

BÖLÜM 7

HEDEF PROGRAMLAMA

Engin KARAKIŞ¹

GİRİŞ

Karar verme, günümüzde çok geniş ve birbiriyle ilişkili olaylar ve durumlar çerçevesi içinde gerçekleşir. Bu bağlamda iktisadi hayattaki karar problemleri de çok sayıda amaç ve hedef içermektedir. Bu karmaşık yapı içerisinde doğru ve etkin karar vermek işletmeler için son derece önemlidir. Doğru ve etkin kararlar verebilmek için çeşitli bilimsel yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan Hedef Programlama yöntemi karar problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hedef programlama doğrusal programlama temeline dayanan ve geliştirilen bir yöntemdir.

İngilizce karşılığı “goal programming” olan yöntem, hedef programlama veya amaç programlama olarak da ifade edilir (Alp, 2008: 75). Hedef programlama karar teorisinin ve yöneylem araştırmasının en çok ilgi çeken alanlarından biridir. Etkinlik ölçümü temeline dayanan hedef programlama, 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından ortaya atılmış ve modelin algoritması 1961’de Charnes ve Cooper tarafından oluşturulmuştur (Render, Stair ve Hanna 2012:408). Hedef programlamanın algoritması daha sonra 1965’te Ijiri, 1972’de Lee ve 1976’da Ignizio tarafından geliştirilmiştir (Sarıaslan, Karacabey ve Gökgez 2017: 403). Hedef programlama doğrusal programlamanın bir uzantısı ve aynı zamanda çok kriterli karar verme tekniğidir (Jones ve Tamiz, 2010: 1).

Doğrusal programlama eldeki kısıtlı kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak amaç fonksiyonu değerini en büyük ya da en küçük yapan çözümler üretir. Ancak işletmelerin kâr maksimizasyonu ya da maliyet minimizasyonu dışında gerçekleştirmek istedikleri amaç ve hedefleri vardır. Günümüz modern işletme yönetimi anlayışında işletmelerin çok sayıda ve birbirleriyle çelişen amaç ve hedeflerinin olduğu görülmektedir. Çok amaçlı ya da çok kriterli karar problemi olarak da nitelendirilen karar problemlerinin çözümünde doğrusal programlamanın yetersiz kalması nedeniyle hedef programlama yöntemi kullanılmaktadır.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü, ekarakis@cumhuriyet.edu.tr

Doğrusal programlama modellerinde amaç fonksiyonu farklı ölçü birimleri ile ifade edilerek yazılamaz. Diğer bir ifadeyle doğrusal programlamada, amaç fonksiyonu farklı hedefleri içerecek biçimde farklı ölçü birimleri ile oluşturulamaz. Ancak bu modelleme gerçek hayatta işletmelerin karşılaştıkları problemlerin niteliğini yansıtmaz. Örneğin bir işletme çok miktarda stok bulundurmaya isterken aynı zamanda stok maliyetini düşük düzeyde tutmak isteyebilmekte, pazar payını artırmaya isterken reklam harcamalarını düşük düzeyde tutmak isteyebilmektedir. Ölçü birimi farklılıkları yanında firma yönetimi açısından belirlenen hedeflerin öncelikleri ve önemleri farklı olabilmektedir. Doğrusal programlama ölçü birimleri farklı çok sayıda hedefi modele dâhil edemediği gibi önem ve öncelikleri de içeremez. Buna karşın Hedef programlamada amaç fonksiyonu tek bir ölçü ile ifade edilmez; diğer bir ifadeyle çok sayıda ve farklı ölçü birimleri ile ifade edilen hedefler, amaç fonksiyonu içerisinde gösterilebilir. Ayrıca bu hedefler için farklı önem ve öncelikler de belirlenebilir. Hedef programlamada amaç fonksiyonu, çok sayıdaki hedefin belirlenen değerlerden sapmaları toplamının minimum yapılmasını sağlayacak şekilde yazılır. Bu özellikleri ile hedef programlama gerçek hayat problemlerinin çözümünde doğrusal programlamaya göre daha gerçekçi çözümler sunan önemli bir karar verme yöntemidir.

Hedef programlama yöntemi üretim planlaması, personel planlaması, pazarlama bütçesi planlaması, finansal analiz, tedarikçi seçimi, sağlık alanında diyet programlaması, ulaştırma ve lojistik, ürün planlaması, portföy yönetimi, sermaye planlaması, stok yönetimi ve daha pek çok alanda karar problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Hedef programlama ile ilgili çok geniş bir literatür olduğu görülmektedir. Bu konudaki güncel araştırmalardan bazıları şunlardır:

Garcia vd. (2021) üniversitelerin sıralama ve değerlendirmesini; Zografidou vd. (2016) Yunanistan'da yenilenebilir enerji üretimini; Eren ve Ünal (2016) bir kamu kuruluşunda nöbet çizelgeleme problemini; Turanlı ve Köse (2005) Türkiye'deki sigorta şirketlerinin finansal performanslarını; Taş vd. (2017) monoray projelerinin seçimi ve değerlendirmesini; Varlı vd. (2017) özel bir hastanede hemşire çalışma saatleri çizelgelemesini; Özder ve Eren (2016) tedarikçi seçimini; Trivedi ve Singh (2016) acil sığınak yeri seçimini; Hamurcu ve Eren (2018) ulaştırma planlamasını; Alp (2008) toplu taşıma sistemini; Alağaç vd. (2017) reklam bütçeleme sorununu; Ediz ve Yağdıran (2009) menü planlamasını; Yücesan (2017) bir çekyat üreten bir firma için üretim planlamasını; Broz vd. (2019) üretim planlamasını; Aydın ve Eren (2018) savunma sanayinde alt yüklenici firma seçimini; Aksaraylı ve Pala (2018) portföy seçimini; Ransikarbum ve Mason (2016) afet sonrası lojistik ve dağıtım problemini; Pati vd. (2006) kağıt geri dönüşüm sistemi modelini; Karaatlı ve Davras (2014) bir otel işletmesinde tedarikçi

seçimini; Sungur (2008) bir güzellik salonunda çalışan çizelgeleme problemini; Durmaz vd. (2017) tedarikçi seçimi problemini; Demirel vd. (2018) Ankaray güvenlik personeli vardiya çizelgeleme problemini; Zhang (2016) turizm gelişimini çevresel, ekonomik ve sosyal hedefler açısından hedef programlama yöntemi ile incelemişlerdir.

HEDEF PROGRAMLAMANIN VARSAYIMLARI

Hedef programlama doğrusal programlamanın bir uzantısı ve gelişmiş biçimi olarak problemlerin çözümlenmesinde doğrusal programlama varsayımlarına ek olarak hedeflerin öncelik ve önem ağırlıklarının karar verici tarafından belirlenmesi ile daha geniş bir kısıt ve kriter seti içinde bütün kriterleri doyuran bir çözüm arar.

Doğrusallık (orantılılık) varsayımı

Bu varsayıma göre bir karar probleminin amaç ve kısıt fonksiyonları girdileri ve çıktıları arasında doğrusal bir matematiksel ilişkiyi ifade eder. Üretimde belirli bir oranda artış sağlamak için girdilerde de aynı oranda bir kaynak kullanımı gerekmektedir.

Toplanabilirlik varsayımı

Toplanabilirlik varsayımına göre üretim, kullanılan kaynak miktarlarının toplamından oluşur. Bir veya birden fazla faaliyet olması durumunda bu faaliyetlerin her biri için gereken işlem zamanları, ham madde kaynakları ve diğer kaynakların toplamı, toplam çıktıyı oluşturur.

Bölünebilirlik varsayımı

Bu varsayım, karar değişkenlerinin kesirli değerler alabilmesini ifade eder.

Kesinlik varsayımı

Belirlilik varsayımı olarak da bilinen bu varsayıma göre karar problemlerinde, amaç fonksiyonu katsayıları, kısıt sağ taraf sabitleri ve teknoloji katsayılarının bilindiği varsayılr.

Negatif olmama varsayımı

Karar problemlerindeki değişkenlerin değerlerinin pozitif değerler aldığı varsayımdır.

Hedef önceliklerinin ve önem ağırlıklarının karar verici tarafından bilindiği varsayımı

Doğrusal programlamanın varsayımlarına ek olarak hedef programlamada karar vericinin karar problemi hedeflerinin öncelik ve önem ağırlıklarının karar verici tarafından belirlenebildiği varsayımdır.

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE HEDEF PROGRAMLAMA ARASINDAKİ FARKLAR

Hedef programlama doğrusal programlama ile aynı temele dayanmakla birlikte farklılıklar da içermektedir. Bu farklılıklar karar problemlerinin özelliklerini ve hedef programlama yönteminin çözüm yaklaşımını ortaya koymaktadır (Öztürk, 2009: 275-276; Eroğlu, 2019: 199).

- Doğrusal programlamada tek bir amaç varken hedef programlamada birden fazla amaç ve hedef söz konusudur.
- Doğrusal programlamada amaç fonksiyonundaki karar değişkenleri aynı ölçü birimine sahipken hedef programlamada farklı ölçü birimleri ile ifade edilen değişkenler birlikte yer alır.
- Doğrusal programlamada amaç en iyi çözüm iken hedef programlamada etkin çözümü bulmaktır.
- Doğrusal programlamada sistem kısıtları esnek olmayan katı sınırları ifade ederken hedef programlamada sistem kısıtları yanında modelde bulunan hedef kısıtları esnek kısıtlardır.
- Doğrusal programlamada, amaç fonksiyonunun maksimum ya da minimum değer alması amaçlanırken hedef programlamada, amaç fonksiyonunu sadece minimum olması amaçlanır. Hedef programlamada amaç, hedef kısıtlarının belirlenen değerlerden negatif ve pozitif sapmaları toplamının minimum olmasıdır.
- Doğrusal programlamada katı kısıtlar içinde çözüm aranırken hedef programlamada amaç ve hedef kısıtlarına karar verici tarafından öncelik ve önem ağırlık değerleri verilerek farklı çözümler sağlanabilir.
- Hedef programlamada karar vericilerin tercihlerini çözüme yansıtacak şekilde her bir öncelik ve önem ağırlıklarına uygun bir şekilde hedef atanabilmektedir. Amaç fonksiyonunda hedeflerden istenmeyen sapmalar minimum yapılmaya çalışılır. Yöntemde hedeflerden sapmalar sonucunda oluşan toplam cezayı minimum yapan çözüm aranır. Toplam ceza, amaç fonksiyonu ve hedeflerden sapmaların toplamıdır.

HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VE UNSURLARI

Doğrusal programlama modelinin amaç ve kısıtların geliştirilmesi ile oluşturulan hedef programlama önem ve öncelikler bakımından da doğrusal programlamaya göre daha gelişmiş bir modele sahiptir. Hedef programlamanın unsurları aşağıdaki gibidir (Sarıaslan, Karacabey ve Gökgez. 2017: 405; Alp, 2008: 76).

Amaçlar: Karar vericinin isteklerini, belirlenen başarı tanımlarını ifade eder.

Hedefler: Amaçların sayısal olarak ifadesidir.

Karar değişkenleri: Değeri belirlenmek istenen değişkenlerdir.

Sapma değişkenleri: Belirlenen hedeflerin üstünde ya da altında değer alabilen değişkenlerdir.

Sistem kısıtları: Modelde kesin olarak belirlenen kaynak sınırlarını ifade eder. Sistem kısıtları pozitif ya da negatif sapmaya imkân vermez.

Hedef kısıtları: Sistem kısıtlarına göre daha esnek olan ve karar vericinin belirlediği hedeflerdir.

Başarı fonksiyonları: Her bir amacın gerçekleşme seviyesini, her bir hedef için sapmaları minimize eden fonksiyonlardır.

Amaç fonksiyonu: Modeldeki başarı fonksiyonlarının toplamından oluşan ve değeri minimum yapılmak istenen fonksiyondur.

Hedef programlamanın matematiksel modeli aşağıdaki gibi kurulur: (Charnes ve Cooper 1955: 140-141; Öztürk, 2009: 300).

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^k p_k (w_i^+ d_i^+ + w_i^- d_i^-) \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- + d_i^+ = b_i \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (3)$$

Modeldeki;

Z, Amaç fonksiyonu değeri diğer bir ifade ile hedeflerden sapmaların toplam değerini,

p_k , hedeflerin önceliğini,

w_i^+ , w_i^- , hedeflerinin pozitif ve negatif sapma değişkenlerinin önem ağırlığını,

d_i^+ , d_i^- , hedeflerin pozitif ve negatif sapma değişkenlerini,

a_{ij} hedefler ve x_j 'ye ait teknoloji katsayısını,

b_p hedeflerin sağ taraf değerini ifade eder.

Hedef programlamada hedefler üç şekilde ortaya çıkabilir:

Belirlenen hedef değerinin altına düşülmek istenmediğinde istenmeyen sapma değişkeni negatif bir sapmayı, belirlenen hedef değerinin üstüne çıkılmak istenmediğinde istenmeyen sapma değişkeni pozitif bir sapmayı ifade eder. Üçüncüsü ise iki yönlü bir hedef olup, belirlenen hedef değerinin altına ya da üstüne çıkılmak istenmeyen durumdur.

Model oluşturmak amacıyla sapma değişkenlerinin niteliğini göstermek amacıyla aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 1. Hedef kısıtlarının yönü, gösterimi ve istenmeyen sapma değişkeni			
Hedef kısıtının değeri	İşareti	Gösterim	Minimum yapılmak istenen sapma değişkeni
En az	\leq	$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{ij}x_j +$	d_i^-
En çok	\geq	$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{ij}x_j +$	d_i^+
Eşit	$=$	$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{ij}x_j +$	$d_i^- + d_i^+$

Hedef programlamada optimal çözümden çok doyuran ya da etkin çözüm sağlanmaya çalışılır. Etkin çözümler pareto optimal çözümleridir. Çok amaçlı bir problemin çözümü, tüm hedefler açısından ve en az bir amaç açısından kesinlikle daha iyi olan başka bir uygulanabilir çözüm yoksa Pareto etkindir (Jones ve Tamiz, 2010: 2). Çok amaçlı ya da çok kriterli karar verme yöntemi olan hedef programlama doğrusal programlama gibi simpleks yöntemi kullanılarak çözümlenir (Özgüven, 2014: 308; Öztürk, 2009: 274). Hedef programlama yönteminin Doğrusal Olmayan Hedef Programlama, Tamsayılı Hedef Programlama, Bulanık Hedef Programlama, Stokastik Hedef Programlama, 0-1 Hedef Programlama gibi farklı yaklaşımları ve türleri de vardır.

Hedef programlamada amaç, bütün kriterleri aynı anda sağlayan çözümü bulmaktır. Hedef programlamada çelişen kriterler arasından önem dereceleri ve öncelikleri değişen kriterleri dikkate alan çözümler sağlamak amacıyla farklı modeller geliştirilmiştir (Timor, 2010: 277). Hedef değerlerinin öncelik ve önem ağırlıklarının karar verici tarafından belirlenmesi, hedef programlama yöntemine esneklik kazandırmaktadır.

Hedef programlamada karar verici, hedefler ve bu hedeflerin önceliklerini belirler. Ayrıca karar verici belirlediği bu hedeflere önem ağırlık değerleri belirler. Yüksek öncelikli hedefler daha düşük öncelikli hedeflere göre daha önce doyurulur ve karşılanır (Eroğlu, 2019: 200).

Doğrusal programlamanın genel yapısı ve matematiksel modelin açıklamaları aşağıda verilen finansal yatırım karar problemi örneği ile yapılacaktır.

Örnek 1: Bir finansal yatırımcının elinde 100000 TL'si vardır. Bu yatırımcı elindeki parayı üç farklı yatırım aracına yatırmayı planlamaktadır. Bu yatırım araçları ile ilgili yıllık ortalama gelir ve yatırım araçlarının risk düzeyi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Yatırım aracı	Fiyat	Yıllık Ortalama Getiri	Risk değeri
A	20	4	0,10
B	30	10	0,30
C	50	20	0,50

Yatırımcı maksimum kâr elde etmeyi istemekle birlikte ayrıca yapacağı yatırımla ilgili aşağıdaki hedefleri belirlemiştir:

Hedef 1: Yatırımcı yapacağı finansal yatırımda en fazla 900 adet/hisse risk almak istemektedir.

Hedef 2: Yatırımcı bu yatırımdan yıllık en az 45000 TL gelir elde etmek istemektedir.

Tablodaki bilgilere göre ve karar vericinin belirlediği hedefler doğrultusunda karar problemin matematiksel modelini oluşturulabilir.

Risk değeri yatırımcının bir yatırımda kaybetme olasılığını ifade eder. Yatırımcının kayıp olasılığının parasal değeri ise yıllık gelir ile kayıp olasılığının çarpımı ile bulunur. Örneğin yatırımcı parasının tamamıyla A yatırım aracını satın alırsa yatırımcının alacağı toplam risk şu şekilde bulunur:

$100000/20=5000$ pay alınabilir. A yatırım aracının risk değeri %10 olduğu için $0,10.5000=500$ paydır. Parasal değer olarak risk tutarı 500. $20=10000$ TL'dir. Benzer şekilde B ve C yatırım araçlarına yapılacak yatırımlar için risk hesaplanabilir.

Tabloya göre yatırımcının A yatırımı ile ilgili getiri oranı $4/20=0,20$, %20 dir. B yatırımının getiri oranı % 33, C yatırımının getiri oranı %40 olacaktır.

Yatırımcının parasının tamamı ile A yatırım aracından satın aldığını düşünürsek toplam riski $100000 \cdot 0,10 = 10000$ TL olacaktır. Bu risk karşısında parasının tamamı ile bu yatırım aracını satın aldığı anda getiri miktarı 20000 TL olacaktır.

Karar probleminin doğrusal hedef programlama çözümü için matematiksel modeli aşağıdaki adımlarla oluşturulur:

Karar değişkenlerinin tanımlanması;

A yatırım aracını , B yatırım aracını ve C yatırım aracını göstermektedir.

Kısıtların oluşturulması;

Sistem kısıtı olarak ifade edilen ve hedeflerle ilişkisi olmayan, yatırım yapılabilecek nakit toplamı kısıtının yazılması;

$$20x_1 + 30x_2 + 50x_3 \leq 100000$$

Bu kısıt eldeki kaynak miktarını ifade edip yatırımcının yatırım için harcayacağı maksimum para miktarını ifade etmektedir.

Hedef kısıtlarının yazılması;

Yatırımcının alabileceği en fazla risk değerini ifade eden Hedef 1 kısıtı aşağıdaki gibidir.

$$0,10x_1 + 0,30x_2 + 0,50x_3 \leq 900$$

Doğrusal bir eşitsizlik olarak yazılan eşitsizliği hedef programlama için düzenlenirse d_1^+ , hedeften pozitif sapma miktarını, d_1^- negatif sapma miktarını ifade etmek üzere,

$0,10x_1 + 0,30x_2 + 0,50x_3 = 900 + d_1^+ - d_1^- + 0,30 + 0,50900 +$ şeklinde yazılır. Eşitlik karar değişkenlerine göre düzenlendiğinde;

$$0,10x_1 + 0,30x_2 + 0,50x_3 - d_1^+ + d_1^- = 900 \text{ olarak yazılır.}$$

Çözümlendiğinde modeldeki pozitif ve negatif fark değerlerinden biri bir değer alırken diğeri "0" değerini alacaktır.

Yatırımcının yatırımdan beklediği yıllık en az getiri miktarını ifade eden Hedef 2 kısıtı aşağıdaki gibidir:

$4x_1 + 10x_2 + 20x_3 \geq 45000$ eşitsizliği, hedef programlama için düzenlendiğinde

$$4x_1 + 10x_2 + 20x_3 = 45000 + d_2^+ - d_2^-$$

$$4x_1 + 10x_2 + 20x_3 - d_2^+ + d_2^- = 45000 \text{ olarak yazılır.}$$

Amaç fonksiyonu oluşturulması;

Hedef programlamada amaç fonksiyonu, sistem ve hedef kısıtlarının istenen değerlerden sapmalarının minimum yapılmasına dayanmaktadır. Amaç fonksiyonu, sapmaları minimum yapan bir fonksiyondur. Problem için amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = (d_1^+) + (d_2^-) \text{ olarak yazılır.}$$

Yatırımcının birinci hedefi olan risk hedefinin 900'den büyük olmaması, ikinci hedefi olan en az 45000 TL gelir elde etmek istemesi hedef kısıtlarıdır. Buna göre fonksiyonda d_1^+ birinci hedef değerini aşan miktarı, d_2^- ikinci hedef değerinin altında kalan miktarı gösterip her iki değişken de istenmeyen sapmaları ifade eder. Diğer bir ifade ile yatırımcı riski azaltmak isterken elde edeceği kâr yüksek tutmak istemektedir.

Bu düzenlemelerden sonra amaç fonksiyonu ve kısıtlarının yazılması ile karar probleminin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir:

$Min Z = (d_1^+) + (d_2^-)$	Amaç fonksiyonu
$20x_1 + 30x_2 + 50x_3 \leq 100000$	Sistem kısıtı
$0,10x_1 + 0,20x_2 + 0,50x_3 - d_1^+ + d_1^- = 900$	1.Hedef kısıtı(Risk düzeyi)
$4x_1 + 10x_2 + 20x_3 - d_2^+ + d_2^- = 45000$	2. Hedef kısıtı (En az kâr)
$x_1, x_2, x_3, d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^- \geq 0$	Negatif olmama kısıtı

Doğrusal hedef programlama yönteminde karar vericinin hedeflerle ilgili tercihlerine bağlı olarak model farklı türlerde yazılarak çözümlenebilmektedir.

4.1. Hedef programlamanın türleri

Doğrusal Hedef programlama oluşturulan amaç fonksiyonunun yapısına bağlı olarak sınıflandırılabilir:

- Tek Hedefli Programlama,
- Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama
- Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama,
- Öncelikli Çok Hedefli Programlama,
- Ağırlıklı-Öncelikli Çok Hedefli Programlama.

4.1.1. Tek Hedefli Programlama

Bu türde problemin tek bir hedefi olduğundan model kurulması ve modelin çözümü açısından en kolay doğrusal hedef programlama türüdür.

Örnek 2:

Bir hediyelik eşya firması iki çeşit hediyelik ahşap eşya üretmektedir. Ürettiği A hediyelik eşya için 12 metre kereste ve 8 saat işçilik kullanırken B hediyelik eşya için 2 metre kereste ve 4 saat işçilik kullanılmaktadır. Firmanın elinde 180 metre kereste ve 70 saat iş gücü zamanı bulunmaktadır. Firma ürettiği A eşyasından 35 TL ve B eşyasından 50 TL kâr elde etmektedir.

Karar problemi simpleks yöntem algoritması ile kâr hedefine göre modellenerek hedef programlama yaklaşımı ile çözümlenmiştir.

Problemin hedef programlama modeli aşağıdaki gibi kurulur:

Karar değişkenlerinin tanımlanması;

x_1 = A hediyelik eşyası

x_2 = B hediyelik eşyası

Firma yöneticisi en az 1000 TL kâr hedefi belirlemiştir. Problemden karar verici tarafından belirlenen tek hedef kâr hedefi tek hedef olup modelde ayrıca sistem kısıtları yer alır. Karar probleminin tek hedefli programlama çözümü için matematiksel modeli aşağıdaki gibi kurulacaktır.

Minimum $Z = d_1^-$

Amaç fonksiyonu

$35x_1 + 50x_2 + d_1^- - d_1^+ = 1000$

Kâr hedefi

$12x_1 + 8x_2 + S_1 + 0S_2 = 180$

Ham madde kısıtı

$2x_1 + 4x_2 + 0S_1 + S_2 = 70$

İşgücü kısıtı

$x_1, x_2, d_1^-, d_1^+ \geq 0$

Negatif olmama kısıtı

Karar probleminin çözümü için oluşturulan ve karar değişkenleri ile sapma değişkenlerinin gösterildiği başlangıç simpleks tablo aşağıdaki gibi olacaktır.

Tablo 3. Başlangıç simpleks tablosu

	C_j	0	0	1	0	0	0	X_b	Çözüm
AK	Temel Değişik.	x_1	x_2	d_1^-	d_1^+	S_1	S_2		
1	d_1^-	35	50	1	-1	0	0	1000	1000/50=20
0	S_1	12	8	0	0	1	0	180	180/8=18
0	S_2	2	4	0	0	0	1	70	70/4=17,5
	$C_j - Z_j$	-35	-50	0	1	0	0		

Amaç fonksiyonunda istenenin kâr hedefinden minimum sapmayı sağlamak olduğu görülür. Amaç fonksiyonu içinde sadece tek hedef olan kâr hedefinin negatif sapma değişkeni (d_1^-) yer almıştır. Simpleks tablo oluşturulurken kısıtların sistem ya da hedef kısıtı olmasına bağlı olarak temel değişkenler belirlenmiştir. Çözüme girecek olan değişken en büyük negatif değer taşıyan değişkeni olurken çözümden çıkacak olan değişken aylak değişkeni olacaktır. Çözüm için simpleks yöntem algoritması uygulanarak kara katkı satırında negatif değer kalmayınca dek işlemler sürdürülür.

Karar probleminin LINGO paket programı ile elde edilen çözüm değerleri $x_1 = 5$, $x_2 = 15$, $d_1^- = 75$ olarak bulunmuştur.

4.1.2. Eşit ağırlıklı çok hedefli programlama

Eşit ağırlıklı çok hedefli programlama modelinde karar problemindeki birden fazla hedefin önem ağırlıkları birbirine eşittir. Diğer bir ifadeyle öncelikli kriterler bulunmamaktadır. Hedeflerin hepsi eşit önemde olup çözümde herhangi bir ağırlık katsayısı bulunmamaktadır. Ancak hedeflerin gerçekleştirilme önceliği hedeflerin ölçü birimine bağlı büyüklüklerden etkilenmesi nedeniyle amaç fonksiyonu çözümü yorumlanırken bu durumun dikkate alınması gereklidir (Öztürk, 2009: 289).

Örnek 3:

Bir imalatçı firma iki tip ürün üretmekte ve bu ürünlerin üretimi için haftalık üretim planı yapmak istemektedir. Bu ürünlerin üretimi için firma makine ve iş gücüne ihtiyaç duymaktadır. Firmanın elinde 180 saat makine ve 120 saat iş gücü zamanı bulunmaktadır. Üretim süreci ile ilgili işlem zamanları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Üretim işlem süreleri ve kaynak miktarı			
	A Ürünü	B Ürünü	Toplam Saat
Makine işlem süresi	6	3	180
İşçilik süresi	2	4	160

Karar verici üretim adedi ile ilgili iki hedef belirlemiştir.

- Karar verici A ürününden en az 30 adet üretmek istemektedir.
- Karar verici B ürününden en az 25 adet üretmek istemektedir.

Karar probleminin eşit ağırlıklı hedef programlama modeli ile çözümlenebilmesi için matematiksel modeli aşağıdaki gibidir:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Min } Z = (d_1^-) + (d_2^-) & \text{Amaç fonksiyonu} \\
 6x_1 + 3x_2 \leq 180 & \text{Makine işlem zamanı kısıtı (saat)} \\
 2x_1 + 4x_2 \leq 160 & \text{İş gücü kısıtı (saat)} \\
 x_1 + d_1^- + d_1^+ = 30 & \text{Hedef kısıtı(En az üretim adedi)} \\
 x_2 + d_2^- + d_2^+ = 25 & \text{Hedef kısıtı(En az üretim adedi)} \\
 x_1, x_2, d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^- \geq 0 & \text{Negatif olmama kısıtı}
 \end{array}$$

A ve B ürününün üretim miktarı hedefi firmanın elindeki kaynak miktarı ve birbirleri ile çelişen kriterler olarak ortaya çıkmaktadır. Modelde, amaç fonksiyonunun değerinin minimum olması gerekmektedir. Üretim adedini içeren 1. ve 2. hedefin belirlenen miktardan az olmaması istenmektedir. Karar verici, bu karar problemde hedefleri eşit düzeyde önemli kabul etmektedir. Modelde her

iki hedefe ilişkin negatif sapma değişkenlerinin toplamlarının minimum olması istenmekte ve amaç fonksiyonunda yer almaktadır.

Karar probleminin başlangıç simpleks tablosu aşağıdaki gibi olacaktır:

Tablo 5. Başlangıç simpleks tablo

	C_j	0	0	0	0	1	0	1	0	X_B	Çözüm
AK	Temel Değişk.	x_1	x_2	S_1	S_2	d_1^-	d_1^+	d_2^-	d_2^+		
1	d_1^-	1	0	0	0	1	-1	0	0	30	30/1=30
1	d_2^-	0	1	0	0	0	0	1	-1	25	25/0=
0	S_1	6	3	1	0	0	0	0	0	180	180/6=30
0	S_2	2	4	0	1	0	0	0	0	160	160/2=80
	$C_j - Z_j$	-1	-1	0	0	0	1	0	1		

Belirlenen hedefler eşit önemde ele alınarak LİNGO paket programı ile çözüldüğünde haftalık üretim planı miktarları ve problemin optimal çözüm değerleri $x_1 = 17,5$, $x_2 = 25$, $d_1^- = 12,5$, $d_1^+ = 0$, $d_2^- = 0$, $d_2^+ = 0$ ve amaç fonksiyonu değeri Min $Z = 12,5$ olarak bulunur.

4.1.3. Ağırlıklı çok hedefli programlama

Karar verici bazı hedeflerin diğerlerine göre daha önemli olduğunu düşünülebilir. Bu durumda amaç fonksiyonundaki hedef değişkenlerine ağırlık değeri eklenerek hedeflerden sapmaların ağırlıklı toplamının minimum olması amaçlanır. Hedeflere ağırlık verilirken hedef sapma değişkenine katsayı eklenerek hedefler ağırlıklandırılır. Ağırlıklandırılmış hedef programlamada, amaç fonksiyonu dışındaki sistem kısıtı ve hedef kısıtlarında herhangi bir değişikliğe gidilmez.

Ağırlıklı çok hedefli programlama modelinde hedeflerin önem ağırlıklarının tespitinde çok çeşitli yöntemler kullanılabilir. Ağırlıklandırma karar verici için zor olduğu kadar çözüme etki etmesi nedeniyle önemlidir. Uygulamada karar vericilerin yarguları ile yapılan basit ağırlıklandırma yöntemleri dışında BWM, AHP, ANP, CRITIC, ENTROPİ, SWARA gibi yöntemlerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Önem ağırlıkları her bir hedef değişkeni için w_i ile gösterilebilir. Ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak yapılan ağırlıklandırma işlemlerinde ağırlık vektörü normalize edileceği için ağırlıklar toplamı 1'e eşit olacaktır.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

İki hedef kısıtı içeren bir karar probleminde birinci hedef kısıtının ikinci hedef kısıtına göre iki kat daha önemli olduğu düşünüldüğünde amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulur. Eğer hedeflerin hepsi eşit önemde kabul ediliyorsa hedef sapma değişkenlerine herhangi bir katsayı ya da önem ağırlık değeri verilmez.

$$\text{Minimum } Z = 2d_1^- + d_2^-$$

Örnek 4:

Örnek 3’te ele alınan karar probleminin hedeflerinden ilkinin ikincisine göre iki kat daha önemli olduğu karar verici tarafından ifade edilsin. Karar probleminin simpleks yöntemi ile çözümü için matematiksel modeli aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\text{Min } Z = 2(d_1^-) + (d_2^-)$$

$$6x_1 + 3x_2 \leq 180$$

$$2x_1 + 4x_2 \leq 160$$

$$x_1 + d_1^- + d_1^+ = 30$$

$$x_2 + d_2^- + d_2^+ = 25$$

$$x_1, x_2, d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^- \geq 0$$

Karar probleminin çözümü için başlangıç simpleks tablosunda 1. Hedefin amaç katsayısı 2 olarak girilmiştir.

Tablo 6. Başlangıç simpleks tablo											
	C_j	0	0	0	0	1	0	1	0	X_B	Çözüm
AK	Temel Değişik.	x_1	x_2	S_1	S_2	d_1^-	d_1^+	d_2^-	d_2^+		
2	d_1^-	1	0	0	0	1	-1	0	0	30	30/1=30
1	d_2^-	0	1	0	0	0	0	1	-1	25	25/0=
0	S_1	6	3	1	0	0	0	0	0	180	180/6=30
0	S_2	2	4	0	1	0	0	0	0	160	160/2=80
	$C_j - Z_j$	-2	-1	0	0	0	1	0	1		

Belirlenen hedeflerden birinci hedef olan A tipi üretim hedefinin ikinci hedef olan B tipi üretime göre 2 kat daha önemli olduğu durumda karar problemi LİNGO paket programı ile çözüldüğünde haftalık üretim planı miktarları ve problemin optimal çözüm değerleri $x_1 = 30, x_2 = 0, d_1^- = 0, d_1^+ = 0, d_2^- = 25, d_2^+ = 0$, ve amaç fonksiyonu değeri $\text{Min } Z = 12.5$ olarak bulunur. Birinci üretim hedefine verilen iki kat önem ağırlığı nedeniyle eşit ağırlıklı hedef programlama ile elde edilen çözüm değerleri değişmiş ve ilk hedef tamamen gerçekleşirken ikinci ürün üretim hedefi gerçekleşmemiştir.

4.1.4. Öncelikli çok hedefli programlama

Karar verici çok sayıda uygun çözümler arasından bir tanesini tercih edebilir. Bu gibi durumlarda karar probleminin çözümünde öncelikli hedef programlama kullanılır. Öncelikli hedef programlamada karar verici, hedefler arasında en önemli olandan en önemsiz olana doğru bir gerçekleştirme sıralaması yapabilir. Öncelikli hedef programlamada, karar vericinin birinci öncelikli hedefi gerçekleşmeden ikinci öncelikli hedefe geçilmez.

$$P_1 \gg P_2 \gg P_3 \gg \dots \gg P_n$$

p_1 hedefi p_2 'den hedefi p_3 'ten daha öncelikli ve p_1 hedefi gerçekleşmeden p_2 ve p_2 hedefi gerçekleşmeden hedefi gerçekleştirilmez. Öncelikli çok hedefli programlama modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\text{Minimum } Z = p_1 d_1^- + p_2 d_2^+ + p_3 d_3^- + \dots$$

Öncelikli programlamada model karar vericinin hiyerarşi düzeylerini tam olarak belirleyememesi, tercih edilen çözüm hiyerarşisinin çözüm bölgesini sınırlandırması gibi nedenlerle gerçekçi çözümler sunmayabilir (Öztürk, 2009: 293). Ayrıca karar vericinin belirlediği öncelikler ile elde ettiği sonuç karar verici tarafından doyurucu bulunmayabilir (Alp, 2008: 76). Hiyerarşik bir yapıda ifade edilen karar probleminde önceliklendirme de ağırlıklandırma gibi uzmanlar tarafından ve bilimsel yöntemler kullanılarak yapılmalıdır.

Öncelikli hedef programlamada simpleks yöntemi uygulanırken klasik simpleks yönteminden farklı olarak bazı işlemlerin yapılması gereklidir (Halaç, 2001: 509; Öztürk, 2009: 293-294).

Adım 1: Klasik simpleks tablosunda bir adet $c_j - z_j$ satırı varken öncelikli çok hedefli programlamada öncelikli hedef sayısı kadar $c_j - z_j$ satırı vardır. Öncelikle p_1 hedefi ile işleme başlanarak sırası ile işlem yapılır.

Adım 2: Çözüme girecek değişken belirlenirken satırındaki en büyük negatif değerli değişken çözüme girer.

Adım 3: Çözümünden çıkacak değişken belirlenirken klasik simpleks yönteminde olduğu gibi en küçük oran değeri dikkate alınır.

Adım 4: Birinci hedefin $c_j - z_j$ satırında hiçbir negatif değer kalmayınca kadar yukarıdaki işlem adımları uygulanır. Böylece birinci hedef amaç fonksiyonu değerini azaltarak birinci hedefi sağlar.

Adım 5: Problemdaki öncelik sırasına göre tüm hedefler (p_i) için $(c_j - z_j) \geq 0$ sağlanıncaya kadar yukarıdaki adımlar uygulanır.

Örnek 5:

Bir firma üç tür cam balkon üretmektedir. Her ürün için gerekli olan iş gücü, profil ve cam malzeme miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Firmanın elinde 775 saat iş gücü, 750 m² cam, 900 metre profil bulunmaktadır. Firma yönetiminin belirlediği hedef önceliklerini ve kısıtları dikkate alarak üretim aylık üretim planlaması yapılması istenmektedir.

Cam balkon	İş gücü	Cam	Profil	Kâr
A	3	5	4	800
B	4	4	6	1200
C	5	5	7	1300

Firma yönetimi hedeflerini ve hedeflerin önceliklerini aşağıdaki gibi belirlemiştir:

<i>Hedefler</i>	<i>Öncelikleri</i>
Hedef 1: En az 205000 TL kâr elde etmek	1
Hedef 2: İlave Profil satın almamak	2
Hedef 3: Fazla mesai çalışması yapmamak	3
Hedef 4: İlave Cam satın almamak	4

A türü cam balkon = x1, B türü cam balkon= x2, C türü cam balkon= x3 ile gösterilsin. Belirlenen öncelik ve hedeflere göre amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\text{Min } Z = p_1 d_1^- + p_2 d_2^+ + p_3 d_3^+ + p_4 d_4^-$$

Hedef Kısıtları

$$800x_1 + 1200x_2 + 1300x_3 + d_1^- - d_1^+ = 205000$$

$$3x_1 + 5x_2 + 4x_3 + d_2^- - d_2^+ = 775$$

$$4x_1 + 4x_2 + 6x_3 + d_3^- - d_3^+ = 750$$

$$5x_1 + 5x_2 + 7x_3 + d_4^- - d_4^+ = 900$$

Negatif olmama kısıtı

$$x_1, x_2, x_3, d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ \geq 0$$

Hedef programlama modeline ilişkin başlangıç simpleks tablosu aşağıda verilmiştir. Simpleks tablo oluşturulurken amaç fonksiyonunda yer alan değişkenlerin katsayıları ile tablonun ilk satırında yer aldığı daha sonra hedef fonksiyonlarının satırlarda yer almaktadır. Problemdaki hedef sayısı kadar ($c_j - z_j$) değeri hedefler için öncelik sırası gözetilerek oluşturulmuştur.

Tablo 8. Başlangıç simpleks tablo

	C_j	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	
AK	VAR	x1	x2	x3	d_1^-	d_2^-	d_3^-	d_4^-	d_1^+	d_2^+	d_3^+	d_4^+	Çözüm
1	d_1^-	800	1200	1300	1	0	0	0	-1	0	0	0	205000
0	d_2^-	3	5	3	0	1	0	0	0	-1	0	0	775
0	d_3^-	4	4	6	0	0	1	0	0	0	-1	0	750
1	d_4^-	5	5	7	0	0	0	1	0	0	0	-1	900
p_4	$c_j - z_j$	-5	-5	-7	1	0	0	0	0	1	1	1	
p_3	$c_j - z_j$	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	
p_2	$c_j - z_j$	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	
p_1	$c_j - z_j$	-800	-1200	-1300	0	0	0	1	1	1	1	0	

Belirlenen hedeflerden kâr hedefinin birinci sırada, ilave profil satın almama hedefinin ikinci sırada, fazla mesai yapmama hedefinin üçüncü sırada ve ilave cam satın almama hedefinin dördüncü sırada öncelikli olduğu karar problemi, LİNGO paket programı ile çözüldüğünde kâr hedefinin ve ilave profil kullanma hedefinin tam olarak optimize edildiği görülmektedir. Diğer bir ifade ile bu hedeflere ilişkin sapma değerleri “0”dır. Üçüncü öncelikli hedefte ise 26,47 saat ilave işçilik kullanıldığı, dördüncü öncelikli hedef olan cam satın almama hedefinde 42,65 m² ilave cam kullanıldığı görülmektedir.

Firmanın üretim planı miktarları ve problemin optimal çözüm değerleri $x_1 = 0$, $x_2 = 110,29$, $x_3 = 55,89$, $d_1^- = 0$, $d_1^+ = 0$, $d_2^- = 0$, $d_2^+ = 0$, $d_3^- = 0$, $d_3^+ = 26,47$, $d_4^- = 0$, $d_4^+ = 42,65$ olarak bulunur. Belirlenen hedefler ve eldeki kaynakları dikkate alarak firma A türü cam balkondan hiç üretmezken B türü cam balkondan 110,29 adet, C türü cam balkondan 55,89 adet üretmelidir.

Ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlama

Bir karar probleminde belirlenen hedeflerin sapma değişkenleri farklı öncelik ve önem ağırlığına sahip olabilir. Karar verici, sapma değişkenlerinin öncelikleri aynı olduğu durumlarda sapma değişkenlerine önem ağırlık değerleri vererek problemi sapmaların farklı önem düzeylerinde ele alarak çözümler bulabilir. Ağırlıklı-öncelikli hedef programlamada aynı öncelik düzeyine ait iki sapma değişkeni farklı önem ağırlıklarına sahip olabilir. Ayrıca aynı öncelik düzeyinde birden fazla sapma değişkeni bulunabilir (Tütek, Gümüsoğlu ve Özdemir, 2016:397).

Örneğin aşağıdaki verilen amaç fonksiyonunda ikinci öncelikli hedefin negatif sapma değişkeni pozitif sapma değişkeninden üç kat daha önemli olduğu görülmektedir.

$$\text{Min } Z = p_1 d_1^- + p_2 3d_2^- + p_2 d_2^+ + p_3 d_3^+ + p_4 d_4^-$$

Aynı öncelik düzeylerinde farklı önem ağırlıklarına sahip hedeflerden oluşan bir amaç fonksiyonu örneği aşağıdaki verilmiştir.

$$\text{Min } Z = p_1 d_1^- + p_2 d_2^+ + p_3 (d_3^- + 2d_3^+ + 3d_4^- + 5d_5^- + d_5^+)$$

Örnek 6:

Örnek 5'teki cam balkon üretimi planlaması karar problemi ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlama yönteminin açıklanması için çözülmüştür. Karar probleminde hedeflerin önem ve öncelikleri belirlenmiş ve ayrıca probleme yeni bir kısıt eklenmiştir.

Hedefler	Öncelikleri
Hedef 1: En az 205000 TL kâr elde etmek	1
Hedef 2: İlave Profil satın almamak,	2
Hedef 3: Fazla mesai çalışması yapmamak,	3
Hedef 4: İlave Cam satın almamak	4
Hedef 5: A türü cam balkondan 10 adet üretmek	3

Karar problemine yeni eklenen 10 adet A türü cam balkon (x_1) üretimi beşinci hedef olarak belirlenmiş ve bu hedefin negatif sapma değerinin pozitif sapma değişkenine göre 3 kat daha önemli olduğu belirtilmiştir. Bu şekilde negatif sapma değeri üçüncü öncelik sırasında ve pozitif sapma değerine göre üç kat daha önemde amaç fonksiyonunda yer almıştır. Bu yeni kısıtın eklenmiş şekliyle ağırlıklı-öncelikli hedeflere göre amaç fonksiyonu ve hedef kısıtları aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\text{Min } Z = p_1 d_1^- + p_2 d_2^+ + p_3 d_3^+ + p_4 d_4^- + p_3 d_5^+ + 3p_3 d_5^-$$

Hedef Kısıtları

$$800x_1 + 1200x_2 + 1300x_3 + d_1^- - d_1^+ = 205000$$

$$3x_1 + 5x_2 + 4x_3 + d_2^- - d_2^+ = 775$$

$$4x_1 + 4x_2 + 6x_3 + d_3^- - d_3^+ = 750$$

$$5x_1 + 5x_2 + 7x_3 + d_4^- - d_4^+ = 900$$

$$x_1 + d_5^- - d_5^+ = 10$$

$$x_1, x_2, x_3, d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+, d_5^-, d_5^+ \geq 0$$

Örnek 5'teki cam balkon imalatı karar problemine karar verici tarafından yeni bir hedef eklendiği ve bu hedefin öncelik değerinin 3 ve önem ağırlığının 3 olduğu varsayımı ile başlangıç simpleks tablosu yukarıda verilen aynı karar problemi oluşturulmuştur. Yeni eklenen hedef 10 adet A türü cam balkon üretmek olarak belirlenmiştir.

Tablo 9. Başlangıç simpleks tablo

	C_j	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	3p	
AK	VAR	x1	x2	x3	d_1^-	d_2^-	d_3^-	d_4^-	d_5^-	d_1^+	d_2^+	d_3^+	d_4^+	d_5^-	Çözüm
1	d_1^-	800	1200	1300	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	205000
0	d_2^-	3	5	3	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	775
0	d_3^-	4	4	6	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	750
1	d_4^-	5	5	7	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	900
1	d_5^-	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	10
p_4	$c_j - z_j$	-5	-5	-7	1	0	0	0	1	0	1	1	1	3	
p_3	$c_j - z_j$	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	3	
p_2	$c_j - z_j$	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	3	
p_1	$c_j - z_j$	-800	-1200	-1300	0	0	0	1	1	1	1	1	0	3	

Belirlenen hedeflerden kâr hedefinin birinci sırada, ilave profil satın almama hedefinin ikinci sırada, fazla mesai yapmama hedefinin üçüncü sırada, ilave cam satın almama hedefin dördüncü sırada ve yeni eklenen en az 10 adet A türü cam balkon üretim hedefi üçüncü öncelikli sıradadır. Ayrıca beşinci öncelikli yeni hedef diğer hedeflere göre üç kat daha önemli bulunarak önem ağırlık katsayısı 3 olarak belirtilmiştir. Karar problemi LİNGO paket programı ile çözüldüğünde kâr hedefinin ve ilave profil kullanmama hedefinin tam olarak optimize edildiği görülmektedir. Ayrıca beşinci yeni hedefin önem ağırlığı 3 kat olarak belirlendiği için yeni çözümde bu hedeften 10 adet üretim gerçekleştirilmiştir. Kâr hedefi, ilave profil kullanmama ve 10 adet A cam balkon üretim hedefinde sapma olmamıştır. Diğer bir ifade ile bu hedeflere ilişkin sapma değerleri “0” dir. Üçüncü öncelikli hedefte ise 35,88 saat ilave işçilik kullanıldığı, dördüncü öncelikli hedef olan cam satın almama hedefinde 55,59 m² ilave cam kullanıldığı görülmektedir. Üçüncü ve dördüncü hedeflerde pozitif sapma olmuştur.

Firmanın üretim planı miktarları ve problemin optimal çözüm değerleri $x_1 = 10$, $x_2 = 106.18$, $x_3 = 53.53$, $d_1^- = 0$, $d_1^+ = 0$, $d_2^- = 0$, $d_2^+ = 0$, $d_3^- = 0$, $d_3^+ = 35.88$, $d_4^- = 0$, $d_4^+ = 55.59$, $d_5^- = 0$, $d_5^+ = 0$ olarak bulunmuştur. Belirlenen hedefler ve eldeki kaynakları dikkate alarak firma A türü cam balkondan 10 adet, B türü cam balkondan 106.18 adet, C türü cam balkondan 53.53 adet üretmelidir.

SONUÇ

Hedef programlama çok sayıda ve çelişen hedef ve kriterlerin bulunduğu karar problemlerinin çözümünde yaygın olarak yararlanılan bir yöntemdir. Hedef programlama, karar verici tarafından belirlenen çok sayıda amaç ve hedefi aynı

anda gözeten ve bu hedeflerden sapmaları minimize ederek etkin çözüm sunar. Diğer bir ifade ile hedef programlama algoritması karar vericinin tercihlerini çözüme yansıtma imkânı sunması bakımından avantajlar sağlamaktadır.

Hedef programlama yöntemi, doğrusal programlamanın bir uzantısı ve gelişmiş halidir. Bununla birlikte hedef programlama karar problemlerinin kısıtlarını ve özelliklerini doğrusal programlamaya göre daha kapsayıcı olduğu görülmektedir. Öncelikli ve farklı ağırlıkların kullanıldığı örneklerin sonuçlarından görüleceği gibi esnek bir karar verme yöntemi olan hedef programlama, karar vericilerin isteklerine ve bakış açısında göre şekillenen bir modeldir. Hedef programlama yönteminde karar verici her bir hedef için farklı tercih ve isteklerini modele dolaşısıyla çözüme yansıtma imkânı bulur.

Günümüzde bilişim teknolojilerindeki gelişmelerin katkısıyla çok sayıda hedef ve kısıtın farklı öncelik ve farklı önem ağırlıkları ile yer aldığı karmaşık hedef programlama modellerinin çözümü kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Hedef programlama özellikleri nedeniyle günümüzde çok çeşitli alanlardaki karar problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan önemli bir yöneylem araştırması yöntemi olduğü görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksaraylı, M., & Pala, O., (2018). BIST30 Endeksinde Portföy Seçimi İçin Yeni Bir Kısmi Hedef Programlama Yaklaşımı. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), 119-134.
- Alağuş, H. M., Mermi, Ö. S., Kızıldaş, Ş., Eren, T., & Hamurcu, M. (2017, September). Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Yöntemi İle Reklam Stratejisi Seçimi: Mobilya Firması Örneği. In *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science* (pp. 516-525).
- Alp, S. (2008). Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(13), 73-92.
- Aydın, Y., & Eren, T.,(2018). Hava Savunma Sanayii Alt Yüklenici Seçiminde Bulanık Mantık Altında Çok Kriterli Karar Verme ve Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması. *Journal of Aviation*, 2(1), 10-30.
- Broz, D., Vanzetti, N., Corsano, G., & Montagna, J. M. (2019). Goal programming application for the decision support in the daily production planning of sawmills. *Forest Policy and Economics*, 102, 29-40.
- Demirel, B., Yelek, A., Alağuş, H. M., & Tamer, E. R. E. N. (2018). Ankaray güvenlik personelinin vardiya çizelgeleme probleminin hedef programlama yöntemi ile çözümü. *Demiryolu Mühendisliği*, (8), 1-17.
- Durmaz, E. D., Akgündüz, E., & Şahin, R. (2017). Tedarikçi seçim probleminde hedef programlama ve MOORA yöntemi: uygulama çalışması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(3), 1021-1044.
- Ediz, A., & Yağdırın, Y. (2009). Hedef Programlama Tekniği İle Menü Planlaması. *Gazi University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 11(1).
- Eren, T., & Ünal, F. M. (2016). Hedef Programlama İle Nöbet Çizelgeleme Probleminin Çözümü. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 4(1).
- Eroğlu, E. (2019). Yöneylem Araştırması, (<http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/kok/yoneyaras.pdf>, Erişim tarihi: 01.02.2022).

- García, F., Guijarro, F., & Oliver, J. (2021). A multicriteria goal programming model for ranking universities. *Mathematics*, 9(5), 459.
- Halaç, O. (2001). Kantitatif Karar Verme Teknikleri,5. baskı. *ALFA Basım Yayım Dağıtım*.
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2018). Transportation Planning with Analytic Hierarchy Process and Goal Programming. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2(2), 92-97.
- Ignizio, J. P. (1985). *Introduction to linear goal programming*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Jones, D., & Tamiz, M. (2010). Practical goal programming (Vol. 141). New York: Springer.
- Karaatlı, M., & Davras, G. (2014). Tedarikçi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Yöntemlerinin Kombinasyonu: Otel İşletmelerinde Bir Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 12(24), 182-196.
- Özder, E. H., & Eren T.,(2016). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi ve Hedef Programlama Teknikleri İle Tedarikçi Seçimi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 196-207.
- Özgül, C. (2008). *Doğrusal Programlama ve Uzantıları*. 2. Baskı. Detay Yayıncılık. Ankara.
- Öztürk, A. (2009). *Yöneylem Araştırması*, 12. Baskı, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa.
- Pati, R. K., Vrat, P., & Kumar, P. (2008). A goal programming model for paper recycling system. *Omega*, 36(3), 405-417.
- Ransikarbum, K., & Mason, S. J. (2016). Goal programming-based post-disaster decision making for integrated relief distribution and early-stage network restoration. *International Journal of Production Economics*, 182, 324-341.
- Rendler, B., Stair R. M. ve Hanna M. E. (2012). *Quantitative Analysis for Management*, Eleventh Edition, Prentice Hall.
- Sarıaşlan, H., Karacabey, A. A., & Gökgöz, F. (2017). *Nicel Karar Yöntemleri*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Sungur, B. (2008). Bir güzellik salonunun tur çizelgeleme problemi için karma tamsayılı hedef programlama modelinin geliştirilmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(1), 49-64.
- Taş, M., Özlemiş, Ş. N., Hamurcu, M., & Eren, T.,(2017). Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Hedef Programlama Karma Modeli Kullanılarak Monoray Projelerinin Seçimi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), 24-34.
- Timor, M. (2010). *Yöneylem araştırması*. Türkmen Kitabevi.
- Turanlı, M., & Köse A.,(2005). Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi İle Türkiye'deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(7), 19-39.
- Tütek H. H., Gümüüşoğlu, Ş. ve Özdemir, A.,(2016). Sayısal Yöntemler Yönetimsel Yaklaşım, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Trivedi, A., & Singh, A. (2017). A hybrid multi-objective decision model for emergency shelter location-relocation projects using fuzzy analytic hierarchy process and goal programming approach. *International Journal of Project Management*, 35(5), 827-840.
- Varlı, E., Ergişi, B., & Eren, T.(2017). Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Problemi: Hedef Programlama Yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (49), 189-206.
- Yücesan, M. (2017). Çekyat Üretiminde Öncelikli Hedef Programlama İle Bütünleşik Üretim Planlaması. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 184-196.
- Zhang, J. (2016). Weighing and realizing the environmental, economic and social goals of tourism development using an analytic network process-goal programming approach. *Journal of Cleaner Production*, 127, 262-273.
- Zografidou, E., Petridis, K., Arabatzis, G., & 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.