

KARAR VERMEDE HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMİ VE UYGULAMALARI

Arş. Gör. Dr. Serap Pelin TÜRKÖĞLU*

Özet

Teknolojideki ve ekonomideki hızlı gelişmeler kişileri karmaşık karar verme problemleriyle karşı karşıya getirmektedir. Gerçek hayatta karşılaştığımız karar verme problemlerinde genellikle birden çok kriteri dikkate alırız. Çok kriterli karar verme; birden çok sayıda ve genellikle birbiriyle çelişen kriterlerin bulunduğu durumlarda söz konusu olan mevcut alternatiflerden birinin seçilmesi sürecidir. Hedef programlama çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinin en önemlilerinden biridir. Bu çalışmada hedef programlama yönteminin yapısı, gelişimi, çeşitleri, çözüm yöntemleri ve uygulama alanları analiz edilmiştir. Bu çalışmanın gelecekte, alanda yapılan çalışmalara kaynaklık edeceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hedef Programlama, Karar Verme, Çok Kriterli Karar Verme.

GOAL PROGRAMMING METHOD AND APPLICATIONS IN DECISION MAKING

Abstract

Rapid developments in technology and economy confronts people with complex decision making problems. In our decision making problems we face in real life, we often consider more than one criterion. Multi-criteria decision making is selection of one of the existing alternatives in question, where there are multiple and often conflicting criteria. One of the most important decision making methods is goal programming that is used in the solution of multi-objective problems. In this study the structure, development, types, solution methods and application areas of goal programming method are analyzed. It is thought that this work will be the source of future work in the field.

Keywords: Goal Programming, Decision Making, Multi-Criteria Decision Making.

*Giresun Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, pelin.turkoglu@giresun.edu.tr.

1. GİRİŞ

Hayatımızın her alanında karar verme durumuyla sıklıkla karşı karşıya kalırız. Karar verme, bir süreci ifade etmektedir. Karar verme durumunun gerçekleşmesi için birden çok alternatifin olması gereklidir. Böylece alternatifler birbirleriyle karşılaştırılarak amaca en uygun olanı seçilir. Bu seçme süreci “karar verme” olarak adlandırılır. Karar vericiler karar verirken her zaman optimal çözümü tercih etmeye çalışırlar. Ne yazık ki; doğru bir optimal çözüm, tek bir kriter dikkate alındığında vardır. Gerçek durumlarda, sadece bir kriter göz önüne alınarak verilen karar yetersiz kabul edilir (Loken, 2007, s. 1585).

Literatürde, karar verme kavramı birçok araştırmacı tarafından tanımlanmıştır. Hwang ve Masud (1979); karar vermeyi, mevcut tüm alternatifler arasından birinin seçilmesi süreci olarak tanımlamışlardır. Kersten ve Szpakowicz ‘e göre (1994); kişiler amaçlarına ulaşabilmek için kararlar verirler ve bu kararları uygularlar. Bu yazarlar; karar vermeyi, nedensel ve mantıksal bir süreç olarak görmüşlerdir. Gigerenzer’e (2001) göre karar verme; tercihleri, yargıları, sonuç çıkarmayı ve sınıflandırmayı içeren bir kavramdır. Fülöp (2005); karar vermeyi, karar vericinin tercihlerine ve değerlerine bağlı alternatiflerin tanımlanması ve seçilmesi çalışması olarak ifade etmiştir. Fülöp’e göre, karar verirken sadece alternatifleri tanımlamayız; aynı zamanda amaçlarımıza, hedeflerimize, arzularımıza, değerlerimize vb. en iyi uyan alternatifi seçmek isteriz. Naqvi vd.’ne (2006) göre; karar verme, kişinin seçimlerinin faydaya veya zarara yol açacağı konusunda bir belirsizlikle karşılaşılması sonucunda ortaya çıkar. Wang ve Ruhe (2007); karar vermeyi, belirli kriterlere dayalı alternatifler kümesi içerisinde bir tanesinin seçilmesini içeren bilişsel bir süreç olarak değerlendirmişlerdir. Swami (2013) çalışmasında; karar vermeyi, mevcut seçenekler arasından mantıklı olanının seçilmesi süreci olarak tanımlamıştır. Jafari vd.’ne (2017) göre karar verme, alternatifler arasından birinin seçilmesine yol açan zihinsel süreçleri ifade etmektedir.

Çok kriterli karar verme; eş zamanlı uygulanan birden çok kriter arasından, en iyi tercihin seçilmesini sağlayan karar verme aracıdır (Mendoza ve Prabhu, 2000, s. 108). Çok kriterli karar verme, tek kriterli optimizasyon yöntemlerine tepki olarak ortaya çıkmıştır (Greene vd., 2011, s. 413). Çok kriterli karar verme; karar vermenin bir dalıdır ve birden çok kriter söz konusu olduğunda, kişilere karar vermede yardımcı olan yöntemlerin tümünü içerir. Çok kriterli karar verme kullanıldığı zaman; karmaşık problemler basite indirgenerek, kişilerin karar vermeleri kolaylaşır.

Çok kriterli karar verme yöntemleri; alternatiflerin önceden tanımlandığı ve karar vericilerin alternatifleri, çoklu kriterlere göre değerlendirerek sıraladığı problemleri ele alır. Çok fazla sayıda çok kriterli karar verme yöntemi mevcuttur. Çok kriterli karar verme yöntemleri genel olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar: çok amaçlı karar verme ve çok ölçütlü karar verme yöntemleridir. Çok amaçlı karar verme yöntemleri doğrusal programlamanın özel bir uzantısıdır. Doğrusal programlamada; amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusaldır ve karar değişkenleri süreklidir. Fakat çok amaçlı karar verme yöntemlerinde; modele aynı anda çoklu amaç fonksiyonları dahil edilmektedir. Diğer yandan; çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde amaç, çoklu ölçütlere göre karakterize edilmiş uygun alternatifler popülasyonunun seçilmesidir (Ho vd., 2006, s. 323).

Hedef programlama; çelişen amaçlara sahip karar problemlerinin çözümünde kullanılan, çok kriterli karar verme yöntemlerinin en önemlilerinden biridir. Aynı zamanda hedef programlama, doğrusal programlamanın bir uzantısıdır. Fakat doğrusal programlama tek bir amaca odaklanırken, hedef programlama birden çok amacı eş zamanlı olarak dikkate alır (Ahern ve Anandarajah, 2007, s. 70).

Bu çalışmada hedef programlama yöntemi incelenmiştir ve karar vermedeki uygulamaları araştırılmıştır. Bu kapsamda çalışmanın ikinci bölümünde hedef programlama yönteminin tanımı ve gelişimi açıklanmıştır. Sonraki bölümde yöntemin yapısı anlatılmıştır. Dördüncü bölümde hedef programlamanın çeşitleri, daha sonra çözümü ve uygulama alanları incelenmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonuç ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN TANIMI VE GELİŞİMİ

Hedef programlama; hedeflerin bütün özelliklerinin belirli olduğu ve karar vericinin, hedeflerin ulaşılamayan kısmının minimize edilmesi ile ilgilendiği karar verme problemlerini ele alan analitik bir yöntemdir. Hedef programlama, esnek kullanımıyla amacın maksimize veya minimize edilmesini içeren problemlerden farklı olarak birden çok ve çelişen amaçların amaç fonksiyonunda yer almasını sağlamaktadır. Böylece belirlenen hedeflerden en az sapmalı ve tatmin edici çözümü bulmaya yardımcı olmaktadır.

Hedef programlama, çok kriterli karar vermenin bir dalıdır ve çok amaçlı problemlerinin çözümünde yaygın bir şekilde kullanılır (Özcan ve Toklu, 2009, s. 1958). Hedef programlama, karar verici tarafından tanımlanan birbirleriyle çelişen amaçların optimizasyonunun yapılmasına olanak sağlar. Bunu yaparken hedef değerlerden sapmaları minimize etmeye çalışır.

Hedef programlama; ilk defa 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından, yönetici maaşlarının analizi üzerine yapılan çalışmada tanıtılmıştır. Charnes ve Cooper; hedef programlamayı başlangıçta “kısıtlı regresyon” olarak ifade etmişlerdir. Kısıtlı regresyon; ilgili kısıtlar altında regresyon fonksiyonlarının geliştirilmesini sağlayan güçlü parametrik olmayan bir yöntemdir (Ignizio ve Romero, 2003, s. 490). Charnes ve Cooper’ın 1961’de yaptıkları çalışmada ise; hedef programlama açıkça tanımlanmıştır. Lee ve Ignizio; 1970’li yılların başında hedef programlamaya ithaf edilen ilk kitapları yazmışlardır (Sinha ve Sen, 2011, s. 1411). Ayrıca Ijiri, Romero, Jones, Tamiz vb. araştırmacılar tarafından, hedef programlamayla ilgili çalışmalar genişletilmiş ve ilerletilmiştir (Ignizio ve Romero, 2003, s. 491). Yapılan bu çalışmalar, 1970’lerin ortalarından günümüze kadar birçok uygulamanın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu bağlamda çoklu ve çelişen amaçların olduğu karar verme problemlerinin analizi için hedef programlama güçlü ve etkin bir yöntem olarak literatürdeki çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Hedef programlamada; doğrusal programlamada olduğu gibi amaç fonksiyonunun maksimize veya minimize edilmesi yerine, hedeflerden sapmalar minimize edilmektedir. Doğrusal programlamanın simpleks algoritmalarında bu sapmalar, aylak değişkenler olarak adlandırılırlar. Bu değişkenler, hedef programlama için önemlidirler. Sapma değişkeni; her bir hedef veya alt hedeften, pozitif ve negatif sapmalar olarak iki boyutta temsil edilmektedir (Sinha ve Sen, 2011, s. 1411). Hedef programlamada ana amaç, bu sapmaların minimize edilmesidir. Genel hedef programlama modeli matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir (Lee, 1973, s. 28):

$$\text{Min } Z = \sum_i^m (d_i^+ + d_i^-) \quad (1)$$

s.t.

$$Ax - Id^+ + Id^- = b \quad (2)$$

$$x, d^+, d^- \geq 0 \quad (3)$$

Bu modelde; m hedeflerin, m elemanlı sütun vektörünü (b_1, b_2, \dots, b_m) ifade eder. A ; hedefler ve alt hedefler arasındaki ilişkiyi ifade eden $m \times n$ 'li matrisi göstermektedir. x ; alt hedeflerdeki (x_1, x_2, \dots, x_n) değişkenleri temsil eder. d^+ ve d^- hedeflerden sapmalardır. I ise; m boyutlu birim matristir.

3. HEDEF PROGRAMLAMAMININ YAPISI

Hedef programlamanın temel amacı; çok amaçlı problemleri, her birinin tek bir amacı olan bir veya daha fazla probleme dönüştürmeyi sağlamaktır. Böylece hedef programlama, ele alınan problemin tüm hedeflerini gerçekleştirebilecek etkin bir çözümü bulmaya yardımcı olur. Hedef programlamanın yapısını oluşturan temel kavramlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

Amaç fonksiyonu: Hedef programlama modelinde; amaçların hedeflerden istenmeyen sapmalarını minimize eden fonksiyondur. Amaç fonksiyonu; istenmeyen sapma değişkenlerinin matematiksel olarak gösterimini temsil etmektedir. Hedef programlama modellerinden elde edilen sonuçlar, seçilen amaç fonksiyonuna karşı çok duyarlıdır. Bu nedenle, karar vericinin gerçek tercihlerini yansıtmayan yanlış bir amaç fonksiyonu, kabul edilemez sonuçlar sağlayabilir (Romero, 2004, s. 676). Tüm amaç fonksiyonlarının tek bir amaç fonksiyonu şeklinde yazılmasıyla birleşik amaç (başarı) fonksiyonu oluşturulur.

Sapma Değişkeni: Belirlenen hedef değeri ile sonuçta ulaşılan değer arasındaki farkı ölçer (Jones ve Tamiz, 2010, s. 4). Negatif sapma, belirlenen hedeflerin altında kalan sapma miktarını ifade eder. Pozitif sapma ise; belirlenen hedefleri aşan sapma miktarıdır.

Amaç: Karar vericinin tercihlerinin yönünü ifade eden kriterlerdir. Tercih yönünden kasıt, amacın maksimize veya minimize edilmesidir. Örneğin; maliyetlerin minimize veya kârın maksimize edilmesidir. Maksimize veya minimize edilecek amaçlar kümesine sahip karar problemi, çok amaçlı optimizasyon problemi olarak adlandırılır (Jones ve Tamiz, 2010, s. 3). Hedef programlamada çoklu amaçlar tek amaç şeklinde yazılabilmektedir.

Hedef: Karar vericinin amaçlarla ilgili ulaşmak istediği rakamsal seviyeyi gösterir. Yani; amaçların somutlaştırılarak rakamsal değerlere dönüştürülmüş şeklini ifade etmektedir. Tablo 1'de başlıca hedef çeşitleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Başlıca hedef çeşitleri

Hedef Çeşidi	Önem	Örnek
1	En fazla hedef seviyesine ulaşmak	Maliyetleri 1 milyon \$'lık bir bütçe içinde tutmak
2	En az hedef seviyesine ulaşmak	En az 20 parça üretmek
3	Tam olarak hedef seviyesine ulaşmak	Tam 20 işçi çalıştırmak

Kaynak: Jones ve Tamiz, 2010, s. 4.

Karar Değişkeni: Karar vericinin kontrolünde olan faktörlerdir (Jones ve Tamiz, 2010, s. 3). Örneğin; bir işletmenin bir sonraki ay üreteceği ürün miktarı karar değişkeni olarak ele alınabilir.

Kısıt: Çeşitli karar değişkenlerinden oluşan, eşitlik veya eşitsizlik şeklindeki fonksiyonlardır. Çözümün pratikte uygulanabilir olması için karar değişkenleri üzerinde, sırayla yerine getirilmesi gereken kısıtlamalardır (Jones ve Tamiz, 2010, s. 5). Hedef programlamada kısıtlar; sistem kısıtları ve hedef kısıtları olmak üzere ikiye ayrılır. Sistem kısıtları; mutlaka sağlanması gereken, değişmez kısıtlardır. Hedef kısıtları ise; karar vericilerin ulaşmak istediği hedefleri gösteren fonksiyonlardır. Sistem kısıtları gibi katı ve değişmez değildirler, daha esnek bir yapıya sahiptirler.

4. HEDEF PROGRAMLAMA ÇEŞİTLERİ

Literatürde en eski ve en yaygın kullanılan hedef programlama çeşitleri şunlardır (Romero, 2004, s. 676-677):

- Archimedean hedef programlama olarak bilinen ağırlıklı hedef programlama,
- Öncelikli hedef programlama olarak bilinen lexicographic hedef programlama,
- Chebyshev hedef programlama olarak bilinen minmax hedef programlama.

Ağırlıklı hedef programlamada amaç; istenmeyen sapma değişkenlerinin minimize edilmesidir. Sapma değişkenlerinin ağırlıklandırılması; sapmaların önem seviyeleri dikkate alınarak yapılır. Karar vericiler tarafından; sapma değişkenlerinin önem derecelerine göre, negatif ve pozitif sapmalara ağırlıklar atanır. Ağırlıklı hedef programlama; sapma değişkenleri arasında ödünleşime izin verir. Bunu yaparken, sapmaları ağırlıklandırır. Ağırlıklı hedef programlama modeli şu şekildedir (Tamiz vd., 1998, s. 570):

$$\text{Min } z = \sum_i^k (u_i n_i + v_i p_i) \quad (4)$$

s.t.

$$f_i(x) + n_i - p_i = b_i, \quad i = 1, \dots, Q, \quad x \in C_s, \quad (5)$$

$f_i(x)$, x 'in doğrusal bir fonksiyonudur ve b_i , amaç için hedef değerdir. n_i ve p_i hedef değerden negatif ve pozitif sapmaları ifade etmektedir. u_i ve v_i sapmaların pozitif ağırlıklarını temsil etmektedir. Karar verici için ilgili sapma değişkeninin minimize edilmesi önemsiz ise; bu ağırlıklar sıfır değerini alır. C_s ise; doğrusal programlamada bulunan kısıtların kümesidir. Ağırlıklı hedef programlama modelini kullanan çalışmalardan önemli görülenler tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Ağırlıklı hedef programlama modelini uygulayan çalışmalar

Yazarlar	Uygulama Alanı
Ballarin vd. (2011), Zografidou vd. (2016)	Enerji Sektörü
Bravo vd. (2017)	Tesis Yeri Seçimi
Prišenk vd. (2014)	Tarım Sektörü

Öncelikli hedef programlamada; farklı hedefler, önceliklerinin seviyelerine göre kategorize edilir. Bu yaklaşımda; ilk önce üst seviye hedefler optimize edilir, daha sonra alt seviye hedefler dikkate alınır. Böylece hedef programlama problemleri sıralı bir şekilde formüle edilir ve çözülür (Deb, 1999, s. 80). Öncelikli hedef programlama modeli şu şekilde formüle edilmektedir (Özcan ve Toklu, 2009, s. 1958):

$$\text{LEXMIN}a = \left[\sum_{q \in pr_1} (\alpha_q d_q^- + \beta_q d_q^+), \dots, \sum_{q \in pr_r} (\alpha_q d_q^- + \beta_q d_q^+), \dots, \sum_{q \in pr_Q} (\alpha_q d_q^- + \beta_q d_q^+) \right] \quad (6)$$

s.t.

$$f_s(x) =, \leq, \text{ or } \geq b_s, \quad s \in S \quad (7)$$

$$g_q(x) + d_q^- - d_q^+ = t v_q, \quad q \in pr_r, \quad r \in Q \quad (8)$$

$$d_q^-, d_q^+ \geq 0, \quad q \in pr_r \quad (9)$$

p_r ; r . öncelik seviyesinde yer alan hedefler kümesi indeksini temsil eder. α_q ve β_q sırasıyla d_q^+ ve d_q^- için ağırlık faktörleridir. $f_s(x)$, sistem kısıtı,; $g_q(x)$, hedef kısıtı ve tv_q , q hedefinin amaç değeridir.

Öncelikli hedef programlama yöntemi, önem derecelerine göre hedeflerin önceliklendirilmesiyle başlar. Model daha sonra; yüksek öncelikli hedefin optimum değerinin düşük öncelikli hedef tarafından kötüleştirilmesine izin verilmeyecek şekilde, her seferinde bir hedefi optimum kılar (Taha, 2000, s. 348). Literatürde öncelikli hedef programlama modelini uygulayan çalışmalardan bazıları tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. Öncelikli hedef programlama modelini uygulayan çalışmalar

Yazarlar	Uygulama Alanı
Palacios vd. (2015)	Çizelgeleme Çalışmaları
Mansoori vd. (2009)	Tarım Sektörü
Chowdary (2012)	Üretim Planlama

Minmax hedef programlama, ağırlıklı hedef programlama yaklaşımına benzemektedir. Fakat bu yaklaşımda; hedeften sapmaların ağırlıksal toplamalarının minimize edilmesi yerine, hedeften maksimum sapma minimize edilir (Deb, 1999, s. 80). Bu yöntem, karar vericinin tercih bilgisini gerektirmemektedir. Minmax hedef programlama genel olarak aşağıdaki gibi formüle edilir (Verma vd., 2010, s. 303):

$$\text{Min } \lambda_i \quad \lambda_i \geq 0 \text{ için,} \quad (10)$$

s.t.

$$Z_i(x) + d_i^- - d_i^+ = G_i \quad (11)$$

$$\lambda_i \geq d_i^- - d_i^+ \quad (12)$$

$$\lambda_i \geq d_i^+ - d_i^- \quad (13)$$

$$x, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad x \in X \quad (14)$$

d_i^+ ve d_i^- sırasıyla; i 'inci hedeften (G_i) pozitif ve negatif sapmaları ifade eder. Eğer pozitif sapmanın (d_i^+) herhangi bir değeri için (>0), negatif sapma (d_i^-) "0" değerini alıyorsa; amaç fonksiyonu [$Z_i(x)$] değeri, hedef değerden daha büyük olur. Benzer şekilde, eğer negatif sapmanın (d_i^-) herhangi bir değeri için (>0) pozitif sapma (d_i^+) "0" değerini alıyorsa; amaç fonksiyonu [$Z_i(x)$] değeri, hedef değerden daha küçük olur. λ_i , maksimum sapmayı gösterir. Bu yaklaşımda, maksimum sapma (λ_i) minimize edilir. Bu yüzden minmax hedef programlama olarak adlandırılır. Minmax hedef programlamayı kullanan bazı çalışmalar tablo 4'te belirtilmektedir.

Tablo 4. Minmax hedef programlamayı uygulayan çalışmalar

Yazarlar	Uygulama Alanı
Ignizio (2004)	Kaynak Tahsisi
Tamiz vd. (2013)	Portföy Seçimi
García vd. (2010)	Finans Sektörü

En yaygın kullanılan hedef programlama modelleri: ağırlıklı, öncelikli ve minmax hedef programlama olmasına rağmen; literatürde başka hedef programlama çeşitleri de mevcuttur. Bunlardan biri de genişletilmiş hedef programlamadır. Bu modelin genel gösterimi şöyledir (Liao, 2009, s. 139):

$$\text{Min } (1-\lambda)D + \lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i d_i^+ + \beta_i d_i^- \quad (15)$$

s.t.

$$\alpha_i d_i^+ + \beta_i d_i^- - D \leq 0 \quad (16)$$

$$f_i(X) - d_i^- + d_i^+ = g_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (17)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1,2,\dots,n \quad (18)$$

$X \in F$ (F, uygun çözüm kümesidir.)

λ ; istenmeyen sapma değişkenlerinin ağırlıklı toplamının minimizasyonu ile ilişkilendirilen önemini ağırlıklandıran bir parametredir. $\lambda=0$ için; amaç fonksiyonu, minmax hedef programlamanın amaç fonksiyonuna dönüşür. $\lambda=1$ için ise; modelin amaç fonksiyonu, ağırlıklı hedef programlamanın amaç fonksiyonu haline gelir. λ 'nın diğer değerleri için; (0-1) aralığında, minmax ve ağırlıklı hedef programlamanın ağırlıklı kombinasyonları tarafından ara çözümler sağlanır (Liao, 2009, s. 139). Genişletilmiş hedef programlama modelindeki diğer değişkenler, ağırlıklı hedef programlama modelindeki gibi tanımlanır. Genişletilmiş hedef programlamayı literatürde uygulayan çalışmalardan bazıları tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 5. Genişletilmiş hedef programlamayı uygulayan çalışmalar

Yazarlar	Uygulama Alanı
Kalu (1999)	Sermaye Bütçeleme
Jones ve Wall (2016)	Tesis Yeri Seçimi
Pal ve Kumar (2014)	Kaynak Tahsisi

Her bir amaç fonksiyonu farklı bir hedef programlama çeşidine yol açmaktadır (Tzeng, 2003, s. 5). Çalışmada belirtilen yöntemler dışında; bulanık (Chen vd., 2017, s. 654-663; Mokhtari ve Hasani, 2017, s. 230-242; Jayaraman vd., 2017, s. 255-270), kesirli (Audet vd., 2004, s. 113-120; Gómez vd., 2006, s. 79-88; Radhakrishnan ve Anukokila, 2014, s. 359-377), doğrusal olmayan (Pang ve Wu, 2014, s. 192-200; He vd., 2016, s. 2065-2081; Li vd., 2016, s. 563-574), stokastik (Shakourloo, 2017, s. 1007-1021; Azimian ve Aouni, 2017, s. 351-365; Masri, 2017, s. 179-192), etkileşimli (Reeves ve Hedin, 1993, s. 747-753; Kharrat vd., 2011, s. 85-104), tamsayı (Mohammadi vd., 2012, s. 1291-1302; Lotfi ve Ghaderi, 2014, s. 23-36; Ragab vd., 2016, s. 7864-7878) vb. hedef programlama çeşitleri literatürde yer almaktadır.

5. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN ÇÖZÜMÜ

Hedef programlama probleminin çözümü için üç farklı yöntem vardır. Bunlar (Acharya vd., 2011, s. 54-55):

- İki değişkenli problemlere uygulanan grafik yöntemi,
- Sıralı hedef programlama yöntemi,
- Çok aşamalı simpleks yöntemi.

Sıralı doğrusal hedef programlama yönteminin temel özelliği; hedef programlama problemlerine, doğrusal programlamanın bilgisayar programlarını çalıştırmasına izin vermesidir. Çok aşamalı simpleks yöntemi ise, Danzig'in simpleks yönteminin değiştirilmiş bir versiyonudur (Bhargava vd., 2011, s. 124). Çok aşamalı simpleks yönteminde amaçlar; eş zamanlı olarak gerçekleştirildiğinden, çözümü zaman alıcıdır. Sıralı hedef programlama yönteminde; amaçlar teker teker dikkate alındığından çözüm zamanı daha kısadır.

Öncelikli hedef programlama problemlerini çözmek için; karar vericiler, ya sıralı hedef programlama yöntemini ya da çok aşamalı simpleks yöntemini tercih ederler. Öncelikli doğrusal hedef programlama yaklaşımı, sıralı doğrusal hedef programlama olarak ifade edilir.

Gökçen ve Ağpak (2006) çalışmalarında; hedef programlamanın iki yolla çözülebileceğini ifade etmişlerdir: (i) eğer hedeflerin ağırlıkları tam olarak tanımlanmışsa, simpleks algoritması kullanılarak ve (ii) eğer hedeflerin ağırlıkları tam olarak tanımlanmamışsa fakat; sıralanmışsa ($P_1 > P_2 \dots > P_n$), öncelikli hedef programlama kullanılarak (Gökçen ve Ağpak, 2006: 580).

Bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişmelerle birlikte; hedef programlama, çeşitli yazılımlar (LINDO, LINGO, Excel Solver, CPLEX, TORA vb.) kullanılarak da kolayca çözülebilmektedir.

6. HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMİNİN UYGULAMA ALANLARI

Hedef programlama gerçek hayat problemlerinin çözümünde kullanılan ve uygulama alanı oldukça geniş bir yöntemdir. Birçok alan ve sektörde kullanılan hedef programlama yönteminin uygulama alanlarından önemli görülenlerinden bazıları şu şekildedir:

- Ulaşım sektörü ve Araç Rotalama Çalışmaları: El-Wahed ve Lee (2006) çalışmalarında, çok amaçlı ulaşım problemi için tercih edilen uzlaşmacı çözümü belirlemek için etkileşimli bir bulanık hedef programlama yaklaşımı sunmaktadırlar. Calvete vd. (2007), zaman pencereli ve çok amaçlı araç rotalama problemi için iki aşamalı bir yaklaşım önermektedirler. Zangiabadi ve Maleki (2007), çalışmalarında çok amaçlı ulaşım problemi için en uygun uzlaşmacı çözümü belirlemek için bulanık hedef programlama yaklaşımını kullanmaktadırlar. Narayanamoorthy ve Anukokila (2014), çalışmalarında çok amaçlı ulaşım problemini aralık maliyetiyle çözmek için bulanık hedef programlama yaklaşımı önermektedirler. Çalışmada ayrıca önerilen yaklaşımın potansiyel kullanımını göstermek için sayısal bir örnek verilmektedir. Abdelaziz vd. (2017), çalışmalarında havaalanı otobüsü rotalama probleminin ele alınması önerilmektedir. Önerilen model, Tunus-Kartaca havalimanında bulunan bir ulaştırma şirketinden alınan gerçek hayat verileri kullanılarak test edilmektedir. Yousefi vd. (2017), çalışmalarında zaman pencereli araç rotalama problemi için hedef programlama modeli önermektedirler. Bu çalışmada kullanılan araç sayısı ve gidilen mesafe minimize edilirken müşteri memnuniyeti de dikkate alınmaktadır.

- İşgücü ve Üretim Planlama: Price ve Piskor (1972), Kanada kuvvetleri içindeki memurlar için işgücü sistemi için bir hedef programlama modeli önermişlerdir. Model, üç yıllık bir planlama ufku boyunca birçok mesleki sınıftaki çeşitli rütbe seviyeleri için promosyon kotalarını ve güçlerini sabitleyen kontrol sisteminin bir parçasını oluşturmaktadır. Yazarlar çalışmalarında, önerilen emniyet politikalarını değerlendirmek için sistemin kullanımına bir örnek vermektedirler. Ayrıca hedef programlamanın, işgücü planlaması için en yararlı araç olduğunu dile getirmişlerdir. Selim vd. (2008), çalışmalarında tedarik zinciri sistemlerinde üretim-dağıtım planlama sorunu ele almaktadırlar. Bulanık hedef programlama modelini çalışmalarında kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçları bulanık hedef programlama yaklaşımının, farklı tedarik zinciri yapılarındaki üretim-dağıtım planlama sorunlarını ele almada etkili bir şekilde kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır. Leung ve Chan (2009), üretim kapasitesi, işgücü seviyesi, fabrika yerleri, makine kullanımı, depolama alanı ve diğer kaynak sınırlamaları gibi farklı operasyonel kısıtlamaları içeren üretim planlama sorununu ele almaktadırlar. Çalışmalarında kârı maksimize etmek, onarım masraflarını en aza indirmek ve Çin üretim tesisinin makine kullanımını hiyerarşik olarak en üst düzeye çıkarmak için bir hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Önerilen modelin etkinliğini ve verimliliğini test etmek için bir yüzey ve malzeme bilimi şirketinden alınan bir dizi veri kullanılmıştır. Bhargava vd.

(2015), çalışmalarında üretimin yapılacağı ve belirli kısıtlamalar dahilinde satılacak birim sayısının belirlenmesi hedeflenen bir imalat tesisinde bulanık meta-hedef programlama modeli önermektedirler.

- Portföy Seçimi: Parra vd. (2001), çalışmalarında bulanık hedef programlama kullanarak özel bir yatırımcı için getiri, risk ve likidite olmak üzere üç kriteri göz önüne alarak optimum portföyü analiz etmişlerdir. Chen (2008), çalışmasında portföylerin beklenen getiri ve risk altındaki değeri ve yatırımcının tercihlerini birleştirmenin esnekliği arasındaki dengeyi göz önüne alan yeni bir portföy seçim modelinin oluşturulması için polinom hedef programlamanın uygulamıştır. Ampirik analizde Pacific Rim ülkelerinin 10 uluslararası hisse senedi piyasasının tarihsel verileri kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları önerilen modelin, geleneksel bir varlık tahsis modelinin problemlerini çözme becerisini göstermiş olduğunu kanıtlamıştır. Azmi ve Tamiz (2010), çalışmalarında hedef programlama yönteminin portföy seçimi ve analizi problemlerine uygulanmasının incelenmesini sağlamaktadırlar ve portföy seçimi bağlamında performans ölçümüne genel bir bakış sunmaktadırlar. Ballestero vd. (2015), çalışmalarında menkul kıymet portföylerini seçmek için klasik beklenen fayda maksimizasyon teorisine dayanan ortalama-varyanslı stokastik hedef programlama modeli kullanmışlardır. Yakut ve Çankal (2016), 2004-2013 dönemi için BİST 30 hisse senetlerinin aylık kapanış fiyatlarını kullanarak Markowitz ortalama varyans modeli, hedef programlama ve çok amaçlı genetik algoritma yöntemleriyle 8 farklı getiri risk seviyesinde portföyler oluşturmuşlardır. Bu çalışmada teknikler açısından karşılaştırılma yapıldığında kuadratik hedef programlamanın genetik algoritmadan daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Kazemi vd. (2017), çalışmalarında olasılık teorisine dayanarak portföy elde edilmesi için çok amaçlı bir portföy optimizasyon modeli önermişlerdir ve daha sonra önerilen modeli, her hedefin aspirasyon (doyum) seviyesini karşılamak için bir bulanık hedef programlama modeli olarak çözmüşlerdir. Ayrıca çalışmada önerilen modelin çeşitli beklenmedik koşullara uygulanabilecek kadar çok yönlü olduğunu göstermek için etkin portföy seçiminin sayısal örneği verilmiştir.

- Kaynak Tahsisi Çalışmaları: Blake ve Carter (2002), hastanelerde kaynak tahsisi için bir metodoloji tanımlamışlardır. Metodolojide doğrusal hedef programlama modelini kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçları kullanılan modelin akut bakım hastaneleri tarafından verilen hizmetlerin sayısına, çeşidine ve fiyatına ilişkin kararlar almak için uygulanabileceğini göstermiştir. Mehrolhasani vd. (2016), hedef programlama modeli kullanarak Kerman'daki Shafa hastane yataklarını yeniden tahsis etmişlerdir. Çalışmanın sonuçları yanık, kalp cerrahisi, acil ve ortopedi gibi bölümlerde bir yatak sıkıntısı olduğunu ve kulak burun boğaz, oftalmoloji ve nöroloji bölümlerinde yatak fazlalığı olduğunu göstermiştir. Jayashree vd. (2016) Hindistan'daki JNT üniversitesinin kaynaklarının tahsisi için bir hedef programlama modeli önermişlerdir. Önerilen model, uzun dönemli bütçe planlaması ve kaynak tahsisi için bir araç olarak görülmüştür. Kamran vd. (2017), çalışmalarında acil sağlık merkezleri için farklı kısıtlamaları ve çoklu hedefleri (maliyet, kabul edilen hasta sayısı, devir süresi, servis kapasitesi vb.) göz önüne alan kaynak (personel, hastane ekipmanları ve tesisleri) dağılımı problemini ele almışlardır. Problem ağırlıklandırılmış hedef programlama yöntemi ile çözülmüştür.

- Çizelgeleme Çalışmaları: Azaiez ve Sharif (2005), çalışmalarında hemşire çizelgeleme modeli geliştirmişlerdir. Model, 0-1 doğrusal hedef programlama yöntemi ile çözülmüştür. Mevcut elle yapılmış programların iyileştirilmesi için Suudi Arabistan'daki Riyad Al-Kharj hastane programına uyarlanmıştır. Geliştirilen model, hem literatürde yer alan önerilen bazı politikaları göz önünde bulundurmanın yanı sıra hastane amaçlarını ve hemşirelerin tercihlerini de içermektedir. Tamiz ve Yaghoobi (2010) çalışmalarında hemşireleri hastane servislerine tahsis etmek için bulanık hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. İran'ın Kerman kentindeki bir hastaneye uygulanmıştır. Önerilen model tarafından geliştirilen aylık program hem hastane hedeflerini hem de hemşirelerin tercihlerini hesaba katmıştır. Li ve

Liu (2017), çalışmalarında işlerin işlem sürelerinin belirsiz değişkenler olduğunu varsaymışlardır ve her bir makinenin tüm işlerini maliyet kısıtlamaları altında önceden belirlenmiş bir zamana kadar tamamlaması beklenen makine çizelgeleme problemi için belirsiz bir hedef programlama modeli önermişlerdir. Todovic vd. (2015), Bosna Hersek'teki bir polis karakolundaki polis memurlarının aylık programlarının belirlenmesinde hedef programlama yöntemi kullanmışlardır.

- Tesis Yeri Seçimi: Kanoun vd. (2010), çalışmalarında Tunus'taki Sfax bölgesinde bir yangın ve acil servis istasyonunun yerini belirlemek için hedef programlama yöntemini uygulamışlardır. Chang (2015), çalışmasında yenilenebilir enerji endüstrisinin kapasite artırımı planlaması problemi için çok seçenekli bir hedef programlama modeli önermiştir. Bu model, farklı enerji tesislerinin optimum karışımı, yer seçimi ve diğer ölçütlerle ilgili kararları içermektedir. Uygulanan modelle üretilen enerji, yatırım maliyeti, kaçınılan emisyon, iş yaratma, işletme ve bakım maliyetleri, mesafe güvenliği ve sosyal kabul ile ilgili önceden tanımlanmış hedeflerden toplam sapmayı en aza indirmek için farklı enerji tesisleri uygun yerler belirlenmiştir. Ayrıca Tayvan'daki yenilenebilir enerji planlama sorununun sosyal kabulünün yararlılığını göstermek için çok seçenekli hedef programlama modeli kullanılmıştır.

- Diyet Problemleri: Anderson ve Earle'nin (1983), çalışmalarında hedef programlamayı seçilen diyetlerde beslenme dengesinin sağlanması için bir yöntem olarak sunmaktadırlar. Bhargava vd. (2011), çalışmalarında beslenme gereksinimlerini karşılamak için sıklıkla belirli besinlerin aşırı miktarda alınmasına neden olan diyetleri ele almışlardır ve ağırlıklı hedef programlamayı analiz yöntemi olarak kullanmışlardır. Gerdessen ve De Vries (2015), çalışmalarında diyet problemi için genişletilmiş hedef programlamayı kullanmışlardır.

- Tarım Sektörü: Barnett vd. (1982), çalışmalarında Senegalli çiftçilerin çok hedefli amaç fonksiyonu için ağırlıkları ampirik olarak tahmin etmekte hedef programlama yöntemini uygulamışlardır. Prišenk vd. (2014) çalışmalarında çiftliklerdeki süreçleri optimize etmek için doğrusal programlama ve ağırlıklı hedef programlamanın temel özelliklerini sunmuştur. Dave (2015), çalışmasında tarım sektöründeki hedef programlama çalışmalarını analiz etmiştir.

- Hedef programlama yöntemi ayrıca tedarikçi seçiminde (Choudhary ve Shankar, 2014, s. 1-9; Jadidi vd., 2014, s. 158-165; Karimi ve Rezaeina, 2014, s. 1227-1234), yatırım ve finansal planlamada (Kvanli, 1980, s. 207-218; Batson, 1989, s. 112-120; Kooros ve McManis, 1998, s. 152-164; Schniederjans ve Hamaker, 2003, s. 8-17), muhasebe çalışmalarında (Buffa, 1983, s. 93-108; Tayi ve Leonard, 1988, s. 401-410; Gardner vd., 1990, s. 154-170; Puelz ve Lee, 1992, s. 1186-1200; Agarwal vd., 2012, s. 359-385; Aouni vd., 2017, s. 41-54), pazarlama çalışmalarında (Taylor ve Anderson, 1979, s. 136-144; Bard, 1990, s. 755-766; Kwak vd., 1991, s. 334-344; McGlone ve Calantone, 1992, s. 1231-1239; Paksoy ve Chang, 2010, s. 3586-3598), enerji ve çevre çalışmalarında (Nanda vd., 1988, s. 26-32; Chang ve Wang, 1997, s. 303-321; Pati vd., 2008, s. 405-417; San Cristóbal, 2012, s. 4461-4464; La Scala vd., 2014, s. 658-666, Mamun vd., 2015, s. 111-125; Chang, 2015, s. 379-389) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hedef programlama yöntemi esnek kullanımıyla birçok alana kolaylıkla uygulanabilmektedir. Hedef programlama yöntemi kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilen gerçek hayat uygulamalarından bazıları şunlardır (Ignizio ve Romero, 2003, s. 490):

- 1950'lerde General Electric şirketi için yapılan yönetici tazminatı analizi,
- Apollo insanlı aya iniş programında kullanılan, Saturn II fırlatma aracı için antenlerin tasarımı ve dağıtımı,
- Patriot Hava Savunma Sistemi için bir yerleşim düzeninin belirlenmesi,
- Birleşik Krallık'ta balıkçılıktaki kararların alınması,

- Finans sektöründeki denetim işlemlerinin yapılması (örneğin, Yunanistan Ticaret Bankası için),
- ABD Deniz Kuvvetleri torpilleri için akustik düzenin tasarımı,
- Ayrıca; tarım, finans, mühendislik, enerji, kaynak tahsisi alanlarındaki problemlerin çözümü.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çok kriterli karar verme; 1970’li yılların başlarından itibaren önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir ve o zamandan beri çok kriterli sistematik ve rasyonel karar vermenin temelini oluşturan teori ve modellere katkı sağlamıştır (Carlsson ve Fullér, 1996, s. 139). Çok kriterli karar verme birden çok kriterin olduğu durumlarda alternatiflerden birinin seçilmesi sürecini ifade etmektedir.

Çok kriterli karar vermede iki önemli düşünce okulu mevcuttur: Amerikan ve Avrupa okulu. Amerikan okulu, yöneylem araştırması geleneğini izlemiştir. Bu okula ait yöntemlerin bir kısmı; çok ölçütlü fayda teorisi tabanlı değer veya fayda fonksiyonunu kullanmaktadır. Yöntemlerin diğer bir kısmı ise; arzu edilen veya tatmin edici sonuçların belirtilmesi fikri üzerine odaklanmaktadır. Avrupa okulu, optimumu elde eden yöneylem araştırması fikrinden uzaklaşmıştır ve karar vericilere, alternatifleri ikili şekilde karşılaştırmaya yardımcı olmak için sıralama ilişkileri geliştirmiştir (Greene vd., 2011, s. 413-414).

Çok kriterli karar verme problemleri çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak analiz edilmektedir. Bu yöntemlerin çoğu dört adımı içerir: (i) karar probleminin oluşturulması, (ii) tercihlerin belirtilmesi ve modellenmesi, (iii) alternatif değerlendirmelerinin toplanması ve (iv) önerilerde bulunulması. Bu yöntemler arasındaki temel farklar; alternatif değerlendirmelerinde kullanılan algoritma türlerinin farklılığından, gerekli girdi veri çeşitlerinden ve nihai sonuçlardan kaynaklanmaktadır (Betrie vd., 2013, s. 37).

Hedef programlama; çok kriterli karar vermenin güçlü ve popüler bir yöntemidir. Çoklu amaçların olduğu karar verme durumlarında sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak literatürde yerini almaktadır. Ayrıca kullanımı kolay bir yöntemdir, çelişen amaçların amaç fonksiyonunda bulunmasını sağlar, çözümünde karmaşık prosedürler kullanılmaz. Böylelikle yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Bu çalışmada hedef programlama yönteminin genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla hedef programlama yönteminin tanımı, gelişimi, çeşitleri, çözüm yöntemleri ve önemli uygulama alanları incelenmiştir. Literatürde sınırlı sayıda yer alan, hedef programlama yöntemi ve uygulamalarının genel değerlendirmesini içeren bu çalışmanın karar vericilere ve bu alanda yapılacak çalışmalara ışık tutması beklenmektedir. Gelecek çalışmalar için hedef programlamanın diğer çok kriterli karar verme yöntemleriyle beraber kullanımı ve ilgili alanlardaki uygulamaları incelenebilir. Ayrıca hedef programlama yöntemini içeren hibrit modellerin uygulama alanları ileride yapılacak çalışmalarda değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Abdelaziz, F. B., Masri, H. ve Alaya, H. (2017). A recourse goal programming approach for airport bus routing problem. *Annals of Operations Research*, 251(1-2), 383-396.
- Acharya, S., Nanda, S. ve Mishra, B. B. (2011). Solving multi-choice linear goal programming problem with preemptive priorities. *Journal of Orissa Mathematical Society*, 30(1), 52-70.

- Agarwal, Y., Iyer, K. C. ve Yadav, S. S. (2012). Multiobjective capital structure modeling: An empirical investigation of goal programming model using accounting proxies. *Journal of Accounting, Auditing ve Finance*, 27(3), 359-385.
- Anderson, A. M. ve Earle, M. D. (1983). Diet planning in the third world by linear and goal programming. *Journal of the Operational Research Society*, 34(1), 9-16.
- Aouni, B., McGillis, S. ve Abdulkarim, M. E. (2017). Goal programming model for management accounting and auditing: A new typology. *Annals of Operations Research*, 251(1-2), 41-54.
- Audet, C., Carrizosa, E. ve Hansen, P. (2004). An exact method for fractional goal programming. *Journal of Global Optimization*, 29(1), 113-120.
- Azaiez, M. N. ve Al Sharif, S. S. (2005). A 0-1 goal programming model for nurse scheduling. *Computers ve Operations Research*, 32(3), 491-507.
- Azimian, A. ve Aouni, B. (2017). Supply chain management through the stochastic goal programming model. *Annals of Operations Research*, 251(1-2), 351-365.
- Azmi, R. ve Tamiz, M. (2010). A review of goal programming for portfolio selection. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 638, 15-33.
- Ballarin, A., Vecchiato, D., Tempesta, T., Marangon, F. ve Troiano, S. (2011). Biomass energy production in agriculture: A weighted goal programming analysis. *Energy Policy*, 39(3), 1123-1131.
- Ballestero, E., Garcia-Bernabeu A. ve Hilario, A. (2015). Portfolio selection by goal programming techniques. *International Series in Operations Research and Management Science*, 219, 111-129.
- Bard, J. F. (1990). Using multicriteria methods in the early stages of new product development. *Journal of the Operational Research Society*, 41(8), 755-766.
- Barnett, D., Blake, B. ve McCarl, B. A. (1982). Goal programming via multidimensional scaling applied to senegalese subsistence farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 64(4), 720-727.
- Batson, R. G. (1989). Financial planning using goal programming. *Long Range Planning*, 22(5), 112-120.
- Betrie, G. D., Sadiq, R., Morin, K. A. ve Tesfamariam, S. (2013). Selection of remedial alternatives for mine sites: A multicriteria decision analysis approach. *Journal of Environmental Management*, 119, 36-46.
- Bhargava, A. K., Bansal, D., Chandramouli, A. B. ve Kumar, A. (2011). Weighted goal programming model formulation and calculation of diet planning. *International Transactions in Mathematical Sciences and Computers*, 4(1), 123-132.
- Bhargava, A. K., Singh, S. R. ve Bansal, D. (2015). Production planning using fuzzy meta-goal programming model. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(34), 1-9.
- Blake, J. T. ve Carter, M. W. (2002). A goal programming approach to strategic resource allocation in acute care hospitals. *European Journal of Operational Research*, 140(3), 541-561.

- Bravo, M., Jones, D., Pla-Santamaria, D. ve Wall, G. (2017). Robustness of weighted goal programming models: An analytical measure and its application to offshore wind-farm site selection in united kingdom. *Annals of Operations Research*, 1-15.
- Buffa, F. P. (1983). A zero-base budgeting process with goal programming feedback. *Computers, Environment and Urban Systems*, 8(2), 93-108.
- Calvete, H. I., Galé, C., Oliveros, M. J. ve Sánchez-Valverde, B. (2007). A goal programming approach to vehicle routing problems with soft time windows. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1720-1733.
- Carlsson, C. ve Fullér, R. (1996). Fuzzy multiple criteria decision making: recent developments. *Fuzzy Sets and Systems*, 78, 139-153.
- Chang, C. T. (2015). Multi-choice goal programming model for the optimal location of renewable energy facilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 379-389.
- Chang, N. B. ve Wang, S. F. (1997). A fuzzy goal programming approach for the optimal planning of metropolitan solid waste management systems. *European Journal of Operational Research*, 99(2), 303-321.
- Charnes, A. ve Cooper, W. W. (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. New York: John Wiley and Sons.
- Charnes, A., Cooper, W. W. ve Ferguson, R. (1955). Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management Science*, 1(2), 138-151.
- Chen, H. H. (2008). Value-at-risk efficient portfolio selection using goal programming. *Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies*, 11(2), 187-200.
- Chen, L. H., Ko, W. C. ve Yeh, F. T. (2017). Approach based on fuzzy goal programming and quality function deployment for new product planning. *European Journal of Operational Research*, 259(2), 654-663.
- Choudhary, D., ve Shankar, R. (2014). A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection. *Computers ve Industrial Engineering*, 71, 1-9.
- Chowdary, B. V. (2012). Production planning in a machine tool company: Application of a linear lexicographic goal programming approach. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 2(3), 282-310.
- Dave, A. (2015). Goal programming applications in agricultural management. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2(6), 883-887.
- Deb, K. (1999, February). *Solving goal programming problems using multi-objective genetic algorithms*. 1999 Congress on Evolutionary Computation, Washington, DC, United States.
- El-Wahed, W. F. A. ve Lee, S. M. (2006). Interactive fuzzy goal programming for multi-objective transportation problems. *Omega*, 34(2), 158-166.
- Fülöp, J. (2005, November). *Introduction to decision making methods*. In BDEI-3 workshop, Washington.
- García, F., Guijarro, F. ve Moya, I. (2010). Ranking spanish savings banks: a multicriteria approach. *Mathematical and Computer Modelling*, 52(7), 1058-1065.

- Gardner, J. C., Huefner, R. J. ve Lotfi, V. (1990). A multiperiod audit staff planning model using multiple objectives: Development and evaluation. *Decision Sciences*, 21(1), 154-170.
- Gerdessen, J.C. ve De Vries, J. H. M. (2015). Diet models with linear goal programming: impact of achievement functions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(11), 1272-1278.
- Gigerenzer, G. (2001). Decision making: nonrational theories. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, 5, 3304–3309.
- Gómez, T., Hernández, M., León, M. A. ve Caballero, R. (2006). A forest planning problem solved via a linear fractional goal programming model. *Forest Ecology and Management*, 227(1), 79-88.
- Gökçen, H. ve Ağpak, K. (2006). A goal programming approach to simple U-line balancing problem. *European Journal of Operational Research*, 171, 577-585.
- Greene, R., Devillers, R., Luther, J. E. ve Eddy, B. G. (2011). GIS-based multiple-criteria decision analysis. *Geography Compass*, 5(6), 412-432.
- He, Y., Gao, S., Liao, N. ve Liu, H. (2016). A nonlinear goal-programming-based DE and ANN approach to grade optimization in iron mining. *Neural Computing and Applications*, 27(7), 2065-2081.
- Ho, W., Dey, P. K. ve Higson, H. E. (2006). Multiple criteria decision-making techniques in higher education. *International Journal of Educational Management*, 20(5), 319-337.
- Hwang, C. L. ve Masud, A. S. Md. (1979). *Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications: A State-of-The-Art Survey*. Berlin: Springer-Verlag.
- Ignizio, J. P. (1976). *Goal Programming and Extensions*. Lexington, MA: Lexington Mass: Heath, Lexington Books.
- Ignizio, J. P. (2004). Optimal maintenance headcount allocation: An application of chebyshev goal programming. *International Journal of Production Research*, 42(1), 201-210.
- Ignizio, J. P. ve Romero, C. (2003). Goal programming. *Encyclopedia of Information Systems*, 2, 489-500.
- Jadidi, O. M. I. D., Zolfaghari, S. ve Cavalieri, S. (2014). A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation. *International Journal of Production Economics*, 148, 158-165.
- Jafari, M., Rahimi, M. ve Bayat, M. (2017). Unstabling in the legal environment and decision-making process. *Independent Journal of Management ve Production*, 8(1), 170-192.
- Jayaraman, R., Liuzzi, D., Colapinto, C. ve Malik, T. (2017). A fuzzy goal programming model to analyze energy, environmental and sustainability goals of the United Arab Emirates. *Annals of Operations Research*, 251(1-2), 255-270.
- Jayashree, D. N., Gupta, R. ve G.A., H. B. (2016). Optimum allocation of resources in university management through goal programming. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, 12(4), 2777-2784.
- Jones, D. ve Tamiz, M. (2010). *Practical Goal Programming*. New York: Springer.
- Jones, D. F. ve Wall, G. (2016). An extended goal programming model for site selection in the offshore wind farm sector. *Annals of Operations Research*, 245(1-2), 121-135.

- Kalu, T. C. U. (1999). Capital budgeting under uncertainty: An extended goal programming approach. *International Journal of Production Economics*, 58(3), 235-251.
- Kamran, M. A., Karimi, B., Bakhtiari, H. ve Masoumzadeh, S. (2017). A resource allocation model in a healthcare emergency center using goal programming. *Journal of Engineering Research*, 4(4), 81-97.
- Kanoun, I., Chabchoub, H. ve Aouni, B. (2010). Goal programming model for fire and emergency service facilities site selection. *Infor*, 48(3), 143-153.
- Karimi, H. ve Rezaeinia, A. (2014). Supplier selection using revised multi-segment goal programming model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(5-8), 1227-1234.
- Kazemi, A., Shakourloo, A. ve Alinezhad, A. (2017). A fuzzy goal programming model for efficient portfolio selection. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 10(22), 61-71.
- Kersten, G. E. ve Szpakowicz, S. (1994). Decision making and decision aiding: Defining the process, its representations, and support. *Group Decision and Negotiation*, 3(2), 237-261.
- Kharrat, A., Dhouib, S., Chabchoub, H. ve Aouni, B. (2011). Decision-maker's preferences modelling in the engineering design through the interactive goal-programming. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, 3(1), 85-104.
- Kooros, S. K. ve McManis, B. L. (1998). A multiattribute optimization model for strategic investment decisions. *Canadian Journal of Administrative Sciences/Revue Canadienne des Sciences de l'Administration*, 15(2), 152-164.
- Kvanli, A. H. (1980). Financial planning using goal programming. *Omega*, 8(2), 207-218.
- Kwak, N. K., Schniederjans, M. J. ve Warkentin, K. S. (1991). An application of linear goal programming to the marketing distribution decision. *European Journal of Operational Research*, 52(3), 334-344.
- La Scala, M., Vaccaro, A. ve Zobaa, A. F. (2014). A goal programming methodology for multiobjective optimization of distributed energy hubs operation. *Applied Thermal Engineering*, 71(2), 658-666.
- Lee, S. M. (1972). *Goal Programming for Decision Analysis*. Philadelphia: Auerbach.
- Lee, S. M. (1973). Goal programming for decision analysis of multiple objectives. *Sloan Management Review*, 14(2), 19-37.
- Leung, S. C. ve Chan, S. S. (2009). A goal programming model for aggregate production planning with resource utilization constraint. *Computers ve Industrial Engineering*, 56(3), 1053-1064.
- Li, J., He, L., Lu, H. ve Xu, M. (2016). A simulation-based nonlinear goal programming model for groundwater remediation systems design. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(2), 563-574.
- Li, R. ve Liu, G. (2017). An uncertain goal programming model for machine scheduling problem. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 28(3), 689-694.
- Liao, C. H. (2009). Formulating the multi-segment goal programming. *Computers ve Industrial Engineering*, 56, 138-141.

- Loken, E. (2007). Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1584-1595.
- Lotfi, M. M. ve Ghaderi, S. F. (2014). A compromised multi-objective solution using fuzzy mixed integer goal programming for market-based short-term unit commitment problem. *Journal of the Operational Research Society*, 65(1), 23-36.
- Mamun, A., Shawwash, Z., Abdalla, A., Li, J. ve Siu, T. (2015). Application of a goal programming algorithm to incorporate environmental requirements in a multi-objective Columbia River Treaty Reservoir optimization model. *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques*, 40(1), 111-125.
- Mansoori, H., Reza Kohansal, M. ve Farid Khadem Ghousi, M. (2009). Introducing a lexicographic goal programming for environmental conservation program in farm activities: a case study in iran. *China Agricultural Economic Review*, 1(4), 478-484.
- Masri, H. (2017). A multiple stochastic goal programming approach for the agent portfolio selection problem. *Annals of Operations Research*, 251(1-2), 179-192.
- McGlone, T. A. ve Calantone, R. J. (1992). A goal programming model for effective segment determination: A comment and application. *Decision Sciences*, 23(5), 1231-1239.
- Mehroolhasani, M. H., Khosravi, S. ve Tohidi, M. (2016). Reallocation of Shafa hospital beds in Kerman using goal programming model. *Electronic Physician*, 8(8), 2733-2737.
- Mendoza, G. A. ve Prabhu, R. (2000). Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: A case study. *Forest Ecology and Management*, 131, 107-126.
- Mohammadi, A., reza Sadeghi, M. ve Razmjooei, D. (2012). A heuristic application of Integer Goal Programming and Taguchi Method for planning cable cutting process in power plant projects. *Optimization Letters*, 6(7), 1291-1302.
- Mokhtari, H. ve Hasani, A. (2017). A multi-objective model for cleaner production-transportation planning in manufacturing plants via fuzzy goal programming. *Journal of Manufacturing Systems*, 44, 230-242.
- Nanda, J., Kothari, D. P. ve Lingamurthy, K. S. (1988). Economic-emission load dispatch through goal programming techniques. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 3(1), 26-32.
- Naqvi, N., Shiv, B. ve Bechara, A. (2006). The role of emotion in decision making a cognitive neuroscience perspective. *Current Directions in Psychological Science*, 15(5), 260-264.
- Narayanamoorthy, S. ve Anukokila, P. (2014). Goal programming approach for solving transportation problem with interval cost. *Journal of Intelligent ve Fuzzy Systems*, 26(3), 1143-1154.
- Özcan, U. ve Toklu, B. (2009). Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A goal programming and a fuzzy goal programming models. *Computers ve Operations Research*, 36, 1955-1965.
- Paksoy, T. ve Chang, C. T. (2010). Revised multi-choice goal programming for multi-period, multi-stage inventory controlled supply chain model with popup stores in Guerrilla marketing. *Applied Mathematical Modelling*, 34(11), 3586-3598.

- Pal, B. B. ve Kumar, M. (2014). Extended goal programming approach with interval data uncertainty for resource allocation in farm planning: a case study. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 248(1), 639-651.
- Palacios, J. J., González-Rodríguez, I., Vela, C. R. ve Puente, J. (2015). Swarm lexicographic goal programming for fuzzy open shop scheduling. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(6), 1201-1215.
- Pang, Q. H. ve Wu, X. Y. (2014). Optimization scheduling model of double line shiplock based on nonlinear goal programming. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(2), 192-200.
- Parra, M. A., Terol, A. B. ve Uría, M. R. (2001). A fuzzy goal programming approach to portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 133(2), 287-297.
- Pati, R. K., Vrat, P. ve Kumar, P. (2008). A goal programming model for paper recycling system. *Omega*, 36(3), 405-417.
- Price, W. L. ve Piskor, W. G. (1972). The application of goal programming to manpower planning. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 10(3), 221-231.
- Prišenk, J., Turk, J., Rozman, Č., Borec, A., Zrakić, M. ve Pažek, K. (2014). Advantages of combining linear programming and weighted goal programming for agriculture application. *Operational Research*, 14(2), 253-260.
- Puelz, A. V. ve Lee, S. M. (1992). A multiple-objective programming technique for structuring tax-exempt serial revenue debt issues. *Management Science*, 38(8), 1186-1200.
- Radhakrishnan, B. ve Anukokila, P. (2014). Fractional goal programming for fuzzy solid transportation problem with interval cost. *Fuzzy Information and Engineering*, 6(3), 359-377.
- Ragab, A. H. M., El-Quliti, S. A., Abdelaal, R., Mohamed, A. W., Mashat, A. S., Noaman, A. Y. ve Altalhi, A. H. (2016). Higher education admission capacity planning using a large scale nonlinear integer goal programming model with improved differential evolution algorithm. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 13(11), 7864-7878.
- Reeves, G. R. ve Hedin, S. R. (1993). A generalized interactive goal programming procedure. *Computers & Operations Research*, 20(7), 747-753.
- Romero, C. (2004). A general structure of achievement function for a goal programming model. *European Journal of Operational Research*, 153(3), 675-686.
- San Cristóbal, J. R. (2012). A goal programming model for the optimal mix and location of renewable energy plants in the north of Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4461-4464.
- Schniederjans, M. J. ve Hamaker, J. L. (2003). A new strategic information technology investment model. *Management Decision*, 41(1), 8-17.
- Selim, H., Araz, C. ve Ozkarahan, I. (2008). Collaborative production–distribution planning in supply chain: a fuzzy goal programming approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(3), 396-419.
- Shakourloo, A. (2017). A multi-objective stochastic goal programming model for more efficient remanufacturing process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(1-4), 1007-1021.

- Sinha, B. ve Sen, N. (2011). Goal programming approach to tea industry of Barak valley of Assam. *Applied Mathematical Sciences*, 5(29), 1409-1419.
- Swami, S. (2013). Executive functions and decision making: A managerial review. *IIMB Management Review*, 25(4), 203-212.
- Taha, H. A. (2000). *Yöneylem Araştırması*. (Çev. Ş. A. Baray, Ş. Esnaf). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Tamiz, M., Azmi, R. A. ve Jones, D. F. (2013). On selecting portfolio of international mutual funds using goal programming with extended factors. *European Journal of Operational Research*, 226(3), 560-576.
- Tamiz, M., Jones, D. ve Romero, C. (1998). Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 111(3), 569-581.
- Tamiz, M. ve Yaghoobi, M. A. (2010). Nurse scheduling by fuzzy goal programming. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 638, 151-163.
- Tayi, G. K. ve Leonard, P. A. (1988). Bank balance-sheet management: An alternative multi-objective model. *Journal of the Operational Research Society*, 39(4), 401-410.
- Taylor, B. W. ve Anderson, P. F. (1979). Goal programming approach to marketing/production planning. *Industrial Marketing Management*, 8(2), 136-144.
- Todovic, D., Makajic-Nikolic, D., Kostic-Stankovic, M. ve Martic, M. (2015). Police officer scheduling using goal programming. *Policing: An International Journal of Police Strategies ve Management*, 38(2), 295-313.
- Tzeng, G. H. (2003). Multiple-objective decision-making in the past, present and future. *Journal of Da-Yeh University*, 12(2), 1-8.
- Verma, M. K., Shrivastava, R. K. ve Tripathi, R. K. (2010). Evaluation of min-max, weighted and preemptive goal programming techniques with reference to Mahanadi Reservoir Project Complex. *Water Resources Management*, 24(2), 299-319.
- Wang, Y. ve Ruhe, G. (2007). The cognitive process of decision making. *Int'l Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*, 1(2), 73-85.
- Yakut, E. ve Çankal, A. (2016). Çok amaçlı genetik algoritma ve hedef programlama metotlarını kullanarak hisse senedi portföy optimizasyonu: BİST-30'da bir uygulama. *Business and Economics Research Journal*, 7(2), 43-62.
- Yousefi, H., Tavakkoli-Moghaddam, R., Oliaei, M., Mohammadi, M. ve Mozaffari, A. (2017). Solving a bi-objective vehicle routing problem under uncertainty by a revised multi-choice goal programming approach. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 8(3), 283-302.
- Zangiabadi, M. ve Maleki, H. R. (2007). Fuzzy goal programming for multiobjective transportation problems. *Journal of Applied Mathematics and Computing*, 24(1), 449-460.
- Zografidou, E., Petridis, K., Arabatzis, G., ve Dey, P. K. (2016). Optimal design of the renewable energy map of greece using weighted goal-programming and data envelopment analysis. *Computers & Operations Research*, 66, 313-326.