

Fuzzy Hedef Programlamanın Özel Bir Diyet Problemine Uygulanması

Ahmet ŞAHİNER*, Gamze BUZKAN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü / ISPARTA

Alınış tarihi:18.01.2010, Kabul tarihi:19.07.2010

Özet: Lineer programlama, optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan bir metottur. Değişkenlere ve tahditlere bağlı olarak amaç fonksiyonunu en uygun (maksimum ya da minimum) çözümünü bulmaya çalışır. Bu çalışmamızda, Türk-ış'in belirlediği açlık sınırında geliri ve yoğun fiziksel aktivite gerektiren bir iş ortamı olan genç bir birey için haftalık örnek bir yemek listesi nasıl hazırlanır problemini inceledik. Amacımız en az maliyetle haftalık alması gereken enerji ve besin öğeleri miktarları dikkate alınarak bir menü oluşturmaktır. Model, vücudun temel besin değeri ihtiyacını karşılarken, bütçe ile yemeklerin tercihi arasındaki dengeyi sağlayan yemeklerin oluşturduğu bir liste sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal Programlama, Diyet Modelleri, Fuzzy Hedef Programlama

An Application of Fuzzy Goal Programming to a Specific Diet Problem

Abstract: Linear programming is a useful technique used for solving optimization problems. It helps us for finding the most appropriate solution of objective function to maximize or minimize according to both variables and constraints. In this study, we consider the problem of how to prepare a weekly sample menu for a young person who is in a intense business that requires physical activity and has income that was determined at the border of the hunger by Türk-ış. The solution of the model gives a list of foods that balance the budget and food preference while satisfying the daily dietary requirements.

Keywords: Linear Programming, The Diet Models, Fuzzy Goal Programming

Giriş

Maliyetlerin minimize edildiği diyet problemleri, yarım asırdan fazla bir zamandır, ekonomistleri üzerinde en çok düşündürülen konulardan biri olmuştur. Geçim derdi, ekmek parası gibi deyimlerle anlamını bulan diyet problemi sıradan insanlar için de daima çok önemli olmuştur. Her insan, cebindeki paranın daha azını kullanarak, vücudun ihtiyacı olan tat ve gıdayı almak istemektedir. Diyet problemleri ise ilk olarak 1939'un Ağustos ayında George Stigler tarafından matematiksel programlama modeli kullanılarak çözülmüştür. Stigler, modelinde vücudun ihtiyacı olan 16 temel gıda ve bu gıdaları içinde barındıran 77 çeşit yiyeceği kullanmıştır. Stigler aynı problemi 1945 yılında 80 değişik yiyecek türünü kullanarak tekrar çözmüştür (Stigler, 1945). Diyet problemleri önceleri sadece maliyeti minimize eden basit doğrusal programlama modelleri olarak gözükmekte, daha sonraları tat, renk, koku, çeşitlilik ve tüketim sıklığı gibi insan psikolojisini dikkate alan, daha karmaşık modeller haline almıştır. Yeni modeller daha çok, yemeklerin tüketim tercihini ve yemeklerden elde edilen toplam fayda miktarını arttırmayı amaçlayan; çoğunlukla kuadratik programlama modelleri olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. Modellerin sürekli gelişmesi ve karmaşıklaşması problemlerin elle çözümünü zorlaştırmış ve diyetisyenleri bilgisayar destekli çözümler üretmeye zorlamıştır.

Diyet Modelleri, bilgisayar ve matematiksel programlama için rekabete açık bir alandır. 60 yıllık deneyimle, matematiksel programlama modellerinin, yemek maliyetlerini asgari %10 düşürdüğü görülmüştür. Matematiksel programlama yaklaşımı ile kuruluşlar daha optimum yemek menüleri hazırlamışlardır. Geleneksel

metotlar ise ihtiyaçları karşılamada yetersiz kalmıştır. Tüketicinin yemek tercihlerini içeren modeller oluşturuldukça tüketici memnuniyeti de artmıştır. Kurumlara yemek bütçelerini hazırlamada matematiksel programlama temel olmuştur. Diyet problemlerinin çözümü için geliştirilen tüm bu yeni ve karmaşık modellere rağmen, doğrusal programlama modelleri ile problemlerin çözümü hala geçerliliğini korumaktadır. Son zamanlara kadar doğrusal programlama problemlerini çözmek için Dantzig'in Simpleks Metodu (Dantzig, 1963) kullanılırdı. İlk olarak 1947 de ortaya çıkan bu metod, sürekli olarak geliştirildi. Bir sınır algoritması olan simpleks algoritması uygun bölgenin sınırı üzerindeki uç noktalardan hareket ederek hangi noktada optimal çözümün olduğunu araştırır. Böylece doğrusal programlama sıklıkla ve hemen her sektörde kullanılmaya başladı. Özellikle ekonomi, mühendislik, askeriye ve eğitim sektöründe yer alan optimizasyon probleminin çözümünde doğrusal programlama çokça kullanılmıştır. Daha sonra Simpleks algoritmasına alternatif olarak iç nokta algoritmaları teklif edilmiştir. İç nokta algoritmaları uç nokta yerine bir iç noktadan başlayarak en iyi çözümü araştırır. Yani iç nokta algoritmalarında, uygun bölge içerisindeki bir noktadan başlayıp, her bir adımda uygun bölgenin iç noktalarında var olan daha iyi bir çözüme gidilerek optimal çözüme ulaşılmaya çalışılır. 1979 yılında Khachian tarafından ortaya konan iç nokta algoritması elipsoid tekniğine dayanmaktadır (Khachian, 1979). Elipsoid metod, polinom zamanlı bir algoritma olup uygulamada başarılı sonuç vermemiştir. 1984 yılında Karmarkar, polinom zamanlı yeni bir iç nokta algoritması önermiştir. Bu algoritma pratikte Khachian'ın elipsoid

tekniklerinden daha etkili ve başarılı sonuç vermiştir. Karmarkar algoritması esas alınarak benzer iç nokta algoritmaları geliştirilmiştir (Hertog, 1994). Büyük ölçekli problemlerde iç nokta algoritmalarının Simpleks algoritmasından daha etkin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu algoritmalar lineer olmayan programlama problemlerinde de kullanılabilir. İç nokta algoritmaları, Karmarkar (projektif ölçeklendirme) algoritması, potansiyel indirgeme algoritmaları, afin ölçeklendirme algoritmaları ve merkezi yörüngeyi izleyen algoritmalar olmak üzere dört gruba ayrılabilir.

Bir kısım ekonomistleri, bütün bu gelişmiş modellere rağmen doğrusal programlama modelleri ile diyet problemlerini çözmeye sevk eden en önemli husus; yeni yaklaşımların verilerini bir dizi matematiksel tahmin işlemi sonucu elde ediyor olmasıdır. Bu tez çalışmasında; Türk-is'in belirlediği açlık sınırında geliri ve yoğun fiziksel aktivite gerektiren bir iş ortamı olan örnek 170cm boyunda, 70kg ağırlığında genç bir birey için haftalık örnek bir yemek listesi hazırlamak amaçlanmıştır. Ayrıca bireyin tercihlerinin beslenme gereksinimi ve bütçe ile uyumlu olmasını sağlayacak kısıtlar eklenerek çalışmanın dengeli bir yiyecek listesi sunması sağlanmıştır.

Temel Gıda Bileşenleri

Başarılı bir diyet, uygun oranlarda bir araya getirilmiş birçok yiyecek bileşeninden oluşur. Temel gruplar karbonhidratlar, proteinler ve yağlardır. Diğer gruplar ise, daha küçük miktarlarda gerekli olan vitaminler ve mineraller olarak bilinen eser elementlerdir. Her grubun, vücudun düzenlenmesinde, gelişmesinde ve onarımında farklı bir işlevi vardır.

Karbonhidratlar

Karbonhidratlar nişasta ya da şekerlerdir. Esas olarak ekmekte ve tahıllarda, meyve ve sebzelerde bulunur. Nişastalara karmaşık karbonhidratlar, şekerlere (rafine edilmiş şekerlerin yanı sıra meyvelerde de bulunur) ise basit karbonhidratlar denir. Teknik olarak sakaroz olarak bilinen şeker kamışı ya da şeker pancarı ile früktoz olarak bilinen şekeri içeren glikoz, ortalama bir diyetin önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Proteinler

Proteinler, aminoasitler denilen yapı taşlarından oluşurlar. Bu aminoasitlerin bazıları vücudunuz tarafından üretilir; bazıları da üretilmez. Yiyeceklerden elde edilmesi gerekenlere temel aminoasitler denir.

Et, yumurta, süt ve peynirde bulunan temel aminoasitler çok verimli bir şekilde kullanılır. Bu tür proteinlerin biyolojik kalitesi yüksektir. Sebzelerde, tahıllarda (buğday, pirinç ya da mısır gibi), bezelyede ve fasulyede bulunan proteinler temel aminoasitlerin uygun bir oranını sağlamazlar. Dolayısıyla, vücudunuzun ihtiyaçlarını karşılamak için, bitkisel proteinlerden, hayvansal proteinlere göre daha büyük miktarlar gereklidir. Bitkisel proteinlerin biyolojik kaliteleri düşüktür.

Yağlar

Yağlar çeşitli yiyeceklerde ve çeşitli biçimlerde bulunurlar. Yağlar et, kümes hayvanları ve balık gibi hayvansal gıdalarda ve ayrıca bitkisel gıdalarda bulunur. Etler, tüm görünen yağlar çıkarıldığında bile, önemli oranda yağ içerirler. Etlerin daha yumuşak ve pahalı

kısımları daha fazla yağ içerir. Yemek yağları ve salata yağları gibi bazı yağlar sıvıdır; tereyağı, margarin, bitki yağı ve kesilmiş et yağı gibi diğerleri ise katıdır. Kimyagerler yağları, yapı taşları olan yağ asitlerine göre sınıflarlar. Yağ asitleri, doymuş ya da doymamışlardır. Doymamış yağlar kendi aralarında mono-doymamış (mono bir demektir) ve poli-doymamış (poli birçok anlamına gelir) yağlar olarak ayrılırlar.

Doymuş yağ asitlerinin kimyasal yapıları doymamış yağlarınkinden farklıdır ve bu yapı her yağın tipinin özelliklerini belirler. Doymuş yağlar genellikle oda ısısında katıdır, doymamış yağlar ise oda ısısında sıvıdır. Doymuş yağların küflenmeleri daha küçük bir olasılıktır, bu nedenle uzun depolama sürelerinde dayanması gereken birçok işlenmiş gıdada bunlar kullanılır.

Doymamış yağlar, hidrojenle doyurma denilen bir işlemle doymuş yağlara dönüştürülebilirler. Bu onları daha katı hale getirirler. Genellikle bir üründeki doymamış yağın ancak küçük bir kısmı, hidrojenle doyurma sırasında doymuş yağa çevrilir. Büyük oranda doymamış yağ içeren yağlar, ticari olarak pişirilmiş mallardaki ve diğer işlenmiş gıdalardaki yaygın bileşenlerdir. Hiçbir gıda yalnızca tek bir tip yağ asidi içermez. Tüm gıdalar çeşitli oranlarda bir yağ karışımı içerirler. Örneğin zeytinyağı mono-doymamış bir yağ olarak kabul edilir, ama küçük miktarlarda doymuş ve poli-doymamış yağ asitleri de içerir. Çeşitli yağ asitlerinin kalp hastalığıyla bir ilişkisi olduğu gösterilmiştir ve kan kolesterol düzeyleri üzerine farklı etkileri vardır. Doymuş yağlar toplam kan kolesterolü düzeyinizi yükseltme eğilimindedirler. Mono-doymamış yağlar toplam kan kolesterolü düzeyini önemli bir ölçüde yükseltmeden, kan kolesterolünün "iyi" bölümü olan yüksek yoğunluklu lipoproteinlerinin (HDL) yoğunluğunu artırma eğilimindedirler. Poli-doymamış yağlar toplam kolesterol düzeyinizi yükseltme eğilimindedirler, ama koruyucu HDL bölümü değil.

Vitaminler

Vitaminler vücuttaki bazı kimyasal dönüşümlerde temel olan ve diyetle yalnızca çok küçük miktarlarda bulunması gereken maddelerdir. Proteinler, vücudun karbonhidratları ve yağları işlemesine yardımcı olurlar. Bazı vitaminler aynı zamanda kan hücrelerinin, hormonların, genetik malzemenin ve sinir sisteminizin kimyasal maddelerinin üretimine katkıda bulunurlar. Vücudumuz çoğu vitamini yeterli miktarda üretemez. Bu nedenle bunları yediğimiz gıdalardan almamız gerekir.

Temel vitaminler (13 tanedir) iki kategoriye ayrılırlar:

- Yağda çözülenler
- Suda çözülenler

Yağda çözülen vitaminler A, D, E ve K vitaminleridir. A ve D vitaminleri karaciğerde depolanır ve bu depo 6 aya kadar yeterli olabilir. Ancak K vitamini yedeği yalnızca birkaç gün yeterli olabilir, E vitamini ise ikisinin arasındadır.

A ve D vitaminleri, aşırı miktarlarda alındığında zehirli etkilere yol açabilir. Fazla E vitamini almaktan kaynaklanan zehirli etkiler net bir şekilde kanıtlanmamıştır, ama vücudun yağlı dokularında birikir.

K vitamini güçlükle depolanır ve büyük miktarlarda almanın zehirli etkilerine nadir olarak rastlanmıştır. Suda çözülen vitaminler, C vitamini (askorbik asit) ve B vitaminlerini içerir. Yağda çözülen vitaminlere göre daha az depolanırlar. Genellikle suda çözülen vitaminlerin büyük miktarlarda alındıklarında zararsız olduklarına inanıldığı halde, bu her zaman doğru değildir. Suda çözülen bazı vitaminlerin güçlü ilaç etkileri iyi veya kötü olabilir. Örneğin, büyük miktarlarda niyasin bazen kandaki yüksek yağ seviyelerini düşürmek için kullanılır. Öte yandan, anormal karaciğer fonksiyonuna ve kan şekeri seviyelerinin yükselmesine neden olabilir. Yüksek miktarlarda C vitamini idrardan oksalik asit tuzu atılımını artırır. O halde böbreklerinizde oksalat taşları varsa, büyük miktarlarda C vitamini almaktan kaçınınız. Yüksek dozlarda, piridoksin (B vitamini) sinirlerde zedelenmeye yol açabilir. Kısacası, aşırı dozlarda vitamin alınmasına nadiren izin verilir ve genellikle potansiyel olarak tehlikelidir.

Kaloriler

Kalori yiyeceklerin ayrı bir parçası değil, bir enerji ölçüsüdür. Karbonhidratlar, proteinler ya da yağlar vücutta yakıldıklarında, kilokalori 1000kaloriden oluşur. 1litre suyu 12santigram yükseltmek için gerekli olan enerji ya da ısı miktarı olarak tanımlanır. Her canlının enerjiye ihtiyacı vardır ama kalori ihtiyaçları değişir. Küçük, yaşlı ve evde oturan bir kadın günde yalnızca 1000kaloriye (1kilokalori) ihtiyaç duyabilir, ama büyük, genç, fiziksel olarak aktif bir erkek günde 4000kaloriye (4kilokalori) ihtiyaç duyabilir. Diyet uzmanları, çeşitli diyetlerin besleyici içeriğini hesaplamak için tablolar kullanırlar; bu tablolar çeşitli gıdaların kalori, protein, karbonhidrat ve yağ içeriğini verirler. Bu tür tablolar kullanılırken, gıda miktarı, tercihen tartılarak, doğru bir şekilde ölçülmelidir. "Boş kaloriler" terimi şekerler ve alkol için kullanılır. Bu gıdalar enerji (kalori) verirler, ama vitaminler ya da eser elementleri gibi diğer temel gıda elementlerini içermezler. Şekerler, şeker kamışı ve pancar şekerlerini, früktoz, glikoz ve laktozu içerir. Bu şekerlerin früktoz ve laktoz gibi bazıları, yediğimiz yiyeceklerin (sırasıyla meyve ve süt) bir parçasıdır. Temel gıdaların uygun bir oranını elde etmek üzere çeşitli gıdalar alındığı sürece, şeker tüketimi sağlığı ters bir şekilde etkilemez.

Enerji İhtiyacının Tespiti

Kilo alımı; alınan enerjinin harcanan enerjiden fazla olmasından ve enerji kaynaklarının yağ ağırlıklı olmasından dolayı vücut yağ kitlesinin artması sonucu oluşur. Kilo kaybı ise; alınan enerjinin harcanan enerjiden az olması sonucu depolanan yağ fazlalıklarının atılması sonucu meydana gelir. Bu yüzden önce günlük ne kadar enerji harcadığımızı bulmalıyız. Beslenme, enerji dengesini gözeterek, özellikle protein ve karbonhidrat kaynaklı enerji alımı üzerine inşa edilmelidir. Harcanan günlük enerji aşağıdaki üç faktöre dayanır.

Bazal Metabolizma Hızı

Kesin istirahat koşullarında bulunan, fiziksel ve ruhsal olarak bütünüyle rahatlamış ve yaklaşık 12 saattir aç olan bir insanın, yalnızca nefes alma, kalp atışı, kan dolaşımı, vücut sıcaklığının belirli bir düzeyde tutulması gibi hayati

fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gereksinim duyduğu enerji miktarıdır. Bazal metabolizma hızını etkileyen çeşitli faktörler vardır:

- Fiziksel Yapı: Uzun, ince kişilerde bazal metabolizma hızı daha yüksektir.
- Yaş: Gençlerde bazal metabolizma hızı yüksek, yaşlılarda ise daha düşüktür.
- Çocuklar ve hamilelerde bazal metabolizma hızı daha yüksektir.
- Yağsız dokulara sahip kişilerde bazal metabolizma hızı yüksek, yağlı vücutlarda ise daha düşüktür.
- Ateşli hastalıklarda bazal metabolizma hızını artırır.
- Stres hormonları bazal metabolizma hızını artırır.
- Dış ortamın soğuk olması bazal metabolizma hızını artırır.
- Oruç veya şiddetli açlık durumunda bazal metabolizma hızı azalır.

Bazal metabolizma için harcanan enerji tüketimi için oldukça önemlidir. Bazal metabolizma hızını hesaplamak için Haris- Benedict denklemi kullanılır:

- Erkekler = $66 + (13,7 * \text{Ağırlık kg}) + (5 * \text{boy cm}) - (6,8 * \text{yaş})$
- Kızlar = $655 + (9,6 * \text{Ağırlık kg}) + (1,7 * \text{boy cm}) - (4,7 * \text{yaş})$
- Bebekler = $22,1 + (31,05 * \text{Ağırlık kg}) + (1,16 * \text{boy cm})$

Buna göre 24 yaşında 170 cm boyunda ve 70kg ağırlığındaki erkek bir birey için bazal metabolizma hızı; Bir günlük = $66 + (13,7 * 70\text{kg}) + (5 * 170\text{cm}) - (6,8 * 24) = 1712 \text{ kcal dir.}$

Yedi günlük = $7 * 1712 = 11984 \text{ kcal dir.}$

Fiziksel Aktivite ile Tüketilen Enerji

Vücudun harcadığı enerjiyi belirleyen ikinci temel faktör, fiziksel aktivite ile tüketilen enerjidir. Toplam yakılan enerjinin % 20- 30'unu oluşturur. Hangi aktivite ile ne kadar enerji harcadığı aktivite-kalori cetvellerinden bulunabilir. Cetvel çok detaylı ve oldukça fazla yer kapladığından burada verilmedi. Burada 170cm boyunda, 70kg ağırlığındaki haftanın beş günü yoğun fiziksel aktivite içinde olan ve hafta sonlarını çoğunlukla dinlenerek geçiren bir birey için haftalık ortama enerji tüketimi hesaplanacaktır:

- Uyumak; 6sa. * 5 gün = 30 sa. (Günde 6 saat uyku)
- Ayakta durmak; 6sa. * 5 gün = 30sa. (Mesainin çoğunlukta ayakta geçiriyor)
- 5,5 km/ sa. hızla yürümek; 4sa. * 5 gün = 20sa. (Mesaiye yürüyerek gidiyor)
- Spor yapmak; 3 sa. * 5gün = 15sa. (Isınma jimnastiği, orta tempoda koşu ve orta tempoda setler halinde fiziksel gelişim hareketleri)
- Yemekte oturmak; 1sa. * 7 gün = 7sa.
- Sınıfta oturmak; 3sa. * 5 gün = 15sa. (Akşam etütlerine katılıyor)
- Televizyon seyretmek ve dinlenmek; 1sa. * 5 gün = 5 sa.
- Uyumak; 3sa. * 2 gün = 6 sa. (Hafta sonu fazladan 2 sa. uyku)
- Televizyon seyretmek ve dinlenmek; 7sa. * 2gün = 14sa. (Hafta sonu sinema dâhil benzer faaliyetlere ayrılan süre)
- Kitap okumak; 2sa. * 2gün= 4sa.

- 3 km/sa. hızla yürümek; 3sa. * 2 gün = 6sa. (Sokakta serbest olarak gezinme)
Haftalık toplam= 6100 kcal dir.

Yiyeceklerin Termik Etkisi

Toplam harcanan enerjinin yaklaşık % 10'unu yenilen yiyeceklerin sindirilmesi esnasında harcanan kalori * %10 formülü ile bulunur.

$$11984 + 6100 = 18084 * \% 10 = 1808 \text{ olur.}$$

Böylece haftalık toplam harcanan enerji;

$$11984 + 6100 + 1808 = 19862 \text{ kcal sonucu elde edilir.}$$

Bu aynı zamanda haftalık enerji ihtiyacıdır. Sağlıklı beslenmede alınan enerjinin %55'i karbonhidrat, %15'i protein, maksimum % 30'u yağlardan elde edilmelidir. Yukarıda hesaplanan 22403 kcal'nin;

$$19862 * 0,55 = 10941 \text{ kcal'isi karbonhidrat,}$$

$$19862 * 0,15 = 2979 \text{ kcal'isi protein,}$$

19862 * 0,30 = 5959 kcal'isi yağdan elde edilmelidir.

Ayrıca karbonhidrat için 1g = 4 kcal, protein için 1g = 4 kcal ve yağ için 1g = 9 kcal olduğuna göre 2735g karbonhidrat, 744g protein ve 662g yağ ihtiyacı hesaplanabilir. Bu bilgiler modelde kısıt olarak görülecektir.

Harcanan Enerjinin Karşılacağı Yiyeceklerin Tespiti

Yukarıda hesaplanan enerjinin karşılayacağı yiyeceklerin tespiti oldukça önemlidir. Bu yüzden yiyecekler tespit edilirken mevcut 4000 den fazla yiyecek türü arasından ülkemizde en çok tercih edilen 148 adet yiyecek ve içecek türü seçilmiş ve her bir yiyeceğin besin değerleri ile fiyatları tek tek ve hassas bir şekilde hesaplanmış ve aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

S.no:	Yemek Adı	Protein	Karbonhidrat	Yağ	Kalori	Tercih katsayısı	Porsiyon fiyatı
	Çorbalar						
1	Pirinç çorbası	4,1	30,4	0,5	120	1	1,1
2	Yayla çorbası	3,2	28,5	0,2	115	2	1,8
3	Şehriye çorbası	2,2	41,4	0,1	115	1	0,7
4	Domates çorbası	2	18,6	0,8	165	-1	2,6
5	Bezelye çorbası	3	25,3	0,4	183	-2	3,1
6	Ezogelin çorbası	4	30,4	0,4	122	1	2,2
7	İşkembe çorbası	40	3,2	0,3	215	-1	5,1
8	Tavuk çorbası	2,4	0,1	0,1	185	-1	4,0
9	Mantar çorbası	38	0	0	200	-3	3,6
10	Mercimek çorbası	7	14	5	127	2	2,1
11	Balık çorbası	0,3	4,6	5,1	66	1	3,3
12	Tarhana çorbası	3,3	9	0,5	54	1	2,9
13	Sebze çorbası	1,3	7,6	2,7	52	-1	3,6
14	Düğün çorbası	9	10	9	168	1	3,7
15	Etlı orman kebabı	40	0,6	16	536	1	18,1
16	Çiftlik kebabı	40	0,6	16	536	-1	11,2
17	Sebzeli güveç	42	0,8	16	540	1	15,8
18	Sulu köfte	38	0,9	16	318	1	18,4
19	Dalyan köfte	40	0,9	26	535	2	19,7
20	Kadınbudu köfte	39	10	57	319	1	18,9
21	İzmir köfte	40	0,6	16	415	1	18,6
22	Dana rosto	44	14	25	285	-1	21,0
23	Dana kapama	20	0,4	8	235	-1	17,2
24	Kuzu haşlama	17	0,4	22	335	2	23,2
25	Kuzu kapama	17	0,4	22	335	1	21,8
26	Kuzu tandır	17	0,3	20	335	2	21,2
27	Et sote	42	0	7	275	1	19,0
28	Piliç sote	40	8	5,5	270	-1	13,5
29	Piliç yahni	44	8	6	295	-2	13,5
30	Karniyarık	19	12	18	320	1	13,1
31	Etlı patates	40	0	14,5	275	-1	12,9
32	Kıymalı ıspanak	22	0	12	276	-3	7,6
33	Etlı karnabahar	20	0	18	350	-3	7,4
34	Etlı türlü	38	11	0	315	-2	7,2
35	Tas kebabı	3	23	22	343	1	20,2
36	Kıymalı nohut	6	29	12	250	-2	8,0
37	Kıymalı taze fasulye	17	25	14	282	-1	10,8
38	Patates oturtma	7	21	13	227	-1	7,5
39	Patlıcan musakka	14	17	11	226	1	13,6
40	Yağda kızarmış palamut	21,5	0	6	230	-1	17,5
41	Yağda kızarmış hamsi	17,4	0	14	315	1	17,4

42	Fırında lüfer	27	8	18	292	3	30,2
43	Levrek buğulama	9	3	5	83	3	29,6
44	Yağda kızarmış sardalye	36	4	21	349	-2	9,5
45	Kuru fasulye	10	31	5	209	-1	9,9
46	İnegöl köfte	15	6	20	269	1	18,1
47	Tekirdağ köfte	15	6	18	253	2	18,3
48	Tavuk köfte	27	18	21	371	1	10,7
49	Fırında tavuk	47	22	7	340	1	9,8
	Yan yemekler						
50	Etlı yaprak sarma	25	0	6,5	275	1	9,3
51	İmambayıldı	1,6	0,4	8,4	220	1	9,2
52	Z.yağlı taze fasulye	4,2	0,4	6,3	225	-1	5,3
53	Şehriyeli pilav	8	38	2	350	-2	2,2
54	İç pilavı	9,2	41	4,1	345	2	9,8
55	Sebzeli pilav	7	34	1	315	1	9,4
56	Bulgur pilavı	6,6	38,5	1,5	250	-2	1,3
57	Mantarlı pilav	5,4	44	3,4	215	-1	2,0
58	Kesme erişte	9,4	34,5	2,3	280	-1	1,6
59	Büryan pilavı	10	25	10	235	2	2,5
60	Nohutlu pilav	12	24	7	209	1	2,9
61	Pirinç pilavı	4	17	13	201	2	2,3
62	Barbunya pilaki	23,7	21,4	2	328	-2	4,3
63	Fasulye pilaki	5	9	6	110	-3	8,8
64	Lahana dolma	24	5,5	0	267	1	12,9
65	Biber dolma	18	17	12	300	2	18,1
66	Kabak dolma	27	0	0	240	-1	13,7
67	Makarna	5,4	44	3	330	1	1,4
68	Fırında makarna	7,5	52,3	3,2	334	-2	6,4
	Garnitürler						
69	Patlıcan kızartma	2,6	4,8	5,6	318	2	2,9
70	Kabak kızartma	1,3	5,1	6,8	312	-2	3,1
71	Çoban salatası	2	9	14	128	1	1,8
72	Mevsim salatası	1	10	10	118	1	2,0
73	Mantar salatası	38	0,4	0	115	-1	2,4
74	Kısır	1	6	11	123	2	1,6
75	Karışık salata	1	5	6	78	2	3,0
76	Beyaz lahana salatası	1	4	6	74	-3	2,7
77	Kırmızılâhana salatası	3	4	6	75	-2	3,0
78	Patlıcan salatası	10	31	5	207	1	3,0
79	Kabak mezesi	1	2	1	23	-1	2,7
80	Patates kızartma	1	23	9	178	2	1,9
81	Cacık	5	8	5	99	3	1,8
82	Şalgam turşusu	0	2	0	7	-2	1,2
83	Lahana turşusu	1	3	0	11	1	1,5
84	Salatalık turşusu	0	1	0	5	2	1,4
85	Yağsız yoğurt	2	4	0	28	-3	1,8
86	Az yağlı yoğurt	2	4	1	31	-3	1,8
87	Tam yağlı yoğurt	2	3	1	31	2	1,8
	Meyve ve tatlılar						
88	Baklava tatlısı	6,4	80	0	413	3	28,1
89	Kadayıf tatlısı	6	75	0	435	2	27,7
90	Tulumba tatlısı	6,6	59,4	0	435	2	11,6
91	Şekerpare tatlısı	7,4	62	0	421	1	11,8
92	Kemalpaşa tatlısı	7,4	62	0	421	1	11,8
93	Revani tatlısı	7,4	65	0	320	2	11,4
94	Vezirparmağı	6,6	74	0	416	2	20,5
95	Meyveli puding	5,4	41	0	347	-1	10,4
96	Sütlaç	4,5	8,4	0	345	1	16,2
97	Kabak tatlısı	1,1	6	0	436	-1	15,7
98	Elma komposto	1,4	6,2	0	193	-2	1,6

99	Ayva komposto	1,4	5,3	0	294	-2	1,6
100	Erik komposto	1,5	1,8	0	200	1	1,6
101	Üzüm hoşafı	1	5	0	178	-2	10,9
102	Vişne hoşafı	1	5,3	0	194	1	1,4
103	Aşure	3	31	1	139	1	3,2
104	Supangle	3	24	3	137	1	3,0
105	Kazandibi	3	20	3	116	2	4,3
106	Keşkül	4	20	3	117	2	4,9
107	İrmik tatlısı	4	26	2	140	2	5,1
108	Greyfurt	1	22	1	89	-2	2,3
109	Armut	0	15	0	61	1	2,1
110	Dut	1	20	1	93	-1	3,2
111	Kiraz	1	17	0	70	2	2,9
112	Vişne	0	18	0	71	-1	2,7
113	İncir	1	20	0	81	1	3,4
114	Üzüm	1	15	1	69	1	2,4
115	Ceviz	16	26	62	596	3	9,8
116	Elma	0	14	1	62	1	2,0
117	Erik	1	17	0	69	-1	2,2
118	Fındık	4	5	16	181	2	4,7
	Kahvaltılıklar						
119	Poşet bal	0	17	0	65	-1	1,6
120	Poşet vişne reçeli	1	9	0	41	-2	0,9
121	Poşet çilek reçeli	0	9	0	37	-2	0,9
122	Fındık ezme	3	5	17	184	3	3,9
123	Poşet tereyağı	2	0	12	107	3	0,9
124	Beyaz peynir	14	5	21	269	3	1,7
125	Kaşar peyniri	27	2	23	323	2	1,6
126	Siyah zeytin	1	5	8	94	3	1,8
127	Yeşil zeytin	1	5	6	76	-1	2,0
128	Haşlanmış yumurta	6	1	4	64	-1	1,3
129	Omlet	7	1	7	95	1	3,0
130	Muzlu kek	5	47	1	220	-2	3,2
131	Menemen	6	11	6	121	3	3,3
132	Peynirli omlet	8	3	11	144	2	3,6
133	Sigara böreği	7,5	52,3	3,2	334	1	5,2
134	Tepsi böreği	7,6	52,4	3,1	415	1	4,9
135	Mantarlı börek	7,9	51,5	2,4	415	-1	4,7
136	İspanaklı börek	6,4	50	2,1	365	-2	4,8
137	Kıymalı börek	19,4	44,4	8	455	2	5,2
138	Su böreği	5,3	52,4	4,1	334	3	5,0
	İçecekler						
139	Çay	0	12	0	47	1	0,6
140	Süt	3	4	3	55	1	0,8
141	Ayran	3	4	2	45	3	0,7
142	Vişne suyu	0	12	0	49	1	0,8
143	Kayısı suyu	1	14	0	60	1	0,8
144	Elma suyu	0	9	0	36	1	0,8
	Ekmeçler						
145	Buğday ekmeği	5	37	5	213	3	0,7
146	Mısır ekmeği	7	48	10	309	-3	1,1
147	Yulaf ekmeği	10	40	4	236	-2	0,9
148	Kepek ekmeği	7	39	3	201	1	0,9

Matematiksel Modelin Kurulması

Zimmerman (1987)'a göre fuzzy hedef programlama ile günlük bir problemi çözmek için öncelikle karar değişkenleri belirlenir. Daha sonra bu karar değişkenleri yardımıyla problemin amacı ve daha önceden belli olan kısıtlar matematiksel formüle edilir.

Bizim ele almış olduğumuz problemde ise modelin 170cm boyunda, 70kg ağırlığında, haftanın 5 günü yoğun fiziksel aktivite içinde olan ve hafta sonlarını çoğunlukla dinlenerek geçiren bir birey esas alınmıştır. Bireyden, her bir yiyecek için -3 ile +3 arasında bir tercih katsayısı belirlenmesi istenmiştir. Tercih katsayısı 2 ve 3 olan yiyeceklerin haftada en az 1 kez tüketilmesi garanti eden bir kısıt eklenerek tercihlerin daha fazla dikkate alınması sağlanmıştır. Balık ve yumurta, taşıdığı yüksek besin değerlerinden ötürü haftada en az 2 kez tüketilmesi istenmiştir. Bütçe TÜİK tarafından yapılan hane halkı Bütçe Anketi verileri ve Türk-İş tarafından tespit edilen Açlık sınırı verileri dikkate alınarak belirlenmiştir. Türk-İş Eylül ayı yetişkin bir gencin asgari mutfak harcaması yaklaşık 188TL olarak hesaplanmıştır. Bir haftalık gıda

$$2. \quad \text{Max } (x_2 + x_{10} + x_{19} + x_{24} + x_{26} + x_{42} + x_{43} + x_{47} + x_{54} + x_{59} + x_{61} + x_{65} + x_{69} + x_{74} + x_{75} + x_{80} + x_{81} + x_{84} + x_{87} + x_{88} + x_{89} + x_{90} + x_{93} + x_{94} + x_{105} + x_{106} + x_{107} + x_{115} + x_{118} + x_{122} + x_{106} + x_{123} + x_{124} + x_{125} + x_{126} + x_{131} + x_{132} + x_{137} + x_{138} + x_{141} + x_{145})$$

olup, amacımız bireyin 2 ve 3 olarak tercih ettiği yiyeceklerin tüketimini maksimum kılmaktır.

Kısıtlar

Bu uygulamada 15 adet kısıt vardır ve kısıtlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir. 1. Kısıt bu bireyin hafta da alması

$$x_{14}1 + x_{23}2 + x_{32}2 + x_{42}2 + x_{53}3 + x_{64}4 + x_{74}4 + x_{82}4 + x_{93}3 + x_{107}7 + x_{110}0.3 + x_{123}3 + x_{131}3 + x_{149}9 + x_{154}4 + x_{164}4 + x_{174}4 + x_{183}3 + x_{194}4 + x_{209}9 + x_{214}4 + x_{224}4 + x_{232}2 + x_{241}7 + x_{251}7 + x_{261}7 + x_{274}4 + x_{284}4 + x_{294}4 + x_{301}9 + x_{314}4 + x_{322}2 + x_{332}2 + x_{343}3 + x_{353}3 + x_{366}6 + x_{371}7 + x_{387}7 + x_{391}4 + x_{402}2 + x_{411}7 + x_{422}2 + x_{439}9 + x_{443}3 + x_{451}1 + x_{461}5 + x_{471}5 + x_{482}2 + x_{494}4 + x_{502}2 + x_{511}6 + x_{524}4 + x_{538}8 + x_{549}9 + x_{557}7 + x_{566}6 + x_{575}5 + x_{589}9 + x_{591}1 + x_{601}2 + x_{614}4 + x_{622}2 + x_{635}5 + x_{642}2 + x_{651}8 + x_{662}2 + x_{675}5 + x_{687}7 + x_{692}2 + x_{701}3 + x_{712}2 + x_{721}7 + x_{733}3 + x_{741}7 + x_{751}7 + x_{761}7 + x_{773}3 + x_{781}1 + x_{791}7 + x_{801}1 + x_{815}5 + x_{820}0 + x_{831}1 + x_{840}0 + x_{852}2 + x_{862}2 + x_{872}2 + x_{886}6 + x_{896}6 + x_{906}6 + x_{917}7 + x_{927}7 + x_{937}7 + x_{946}6 + x_{955}5 + x_{964}4 + x_{971}1 + x_{981}4 + x_{991}4 + x_{1001}5 + x_{1011}1 + x_{1021}1 + x_{1033}3 + x_{1043}3 + x_{1053}3 + x_{1064}4 + x_{1074}4 + x_{1081}1 + x_{1090}0 + x_{1101}1 + x_{1111}1 + x_{1120}0 + x_{1131}1 + x_{1141}1 + x_{1151}6 + x_{1160}0 + x_{1171}1 + x_{1184}4 + x_{1190}0 + x_{1201}1 + x_{1210}0 + x_{1223}3 + x_{1232}2 + x_{1241}4 + x_{1252}2 + x_{1261}1 + x_{1271}1 + x_{1286}6 + x_{1297}7 + x_{1305}5 + x_{1316}6 + x_{1328}8 + x_{1337}7 + x_{1347}7 + x_{1357}7 + x_{1366}6 + x_{1371}9 + x_{1385}5 + x_{1390}0 + x_{1403}3 + x_{1413}3 + x_{1420}0 + x_{1431}1 + x_{1440}0 + x_{1455}5 + x_{1467}7 + x_{1471}0 + x_{1487}7 \geq 744$$

Protein kısıdında olduğu gibi sırasıyla aşağıdaki kısıtlar da formüle edilir:

1. Karbonhidrat kısıtı.
2. Yağ kısıtı.
3. Kalori kısıtı.
4. Öğle ve akşam öğünlerinde en az 1 çorba çıkacak.
5. Öğle ve akşam öğünlerinden en az birinde yan yemeklerden bir tabak çıkacak.
6. Öğle ve akşam öğünlerinden en az birinde garnitürlerden 1 tabak çıkacak.
7. Öğle ve akşam öğünlerinde meyve veya tatlılardan en az biri çıkacak.
8. Haftada en az bir kez balık tüketilecek.
9. Yumurta ürünlerinden biri haftada en az 2 defa çıkacak.
10. Haftada en az iki kez börek çıkacak.
11. Ana yemekten öğle ve akşam öğünlerinde 1 tabak çıkacak.
12. Her gün kahvaltıda 3 çeşit kahvaltılık olacak.

harcamasına karşılık gelen değer ise yaklaşık 44TL olarak alınmıştır.

Tüm bunlar göz önünde bulundurulursa problemimizin karar değişkenlerini, amaç fonksiyonlarını ve kısıtlarını aşağıdaki şekilde formüle edilebiliriz:

Karar Değişkenleri

Bu değişkenler x_i ve P_i olmak üzere, $x_i=148$ çeşit yiyecekten i.nci türünden sabit bir zaman dilimindeki tüketilme sayısıdır, p_i ise her bir yiyeceğin birim fiyatıdır.

Amaç Fonksiyonları

$$1. \quad \text{Min } \sum_{i=1}^{148} x_i * p_i$$

olup, amacımız bireyin minimum maliyetle haftalık menüsünü hazırlamaktır. Her bir yiyecek çeşidinin tüketilme miktarına x_i dersek; 1. Çeşit yiyecek yani pirinç çorbasının tüketilme miktarı x_1 dir, pirinç çorbasının birim fiyatı ise p_1 dir. Bu şekilde 148 adet yiyecek çeşidi için 148 farklı x_i ve p_i değişkenleri vardır.

gereken protein miktarıdır ve formüle edilmiş hali aşağıdaki gibidir:

13. Günün en az iki öğününde su hariç içecek çıkacak.

14. Her öğünde bir porsiyon ekmek çıkacak.

Ayrıca modeli kurarken değişkenlerin alt sınırlarını, tercih katsayısı 2 ve 3 olan yiyeceklerin haftada en az 1 kez tüketilmesini garanti edecek şekilde, üst sınırlarını ise yiyeceklerin sık tüketiminden kaynaklanan monotonluğu önlemek için içecek ve ekmek hariç yiyeceklerin haftada üçten fazla tüketilmemesini garanti edecek şekilde belirlenmiştir.

Modelin Çözümü

Şimdi Zimmerman (1987)'in yapmış olduğu formüle benzer olarak aşağıdaki işlemleri yaparsak:

Çalışmamızda oluşturulan model 148 karar değişkeninden ve 15 kısıttan meydana gelmektedir. Verilen bu kısıtlar altında aşağıdaki $Z_1(x)$ ve $Z_2(x)$ amaçlarına ulaşılmak istenirse;

$$Z_1(x) = \text{Min } \sum_{i=1}^{148} x_i * p_i$$

$$0.6)/(695))x_{139}+((-0.8)/(695))x_{140}+((-0.7)/(695))x_{141}+((-0.8)/(695))x_{142}+((-0.8)/(695))x_{143}+((-0.8)/(695))x_{144}+((-0.7)/(695))x_{145}+((-1.1)/(695))x_{146}+((-0.9)/(695))x_{147}+((-0.9)/(695))x_{148}$$

$$\lambda \leq ((1)/(105))x_2 + ((1)/(105))x_{10} + ((1)/(105))x_{19} + ((1)/(105))x_{24} + ((1)/(105))x_{26} + ((1)/(105))x_{42} + ((1)/(105))x_{43} + ((1)/(105))x_{47}$$

$$+((1)/(105))x_{54} + ((1)/(105))x_{59} + ((1)/(105))x_{61} + ((1)/(105))x_{65} + ((1)/(105))x_{69} + ((1)/(105))x_{74} + ((1)/(105))x_{75} + ((1)/(105))x_{80} + ((1)/(105))x_{81} + ((1)/(105))x_{84} + ((1)/(105))x_{87} + ((1)/(105))x_{88} + ((1)/(105))x_{89} + ((1)/(105))x_{90} + ((1)/(105))x_{93} + ((1)/(105))x_{94} + ((1)/(105))x_{105} + ((1)/(105))x_{106} + ((1)/(105))x_{107} + ((1)/(105))x_{115} + ((1)/(105))x_{118} + ((1)/(105))x_{122} + ((1)/(105))x_{123} + ((1)/(105))x_{124} + ((1)/(105))x_{125} + ((1)/(105))x_{126} + ((1)/(105))x_{131} + ((1)/(105))x_{132} + ((1)/(105))x_{137} + ((1)/(105))x_{138} + ((1)/(105))x_{141} + ((1)/(105))x_{145}$$

Sonuç

Yukarıda elde etmiş olduğumuz üyelik fonksiyonu denklemlerini ve kısıtları WINQSB paket programında

Doğrusal programlama yardımıyla çözersek sonuca ulaşırız. Değişkenlerin karşılığı yiyecekler yerine konarak çözüm aşağıdaki gibi daha açık şekilde sunulabilir:

Çorbalar:

Yayla çorbası 3 kez
Mercimek çorbası 3 kez
Balık çorbası 1 kez

Ana yemekler

Dalyan köfte 1 kez
Kuzu haşlama 3 kez
Kuzu tandır 3 kez
Fırında lüfer 1 kez
Levrek buğulama 3 kez
Tekirdağ köfte 3 kez

Yan yemekler

İç pilavı 3 kez
Büryan pilavı 3 kez
Pirinç pilavı 3 kez
Biber dolma 2 kez

Garnitürler

Patlıcan salatası 3 kez
Kısır 3 kez
Karışık salata 3 kez
Patates kızartma 3 kez
Cacık 3 kez
Şalgam turşusu 3 kez
Salatalık turşusu 3 kez
Tam yağlı yoğurt 3 kez

Meyve ve Tatlılar

Baklava tatlısı 3 kez

Kadayıf tatlısı 3 kez

Tulumba tatlısı 3 kez

Vezirparmağı 3 kez

Kabak tatlısı 3 kez

Elma komposto 3 kez

Ayva komposto 3 kez

Erik komposto 3 kez

Keşkül 3 kez

İrmik tatlısı 3 kez

Ceviz 3 kez

Fındık 3 kez

Kahvaltılıklar

Fındık ezme 3 kez

Poşet tereyağı 3 kez

Beyaz peynir 1 kez

Kaşar peynir 2 kez

Siyah zeytin 3 kez

Muzlu kek 3 kez

Menemen 3 kez

Peynir omlet 3 kez

Kıymalı börek 1 kez

Su böreği 2 kez

İçecekler

Ayran 13 kez

Vişne suyu 1 kez

Ekmekler

Buğday ekmeği 21 kez

Çözüm sonuçları dikkatle incelendiğinde; modelin bütçe ve beslenme kısıtlarının gereği olarak ucuz, aynı zamanda protein ve karbonhidrat açısından zengin, yağ açısından fakir yiyecekleri seçmeye çalıştığı görülmektedir. Tercih katsayısı iki ve daha fazla olan yiyeceklerin haftada en az bir kez seçilmesini garanti eden ayrı bir kısıt eklenerek tercih edilen yemeklerin model tarafından seçilmesi desteklenmiştir. Çözümde çorbanın haftalık tüketim miktarını temsil eden besinci kısıtın değeri 7 ve üstü olması istenirken çözümde 7 olarak gerçekleşmiştir. Yani haftanın her günü öğle ya da akşam yemeklerinde çorba bulunmalıdır. Yan yemekleri temsil eden kısıtın değeri ise 11 olarak gerçekleşmiştir. Böylece haftanın her günü hem öğle hem akşam yemeklerinde yan yemekten bir tabak bulunabilir. Garnitürleri temsil eden kısıtın değeri 24 olarak gerçekleşmesi ise her gün her öğünde garnitür

tüketilebilir anlamına gelir. Yine aynı şekilde, meyve-tatlı miktarını temsil eden kısıt 36 olarak gerçekleşmiştir. Yani haftanın her günü sabah öğle ve akşam yemeklerinde tatlı veya meyveden biri sofrada bulunacak, ayrıca öğünler dışında da ara öğün olarak meyve veya tatlıdan biri tüketilebilir.

Bilindiği üzere modelde iki farklı amaca aynı anda ulaşmak hedeflenmiştir. Bunun yerine ilk hedefe yani sadece bireyin maliyetini minimum yapmaya çalışsaydık programlama sonucu maliyeti 420TL olarak bulacaktık. Ya da sadece bireyin 2 ve 3 olarak tercih ettiği yemekleri maksimum düzeyde tüketmeye çalışsaydık maliyet 1105TL olarak bulacaktık. Fakat burada amacım minimum maliyette bireyin tercih ettiği yemekleri maksimum düzeyde tüketmesini içeren bir diyet programı hazırlamak olduğu için maliyeti 950TL olarak buluruz.

Model, vücudun temel besin değeri ihtiyacını karşılarken, bütçe ile yemeklerin tercihi arasındaki dengeyi sağlayan yemeklerin oluşturduğu bir liste sunmaktadır. Model farklı besin ihtiyacı ve farklı bütçe için alternatif çözümler üretme esnekliğine sahiptir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından kısmen desteklenmiştir.

Kaynaklar

Açlık ve Yoksulluk Sınırı, 2009. <http://www.turkis.org.tr/source.cms.docs/turkis.org.tr.ce/docs/file/aclikeylul09.pdf> (Erişim Tarihi: 05.10.2009).

Dantzig, G.B. 1963. Linear Programming and Extensions. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey.

Geleneksel Türk Yemekleri, 2009. <http://www.afiyyet catering.com/Monu/> (Erişim Tarihi: 05. 10. 2009).

Hertog, D. 1994. Interior Point Approach to Linear. Quadratic and Convex Programming. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Khachian, K.C. 1979. A Polynomial Algorithm in Linear Programming. Doklady Akademiia Nauk SSSR, 1093-1096.

Kılınç, E. 2007. Diyet Problemlerinin Optimizasyonu ve Bir Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 54s.

Sağlıklı Beslenme, 2009. <http://www.saglik.gov.tr/extras/dokuman/sagliklibeslenme.pdf>. (Erişim Tarihi: 05. 10.2009).

Stigler, G.J. 1945. The Cost of Subsistence. Journal of Farm Economy, 27, 303-304.

Zimmerman, H.J. 1987. Fuzzy Programming and Lineer Programming with Several Objective Function. Fuzzy Sets and Systems, 1, 45-56.