Review of Social, Economic & Business Studies, Vol.2, 242-255

Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Opimizasyonu Uygulaması

Mustafa Güneş
Doç. Dr., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Doğu Akdeniz Üniversitesi

Nurullah Umarusman
Araştırma Görevlisi, Ekonometri Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi

Özet
Gelişme içinde olan bütün sistemler, varlıklarının misyonu gereği, zaman içinde bir değişim sürecinden geçerek bünyelerine en uygun yapılara ulaşırlar. Üretim ve servis sektöründe yer alan organizasyonlar da benzer gelişme süreçlerini izleyerek, belirli hedefleri çeşitli kısıtlar altında gerçekleştirmeye çalışırlar. Bu sistemlerin soyut modellerinin çözümleri de, karar mekanizmalarına yardımcı olurlar. Çok Kriterli Karar Verme problemleri, Çok Nitelikli Karar Verme ve Çok Amaçlı Karar Verme olarak iki kategori içerisinde sınıflandırılırlar. Çok Nitelikli Karar Verme metotları belirlenen kesin alternatifler içerisinden bir alternatifin seçilmesi için kullanılırken, Çok Amaçlı Karar Verme metotları matematiksel kısıtlar yardımı ile tanımlanan sınırsız sayıdaki alternatifleri içeren amaç problemleri için uygulanır.
Bulanık Mantığın mimarı Prof. Zadeh'in 1965 yılında Bulanık Küme Teorisi ile ilgili ilk yayınlarının ardından, bu teori'nin Çok Kriterli Karar Problemlerine uygulanabilmesi mümkün olmuştur. Bu çalışmada, Çok Amaçlı Karar Verme alanı içerisinde yer alan Hedef Programlama tekniğinin bir başka modelleme çeşidi olan Bulanık Hedef Programlama kullanılarak, yerel yönetimdeki uygulama probleminin bünyesinde yer alan hedef değerlerdeki bulanıklık sebebi ile meydana gelebilecek sonuçlar, bir üyelik derecesi yardımı ile açıklanmaya çalışılmış ve problemdeki kısıtlar ve hedeflenen değerler ile ilgili öneri ve eleştiriler yapılmıştır.

1. Giriş

Biyolojik organizmalarda olduğu gibi, hizmet ve diğer sektörlerde faaliyet gösteren bir çok organizasyon ve sistemler kuruluş maksatlarını gerçekleştirmek için, çevre şartlarının da etkisi ile, zaman içerisinde gelişirler ve değişirler. Bu değişim ve gelişim süreci kaçınılmaz bir gerçek olup, canlı-cansız bütün sistemleri etkilemektedir. İşte matematiksel olarak modellenebilen reel sistemlerin soyut yapılarının çözümleri karar mekanizmasına yardımcı olurlar. Bu ve benzeri karar problemleri, sistemin doğasından kaynaklanan ve çözüm için gerekli olan varsayımlar ve kısıtlar altında tek amaçlı optimizasyon problemleri olarak modellenebilir.

Karar verme problemleri yapı itibarı ile çok amaçlı olup, belirsiz bir çevre içerisinde meydana gelmektedir. Birçok matematiksel programlama problemi, karar verici tarafından kısıtlara bağlı kalarak birden fazla amaç fonksiyonun bir araya getirilmesinden oluşmaktadır. Matematiksel Programlama yapısı, problemin formülasyonu safhasında amaçların açık ve kesin olarak ifade edilmesini gerektirir.

Karar verme süreci içerisinde problemlerin tanımları yapılırken dört farklı durumla karşılaşılabilir (Zeleny,1982).

- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi
- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi

2. Çok Kriterli Karar Verme

Anlam olarak Çok Kriterli Karar Verme, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinden en iyi tercihin seçilmesine imkan sağlayan bir araçtır. Rasyonel bir karar verme çevresinden iyi tercih edilmiş seçim, genellikle kısıtlar ve yönetimin amacı doğrultusunda sınırlandırılır (Mendoza ve Prabhu, 2000). Pratik uygulamaları olduğu kadar teorik gelişimi açısından Karar Analizi alanında çok hızlı bir gelişme sahip ve güçlü mantık yapısı ile karar tespitlerindeki başarısıyla kendini kabul ettirmiş olan Çok Kriterli Karar Verme geniş uygulama alanı olan bir yapı sunmaktadır (Tamiz, 1996).

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Metotlarının Sınıflandırılması

Çok Kriterli Karar Verme problemleri, Çok Nitelikli Karar Verme ve Çok Amaçlı Karar Verme olarak iki kategori içerisinde sınıflandırılabilir (Lai ve Hwang, 1994). Çok Nitelikli Karar Verme metotları belirlenen kesin alternatifler içerisinden bir alternatifin seçilmesi için kullanılır. Seçim süreci iki aşamadan oluşur: İlk olarak bütün hedeflere ve karar alternatiflerine göre verilen hükümler bir araya getirilir. İkinci olarak ise bir araya getirilen hükümler içerisinde karar alternatiflerinin derecelendirilmesi yapılır (Zimmerman, 1996).

Çok Amaçlı Karar Verme metotları matematiksel kısıtlar yardımı ile tanımlanan sınırsız sayıdaki alternatifleri içeren amaç problemleri için kullanılır. Çok Amaçlı Karar Verme metotlarının ortak özelliği amaçların ölçülebilmesi ve iyi tanımlanmış kısıtların olması, en göze çarpan özelliği ise bir amaca ait hedefin bütünü ile başarılabilmesi için bir veya birden fazla amacın hedeflerinin başarısını göz ardı edebilme yeteneğidir.

Çok Amaçlı optimizasyon problemlerinin en önemli özelliği birden fazla amaç fonksiyonuna sahip olmasıdır. Çok Amaçlı Karar Verme teknikleri matematiksel olarak aşağıdaki biçimde ifade edilir (Lai ve Hwang, 1994).

$$\begin{aligned} &\text{Amaç} \quad \max/\min\left[f_1(x), f_2(x), \ldots, f_k(x)\right] \\ &\text{Kısıtlar} \quad x \in X = \left\{x : g_s(x)\{\geq, =, \leq\}\right\} \end{aligned} \qquad (2.1)$$

Eğer amaç fonksiyonu maksimize yapılmak isteniyor ise $j = 1,2,\ldots,K$ Eğer amaç fonksiyonu minimize yapılmak isteniyor ise $i = 1,2,\ldots,K$, kullanılabilir.

Belirsiz ve kesin olmayan bir yapı göstermesinden dolayı gerçek dünya problemlerinde kararlar almak çoğu zaman zordur. Bu sebep ile problemlerin çözümlenmesi için de geliştirilen modeller kesin bir sonuç vermeyebilir. 1960'lı yılların ortalarında Bulanık Küme Teorisinin gelişimi ile birçok alanda özellikle Yöneylem Araştırması alanında üyelik fonksiyonu kullanılmak sureti ile problemlerin modelleri içerisine insan düşünce yapısı eklenerek problem ile ilgili sonuçlar alternatifleri ile birlikte incelenme imkanı doğmuştur. 1970 yılında bulanık ortamda karar vermek için bir çatı geliştirilmiştir (Bellman ve Zadeh).

3. Hedef Programlama

Doğrusal Programlamanın bir uzantısı olan Hedef Programlama Çok Kriterli Karar Verme alanı içerisinde belki de en eski bir yaklaşımdır. İlk defa 1950'li yıllarda Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından "sınırlandırılmış regresyon" tahmincilerini elde etmek için kullanmıştır (Romero, 1992). Her ne kadar 50'li yıllarda Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından ortaya atılsa da ilk olarak 1960'lı yılların başlarında Charnes ve Cooper tarafından tanımlanmış ve çalışılmıştır. Bu teknik 1960'lı yılların ortasında Ijiri tarafından genişletilmiş, 1970'li yıllarda Ignizio ve Lee ayrıntıları ile birlikte tanımlayarak birçok sayıda uygulama yapmışlardır (Davis ve McKeown ,1981).

Hedef Programlamada her bir amaç göz önünde bulundurulan şartlar altında verilen değer veya hedef değer başarılmak istenir (Tamiz, 1996). Hedef programlama, doğrusal programlamada olduğu gibi amaç kriterini doğrudan maksimize veya minimize etmek yerine, hedefler arasındaki sapmaları minimize yapmaktadır.

Hedef programlama modeli makul çözümler bulmak amacı ile karar vericinin birden fazla amacı aynı anda göz önünde bulundurması için faydalıdır. Bununla birlikte, yalnızca kısmi bilgi elde edilmesi sebebi ile her amacın hedeflenen değerinin kesin hesaplanması karar verici için zordur (Zeleny,1981). Hedef Programlamanın en önemli özelliği birbiri ile zıt yönetimsel problemleri içeren birden fazla hedefi, hedeflerin önemine göre atama yapabilmesidir
(Lee, 1975).

3.1. Hedef Programlama Formülasyonu

Doğrusal programlama, bir doğrusal amaç fonksiyonunun doğrusal eşitlik ve doğrusal eşitsizlik kısıtlara ait değişkenlerin maksimize veya minimize yapılması ile ilgilidir. Doğrusal programlama problemi:

1. Negatif olmayan veya belirli kısıtları sağlayan
2. Doğrusal kısıtlar sistemini sağlayan
3. Değişkenlerin yer aldığı ve amaç fonksiyonu olarak adlandırılan doğrusal formun minimizasyonu veya maksimizasyonunu sağlayan sistem değişkenlerinin değerini belirler.

Standart bir Doğrusal Programlamanın matematiksel tanımı Vektör-matris notasyonunda aşağıdaki şekilde verilir
(Dantzig ve Thapa, 1997).

$$\begin{aligned} &MinZ = c^T x \\ &Ax = b\ , \quad A : mxn \\ &x \geq 0 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Doğrusal programlamanın kanonik formu:

$$MinZ = \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_j$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \geq b_i \qquad (3.2)$$

$$x_j \geq 0\,, i = 1,...,m \quad , \quad j = 1,..,n$$

şeklinde oluşturulur. Burada, c_j ,amaç fonksiyonu karar değişkeni katsayıları, a_j ,karar değişkeni katsayıları, x_j, karar değişkenleri, b_i arzu edilen seviye veya i-inci hedef için hedeflenen değer, n, karar değişkenlerinin toplam sayısı,m ise toplam kısıt sayısıdır.

Hedef Programlamada Doğrusal programlamada olduğu gibi amaç kriterinin doğrudan maksimize veya minimize yapılmasının yerine, hedefler arasındaki sapmalar minimize yapılır. Doğrusal programlamanın simplex algoritmasında yer alan bu gibi sapmalar aylak değişkenler olarak isimlendirilirken, bu sapan değişkenler Hedef Programlamada yeni bir anlam kazanırlar. Sapan değişkenler her bir hedeften hem pozitif yönde hem de negatif yönde sapmalar şeklinde iki boyutta gösterilir. Amaç fonksiyonu yalnızca bu sapan değişkenlerden oluşturulur.

d_i^+ :pozitif sapan değişken

d_i^- : negatif sapan değişken

Genel olarak i-inci hedefin matematiksel gösterimi şu şekilde oluşturulur.

$$MinZ = \sum_{i \in m} (d_i^+ + d_i^-)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i$$

$$(3.3)$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0$$

$$i = 1,...,m \quad , \quad j = 1,..,n$$

Aynı anda hem pozitif sapma hem de negatif sapma meydana gelemeyeceğinden sapan değişkenlerin en az bir tanesinin veya her ikisinin de sıfır olması gerekmektedir. İstenmeyen sapan değişkenlerin belirlenmesinden sonra Hedef Programlama formülasyonu yapılır. Bu değişkenler içerisinden yalnızca bir tanesi karar verici tarafından minimize yapılmak istenir. Bu düşünceyi aşağıdaki üç formda yapmak mümkündür (Romero, 2001). Eğeri-inci hedef belirlenen başarı düzeyinden küçük veya eşit $(f(x) \le b_i)$ ise oluşacak pozitif sapan değişken d_i^+ için mümkün olan en küçük pozitif değerin alınması gerekir. Eğer i-inci hedef belirlenen başarı düzeyinden büyük veya eşit $(f(x) \ge b_i)$ ise oluşacak negatif sapan değişken d_i^- için mümkün olan en küçük pozitif değerin alınması gerekir. i-inci hedef belirlenen başarı düzeyini tam olarak karşılıyor $(f(x) = b_i)$ ise hem pozitif sapan değişken d_i^+ hem de negatif sapan değişken d_i^-'nin toplamlarının aynı anda minimize yapılması gerekir.

Standart bir Hedef Programlamada modele ait bütün kriterler bir amaç ve verilen bir hedef değer çerçevesi dahilinde amacı arzu edilen düzeyine göre karar verici tarafından bir lineer fonksiyon yardımı ile tanımlanarak istenilmeyen sapmaların toplamı bir amaç fonksiyonunda hedef programlamanın kullanılan çeşidine göre minimize yapılır. Minimizasyon süreci farklı metotlar ile uygulanabilir. Hedef Programlamanın temel iki metodu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Tamiz ve Jones, 1997).

Ağırlıklandırmalı Hedef Programlama aynı zamanda "Archimedian" Hedef Programlama olarak da bilinir. Bu modelde, karar verici hedef sapmalara farklı ağırlıklar verir. Bu ağırlıklar, amaçların göreli önemlerine sayısal değer verilerek oluşturulur. Ağırlıklandırmalı Hedef Programlama bütün hedefleri aynı anda göz önünde bulundurarak, hedefler ve hedeflere ait arzu edilen seviyeler arasındaki sapmaların toplamı minimize yapılır.

Hedef Programlamanın ikinci modeli aynı zamanda "Lexicographic" Hedef programlama olarak bilinir. Bu metot önceliği koruma kullanılarak oluşturulur. Bu yapı, Ağırlıklandırmalı Hedef Programlamaya göre farklı modelleme sürecine sahiptir (Gal, Stewart ve Hanne, 1999).

1. Amaçlar tanımlanır
2. Amaçlar için hedeflenen değerler belirlenir
3. Belirlenen amaçlar arasında öncelik sıralaması yapılır
4. Öncelik sıralaması yardımı ile Doğrusal Programlama çözüm sistematiğine göre çözümlenir.

4. Bulanık Hedef Programlama

Standart bir Hedef Programlama formülasyonunda hedefler ve kısıtlar açık ve kesin olarak tanımlanarak verilen bir çevre yardımı ile birden fazla amacın optimal gerçekleşmesini araştırılır. Hedefler, kesin ve matematiksel eşitlikler kullanılarak belirlenen hedef değerlere dayanılarak formülasyonu yapılır. Hedef Programlama içerisine Bulanık Küme Teorisinin uygulanmasındaki en önemli avantaj karar vericinin bulanık hedef değerlerinin belirlenmesidir. Çok Amaçlı Karar Verme'nin bu tekniğindeki bir diğer önemli avantaj, hedefler ve kısıtların tamamen simetrik olarak oluşturulmasıdır.

Hedef Programlamanın sembolik olarak ifadesi şu şekilde verilir (Lai, Hwang,1994).

Amaç : x değerlerinin bulunması

Kısıtlar $Ax = b$

$$x \geq 0 \tag{4.1}$$

b :kullanılabilir kaynak ve hedeflerin vektörü

A :teknik katsayıların matrisi

Karar verici hedeflerin kesin olarak belirlenmesi konusunda bir belirsizliğe düşebilir. Bu sebep ile hedeflenen değer " b " nin yerine, bu değer çevresinde hedefini bulanık düşünce ve cümleler yardımı ile açıklayabilir. Bulanık duygular ve cümleler şeklinde ifade edilen bir Hedef Programlama formulasyonu aşağıdaki biçimde ifade edilebilir.

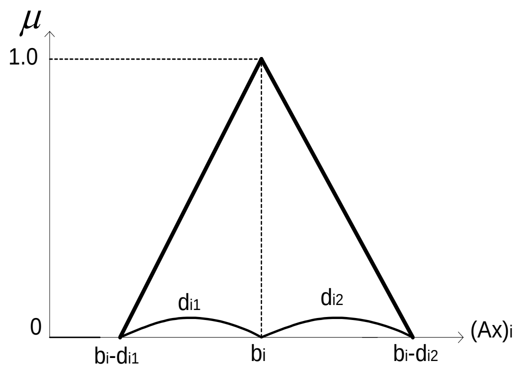
Amaç: x değerlerinin bulunması

Kısıtlar $(Ax)_i = \tilde{b}_i$

$$x \geq 0 \tag{4.2}$$

$\tilde{b}_i$: $\forall i$ için, duygular ve cümleler ile açıklanan hedefler

Karar vericinin " b_i " hedef değerini kesin olarak belirleyemediği için bu değer çevresinde kabul edilebilir maksimum miktarda sapmalar oluşabilir. Bu sapmalar " d_i " olarak gösterilsin. Kesin olarak belirlenemeyen hedef ve kabul edilebilir maksimum sapma, üçgensel formda Şekil 4.1 ifade edilmiştir.



Şekil 4.1: Üç Değerli Üyelik Fonksiyonu

Bulanık eşitsizliğin üyelik fonksiyonu $\mu_i(x)$ aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\mu_i = \begin{cases} [(Ax)_i - (b_i - d_i)]/d_i & , \quad b_i - d_i \le (Ax)_i < b_i \\ [(b_i + d_i) - (Ax)_i]/d_i & , \quad b_i \le (Ax)_i \le b_i + d_i \\ 0 & , \quad d.d. \end{cases} \tag{4.3}$$

d_i :hedef değerden subjektif olarak belirlenen maksimum kabul edilebilir sapmalar.

Üçgensel üyelik fonksiyonunda kullanılan;

b_i : tercih edilen değer
$b_i - d_i$:en kötümser değer
$b_i + d_i$:en iyimser değer.

Yang, Ignizio ve Kim (4.3) denkleminin üyelik fonksiyonlu (4.2) denkleminin çözümünde Zimmermann'ın bulanık programlama modelini kullanarak aşağıdaki modeli elde etmişlerdir.

$$\begin{array}{ll} \max & \alpha \\ \text{kısıtlar} & [(Ax)_i - (b_i - d_i)]/d_i \ge \alpha \\ & [(b_i + d_i) - (Ax)_i]/d_i \ge \alpha \\ & \alpha \in [0,1] \quad x \ge 0 \end{array} \tag{4.4}$$

5. Uygulama

Belediyeler, Kanun ile kurulan, kamu tüzel kişidir. Belediyelerin kuruluş amaçları beldenin ve belde halkının müşterek, mahalli ihtiyaçlarını karşılamak ve belde hizmetlerini yerine getirmektir. Günümüzde beldenin ve belde halkının ihtiyaçlarının artması, bunları yerine getiren belediyenin fonksiyonel işlevlerinin artması demektir. Belediyeler işlevlerini mevzuatın öngördüğü yetki ve sorumluluk içerisinde karar ve icra organları ile yerine getirirler.

Belediyelerin gelir bütçesi, vergi gelirleri, vergi dışı gelirler ve özel yardım ve fonlar olmak üzere üç çeşit gelirden oluşur. Bütçenin gelir tahminlerinde, kesin sonucu alınmış son üç yılın gelir artış oranları esas alınarak gelir tahmini yapılır. Ayrıca, bütçenin uygulanacağı mali yıl için, kanunlar ile vergi , resim ve harç oranlarında değişiklik yapılmış ise veya mahalli şartlar değişmiş ise bu hususlar da gelir tahmininde göz önünde tutulur. Uygulama çalışması içerisinde, belediye gelir çeşitlerinden Belediye Vergileri ve bunlara ait tahmin edilen gelirler kullanılmıştır. Bu vergi gelir çeşitleri:İlan ve Reklam Vergisi,Eğlence Vergisi, Emlak Vergisi, Bina Vergisi, Arazi Vergisi, Arsa Vergisi, Haberleşme Vergisi, Elektirik ve Havagazı Tüketim Vergisi,Yangın Sigorta Vergisi Çevre ve Temizlik Vergisi,Çeşitli Vergiler'den meydana gelmektedir.

5.1. Problemin Tanımı

Bornova Belediyesi 2002 Mali Yılı gelir bütçesi içerisinde yer alan Belediye Vergi gelirlerini toplam 6.494.480.000 TL. civarında tahmin etmiştir. Bu vergiler içerisinde yer alan İlan ve Reklam Vergisi, Eğlence Vergisi, Emlak (Arazi Vergisi, Bina Vergisi, Arsa Vergisi) Vergisi, Haberleşme Vergisi, Elektirik ve Havagazı Tüketim Vergisi, Yangın ve Sigorta Vergisi, Çevre Temizlik Vergisi ve Çeşitli Vergilere ait tahmin edilen vergi gelirleri ve bunlara ait kabul edilebilir maksimum sapmalar Tablo 5.1. de verilmiştir. Kabul edilebilir maksimum sapmalar geçmiş yıllara ait Mali Yılı gelir bütçeleri baz alınarak karar verici tarafından belirlenmiştir.

Bornova Belediyesi saymanlığı her vergi hedefinde oluşabilecek sapmaları, hedeften simetrik olarak artmasını veya azalmasını benimsemiştir. Toplam vergi gelirleri ve bu vergilere ait her bir vergi çeşidi için belirlenen hedef değerlerdeki bulanıklık, üç değerli bulanık sayı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 5.1: Vergiler için tahmin edilen yıllık TL. üzerinden gelirler

Vergi Çeşitleri	Tahmin edilen Gelir	Kabul edilebilir Sapmalar
İlan ve Reklam Vergisi	12.000.000.000	1.350.000.000
Eğlence Vergisi	40.000.000.000	3.800.000.000
Bina Vergisi	3.450.000.000.000	370.450.000.000
Arazi Vergisi	120.000.000.000	18.000.000.000
Arsa Vergisi	580.000.000.000	62.500.000.000
Haberleşme Vergisi	420.000.000.000	47.000.000.000
Elk.ve Havagazı Tüketim Vergisi	1.050.000.000.000	107.000.000.000
Yangın Sigorta Vergisi	1.480.000.000	170.000.000
Çevre ve Temizlik Vergisi	820.000.000.000	83.000.000.000
Çeşitli Vergiler	1.000.000.000	98.000.000
Beklenen Toplam Vergi	6.494.480.000.000	700.000.000.000

Modelleme süreci içerisinde ilk olarak veriler (4.2) denklemi kullanılarak linguistik yaklaşım yardımı ile formülasyonlar yapılarak modelleme süreci başlayacak ve (4.4) kullanılarak uygulamanın çözümü tamamlanacaktır. Eldeki veriler yardımı ile 2002 Mali Yılı gelir bütçesinde yer alan toplam vergiler ve her bir vergiye ait toplanması tahmin edilen yaklaşık vergi miktarı, linguistik yaklaşım yardımı ile formülasyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

Amaç: X değişkenlerinin belirlenmesi

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} = 6.494.48\tilde{0}.000.000$$

$$X_1 = 12.000.\tilde{0}00.000$$

$$X_2 = 40.000.\tilde{0}00.000$$

$$X_3 = 3.450.00\tilde{0}.000.000$$

$$X_4 = 120.000.\tilde{0}00.000$$

$$X_5 = 580.000.\tilde{0}00.000$$

$$X_6 = 420.000.\tilde{0}00.000$$

$X_7 \tilde{=} 1.050.000.000.000$

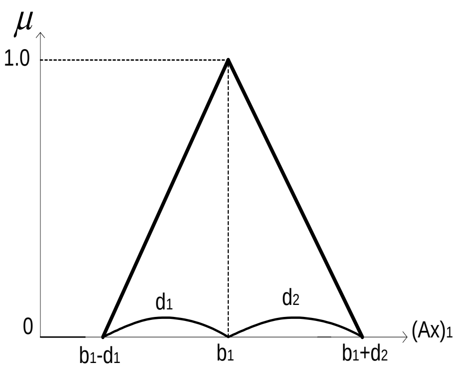
$X_8 \tilde{=} 1.480.000.000$

$X_9 \tilde{=} 820.000.000.000$

$X_{10} \tilde{=} 1.000.000.000$

$X_i \geq 0$, i=1,2,...,10

Toplam Vergi Geliri Hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayı tipi aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 5.2: Toplam Vergi hedefi için Üç Değerli Üyelik fonksiyonu

Toplam Vergi Gelir hedefine ait üyelik fonksiyonu aşağıda gösterilmiştir. Diğer hedeflerin de üyelik fonksiyonları benzer biçimde oluşturulur.

$$\mu_1(g_1(x)) = \begin{cases} [(\sum_{i=1}^{10} X_i) - (5.794480x10^6)]/(700x10^9) & , \quad (5.794480x10^6) \leq \sum_{i=1}^{10} X_i < (6.494480x10^6) \\ [(7.194480x10^6) - (\sum_{i=1}^{10} X_i)]/(700x10^9) & , \quad (6.494480x10^6) < \sum_{i=1}^{10} X_i \leq (7.194480x10^6) \\ 0 & , \quad (7.194480x10^6) < \sum_{i=1}^{10} X_i \; veya \sum_{i=1}^{10} X_i < (5.794480x10^6) \end{cases}$$

Toplam Vergi Geliri hedefine ait üyelik fonksiyonu tanımına göre bulanık hedef iki tane oluşmuştur. Bu hedefler;

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} - 700x10^9 \alpha \geq 5.794.480x10^9$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + 700x10^9 \alpha \le 7.194.480x10^9$$
.

Her bir vergi geliri çeşidine göre bulanık hedefler benzer şekilde oluşturulur ise,elde edilen bulanık hedef kısıtların birlikte çözülmesinden meydana gelen sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.2: Bulanık Hedef Programlama sonuçları

Vergi Çeşitleri	Gelir
İlan ve Reklam Vergisi	11.999.960.000
Eğlence Vergisi	39.999.900.000
Bina Vergisi	3.449.990.000.000
Arazi Vergisi	119.999.500.000
Arsa Vergisi	579.998.300.000
Haberleşme Vergisi	419.998.800.000
Elk.ve Havagazı Tüketim Vergisi	1.049.997.000.000
Yangın Sigorta Vergisi	1.479.996.000
Çevre ve Temizlik Vergisi	819.997.800.000
Çeşitli Vergiler	999.997.400
Toplam Vergi	6.493.461.253.400

Bornova Belediyesi'nin 2002 Mali Yılı Gelir Bütçesi içerisinde yer alan tahmin edilen Belediye Vergileri'ne ait veriler ve kabul edilebilir maksimum sapmalar yardımı ile kurulan modeller sonucu Belediye'nin 2002 Mali Yılı Belediye Vergileri için hedeflemiş olduğu gelirler yaklaşık olarak $\alpha = 1.0$ tatminkarlık seviyesinde tamamen karşılanacaktır. Sonuçlarda görüldüğü üzere kabul edilebilir maksimum sapmalar yardımı ile bulandırılan her hedefe ait değerler ve çözüm sonuçları tahmin edilen gerçek değerlerin yaklaşık olarak aynısıdır.

6. Sonuç

Bu uygulamada kullanılan yöntem, verilerin tahmin edilmiş veya bir anlamda bulanıklığı sayesinde, her bir veri için bulandırma süreci sonucunda yapılan çözümlemede, tahmin edilen değerler ile bulanık hale dönüştürülen verilerin sonuçları arasında fark bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken en önemli husus ise kabul edilebilir maksimum sapmaların simetrik olarak alındığıdır. Bu değerlerin simetrik olarak alınması her zaman için iyi sonuçlar vermeyebilir. Bunun

yerine, tahmin edilen hedeflerin etrafında olacak sapmalar, simetrik yerine simetrik olmayan bir şekilde oluşturulsa ve sol taraf değeri sağ tarafa göre daha küçük alınır ise sonuçlar daha anlamlı bir hale gelebilir.
Karar problemlerinin her zaman sahip olduğu belirsizlikler, Bulanık Hedef Programlama tekniğini daha populer hale getirmektedir. Bu belirsizliği azaltmak mümkün olsa bile, esnek düşünme yeteneğine sahip olan insan, karar verme aşamalarında Bulanık Mantığı ve Yöneylem Tekniklerine uygulamalarını çok etkin kullanmalıdır. Bulanık Hedef Programlamayı Benzetim tekniğinin sınırlı bir versiyonu olarak ta değerlendirmek mümkündür.
Bulanık Hedef Programlama tekniği göstermektedir ki; karar problemlerinin sahip olduğu belirsizlik(bulanıklık) ve yapılarına göre gerek simetrik gerekse simetrik olmayan üç değerli bulanık sayı kullanarak farklı modeller türetmek, çözümlerini bulmak ve bu çözümler arasından en uygununu belirlemek, etkin kararlara büyük destek verebilecektir.

Kaynaklar

BELMAN, R.E., ve ZADEH, L.A. Decision Making in a Fuzzy Environment, Management Science, Vol. 17, No:4, 1970.

DANTZING, George B., THAPA, Mukund. Linear Programming, Springer-Verlag, New York, 1987.

DAVIS, K., MCKEOWN, Patrick G. Quantitative Models for Management, Kent Publishing Company, Boston, 1981.

G LAI, Y., HWANG, A., Tomas, STEWART, THEODORE J., HANE, Thomas. Multi-criteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999.

LAI, Y., HWANG, C.L. Fuzzy Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications, Springer-Verlag, New York, 1994.

LEE, Sang M., MOORE Laurence J. Introduction to Decision Science, Petrocelli/Charter, New York, 1975.

MENDOZA G.A. PRABHU, R. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria an indicators : A case study, Forest ecology and Management 131, 2000, s.107-126

ROMERO, Carlos. Hvebook of Critical Issues in Goal Programming, Pergamon Pres, New York, 1992.

ROMERO, Carlos. Extended lexicographic goal programming: A unifying approach, Omega, The International Journal of Management Science, Vol.29, 2001, s.63-71

TAMIZ, Mehrdad. Multi-objective Programming and Goal Programming, Springer, Berlin, 1996.

TAMIZ, M., JONES, D.F. Interactive Framework for Investigation of Goal Programming Models: Theory and Practice, Journal of Multi-Criteria Decision Analysis 6, 1997, s.52-60.

ZELENY, Milan. The pros and cons of goal Programming", Computers ve Operations Research 8, 1981, s.354-367.

ZELENY, Milan. Multiple Criteria Decision Making, McGraw-Hill, Company, London, 1982.

ZIMMERMANN, H.J. Fuzzy Sets Theory ve its Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1996.