve dengeli beslenme iyi beslenmenin önemli unsurlarıdır. Yeterli ve dengeli bir diyet, bireyin gereksinmesi olan besin öğelerinin hepsini gereksinen miktarda karşılamasıdır [2].

Diyet probleminin çözümünden beklenen, bir kişinin günlük enerji ve besin öğeleri gereksinmesini karşılayacak en ucuz yemek (veya menü kalemi) kombinasyonunu bulmaktır [3]. TDP, DHP ve BDP bu amacı gerçekleştirmede kullanılabilecek tekniklerden bazılarıdır. Her üç eniyileme tekniği de modellemede doğrusallık yaklaşımını kullansalar da özlerinde önemli farklılıklar içerir.

Diyet problemine ilişkin olarak geliştirilen TDP modeli, enerji ve besin öğeleri gereksinimlerinin karşılanmasını sağlayan kısıtlar altında menü maliyetini en az yapmaya çalışır. Bu modeldeki kısıtlar, mutlak sağlanması gereken yapısal kısıtlardan oluşur. Ancak gerçek hayatta, gereksinimler ve kısıtlar her zaman katı kurallara bağlı değildir [4]. Diyet probleminde de günlük enerji ve besin öğelerine ilişkin kısıtlar hayati önem taşıyan değerlerin altına düşmeyecek ya da üstüne çıkmayacak şekilde ihlal edilebilir. Bireyin herhangi bir besin ögesini standartlarda önerilen değer bir miktar altında tüketmesi o bireyin yetersiz beslendiğini göstermez. Bir besin ögesi için standartlarda önerilen değer %33'ünden az tüketim yetersiz, fazla tüketim ise aşırı kabul edilebilir [2]. Bununla birlikte sadece menü maliyetini enküçükleme, maliyetin yanısıra enerji ve besin öğeleri değerlerine hedefler konularak belirlenen hedeflere olduğunca yaklaşmak daha akıllıca olabilir. Bu nedenle, birden fazla çelişen amacı gözönüne alan ve amaç ile kısıtların mümkün olduğunca karşılanmasına izin veren DHP ve BDP'nin gerçek hayatı daha iyi yansıttıkları söylenebilir.

Klasik doğrusal programlamanın bir uzantısı olan BDP'da, amaç ve kısıtlar bulanık kümelerle temsil edilmekte ve çatışan amaçların veya çatışan amaç ve kısıtların ortasında bir uzlaşık çözüm aranmaktadır.

DHP'da ise amaçların tamamı için hedefler tanımlanır ve bu hedefler modele hedef kısıtı olarak taşınırlar. Böylece çatışan amaçlar yerine çatışan hedefler sözkonusu olur. Ayrıca her bir hedef kısıtına sapma değişkenleri de eklenerek istenmeyen sapma değişken değerleri enküçülenmeye yani, hedefler mümkün olduğunca karşılanmaya çalışılır. Bundan başka gerçek hayatta her bir hedefe eşit önem verilmeyebilir. Yani bir hedefe ulaşmak diğer hedefe ulaşmaktan daha önemli olabilir. DHP'da, hedeflere öncelik ve/veya ağırlık verilerek her bir hedefin eşit öneme sahip olmadığı durumlar için de uzlaşık çözüm bulunabilir.

Diyet Planlamasında kullanılabilecek sözkonusu teknikler arasındaki farklılıkların ortaya konulmasını amaçlayan bu çalışma 4 kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda diyet probleminin kısa tanıtımı ile bu probleme TDP, DHP ve BDP'nin yaklaşım farklılıkları belirtilmiştir. İzleyen kısımda modellerde kullanılacak karar değişkenleri ile parametreler tanımlandıktan sonra, genel diyet problemine ilişkin sırasıyla TDP, DHP ve BDP modelleri geliştirilmiştir. Çalışmanın uygulama kısmında 19-30 yaş grubunda orta fiziksel aktiviteye sahip 65 kg. ağırlığındaki sağlıklı erkeklerin besin ihtiyaçlarına uygun olarak, üç günlük öğle yemeği menüleri üç farklı teknik kullanılarak hazırlanmıştır. Sonuç ve öneriler kısmında ise elde edilen çözüm sonuçları tartışılmış ve araştırmacılar ile uygulayıcılara bazı öneriler sunulmuştur.

2. DİYET PROBLEMİNE İLİŞKİN MODELLER

2.1. Karar Değişkenleri ve Parametrelerin Tanımlanması

Diyet problemine ilişkin matematiksel modellerin geliştirilmesinde kullanılacak parametre ve karar değişkenleri aşağıda verilmiştir.

Karar Değişkenleri:

$$x_i = \begin{cases} 0 & , \quad i. \text{ yemek menüde yer almıyor} \\ 1 & , \quad i. \text{ yemek menüde yer alıyor} \end{cases}$$

Parametreler:

c_i = i. yemeğin porsiyon maliyeti ($i=1,2,\dots,n$)

a_{ij} = i. yemeğin porsiyonunda bulunan j. besin ögesi ve enerji miktarı ($j=1,2,\dots,m$)

A = a_{ij} katsayılar matrisi

k = Yemek grubu sayısı ($k=1,2,\dots,K$)

n_k = k. gruptaki yemek sayısı

n = Toplam yemek sayısı ($\sum_{k=1}^K n_k$)

b_j = Bir öğünde alınması önerilen j. besin ögesi ve enerji miktarı

2.2. TDP Modeli

Bir önceki kısımda tanımlanan parametreler ve karar değişkenlerine bağlı olarak diyet probleminin genel TDP modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:
Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min}z = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_i \geq b_j, \quad \forall j \quad (2)$$

$$\sum_{p=1}^k n_p \sum_{i=\left(\sum_{p=0}^{k-1} n_p\right)+1}^{n_0} x_i = 1, \quad \forall k, \quad (n_0 = 0) \quad (3)$$

Yukarıdaki modelin amaç fonksiyonu toplam menü maliyetini en küçükmektedir. Toplam menü maliyeti, menüye giren yemeklerin porsiyon maliyetlerinin toplamından oluşur. Kısıt seti-(2) bir öğünde alınması istenen enerji ve besin öğeleri miktarlarını karşılayacak yemeklerin menüye girmesini sağlar. Kısıt seti-(3) ise her bir yemek grubunda bulunan yemeklerden bir öğünde sadece bir tanesinin çıkmasını sağlayacak olan kısıt grubudur. Burada K adet kısıt yer alacak, dolayısıyla bir menüde K çeşit yemek verilebilecektir.

2.3. DHP Modeli

Çok amaçlı programlama teknikleri içinde en yaygın kullanılan teknik olan DHP, Charnes ve Cooper tarafından bulunmuştur [5]. Daha sonra Ijiri [6], Dyer [7], Lee [5], [8], Ignizio [9], [10] ve Schniederjans [11] tarafından geliştirilmiştir.

Kısım-2.2'deki TDP modelinde tek amaç, toplam menü maliyetinin en küçüklenmesidir. Bu modelde her bir menüde alınması gereken besin öğeleri miktarları mutlak sağlanması gereken koşullar olarak kısıtlarda yer almaktadır. Bununla birlikte karar verici için bir hedef toplam menü maliyetinin en küçüklenmesiyle, bir başka hedef de söz konusu öğünde

alınması gereken bir besin öğesi miktarının mümkün olduğunca karşılanması olabilir. Besin öğesi miktarının artırılması menü maliyetinin artmasına, azaltılması ise maliyetin azaltılmasına neden olacaktır. Dolayısıyla bu iki hedefin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi mümkün olmayacaktır. Bu şekildeki birbiriyle çatışan hedeflerin bulunduğu problemlerin modellenmesi ve çözümü amacıyla DHP geliştirilmiştir. Ayrıca gerçek hayatta her hedefe ulaşmak aynı önemde istenmeyebilir. Başka bir ifadeyle bir hedefe ulaşmak diğer bir hedefe ulaşmaktan daha önemli olabilir. Bu durumda DHP karar vericinin her bir hedef için öncelik ve/veya ağırlık belirlemesine izin verir.

Besin öğelerinin mümkün olduğunca karşılanmasını ve menü maliyetinin mümkün olduğunca en küçüklenmesini sağlayacak şekilde geliştirilen DHP modeli;

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min} z = \sum_{i=1}^{m+1} d_i^-, d_i^+ \quad (4)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i + d_1^- - d_1^+ = 0 \quad (5)$$

Eşitlik-(4)'deki DHP modelinin amaç fonksiyonu, hedef kısıtlayıcılarında bulunan istenmeyen sapma değişkenlerinin toplamının en küçüklenmesi şeklindedir. TDP modelinin amaç fonksiyonu Eşitlik-(1), DHP modelinde hedef kısıtı olarak Kısıt seti-(5)'de yer almıştır. DHP'da belirlenen amaçların tamamı için hedefler tanımlanır ve bu hedefler modele hedef kısıt olarak taşınır [4]. Bu hedeflere ulaşım amaç fonksiyonu ile sağlanmaya çalışılır. Amaçların hedefe dönüştürülmesiyle çatışan amaçların yerini çatışan hedefler alır. Menüye giren yemeklerin, alınması istenen enerji ve besin öğeleri miktarlarını karşılamasını sağlayacak hedef kısıtları, TDP modelinde yer alan Kısıt seti-(2)'deki kısıtların her birine sapma değişkenlerinin (d_1^-, d_1^+) yazılmasıyla elde edilir. TDP modelinde her grup yemekten bir öğünde sadece bir tane çıkmasını sağlayan Kısıt seti-(3) DHP modelinde yapısal kısıtlar olarak adlandırılır ve aynen kullanılır.

DHP'da, amaç fonksiyonunda daha yüksek önceliğe sahip hedeflerin daha düşük önceliğe sahip hedeflerden önce sağlanması, Preemptive DHP yaklaşımı olarak adlandırılır. Öte yandan non-preemptive DHP yaklaşımında model kurucunun hedeflere ilişkin bir fayda fonksiyonu geliştirmesi gerekir [12]. Diyet problemini çözmek için hem preemptive hem de non-preemptive DHP yaklaşımları kullanılabilir. Bu çalışmada non-preemptive DHP yaklaşımı kullanılacaktır.

2.4. BDP Modeli

Bellman ve Zadeh tarafından "Decision making in a fuzzy environment" [13] isimli çalışmanın yayımlanmasından sonra, farklı alanlarda karşılaşılan karar problemlerini bulanık ortamda doğrusal programlamayı kullanarak çözebilmek amacıyla Zimmermann [14] BDP'yi geliştirmiştir. Burada DHP'da olduğu gibi amaç ve kısıtlar için hedef(ler) tanımlanır; ve DHP'dan farklı olarak her bir kısıt ve hedefle ilgili kabul edilebilir sapmaların üst sınır değeri karar verici tarafından önceden belirlenir [15].

Zimmermann'ın yaklaşımına göre diyet problemine ilişkin genel BDP modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

Menü maliyeti için bulanık hedef fonksiyonu;

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i \leq b_0 \quad (6)$$

Enerji ve besin öğeleri gereksinimleri için bulanık kısıtlar;

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_i \geq b_j, \quad \forall j \quad (7)$$

Yemek grupları için yapısal kısıtlar TDP modelindeki kısıt seti-3'ün aynısıdır.

Bulanık eşitsizlik-(6)'daki b_0 , menü maliyeti için karar verici tarafından önceden belirlenmiş hedef değeridir.

Kısıtlar için üyelik fonksiyonları $\mu_j(x)$, x 'in i . kısıtı tatmin etme derecesini gösterir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\mu_j(x) = \begin{cases} 1 & , a_{ij}x \geq b_j \\ 1 - [b_j - a_{ij}x]/d_j & , b_j - d_j < a_{ij}x \leq b_j \\ 0 & , a_{ij}x \leq b_j - d_j \end{cases} \quad (8)$$

Buradaki ($d_j > 0$ $j=1, \dots, m$); subjektif olarak seçilmiş kabul edilebilir sapma sabitleri, yani en büyük sapma değerleri olup çalışmada önerilen enerji ve besin öğeleri değerlerinin %10'u olarak kabul edilmiştir. x ise x_i 'lerden oluşan satır vektörüdür.

Amaç fonksiyonu için tanımlanan üyelik fonksiyonu $\mu_0(x)$, x 'in bulanık hedef fonksiyonunu tatmin etme derecesini gösterir ve

$$\mu_0(x) = \begin{cases} 1 & , c_i x \leq b_0 \\ 1 - [c_i x - b_0] / d_0 & , b_0 < c_i x \leq b_0 + d_0 \\ 0 & , c_i x \geq b_0 + d_0 \end{cases} \quad (9)$$

şeklinde tanımlanır. Buradaki $d_0 > 0$ (uygulamada 1000000TL olarak alınmıştır) subjektif olarak belirlenen kabul edilebilir sapma sabitleridir. $\mu_0(x)$, x 'in bulanık hedef fonksiyonunu tatmin etme derecesini gösterir.

Bellman ve Zadeh'in yaklaşımına göre bulanık karar;

$$D(x) = \min\{\mu_0(x), \mu_1(x), \dots, \mu_m(x)\} \quad (10)$$

olarak tanımlanır ve BDP'nin çözümü $\max(\min)$ operatörü kullanılarak

$$D(x_{opt}) = \max_x D(x) \quad (11)$$

eşitliğinden belirlenir. Burada olası en yüksek derecede kısıtları ve bulanık amaç fonksiyonunu tatmin eden bir x bulmaya çalışılır. Amaç ve kısıtların ortak tatmin derecesi α ile gösterilirse, Eşitlik-(11);

$$\begin{aligned} \max \alpha & \\ \min\{\mu_0(x), \mu_1(x), \dots, \mu_m(x)\} & \geq \alpha \\ \alpha \in [0,1], \quad x \in R^n & \end{aligned} \quad (12)$$

olur. Bu da,

$$\begin{aligned} \max \alpha & \\ \mu_0(x) \geq \alpha, \mu_1(x) \geq \alpha, \dots, \mu_m(x) \geq \alpha & \\ \alpha \in [0,1], \quad x \in R^n & \end{aligned} \quad (13)$$

şeklinde ifade edilebilir. Böylece (6-7)'de verilen BDP modeli;

Amaç fonksiyonu

$$\max \alpha \quad (14)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i - b_0 \leq (1 - \alpha) d_0 \quad (15)$$

$$b_j - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_i \leq (1 - \alpha) d_j, \quad \forall j \quad (16)$$

$$\alpha \in [0,1]$$

şekline dönüşür. Zimmerman'ın yaklaşımıyla oluşturulan BDP modeli hedef ile kısıtlar arasında fark gözetmez. Eşitlik-(6)'daki hedef fonksiyonu dönüşüm sonucu elde edilen son modelde, Kısıt seti-(15) şeklinde, bir kısıt olarak yer alır.

Ayrıca BDP modelindeki d_j 'ler birer sabitken, DHP'da yer alan (d_j^-, d_j^+) 'lerin birer değişken olduğuna dikkat edilmelidir. Ayrıca TDP'da maliyetler, DHP'da

istenmeyen sapma değişkenlerinin değerler toplamı en küçüklenirken, BDP'da hedef ve kısıtların ortak tatmin derecesini gösteren α en çoklanmaya çalışılır.

3. UYGULAMA

Kısım-2'de üç farklı tekniğe göre diyet problemine ilişkin genel modeller geliştirildi. Buradaki modellerin genel formda verilmesinin nedeni, bir insanın günlük alması gereken enerji ve besin öğeleri miktarlarının yaşa, cinsiyete, ağırlığa, sosyal ve fiziksel duruma göre farklılaşmasıdır [16]. Dolayısıyla yaş, cinsiyet, ağırlık, sosyal ve fiziksel durumları farklılık gösteren kişiler için farklı menülerin hazırlanması, yani farklı modellerin kurulması gerekecektir.

Bu çalışmada, 19-30 yaş grubunda bulunan 65 kg. ağırlığında orta fiziksel aktiviteye sahip sağlıklı erkekler için üç ardışık günün öğle yemeğine ilişkin menü planlaması yapılacaktır. Bu planlama yapılırken aşağıdaki kurallar dikkate alınmıştır.

1. Aynı öğünde aynı gruptan iki yemek bulunmamalıdır [17].
2. Yemekler tekrarlanmamalıdır [17].
3. Günlük alınması gereken her bir besin öğesi ve enerji miktarının 2/5'i bu öğünde karşılanmalıdır [18]. Bir öğünde alınması önerilen enerji ve besin öğesi miktarından daha az tüketimden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.
4. Türk toplumunda ekmek yoğun olarak tüketilen bir besindir. Bu nedenle modelde kişinin 160 gr. ekmek tükettiği kabul edilerek ekmeğin içerdiği enerji ve besin öğeleri dikkate alınmıştır [19],[20].
5. Menüler hazırlanırken protein, yağ, kalsiyum, demir, A vitamini, thiamin (B_1 vitamini), riboflavin (B_2 vitamini), niacin (Nikotinik asit, vitamin PP) ve C vitamini olmak üzere 9 adet besin öğesi ve enerji göz önüne alınmıştır.

Bu çalışmada Türk menüsünde bulunan toplam 54 yemek göz önüne alınmıştır. Birinci grup yemekler çorbalardan oluşmakta ve bu grupta toplam

9 çeşit çorba bulunmaktadır. İkinci grup yemekler et yemekleri ile etli ve etsiz sebze yemeklerinden oluşmaktadır. Bu grupta toplam 27 çeşit yemek bulunmaktadır. Üçüncü grup yemekler pilavlar, makarnalar ve böreklerden oluşmaktadır. Bu

grupta toplam 7 çeşit yemek bulunmaktadır. Dördüncü grupta ise salatalar, meyveler ve tatlılar bulunmaktadır. Bu grupta toplam 11 adet yemek vardır. Menülerin hazırlanmasına ilişkin kurallardan bir tanesi aynı öğünde aynı gruptan iki yemek bulunmaması koşuludur. Bu koşulu sağlayabilmek için Kısıt seti-(3) yazılmış ve oluşturulan üç farklı modele de eklenmiştir.

Matematiksel modellerin geliştirilmesi aşamasında, göz önüne alınan yemeklerin maliyetlerine ve bu yemeklerin içerdikleri enerji ve besin öğeleri değerlerine gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle yukarıda sözü edilen 54 adet yemeğin her birinin bir porsiyonunun maliyeti Osmangazi Üniversitesi Yemekhanesi'nden alınmıştır [4]. Yemeklerin bir porsiyonunda bulunan enerji ve besin öğeleri miktarları ise farklı kaynaklardan derlenmiştir [17], [20], [21], [22].

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Uygulama kısmında tanımlanan öğle yemeğine ilişkin koşullar altında geliştirilen TDP, DHP ve BDP modelleri Lingo 6.0 paket programı yardımıyla üç ardışık günün öğle yemekleri için ayrı ayrı çözülmüştür. Elde edilen üç günlük menülerden sağlanan maliyet, enerji ve besin öğeleri değerleri Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo-1- Birinci, ikinci ve üçüncü gün için üç tekniğe göre gerçekleşen değerler

	Standart Değerler	1.Gün	2.Gün			3.Gün		
		TDP-DHP-BDP	TDP	DHP	BDP	TDP	DHP	BDP
Maliyet(TL)		174686	280432	216643	246040	323814	275069 ^(*)	269643 ^(**)
Enerji(kcal)	684.8	800	814.3	689.6	668.6 ^(**)	725.8	672.8 ^(**)	747.6
Protein(gr)	19.76	26.3	31.1	22.8	26.2	31.4	26.4	22.9
Yağ(gr)	36	34.6	33.2	29.1	35.3	34.3	34.1	39.1 ^(**)
Kalsiyum(mg)	168	377.6	471.3	394.7	439	509.4	200.6	446.7
Demir (mg)	1.92	3.68	10.1	7.5	5	6.9	5.55	7.6
AVitamini(IU)	2000	2570	2159	1975 ^(**)	2094	2186	2061	2085
Thiamin(mg)	0.08	0.57	0.56	0.61	0.56	0.8	0.45	0.75
Riboflavin(mg)	0.6	0.66	0.76	0.62	0.7	1	0.59 ^(**)	0.82
Niacin(mg)	4.64	5.84	6.86	4.44 ^(**)	4.86	5.2	8	4.7
CVitamini(mg)	24	61.7	43.43	52.25	30.9	35.1	41.63	54.25

İlk gün için üç farklı modelin çözümünden aynı menü elde edilmiştir. İlk gün çıkan yemekler domates çorbası, haşlama patates, fırın makarna ve çoban salatadır. Birinci gün için hazırlanan menüler sonucunda gerçekleşen maliyet, enerji ve besin öğeleri değerleri her üç tekniğe göre aynı olup, Tablo-1’de verilmiştir.

Tablo-1’de 1. gün için ayrılan sütunda maliyet değerinin (*) ile işaretlendiği görülmektedir. Bu değer, DHP için Eşitlik-(5)’deki d_1^+ değerini ve BDP için maliyet hedefinden olan istenmeyen sapmayı göstermektedir. Birinci sütunda maliyetin dışında (*)’lı değer bulunmamaktadır. Bunun anlamı yalnızca maliyet hedefinden istenmeyen yönde sapma söz konusudur. DHP ve BDP için maliyet hedefinden olan sapmanın 174686 gibi büyük bir değer olmasının nedeni her iki yaklaşımda da maliyet hedefinin “0” olarak belirlenmiş olmasıdır. Enerji ve besin öğelerine ilişkin hedefler ise tam olarak gerçekleşmiştir.

Yaklaşım farklılıklarına rağmen kullanılan üç teknik de ilk gün için aynı sonucu vermektedir. TDP sadece maliyeti en küçükmeye çalışan maliyet etkin bir yaklaşım iken, DHP maliyet ve besin gereksinimleri için belirlenen hedeflerden istenmeyen sapmaları en küçükmeye çalışır. BDP da DHP’den farklı olarak kabul edilebilir sapmaların üst sınır değeri önceden belirlenmiştir. Yani BDP söz konusu sapma aralıkları içinde çözüm aramaktadır. Ancak tüm bu yaklaşım farklılıklarına rağmen ilk gün elde edilen menü kombinasyonu tüm hedefleri istenilen şekilde sağladığından ve en küçük maliyeti verdiği için her üç teknik de ilk gün için aynı sonuca ulaşmıştır. Bu durum hedeflerde çatışma olmadığını göstermektedir.

Uygulama kısmında sözü edilen koşullar arasında yer alan yemek tekrarının olmaması koşulu nedeniyle ilk gün çıkan yemeklerin 2. gün çıkmasını, 2. günde çıkan yemeklerin de 3. gün çıkmasını engelleyecek ek kısıtlar modellere eklenerek modeller güncellenmiş ve çözülmüştür. İkinci ve üçüncü gün için elde edilen menü kompozisyonları Ekler kısmındaki Tablo-2’de verilmiştir. Tablo-2 incelendiğinde ikinci ve üçüncü günde çıkan yemekler arasında kullanılan teknikler bazında farklılıklar olduğu görülebilir. İkinci günün öğle yemeği için, kullanılan tekniklere göre maliyet, enerji ve besin öğelerine ilişkin elde edilen değerleri içeren sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo-2- İkinci ve üçüncü gün için bulunan menü kompozisyonu.

2. Gün	TDP	Ezogelin çorba, Konserve taze Fasulye(etsiz), Patatesli tepsi böreği, Ayran
	DHP	Yeşil mer. Çorba, Konserve, Taze fasulye(etsiz), Sebzeli bulgur, pilavı, Ayran
	BDP	Un Çorba, Kabak Kalye (etsiz), Serpme börek, Ayran
3. Gün	TDP	Kır. mer. Çorba, Kabak kalye (etsiz), Serpme börek (peynirli), Yoğurt,
	DHP	Tavuk su. Çorba, Kabak kalye (etsiz), Serpme börek (peynirli), Elma
	BDP	Yeşil mer. Çorba, Kons taze fasulye(etsiz), Sebzeli bulgur pilavı, Yoğurt

Tablo-1'de 2. güne ait sütunda yer alan (*) işaretli değerler DHP ve BDP için istenmeyen sapmaları göstermektedir. Bu değerler incelendiğinde DHP ile bulunan menünün maliyet, A vitamini ve niacin hedeflerinden, BDP ile bulunan menünün ise sadece maliyet ve enerji hedeflerinden istenmeyen yönde sapma gösterdiği görülmektedir. Ancak DHP ve BDP'ya ilişkin maliyet değerlerinin hem menü maliyetlerini hem de önceden "0" olarak belirlenmiş maliyet hedefinden sapmayı gösterdiğine dikkat edilmelidir.

Tablo-1'de 3. güne ait sonuçlardan, DHP ile elde edilen menünün maliyet, enerji ve riboflavin hedeflerinden, BDP ile elde edilen menünün ise sadece maliyet ve yağ hedeflerinden istenmeyen sapma gösterdiği görülmektedir.

Tablo-1'de yer alan maliyet unsuru günler itibarıyla incelendiğinde, DHP ve BDP'dan elde edilen menülere ilişkin maliyet değerlerinin TDP'dan elde edilen menülere ilişkin maliyet değerlerine eşit ya da daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni DHP ve BDP'nın enerji ve besin öğeleri için önerilen standart değerlere ilişkin kısıtlarda esnekliğe izin vermeleridir.

Uygulama kısmında tanımlanan koşullar altında bir kişinin bir öğünde alması önerilen besin öğesi ve enerji miktarları Tablo-1'in birinci sütununda verilmiştir. Bu değerler Kısım-2.1'de tanımlanan b_i parametreleridir. Enerji ve besin öğeleri için standartlarda verilen değerlerin %33'ünden az tüketimin yetersiz fazla tüketimin ise aşırı kabul edilebileceği daha önce belirtilmişti. Tablo-1 incelendiğinde istenmeyen yöndeki sapma değişken değerlerinin, sapma sınırları içinde olduğu görülmektedir. Daha açık bir ifadeyle yalnızca öğle yemekleri için hazırlanmış menüler değerlendirildiğinde, yetersiz beslenmenin

söz konusu olmadığı söylenebilir. Eğer istenmeyen yöndeki sapmalar sözü edilen sınırlar içinde olmasaydı, modellere ek kısıtlayıcılar konularak sapmaların bu aralıkta değer almaları da sağlanabilirdi.

Bir öğünde alınması önerilen enerji ve besin öğeleri değerlerini aşan sapmalar istenen yöndeki sapmalar olarak isimlendirilebilir. Bunun nedeni kurulan modellerde bu sapmaları istenmeyen sapmalar olarak tanımlamak ve bunların değerlerini en az yapmak olası olmasına karşın çalışmada böyle bir yol izlenmemesidir. Bunun bir sonucu olarak da bazı enerji ve besin öğeleri hedeflerinden olan istenen yöndeki sapmalar aşırı çıkmıştır. Ancak biz biliyoruz ki, çalışmada sadece öğle yemeğine ilişkin menüler hazırlanmıştır. Gerçek yaşamda çalışan uygulayıcılar beslenme planlarını günlük bazda hazırlamaktadır. Bu nedenle bir öğünde fazla tüketilen öğelerin diğer öğünlerde dengelenmesi sağlanabilir. Bunun yanı sıra niacin, C vitamini gibi bazı öğeler fazla tüketildiği taktirde idrarla vücuttan atılmaktadır [19]. Bundan başka beslenme yoluyla alınan bazı öğeler, eğer fazla ise

çözünülmeyen vücuttan atılabilmektedir [19]. Ancak beslenme planı yapılan kişinin özel durumu dikkate alınarak bazı enerji ve besin öğeleri için bazen yapısal kısıtlar kullanmak bazen de her iki yönde kontrollü sapmaya izin vermek gerekebilir. Bu durum her üç modelde de rahatlıkla sağlanabilir. Bu hususlara gerek araştırmacıların gerekse uygulayıcıların dikkat etmesi gerekir.

Çalışmada DHP modeli maliyet, enerji ve besin öğeleri hedeflerinin tümünün eşit öneme sahip olduğu dikkate alınarak kurulmuştur. Ancak araştırmacılar hedeflerine ilişkin farklı öncelikler ya da ağırlıklar tanımlayabilir ve bu öncelikler ile ağırlıklara göre çözümler elde edebilir. Bu durum DHP'nin diğer tekniklere göre bir üstünlüğü olarak görülebilir.

BDP modelindeki amaç ve kısıtlara ilişkin üyelik fonksiyonları çalışmada doğrusal olarak tanımlanmıştır. Karar vericinin amaç ve kısıtlara yaklaşımına göre bu fonksiyonlar eğrisel olarak da tanımlanabilir. Fakat bu durumda BDP modelinin çözümü için doğrusal olmayan programlama tekniklerini kullanmak gerekir. Bu tip modellerin çözümü doğrusal modellerin çözümüne göre daha karmaşıklaşacak, dolayısıyla araştırmacı ve uygulayıcıların ek bilgiye gereksinimi olacaktır.

KAYNAKLAR

1. <http://www.intelihealth.com>
2. Baysal A., Aksoy M., Bozkurt N., Merdol T.K., Pekcan G., Keçecioğlu S., Besler H.T. ve Mercanlıgil S.M., Diyet El Kitabı, 4. Baskı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara, 490, (2002).
3. <http://www-fp.mcs.anl.gov/otc/Guide/CaseStudies/diet/>
4. Koç E., Etkileşimli 0-1 Tamsayılı Doğrusal Hedef Programlama ve Bir Diyet Probleminin Çözümüne Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 69, (2001).
5. Lee S.M., Goal Programming Methods for Multiple Objective Integer Programs, Operations Research Division American Institute of Industrial Engineers, Inc., Atlanta, 1-28, (1979).
6. Ijiri Y., Management Goals and Accounting for Control, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 191, (1965).
7. Dyer J.S., Interactive Goal Programming, Management Science, 19:(1), 62-70, (1972).
8. Lee S.M., Green G.I. and Kim C.S., A Multiple Criteria Model for The Location-Allocation Problem, Computers and Operations Research, 25:(12), 1137-1143, (1981).
9. Ignizio J.P., The Determination of A Subset of Efficient Solutions Via Goal Programming, Computers and Operations Research, 8, 9-16, (1981).

10. Ignizio J.P., Introduction to Linear Goal Programming, Sage Publications, California, 95, (1985).
11. Schniederjans M.J., Linear Goal Programming; Petrocelli Books, New Jersey, 228, (1984).
12. Erdoğan Ş., Goal Programlama Kullanılarak Personel Nöbet Çizelgeleme Probleminin Modellenmesi ve Bir Örnek Uygulama, 5. Ulusal Biyoistatistik Kongresi Bildiri Kitabı, 362, (2000).
13. Bellman R.E., Zadeh L.A., Decision-making in a fuzzy environment, Management Science, 17:(4), 141-164, (1970).
14. Zimmermann H.J., Fuzzy Programming and Linear programming with several objective functions, Fuzzy Sets and Systems, 1, 45-55, (1978).
15. Ögütü A.S., Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir yem Karışım Problemine Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 112, (2002).
16. Alphan M.E., Diyabette Diyet Tedavisi, Pusula 7, 1-30, (1998).
17. Baysal A. ve Merdol T.K., Toplu Beslenme Yapılan Kurumlar için Yemek Planlama Kuralları ve Yıllık Yemek Listeleri, 3. Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 105, (1994).
18. Atlas M., Minimum maliyetli uygun beslenme bileşimlerini oluşturmada sıfır bir tamsayılı doğrusal programlama ve Anadolu Üniversitesi Yunussemre Kampüsü öğrenci kafeteryasında bir uygulama denemesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, 79, (1988).
19. Baysal A., Genel Beslenme Bilgisi, 3. Basım, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 227, (1987).
20. Merdol T.K., Toplu Beslenme Yapılan Kurumlar için Standart Yemek Tarifeleri, 2. Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 188, (1994).
21. <http://www.kultur.gov.tr>
<http://www.turkatak.gov.tr>