

BESLENME PROBLEMİNDE GENETİK ALGORİTMA KULLANILMASI

Arş.Gör.Serpil Gümüştekin¹, Yrd.Doç.Dr.Talat Şenel¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Samsun, Türkiye
e-posta: serpil.gumustekin@omu.edu.tr

ÖZET

Genetik algoritmalar (GAs), doğadaki canlıların geçirdiği süreci örnek alır. Anne ve baba bireyden (mevcut nesil) doğan yeni bireylerin şartlara uyum sağlayıp yaşamlarını devam ettirmesine ve iyi nesillerin kendi yaşamlarını korurken, kötü nesillerin yok olması ilkesine dayanır. Bu çalışmanın amacı, gerçek hayatta önemli bir role sahip olan beslenme problemlerinin Genetik Algoritma ile de etkili biçimde çözümlenebileceğini göstermektir. Bu amaçla, gerçek veriler kullanılarak doğrusal programlama modeli kurulmuş, kurulan bu model doğrusal programlama ve genetik algoritma kullanılarak çözümlenmiş, sonuçlarda ortaya çıkan değişimler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: beslenme, genetik algoritma, doğrusal programlama

SOLUTION OF NUTRITION PROBLEM USING GENETIC ALGORITHM

ABSTRACT

Genetic algorithms (GAs) are examples of creatures in nature. They are based on the principle that new individuals which were born from the mother and father individuals (current generation) become attuned to conditions and maintain their lives, and bad generations disappear when good generations save their own lives. The purpose of this study is to show that nutrition problem, which has important role in real life, can be solved by genetic algorithm. For this purpose, a linear programming model was established by using real data, this model is solved by using linear programming and genetic algorithm, the resulting changes in the results were analyzed.

Key Words : nutrition, genetic algorithm, linear programming

1. Giriş

Yaşamın her döneminde sağlığın temelini beslenme oluşturmaktadır. Beslenme bazen bilinçli olarak yapılmakta, bazen de bilinçsiz olarak sadece karın doyurma şeklinde gerçekleştirilmektedir. Yeterli ve dengeli beslenme üzerine bilim adamları uzun yıllardan beri çalışmalar yapmaktadırlar. Beslenme problemlerinin matematiksel modellere indirgenip çözümlenmesinde Matematiksel Programlama teknikleri yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Beslenme probleminin ilk çözümü, Doğrusal Programlama Tekniği kullanılarak Smith (1959) tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yapılan beslenme problemiyle ilgili çalışmalardan bazıları (Sukhatme, 1961), (Edwardson, 1974), (Anderson ve Earle, 1983), (Alpaslan, 1996), (Kaldırım ve Köse, 2006), (Lv, 2009), (Sahingöz ve Sanher, 2011) olarak sıralanabilir.

Beslenme; büyümek, gelişmek, sağlıklı ve verimli olarak uzun süre yaşamak için gerekli olan enerjiyi ve besin öğelerinin her birini yeterli miktarlarda karşılayacak besinleri ekonomik bir şekilde almak ve vücutta kullanmaktır. Yapılan bilimsel araştırmalarda, insanın yaşamı için 40'ı aşkın türde besin öğesine gereksinimi olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, bu öğelerin her birinden günlük ne kadar alması gerektiği de belirlenmiştir. Besin öğelerinin herhangi biri alınmadığında, gereğinden az ya da çok alındığında, büyüme ve gelişmenin engellendiği ve sağlığın bozulduğu bilimsel olarak açıklanmıştır.

Bu çalışmada sabah kahvaltısı için beslenme problemi ele alınmıştır. Minimum maliyetle, günlük besin öğesi ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde hangi besinlerden ne kadar yenmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Bu amaçla gerçek veriler kullanılarak doğrusal programlama modeli oluşturulmuş, Matlab programlama dili ve WinQSB paket programı ile çözümlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Genetik Algoritma

ile zaman tasarrufu sağlandığını ve günlük besin ögesi ihtiyaçlarından sapmaların doğrusal programlamaya göre daha az olduğunu göstermiştir.

2. Gereç ve Yöntem

Doğrusal programlama tekniği, değişkenlere ve kısıtlayıcılara bağlı kalarak amaç fonksiyonunu en uygun (maksimum veya minimum) kılmaya çalışır. Standart doğrusal programlama modeli;

$$\begin{aligned} \max(\min)Z(x) &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &(\leq, =, \geq) b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_j &\geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

şeklinde formüle edilmektedir. Burada,

x_j : karar vericinin denetimi altında olan ve bilinmeyen gösteren karar değişkenlerini,

$Z(x)$: en iyilenecek amaç fonksiyonunu,

c_j : j. karar değişkeninin amaç fonksiyonundaki katkı katsayısını,

a_{ij} : j. karar değişkeninin i. kısıttaki katkı katsayısını (teknolojik katsayıları),

b_i : i. sınırlı kaynak miktarını yani i. kısıtın sağ taraf değerini göstermektedir(Sarıaslan ve Karacabey, 2003).

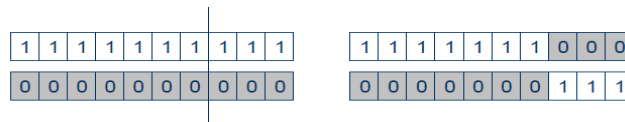
Genetik algoritma(GA)'lar, evrim ve genetiğin doğal sürecine dayalı stokastik bir araştırma tekniğidir. Goldberg (1989) GA'yı, rastlantısal arama tekniklerini kullanarak çözüm bulmaya çalışan ve parametre kodlama esasına dayanan sezgisel bir arama tekniği olarak tanımlamıştır. Genetik algoritmalar, doğal seçim ve genetik popülasyonların modellenmesi olarak Michigan Üniversitesi'nde psikoloji ve bilim uzmanı olan John Holland (1975) tarafından geliştirilmiştir.

GA, deterministik yöntemlerle çözümü zor veya imkânsız olan problemlerin, evrimsel aşamalardan geçirilerek çözülmesini sağlayan bilgisayar programıdır. Karmaşık, kısıt sayısı fazla, kesin çözüm yöntemi olmayan optimizasyon problemleri GA'nın ilgi alanına girmektedir. GA'lar, çözümü zor optimizasyon problemlerinde, kesin çözüm olmasa bile yaklaşık bir çözümü kısa sürede bulma özelliğine sahiptir.

Genetik Algoritma Operatörleri

Üreme; uygunluk kriterlerine uyan bir kromozomun özelliklerinin, yeni nesile aktarılmasını sağlayan işlemdir. Ebeveyn olarak adlandırılan bu kromozom çiftinin özellikleri, üreme sonucunda yeni popülasyona aktarılmaya çalışılmaktadır.

Çaprazlama; ebeveynlerde bulunan genlerin yeni oluşturulan bireylere aktarılmasıdır. İşlem, ebeveyn olarak seçilen kromozomlar üzerinde rastgele belirlenen konum/konumlarda bilgilerin çapraz bir şekilde yer değiştirilmesi yolu ile gerçekleştirilmektedir. Çaprazlama işlemi, popülasyonda bulunan kromozomların belirli bir oranına uygulanmaktadır. Bu oran, algoritmanın başında ya da her yeni popülasyonu oluşturmadan önce belirlenmektedir. Rastgele seçilen kromozom çiftinde, çaprazlama yapılacak bölge rastgele seçilerek çaprazlama yapılmaktadır.



Şekil 1. Tek Noktalı Çaprazlama

Şekil 1'de tek noktalı çaprazlama gösterilmektedir. Bu operatörde çaprazlama noktası, 1 ile kromozom sayısı-1 arasında rastgele seçilir. Eşlenen iki dizide, çaprazlama noktasından sonraki bölümler yer değiştirilerek iki tane yeni birey elde edilir.

Mutasyon; kromozomların başkalaştırılması ya da farklılaştırılması için kullanılan bir operatördür. Çaprazlama işlemi ile elde edilemeyecek farklılıkları oluşturmak amacıyla yapılmaktadır. Mutasyon, kromozomdaki genlerin değişimidir ve problemin yapısına bağlı olarak mutasyon operatörlerinden biri seçilebilir.

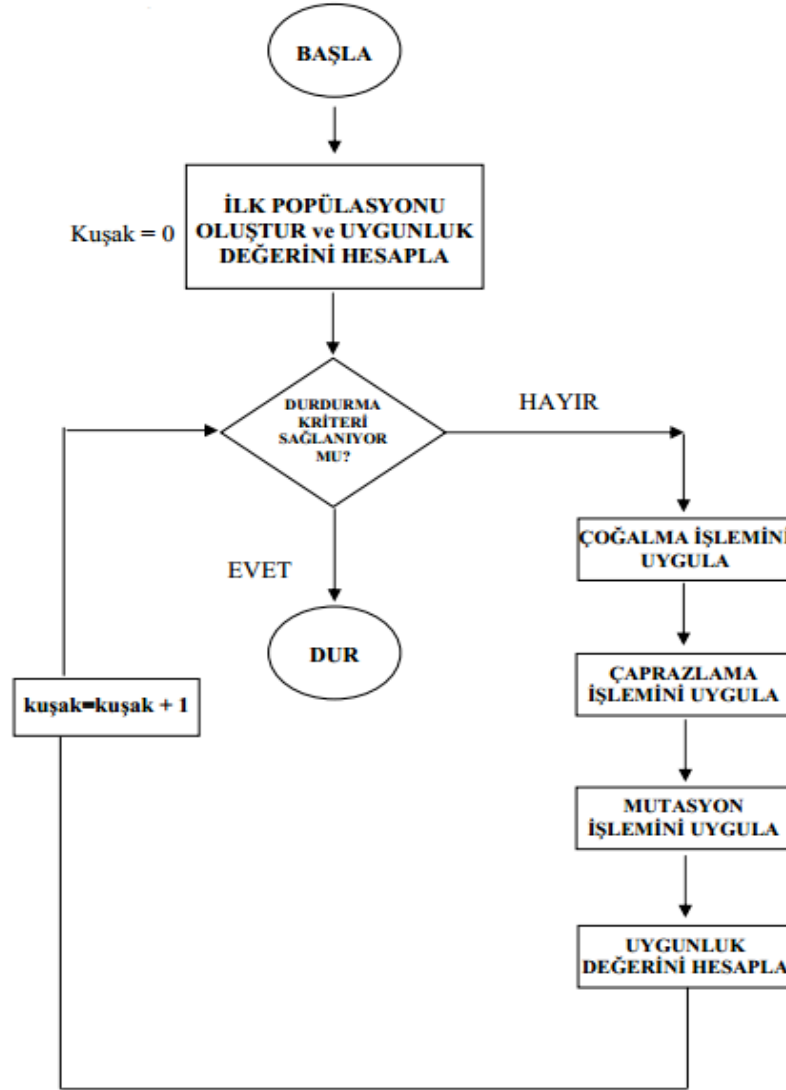
Turnuva Seçim Yönteminde; önce popülasyonu oluşturan kromozomlardan bazıları, belli kriterlere göre seçilmektedir. Daha sonra, bu kromozomlar kıyaslanarak aralarında uygunluk değeri yüksek olan bir kromozom yeni popülasyona aktarılmak üzere seçilmektedir. Böylece oluşturulan yeni popülasyon, bir önceki popülasyonun kötü bireylerinden arındırılmaya çalışılmaktadır. Optimum çözüme hızlı erişim sağlanması açısından önemli bir yöntemdir.

Durdurma Kriteri:

- Seçilen kromozom ile en iyi çözüme ulaşıldığında,
- Nesillerde tekrarlı bir şekilde, en iyi kromozom aynı olduğunda,
- Belirlenen istatistiksel değerlere erişildiğinde (popülasyon maliyet ortalaması, standart sapması),
- Belirlenen nesil sayısı tamamlandığında,
- Nesil sonuçları açısından bir gelişme olmadığında,
- Optimuma yakın bir değere erişildiğinde,

genetik algoritma durdurulur.

GA'lar başlangıç popülasyonuna uygulanacak her bir genetik işleme yönelik kararların alınması ve yordamlarının önceden belirlenmesi koşuluyla hazırlanırlar. Genetik algoritmanın akış şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Genetik Algoritmanın Akış Şeması

3. Uygulama

Minimum maliyetle, yeterli ve dengeli beslenmeyi sağlamak amacıyla kahvaltıda yenilen 20 adet yiyecek maddesi ve 10 adet besin ögesini kapsayan, günlük ortalama besin ögesi ihtiyacını karşılayacak şekilde gerçek veriler kullanılarak doğrusal programlama modeli kurulmuştur.

Karar değişkenleri olarak; Ekmek (x_1), Sucuk(x_2), Sosis(x_3), Salam(x_4), Süt(x_5), Beyaz Peynir(x_6), Kaşar Peyniri(x_7), Tulum Peyniri(x_8), Krem Peynir(x_9), Yumurta(x_{10}), Tereyağı(x_{11}), Margarin(x_{12}), Domates(x_{13}), Salatalık(x_{14}), Siyah Zeytin(x_{15}), Yeşil Zeytin(x_{16}), Reçel(x_{17}), Bal(x_{18}), Tahin(x_{19}), Pekmez(x_{20}) alınmıştır.

Kahvaltıda yenilen yiyecek maddelerinin 100 gr'larına karşılık gelen fiyatlar (TÜİK, Tüketici Fiyat Endeksi, Nisan 2012 verileri) ve belirlenen yiyecek maddelerinin 100 gr'ları için besin bileşimleri (Baysal, 1995) Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Belirlenen yiyecek maddelerinin 100 gr için besin bileşimleri ve fiyatları

Yiyecek Maddeleri Besin Bileşimleri	X ₁ Ekme k	X ₂ Sucu k	X ₃ Sosis	X ₄ Salam	X ₅ Süt	X ₆ Beyaz Peynir	X ₇ Kaşar Peynir i	X ₈ Tulum Peynir i	X ₉ Krem Peynir	X ₁₀ Yumurt a
Enerji (kcal)	276	179	322	450	50	289	404	215	72	158
Protein (g)	9.1	21	11.3	23.8	3.3	22.5	27	35	12.4	12.1
Yağ (g)	0.8	10.5	29.4	38.1	1.9	21.6	31.7	5.6	1	11.2
Karbonhidrat(g)	56.4	0	2.4	1.2	4.8	0	1.4	3.2	2.7	1.2
Kalsiyum (mg)	19	20	12	14	122	162	700	0	61	56
Demir (mg)	0,7	4.3	1.3	3.6	0.1	0.5	1	0	0.1	2.1
Potasyum(mg)	74	0	159	0	154	0	104	0	86	130
Sodyum (mg)	585	0	1	0	50	0	710	0	406	138
A vitamini	0	0	0	0	205	720	1000	1500	37	520
C vitamini	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fiyat (TL)	0.239	3.509	2.747	2.734	0.210	1.395	2.003	1.698	1.653	0.5

Tablo 1. Devam Belirlenen yiyecek maddelerinin 100 gr için besin bileşimleri ve fiyatları

Yiyecek Maddeleri Besin Bileşimleri	X ₁₁ Tereyağ ı	X ₁₂ Margari n	X ₁₃ Domate s	X ₁₄ Salatalı k	X ₁₅ Siyah Zeyti n	X ₁₆ Yeşil Zeyti n	X ₁₇ Reçel	X ₁₈ Bal	X ₁₉ Tahi n	X ₂₀ Pekme z
Enerji (kcal)	717	719	22	15	207	144	272	315	516	293
Protein (g)	0.9	0.9	1.1	0.9	1.8	1.5	0.6	0.3	10.5	0.6
Yağ (g)	81.1	80.5	0.2	0.1	21	13.5	0.1	0	28	0.1
Karbonhidrat(g)	0.1	0.9	4.7	3.4	1.1	2.8	70	78.4	53.5	70.6
Kalsiyum (mg)	24	30	13	25	77	90	20	15	91	400
Demir (mg)	0.2	0	0.5	1.1	1.6	2	1	0.8	9	10

Potasyum(mg)	26	43	244	160	0	0	88	0	0	0
Sodyum (mg)	826	943	3	6	0	0	12	0	0	0
A vitamini	3058	3307	900	250	60	300	10	0	0	0
C vitamini	0	0	23	11	0	0	2	4	0	0
Fiyat (TL)	2.162	0.618	0.236	0.186	1.158	1.040	0.910	2.435	1.117	1.002

Türkiye için önerilen günlük besin öğeleri tüketim standartlarından(Paker, 1996) elde edilen besin öğelerine ait günlük ağırlıklı ortalama ihtiyaç değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Besin öğelerinin günlük ağırlıklı ortalama ihtiyaç değerleri

Besin Öğeleri	Ağırlıklı Ortalama İhtiyaç
Enerji (kalori)	2246
Protein (gr)	68
Yağ (gr)	70
Karbonhidrat (gr)	326
Kalsiyum (mg)	603
Demir (mg)	13
Potasyum (mg)	3500
Sodyum (mg)	2400
A vitamini	4485
C vitamini	61

Minimum maliyetle, günlük besin öğesi ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde hangi besinlerden ne kadar yenmesi gerektiğiyle ilgili sabah kahvaltısı beslenme probleminin Doğrusal Programlama formülasyonu aşağıdaki gibidir. Modelimiz sabah kahvaltısı için kurulduğundan, Tablo 2'de verilen ağırlıklı ortalamaların (bir günde üç öğün olduğu düşünülerek) 1/3'ü alınarak sağ taraf sabitleri belirlenmiştir. Amaç fonksiyonu ve kısıtlardaki katsayılar 1 gr'a karşılık gelen katsayılar olup Tablo 1'de fiyatlar gösterilirken noktadan sonraki ilk üç rakam yazılmıştır.

Amaç Fonksiyonu:

$$\begin{aligned} \text{Min } z = & 0.00239020x_1 + 0.0350945x_2 + 0.0274729x_3 + 0.0273454x_4 + 0.00210370x_5 + 0.0139591x_6 \\ & + 0.0200363x_7 + 0.0169805x_8 + 0.0165302x_9 + 0.005x_{10} + 0.0216273x_{11} \\ & + 0.00618750x_{12} + 0.00236850x_{13} + 0.00186500x_{14} + 0.0115866x_{15} + 0.0104020x_{16} \\ & + 0.00910460x_{17} + 0.0243544x_{18} + 0.0111757x_{19} + 0.0100229x_{20} \end{aligned}$$

Kısıtlar;

Enerji Kısıtı:

$$\begin{aligned} 2.76x_1 + 1.79x_2 + 3.22x_3 + 4.50x_4 + 0.50x_5 + 2.89x_6 + 4.04x_7 + 2.15x_8 + 0.72x_9 + 1.58x_{10} + 7.17x_{11} \\ + 7.19x_{12} + 0.22x_{13} + 0.15x_{14} + 2.07x_{15} + 1.44x_{16} + 2.72x_{17} + 3.15x_{18} + 5.16x_{19} \\ + 2.93x_{20} \geq 750 \end{aligned}$$

Protein Kısıtı:

$$\begin{aligned} 0.091x_1 + 0.21x_2 + 0.113x_3 + 0.238x_4 + 0.033x_5 + 0.225x_6 + 0.27x_7 + 0.35x_8 + 0.124x_9 + 0.121x_{10} \\ + 0.009x_{11} + 0.009x_{12} + 0.011x_{13} + 0.009x_{14} + 0.018x_{15} + 0.015x_{16} + 0.006x_{17} \\ + 0.003x_{18} + 0.105x_{19} + 0.006x_{20} \geq 23 \end{aligned}$$

Kalsiyum Kısıtı:

$$\begin{aligned} 0.19x_1 + 0.20x_2 + 0.12x_3 + 0.14x_4 + 1.22x_5 + 1.62x_6 + 7x_7 + 0.61x_9 + 0.56x_{10} + 0.24x_{11} + 0.30x_{12} \\ + 0.13x_{13} + 0.25x_{14} + 0.77x_{15} + 0.90x_{16} + 0.20x_{17} + 0.15x_{18} + 0.91x_{19} + 4x_{20} \geq 201 \end{aligned}$$

Demir Kısıtı:

Gümüştekin ve diğerleri

$$0.007x_1 + 0.043x_2 + 0.013x_3 + 0.036x_4 + 0.001x_5 + 0.005x_6 + 0.001x_7 + 0.001x_9 + 0.021x_{10} + 0.002x_{11} + 0.005x_{13} + 0.011x_{14} + 0.016x_{15} + 0.02x_{16} + 0.01x_{17} + 0.008x_{18} + 0.09x_{19} + 0.10x_{20} \geq 5$$

A vitamini Kısıtı:

$$2.05x_5 + 7.20x_6 + 10x_7 + 15x_8 + 0.37x_9 + 5.20x_{10} + 30.58x_{11} + 33.07x_{12} + 9x_{13} + 2.50x_{14} + 0.6x_{15} + 3x_{16} + 0.10x_{17} \leq 1495$$

Yağ Kısıtı:

$$0.008x_1 + 0.105x_2 + 0.294x_3 + 0.381x_4 + 0.019x_5 + 0.216x_6 + 0.317x_7 + 0.056x_8 + 0.001x_9 + 0.112x_{10} + 0.811x_{11} + 0.805x_{12} + 0.002x_{13} + 0.001x_{14} + 0.21x_{15} + 0.135x_{16} + 0.001x_{17} + 0.28x_{19} + 0.001x_{20} \geq 24$$

Karbonhidrat Kısıtı:

$$0.564x_1 + 0.024x_3 + 0.012x_4 + 0.048x_5 + 0.014x_7 + 0.032x_8 + 0.027x_9 + 0.012x_{10} + 0.001x_{11} + 0.009x_{12} + 0.047x_{13} + 0.034x_{14} + 0.011x_{15} + 0.028x_{16} + 0.70x_{17} + 0.784x_{18} + 0.535x_{19} + 0.706x_{20} \geq 109$$

Potasyum Kısıtı:

$$0.74x_1 + 1.59x_3 + 1.54x_5 + 1.04x_7 + 0.86x_9 + 1.30x_{10} + 0.26x_{11} + 0.43x_{12} + 2.44x_{13} + 1.60x_{14} + 0.88x_{17} \leq 1167$$

Sodyum Kısıtı:

$$5.85x_1 + 0.01x_3 + 0.50x_5 + 7.10x_7 + 4.06x_9 + 1.38x_{10} + 8.26x_{11} + 9.43x_{12} + 0.03x_{13} + 0.06x_{14} + 0.12x_{17} \leq 800$$

C Vitamini Kısıtı:

$$0.01x_5 + 0.23x_{13} + 0.11x_{14} + 0.02x_{17} + 0.04x_{18} \geq 21$$

Diğer Kısıtlar:

$$x_1 \leq 150, x_2 \leq 100, x_3 \leq 100, x_4 \leq 100, x_5 \leq 100, x_6 \leq 100, x_7 \leq 100, x_8 \leq 100, x_9 \leq 100, x_{10} \leq 60, x_{11} \leq 100, x_{12} \leq 100, x_{13} \leq 100, x_{14} \leq 100, x_{15} \leq 100, x_{16} \leq 100, x_{17} \leq 100, x_{18} \leq 100, x_{19} \leq 100, x_{20} \leq 100$$
$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Modelin WinQSB paket programı kullanılarak edilen doğrusal programlama çözüm sonuçları : $x_1 = 120,7768$, $x_5 = 83,1758$, $x_{10} = 15,5074$, $x_{12} = 3,2020$, $x_{13} = 90,9427$, $x_{19} = 60,5612$ ve amaç fonksiyonu(min.) değeri 1,4532 olarak bulunmuştur.

Genetik Algoritma çözümü ise m - file üzerinde doğrusal programlama probleminin amaç fonksiyonu aşağıdaki biçimde yazılarak elde edilmiştir.

```
%function to minimize a linear equation
function z = objfun(x)
z = (0.00239020*x(1)+0.0350945*x(2)+0.0274729*x(3)+0.0273454*x(4)+0.00210370*x(5)
+0.0139591*x(6)+0.0200363*x(7)+0.0169805*x(8)+0.0165302*x(9)+0.005*x(10)
+0.0216273*x(11)+0.00618750*x(12)+0.00236850*x(13)+0.00186500*x(14)
+0.0115866*x(15)+0.0104020*x(16)+0.00910460*x(17)+0.0243544*x(18)
+0.0111757*x(19)+0.0100229*x(20));
```

Üreme fonksiyonu olarak rastgele bir seçim yapılarak "Uniform", seçim işlemi olarak problemin yapısına uygunluğundan dolayı "turnuva" yöntemi, çaprazlama işlemi için çeşitliliğin daha da artmasını sağlayacak "iki nokta" çaprazlama seçilmiştir. Çaprazlama ile çeşitlilik artacağından mutasyon için herhangi bir seçim yapılmayarak kısıtlara bağlı kalınmıştır. Ayrıca daha iyi sonuçlar elde etmek için "hybrid" kısmından "patternsearch" seçeneği işaretlenmiştir.

Modelin Genetik Algoritma çözüm sonuçları : $x_1 = 101,954$, $x_3 = 0,125$, $x_4 = 0,125$, $x_5 = 99,998$, $x_6 = 1,515$, $x_7 = 0,291$, $x_8 = 1,977$, $x_{10} = 38,507$, $x_{11} = 0,001$, $x_{12} = 9,743$, $x_{13} = 54,963$, $x_{14} = 65,54$, $x_{15} = 0,044$, $x_{16} = 0,028$, $x_{17} = 7,452$, $x_{19} = 29,598$, $x_{20} = 28,629$ ve amaç fonksiyonu(min.) değeri 1,7131 olarak bulunmuştur.

4. Bulgular ve Tartışma

Uygulamamızda görüldüğü üzere, sabah kahvaltısı beslenme problemi için doğrusal programlama yöntemiyle elde ettiğimiz çözümde yenmesi gereken maddeler ekme, süt, yumurta, margarin, domates, tahin olup, maliyeti 1.45 TL'dir. Genetik algoritma kullanarak elde ettiğimiz çözüm de yenmesi gereken maddeler ise ekme, sosis, salam, süt, beyaz peynir, kaşar peyniri, tulum peyniri, yumurta, tereyağı, margarin, domates, salatalık, siyah zeytin, yeşil zeytin, reçel, tahin, pekmez olup, maliyeti 1.71 TL'dir. Doğrusal Programlama ve Genetik Algoritma ile elde edilen çözüm sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'te görüldüğü gibi genetik algoritma, doğrusal programlamaya göre çok daha hızlı bir sürede problemimize çözüm sağlamıştır. Günlük besin öğesi ihtiyaçlarından sapmalara baktığımızda ise yine genetik algoritma daha az bir sapma oranı ile öne çıkmaktadır.

Tablo 3. Doğrusal Programlama ve Genetik Algoritma Çözüm Sonuçları

Besin Öğesi	Tavsiye Edilen Miktar	Doğrusal Programlama		Genetik Algoritma	
		Bulunan Miktar	Sapma (%)	Bulunan Miktar	Sapma (%)
Enerji (kalori)	750	754.959	0.04	751.99	0.0199
Protein (gr)	23	22.999	0.00001	23	0
Yağ (gr)	24	16.95	0.07	28.71	0.04
Karbonhidrat (gr)	109	109	0	108.99	0.000001
Kalsiyum (mg)	201	201	0	336.909	1.359
Demir (mg)	5	7.159	0.02	5.60	0.006
Potasyum (mg)	1167	460.90	7.061	529.72	6.37
Sodyum (mg)	800	802.45	0.0245	799.99	0.00002
A vitamini	1495	1175.52	3.19	1430.30	0.646
C vitamini	21	21.74	0.0074	20.99	0.0000009
Beslenme Maliyeti (TL)		1.45		1.71	
Toplam Sapma		10%		8%	
Çözüm Zamanı		35sn		15sn	

Sonuç olarak zaman avantajı sağlanması ve besin öğesi ihtiyaçlarından sapmaları daha düşük olması bakımından beslenme probleminin çözümünde Genetik Algoritma etkin bir biçimde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Alpaslan F. (1996). Türkiye'de 6 Büyük İlde Doğrusal Programlama ile Optimum Beslenme Maliyetinin Minimizasyonu (1994-1997). Ondokuz Mayıs üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Araştırma Fonu. Yayın No: F.150.s. 6- 8.
- Anderson A.M. and Earle M.D. (1983). Diet Planning in the Third World by Linear and Goal Programming. J. Opl. Res. Soc. Vol.34. pp.9 - 16.
- Baysal A. (1995). Genel Beslenme, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.
- Edwardson W. (1974). The Design of Nutritional Food Products for a Developing Country. A Thesis for the Degree of Ph. D. in Product Development, Massey University.
- Kaldırım E. ve Köse Z. (2006). Application of a Multi-objective Genetic Algorithm to the Modified Diet Problem, Genetic and Evolutionary Computation Congress (GECCO), Undergraduate Student Workshop, Seattle, USA.
- Goldberg D.E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, USA.
- Holland J.H. (1975). Adaption in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Pres, Ann Arbor, MI.

Gümüştekin ve diğerleri

Paker H.S. (1996). Besinlerin Yenebilen 100 gramlarının Enerji ve Besin Öğeleri Değerleri, Sporda Beslenme, Gen Matbaacılık ve Reklamcılık, Ankara.

[Sahingoz S.A. ve Sanlier N.](#)(2011). "Compliance with Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) and nutrition knowledge levels in adolescents. A case study from Turkey", *Appetite*, [Volume 57, Issue 1](#), August 2011, Pages 272-277

Sarıaslan H. ve Karacabey A.A. (2003). İşletmelerde Sayısal Analizler, Ankara; Turhan Kitabevi.

Smith V.E. (1959). Linear Programming Models for The Determination of Palatable Human Diets, *J. Farm Econ*, 41, 272-283.

Sukhatme P.V. (1961). The World's Hunger and Future Needs in Food Supplies, *Journal of Royal Statistical Society*, Series A, Vol. 124, pp 463-525.

TÜİK (2012). Tüketici Fiyat Endeksi. 03 Haziran 2013 tarihinde < <http://www.tuik.gov.tr>> adresinden erişildi.

Ly Y. (2009). Multi - Objective Nutritional Diet Optimization Based on Quantum Genetic Algorithm ; in Proc. ICNC (4), pp, 336-340.