

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

0-1 TAMSAYILI BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE SINAV GÖREVİ ATAMA PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

C. Hakan KAĞNICIOĞLU¹, Abdurrahman Yıldız²

ÖZ

Atama modellerinde ulaşılmak istenen birden fazla amaç söz konusu ise, çok amaçlı yapılardan oluşan bir model oluşturulmalıdır. Ayrıca, modelde kullanılacak herhangi bir bilgi veya parametre içerisindeki belirsizlik, belirsizlik altında karar verme tekniklerinin de kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada, birden fazla amaç ve hedeflerde belirsizlik olması durumlarında, 0-1 tamsayı bulanık hedef programlama yaklaşımı ile atama problemlerinin çözümü için model önerisinde bulunulmuştur. Uygulamada Dumlupınar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü sınavları ve sınav görevlileri veri olarak kullanılmıştır.

Bulanık model gerçek verilerle Bellman ve Zadeh'in Max-Min yaklaşımı ve Tiwari, Dharmar ve Rao'nun toplamsal model yaklaşımı ile çözülmüştür.

Modelin geçerliliğini göstermek amacıyla önerilen model yapay verilerle her iki yöntem ile çözümlenmiştir. Çözümler modelin farklı veri kümeleri içinde çalıştığını göstermiştir. Ayrıca, bu çözümlenmelerde her iki yaklaşım da kullanıldığı için birbirilerine göre üstün ve zayıf yönleri de karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Bulanık programlama, 0-1 tamsayı bulanık hedef programlama, Atama modelleri, Toplamsal 0-1 tamsayı bulanık hedef programlama.

SOLUTION TO JOB ASSIGNMENT PROBLEM BY A 0-1 INTEGER FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH

ABSTRACT

When there are more than one objectives in the assignment model, a multi-objective model must be established. Besides, fuzziness in the parameters or data that are to be used in the model necessitate to use decision making techniques under fuzziness.

In this study, when there are more than one goals and these goals are fuzzy, a 0-1 fuzzy goal programming model has been proposed for assignment models. In the implementation, Dumlupınar University Industrial Engineering Department exams and research assistants have been used as input.

Fuzzy model with real data has been solved by using Max-Min approach of Bellman and Zadeh and Additive Model approach of Tiwari, Dharmar and Rao.

The proposed model with artificial data has been solved by both of the approaches to indicate the validation of it. The solutions have shown that the proposed model is valid for various data sets, too. Moreover, since both of the approaches have been used for the solution of various data sets, the opportunity of comparing these approaches according to strengths and weaknesses has been made, as well.

Keywords: Fuzzy programming, 0-1 integer fuzzy-goal programming, Assignment models, Additive 0-1 integer fuzzy-goal programming.

¹ Anadolu Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Yüksekokulu, Yunus Emre Kampüsü, 26470 Eskişehir
E-posta: chkagnic@anadolu.edu.tr

² Dumlupınar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Merkez Kampüsü, 43100 Kütahya
E-posta: ayildiz@dumlupinar.edu.tr

1. GİRİŞ

Klasik atama modeli, çoğu zaman gerçek hayat problemlerinin çözümü için yeterli olmayabilir. Bu yetersizliğin altında, atanacak iş sayısı ile atanacak kişi sayısının eşit olmaması, aynı işe birden fazla kişinin atanmasının gerekliliği, atama işlemi ile ilgili parametrelerdeki belirsizlik, atama işlemi ile ilgili olarak ulaşılmak istenen birden fazla amaç gibi birçok gerçek hayat durumu yatabilir. Bütün bu sebepler atama işleminin, başka yapılar oluşturularak yapılması için birer sebeptir.

Öncelikle atama işlemi ile, ulaşılmak istenen birden fazla amaç söz konusu ise, çok amaçlı yapılardan oluşan bir model oluşturmak kaçınılmazdır. Bu arada modelde kullanılacak herhangi bir bilgi veya parametre içerisindeki belirsizlik, belirsizlik altında karar verme tekniklerinin de kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada, m adet işe atanacak n adet kişinin ($m > n$) olduğu, her m işi için k adet ($k \leq n$) kişinin gerekli olduğu bir gözetmen atama işlemi, hedef değerlerin bulanık olduğu bir 0-1 tamsayı hedef programlama modeli ile yapılmıştır. Atama işleminde, kişiler arasındaki görev süresi ve sayısı için bulanık hedefler tanımlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürdeki bulanık hedef programlamaya ilişkin çalışmalar şöyle özetlenebilir. Tiwari vd. (1986) bulanık hedef programlamada öncelik yapısı ve dilsel sıralama ile çözüm önerileri çalışması; yine Tiwari vd. (1987) toplamsal model formülasyonunu önerdikleri çalışmaları; Pickens ve Hof'un (1991) ormancılıkta bulanık hedef programlama çalışması; Mohamed'in (1992) hedef programlamada şans kısıtları çalışması; Gen vd. (1993) 0-1 tamsayı bulanık hedef programlama modeli ile güvenilirlik hesaplama çalışması, Ohta ve Yamaguchi'nin (1996) doğrusal kesirli hedef programlama çalışması; Chang ve Wang'ın (1997) şehir katı atık yönetiminde bulanık hedef programlama çalışması; Lee ve Wen'in (1997) nehir havzasındaki su kalitesi yönetiminde bulanık hedef programlama yaklaşımı, Chen ve Tsai'nin (2001), farklı öncelik ve önemlerdeki hedeflerin yer aldığı bulanık hedef programlama çalışması, Arıkan ve Güngör'ün (2001), çok amaçlı proje şebeke modelinin çözümü için bulanık hedef programlama çalışması, Kim vd. (2002), bulanık ortamda ekonomi politikalarının oluşturulması çalışması, Pal ve Moitra'nın (2003), bulanık çoklu hedefleri olan öncelikli yapıdaki bir hedef programlama modelini, dinamik programlama yapısıyla çözümüne ilişkin çalışması, Pal vd. (2003), bulanık çok amaçlı doğrusal kesirli programlama problemine hedef programlama yaklaşımı çalışması, Iskander'in (2004), stokastik bulanık hedef programlama çalışması, Lin'in (2004), ağırlıklandırılmış ve önceliklendirilmiş modellerde parçalı ve iç bükey (Quasiconcave) üyelik fonksiyonlarına ilişkin çalışması, Biswas ve Pal'in (2004), tarımda toprak kullanım planlamasında bulanık hedef programlama çalışması, Kumar vd. (2004), tedarik zincirinde

tedarikçi seçim problemine ilişkin tamsayı bulanık hedef programlama çalışması önce çıkan teorik ve uygulama çalışmalarıdır.

Hedef programlama ve atama modellerinin beraber yer aldığı çalışmalar tarandığında önemli yayınların gelişimi şöyledir.

Knutson vd. (1980) tarafından yapılan yayında, devlet okullarında ırksal dengeyi sağlamak üzere hedef programlama ile, öğrenci atama problemi çözülmüştür. Freed ve Glover (1981), diskriminant problemleri için, basit fakat güçlü bir hedef programlama yöntemi ile atama yöntemi önermişlerdir. Zanakis (1983), işlerin kadrolara (işgücüne) atanmasında 0-1 tamsayı, öncelikli hedef programlama kullanmıştır. Schneiderjans ve Kim (1987), fakültede derse gerekli personelin atanması için hedef programlama yaklaşımı kullanmıştır. Franz vd. (1989), çoklu klinikte personel çizelgelemesi ve ataması problemini çözmüşlerdir. Özkarahan (1991), hemşire çizelgeleme destek sisteminde hedef programlama ve atama modeli kombinasyonunu kullanmıştır. Badri (1996), fakülte ders çizelgeleme probleminde 0-1 tamsayı iki aşamalı çok amaçlı bir yöntem kullanmıştır. İki aşamalı modelde ilk olarak fakülte üyelerinin derslere atanmadaki isteklerinin en büyüklenmesi, ikinci aşamada ise, derslerin belirlenen zaman bloklarına yerleştirilmesinde isteklerin en büyüklenmesi gerçekleştirilmektedir. Ali vd. (1998), saf network programının çözümü için öncelikli yapı ile bir çözüm prosedürü sunmuşlardır. Bu prosedürle donanma personelinin atanması problemi çözülmüştür. Slomp ve Suresh (2004), çoklu vardiyalı imalat sisteminde operatörlerin, takımlara atanma problemini interaktif hedef programlama yöntemi ile çözmüştür. Kurulan model tamsayı değişkenlerden oluşmaktadır. Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, vardiya takımlarının büyüklüğünün ve bu takımlara uygun makinaların belirlenmesi, ikinci aşama ise, operatörlerin takımlara atanması ve bu atama sonucunda gerekli eğitimlerin belirlenmesidir.

3. HEDEF PROGRAMLAMA

Gerçek hayat problemleri çoğunlukla, birbiriyle çelişen ve aynı anda sağlanması istenen, birden fazla amacın olduğu problemlerdir. Bu yapı aslında tam olarak hedef programlama tanımına uymaktadır.

Hedef programlama modeli çok amaçlı programlama modellerinin bir türüdür. Optimizasyon düşüncesine dayanan çok amaçlı programlama modellerinde, birbiriyle çelişen amaçları kısıtlayıcı kümesine göre eşanlı olarak doyuran bir çözüm vektörünün belirlenmesi amaçlanır. Hedef programlama modelinde ise, karar vericinin doyurucu bulunduğu bir çözüm belirlenmeye çalışılır. Bu nedenle, hedef programlamanın optimizasyon düşüncesinden çok, bir doyum düşüncesine dayandığı söylenebilir. Hedef programlama, hedef değerlerden sapmaları en küçükleme esasına dayanır. Bunu yaparken, hedeflerin, varsa ağırlıkları ve öncelikleri de dikkate alınır. Hedef programlamanın önemli faydalarından biri de, farklı değerlendirme esasları ve

farklı birimlerle çalışılmasına izin verebilmesidir (Taha, 1997).

Hedef programlamanın genel formülasyonu aşağıdaki şekildedir:

W: Ağırlıklar

P: Öncelikler

p_i : i. Hedeften negatif sapma

n_i : i. Hedeften pozitif sapma

A: Birim katkı matrisi

X: Karar değişkenleri matrisi olmak üzere,

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^l W_{ki} P_k (n_i + p_i)$$

$$\sum_j^n C_{ij} x_j + n_i - p_i = g_i$$

$$AX \leq B$$

$$n_i * p_i = 0$$

$$x_j, n_i, p_i, X \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, l$$

şeklinde ifade edilir.

Hedef programlama türleri, karar değişkenlerinin yapısına göre, fonksiyonların (kısıt ve amaç) ifadesine göre, katsayılarının yapısına göre belirlenmektedir. Buna göre hedef programlama türleri aşağıda verilmiştir. Bunlar:

- Doğrusal Hedef Programlama
- Doğrusal Olmayan Hedef Programlama
- Tamsayılı Hedef Programlama
- Stokastik Hedef Programlama
- Bulanık Hedef Programlamadır.

Çalışmanın kapsamı nedeniyle, bundan sonraki kısımlarda tamsayılı hedef programlama ve bulanık hedef programlamadan bahsedilecektir.

3.1 Tamsayılı Hedef Programlama

Karar değişkenlerinin tamsayı değer alması istenen programlama türüdür. Tamsayı değer istemi üç şekilde oluşabilir. Bunlar:

- Karma tamsayılı hedef programlama
- Tümüyle tamsayılı hedef programlama

- 0-1 tamsayılı hedef programlamadır.

Karma tamsayılı hedef programlamada değişkenlerin bir kısmının tamsayı olması istenir. Tümüyle tamsayılı hedef programlama modelinde ise değişkenlerin tamamının tamsayı değeri alması istenmektedir. 0-1 tamsayılı hedef programlama modelinde ise, değişkenlerin tamamının veya bir kısmının 0 veya 1 değerini alması istenmektedir.

3.2 Bulanık Hedef Programlama

Hedef Programlamada, çoklu hedefler verilen şartlar (kısıtlar) altında, en iyi seviyede gerçekleşmeye çalışılır. Hedef programlamanın en önemli özelliği, kısıtların ve hedeflerin tamamen simetrik olarak düşünülmesidir. Yani hedefler birer kısıt olarak modelde yer alabilmektedir. Ancak, karar verici, kullanılabilir kaynakları veya hedefleri tam olarak tanımlayamayabilir. Bu gibi durumlarda dilsel ifadelere dayanan belirsizlik yapısı, gayet uygun ve kabul edilebilir olabilmektedir. Bu ifadeler "civarında" şeklinde ifade edilebilir.

b civarında şeklinde dilsel ifadelerle ifade edilerek oluşturulan bir model aşağıdaki şekillerde gösterilebilir:

Ara x

$$(Ax)_i = \tilde{b}_i ; i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

Ara x

$$(Ax)_i \cong b_i ; i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

Bulanık hedef programlama modeli, hedef programlama modelindeki parametrelerin bazılarında veya tamamında, sağ taraf sabitlerinde, hedeflerde veya kısıtlarda, ağırlıklandırma veya önceliklendirmedeki belirsizliklerin de hesaba katılması isteğinden doğmuştur. Bulanık hedef programlamada klasik hedef programlamadan farklı olarak, sapma değişkenleri ile oluşturulan model yerine, üyelik fonksiyonları kullanılır. Amaç, üyelik fonksiyon değerlerinin en büyüklendiği, yani istenen kümeye en yakın değerlerin elde edildiği fonksiyonlar tanımlayarak, bulanıklığı ortadan kaldırmaktır (Lai, Hwang, 1996).

Bulanık hedef programlama modelinin genel gösterimi aşağıdaki gibidir:

Z_k : k. amaç fonksiyonu,

L_k : k. amaç fonksiyonu için bulanık hedef değer,

u_k : k. amaç fonksiyonu için üst limit,

l_k : k. amaç fonksiyonu için alt limit olmak üzere,

$$Z_k \leq L_k \quad k = 1, 2, \dots, K$$

$$Ax \geq b$$

$$x \geq 0$$

Modelinde bulanık hedefler için aşağıdaki üyelik fonksiyonunu tanımlayalım.

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 1 & z_k \leq l_k \\ 1 - (z_k - l_k)/(u_k - l_k) & l_k < z_k < u_k \\ 0 & z_k \geq u_k \end{cases}$$

Buna göre elde edilecek bulanık doğrusal hedef programlama modeli aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\lambda = 1 - (z_k - l_k)/(u_k - l_k) \text{ olmak üzere}$$

max λ

k.a.

$$\lambda \leq (z_k - l_k)/(u_k - l_k)$$

$$Ax \geq b$$

$$x, \lambda \geq 0$$

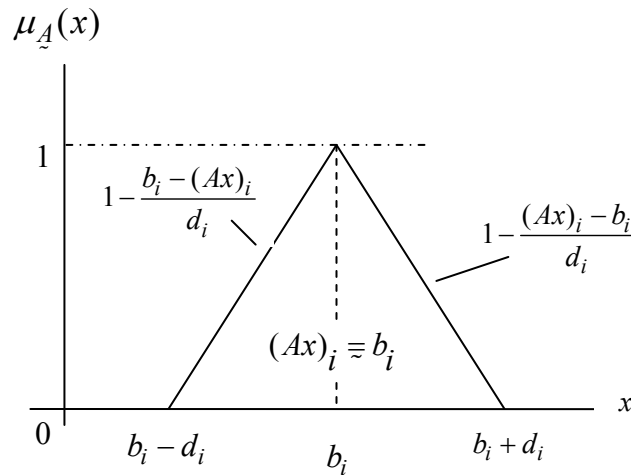
şeklinde doğrusal bir modele dönüştür. Model Doğrusal Programlama teknikleriyle çözülür (Arıkan, 1996).

Bulanık hedef programlama için geliştirilen çözüm yaklaşımlarının çoğunda Zimmermann tipi üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Bulanık eşitsizlikler için üçgensel yapıda olan Zimmermann tipi üyelik fonksiyonları ve grafiksel gösterimleri (Şekil 1, Şekil2, Şekil 3), aşağıdaki gibidir.

b_i : i. Bulanık hedef için karar vericinin belirlediği erişim değeri,

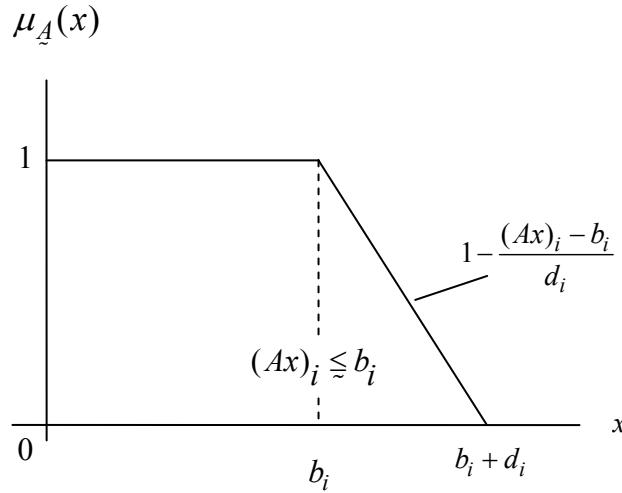
d_i : i. Bulanık hedefi erişim değerinden oluşacak kabul edilebilir sapma miktarı olmak üzere,

$$(Ax)_i \cong b_i \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \leq b_i - d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ; \text{ eğer } b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ; \text{ eğer } b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \text{ ise} \\ 0 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \geq b_i + d_i \text{ ise} \end{cases}$$



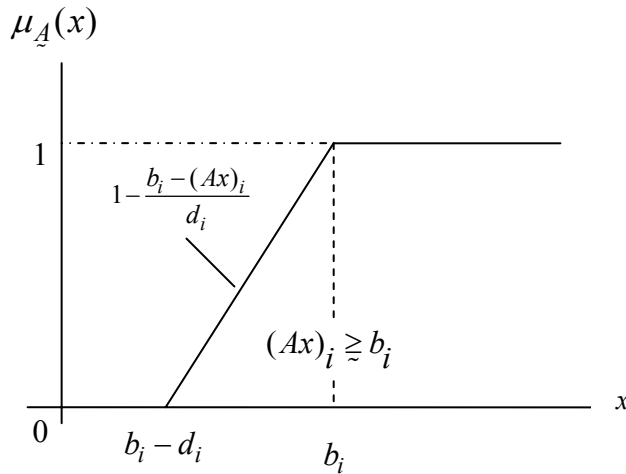
Şekil 1. $(Ax)_i \cong b_i$ için üçgensel üyelik fonksiyonu grafiği

$$(Ax)_i \leq b_i \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \geq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ; \text{ eğer } b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \end{cases}$$



Şekil 2. $(Ax)_i \leq b_i$ için üyelik fonksiyon grafiği

$$(Ax)_i \geq b_i \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \leq b_i - d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ; \text{ eğer } b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \geq b_i \text{ ise} \end{cases}$$



Şekil 3. $(Ax)_i \geq b_i$ için üyelik fonksiyon grafiği

Genelde bulanık hedef programlama modelleri, çözümde bulanık hedeflerin aynı üyelik derecesi ile sonuçlanır. Bulanık hedeflerin ortak doyum derecesini belirlemek yerine, bireysel hedeflerin doyum derecelerinin toplamını en çoklamaya çalışan bir yaklaşım olan belirli ağırlıklı toplamsal model yaklaşımı Tiwari vd.(1987) tarafından geliştirilmiştir. Önerilen

model aşağıda verilmiştir. Model öncelikli ve ağırlıklı olarak kurulabilmektedir. Ancak çalışmada kullanılan modelin ağırlıklandırması ve önceliklendirmesi olmadığı için, gösterim ona göre verilmiştir.

Verilen bulanık hedeflerin aşağıda verilen Zimmermann üyelik fonksiyonlarıyla tanımlandığı varsayılınsın.

$$(Ax)_i \leq b_i \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \geq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ; \text{ eğer } b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \end{cases}$$

$$(Ax)_i \geq b_i \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \leq b_i - d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ; \text{ eğer } b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 & ; \text{ eğer } (Ax)_i \geq b_i \text{ ise} \end{cases}$$

Yukarıdaki üyelik fonksiyonlarıyla model

$$\text{Max} \sum_{i=m_1+1}^{m_3} \mu_i$$

k.a.

$$\mu_i = 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \quad i=m_1+1, \dots, m_2$$

$$\mu_i = 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \quad i=m_2+1, \dots, m_3$$

$$\mu_i \leq 1 \quad i=m_1+1, \dots, m_3$$

$$x, \mu_i \geq 0$$

şeklinde olur.

Aşağıdaki bölümde önerilen modelin çözüm basamakları şu şekildedir:

Adım 1: Bulanık hedef programlama modelinin kurulması

Adım 2: Bulanık hedeflerin ve tolerans değerlerinin belirlenmesi

Adım 3: Zimmerman tipi üçgensel üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

Adım 4:a: Modelin Bellman ve Zadeh'in max-min yaklaşımıyla belirli tek amaçlı doğrusal programlama modeli duruma getirilmesi

b: Modelin toplamsal model yaklaşımı ile belirli tek amaçlı doğrusal programlama modeli duruma getirilmesi

Adım 5: Belirli duruma getirilen her iki modelin doğrusal programlama yaklaşımı ile ayrı ayrı çözülmesi

Adım 6: Çözüm sonuçlarının karşılaştırılması

4. MEVCUT DURUM

Sınav sistemi, gözetmenlik ve sınav sorumluluklarından oluşmaktadır. Gözetmenler, görevli oldukları sınav salonunda, sınavın aksaklık olmadan yapılmasından sorumludurlar. Sınav sorumluları ise, sınavın tüm salonlardaki işleyişinden sorumludurlar. Bir kişi aynı anda hem sınav sorumlusu, hem de gözetmen olarak görevlendirilmemektedir.

Endüstri Mühendisliği Bölümünde her dönem ara sınav, dönem sonu sınavı ve bütünleme sınavı (her ders için olmamak kaydıyla) olmak üzere 3 sınav grubu bulunmaktadır. Bölümde açılan yaklaşık 25 ders karşılığında, ara sınav ve final sınavı dönemlerinde yaklaşık 60 adet gözetmenlik görevi, yine her ders başına bir sorumlu olmak üzere yaklaşık 25 sınav sorumluluğu görevi oluşmaktadır.

Şimdiye kadar sınav gözetmenlik ve sorumluluk atama programı, sezgisel olarak yapılmaktadır. Bu programı yaparken amaç, kişi bazında sorumluluk ve gözetmenlik görev toplamlarının eşitlenmesidir. Ancak bu durum araştırma görevlilerinin sınavlarda bulunma sürelerinde büyük farklılıklar meydana getirebilmektedir. Ayrıca program, gözetmenlik ve sorumluluk görevlerinin eşit yükte görevler olduğu varsayımıyla yapıldığından, araştırma görevlilerinin gözetmenlik ve sorumluluk sayıları arasında sayıca 2-3 adetten bile fazla fark oluşabilmektedir. Örneğin, bir araştırma görevlisinin 7 gözetmenlik ve 5 sorumlu görevi varken, bir başka araştırma görevlisinin 5 sorumluluk, 7 gözetmenlik görevi bulunabilmektedir. Sınav gözetmenliği, sınav sorumluluğundan daha yorucu ve zor bir görev olduğu için, 7 gözetmenliği bulunan araştırma görevlisi, daha fazla yorulacaktır.

Bir başka boyut ise, sınav süreleri önceden bilinmediğinden, gözetmenlik ve sorumluluk programı yapılırken süreler dikkate alınamamaktadır. Dolayısı ile sayı olarak fazla gözetmenlik görevi bulunan araştırma görevlisine, bir de süreleri uzun sınavlar denk geldiğinde fark daha da büyümektedir. Bu problemin çözümünde yaklaşık olsa da sınav süresi ile ilgili veriler dersin öğretim üyesinden alınabilir. Diğer veriler ise, sınav gözetmenlik ve sorumluluk programını yapan kişi tarafından önceki sistemde de elde edilen verilerdir.

5. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde sınav gözetmenlik ve sorumluluk atamalarının yapılabilmesi için gerekli materyaller ve çözümü için kullanılacak metotlar açıklanmıştır.

5.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak Dumlupınar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü sınav gözetmeni ve sorumlusu atama işlemine ilişkin parametreler kullanılmıştır.

Yapılan uygulama çalışmasında, 2003-2004 Eğitim Öğretim yılı Bahar Yarıyılı ara sınav dönemi verileri kullanılmıştır. Bu dönemde 25 adet ders açılmış

Tablo 1. Bahar dönemi dersleri sınav süreleri, gerekli gözetmen ve sorumlu sayıları

Sıra No	Ders adı	Sınav Süreleri (dak.)	Sorumlu sayısı	Gözetmen sayısı
1	A.İ.İ.T. II	30	1	1
2	Ergonomi	40	1	2
3	Fizik II	90	1	2
4	Genel Ekonomi	60	1	4
5	İngilizce II	60	1	2
6	İstatistik I	90	1	3
7	İş Güvenliği ve İş Hukuku	35	1	2
8	Kalite Kontrol	60	1	2
9	Matematik II	80	1	2
10	Matematik IV	80	1	3
11	Mühendislik Ekonomisi	90	1	2
12	Sistem Simülasyonu	90	1	2
13	Sosyal Seçmeli (Dünya Ekonomisi)	75	1	5
14	Tek.Seç.(Hücreyel İmalat Sistemleri)	90	1	2
15	Teknik Resim	80	1	2
16	Teknik Seçmeli (Pazarlama Teknikleri)	50	1	1
17	Teknik Seçmeli (Teknik İngilizce)	90	1	1
18	Teknik Seçmeli (Visual Basic Uyg.)	90	1	1
19	Temel Bilgisayar Bilimi	75	1	3
20	Termodinamik	90	1	3
21	Türk Dili II	60	1	3
22	Üretim Yöntemleri	90	1	3
23	Yatırım Planlama	40	1	2
24	Yönetim ve Organizasyon	40	1	2
25	Yöneylem Araştırması II	90	1	3
TOPLAM		-	25	58

olup, dersler için önceden belirlenmiş sınav süreleri ile gerekli gözetmen ve sorumlu sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Çalışmada kullanılabilir araştırma görevlisi sayısı 6 olup, 1,2,...6 şeklinde kodlanarak, sorumlu ve gözetmen olarak atanacaklardır. Ayrıca, çözümlenmelerde LINGO 8.0 paket programı kullanılarak, oluşturulan modeller değerlendirilmiştir.

5.2 Metot

Çalışmada 0-1 tamsayıli bulanık hedef programlama tekniği kullanılarak modelleme yapılmıştır. Sınav görevlendirme programı, yapısı itibarıyla çok amaçlıdır. 0-1 tamsayıli yapı, atama probleminin doğası gereğidir. Modeldeki bulanık hedefler ise, ders değişkenliği, öğrenci sayısı ve öğretim üyesinin belirleyeceği sınav süresine bağlı olarak, sınav süresi ve sayısı farkına ilişkin kesin hedefler verilememesi dikkate alınarak oluşturulmuştur. Buna göre kişiler arasındaki gözetmenlik ve sorumluluk süreleri arasındaki farkın 5 dakika civarında veya daha az, gö-

zetmenlik ve sorumluluk sayıları arasındaki farkların ise 1 civarında veya daha az olması şeklinde hedef değerler belirlenmiştir. Modele ilişkin parametrelerde, gözetmenlik ve sorumluluk sürelerine ilişkin toleranslar 10 dakika, gözetmenlik ve sorumluluk sayılarına ilişkin toleranslar ise 2 olarak öngörülmüştür. Buna göre oluşturulan 0-1 tamsayıli bulanık hedef programlama modeli aşağıda verilmiştir.

Karar değişkenleri

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{i. Sınava j. araştırma görevlisi gözetmen} \\ & \text{olarak atanmamışsa } i = 1,2,\dots,25 \\ 1, & \text{i. Sınava j. Araştırma görevlisi gözetmen} \\ & \text{olarak atanmışsa } j = 1,2,\dots,6 \end{cases}$$

$$S_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{i. Sınava j. araştırma görevlisi sorumlu} \\ & \text{olarak atanmamışsa } i = 1,2,\dots,25 \\ 1, & \text{i. Sınava j. Araştırma görevlisi sorumlu} \\ & \text{olarak atanmışsa } j = 1,2,\dots,6 \end{cases}$$

Modele ilişkin diğer parametreler ise şöyledir:

$A_i = i$. Sınavın sınav süresi, $i = 1, 2, \dots, 25$

p = Sınavlar için gerekli gözetmen sayısı vektörü

r = Sınavlar için gerekli sorumlu sayısı vektörü

Modelde 4 temel hedef vardır. Bunlar:

- Araştırma görevlilerinin gözetmenlik süreleri arasındaki farkların enazlanması,
- Araştırma görevlilerinin gözetmenlik sayıları arasındaki farkların enazlanması,
- Araştırma görevlilerinin sorumluluk süreleri arasındaki farkların enazlanması,
- Araştırma görevlilerinin sorumluluk sayıları arasındaki farkların enazlanmasıdır.

Gözetmenlik süreleri arasındaki farkların enazlanmasını amaçlayan hedefler

Bu amaç takımının hazırlanmasında araştırma görevlilerinin gözetmenlik süreleri arasındaki farkların enküçüklenmesi, ikili karşılaştırmalar esasına göre yapılmıştır. 6 adet araştırma görevlisi, 2'li kombinasyonlar şeklinde değerlendirilerek, 15 adet kombinasyon oluşturulmuştur.

GGSUq: Gözetmenlik sürelerine ilişkin i . hedef fonksiyon takımı ($q=1,2$) olmak üzere,

$G_t = t$ 'inci araştırma görevlisi $t=1,2,3,4,5,6$

$$GGSU1 = \sum_{i=1}^{25} A_i (x_{ij} - x_{ik}) \lesssim 5, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (1)$$

(1) no'lu ve diğer (2,3,4,5,6,7,8) no'lu kısıtlarda $(G_j, G_k) = (G_k, G_j)$ sıralı ikilisi aynı karşılaştırmayı göstermektedir.

Enküçükleme yapısında, katsayısı negatif olan araştırma görevlisine öncelikle atama yapma isteğini dengelemek için, karşılaştırması yapılan birinci ve ikinci araştırma görevlisinin pozitif ve negatif katsayıları yer değiştirilerek dengeleyici amaçlar oluşturulmuştur.

$$GGSU2 = \sum_{i=1}^{25} A_i (-x_{ij} + x_{ik}) \lesssim 5, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (2)$$

Aşağıdaki diğer bulanık hedeflerin oluşturulmasında da ikili karşılaştırmalar esasına göre ikili kombinasyonlar oluşturulmuş ve katsayısı negatif olan araştırma görevlisine öncelikle atama isteğini denge-

lemek için araştırma görevlilerinin yerleri değiştirilmiştir.

Gözetmenlik sayıları arasındaki farkların enazlanmasını amaçlayan hedefler

$$GGSA1 = \sum_{i=1}^{25} (x_{ij} - x_{ik}) \lesssim 1, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (3)$$

$$GGSA2 = \sum_{i=1}^{25} (-x_{ij} + x_{ik}) \lesssim 1, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (4)$$

Sorumluluk süreleri arasındaki farkların enazlanmasını amaçlayan hedefler

$$GGSU1 = \sum_{i=1}^{25} A_i (S_{ij} - S_{ik}) \lesssim 5, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (5)$$

$$GGSU2 = \sum_{i=1}^{25} A_i (-S_{ij} + S_{ik}) \lesssim 5, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (6)$$

Sorumluluk sayıları arasındaki farkların enazlanmasını amaçlayan hedefler

$$GGSA1 = \sum_{i=1}^{25} (S_{ij} - S_{ik}) \lesssim 1, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (7)$$

$$GGSA2 = \sum_{i=1}^{25} (-S_{ij} + S_{ik}) \lesssim 1, \quad \forall (G_j, G_k) \quad j=1,2,\dots,6, \quad k=1,2,\dots,6, \quad j \neq k, \quad (8)$$

Kısıtlar

Her bir ders için gerekli gözetmen sayılarına ilişkin kısıtlar

$$\sum_{j=1}^6 (x_{ij}) = p, \quad \forall i, \quad i = 1, 2, \dots, 25; \quad p^T = (2, 2, 3, 2, 1, 3, 5, 1, 4, 3, 3, 1, 2, 2, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 2, 2) \quad (9)$$

Her bir ders için gerekli sorumlu sayılarına ilişkin kısıtlar

$$\sum_{j=1}^6 (S_{ij}) = r, \quad \forall i, \quad i = 1, 2, \dots, 25; \quad r^T = (1, 1) \quad (10)$$

Bir kişinin aynı anda hem gözetmen hem de sorumlu olamaması kısıtları

$$x_{ij} + S_{ij} \leq 1, \quad \forall i, j; \quad i = 1, 2, \dots, 25; \quad j = 1, 2, \dots, 6 \quad (11)$$

Değişken tipi tanımlamaları

Tüm $x_{ij}, S_{ij} = \{ 0, 1 \}, i=1,2,\dots,25; j = 1,2,\dots,6$

Hedeflerdeki bulanıklıklar için oluşturulan Zimmermann tipi üyelik fonksiyonları Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir.

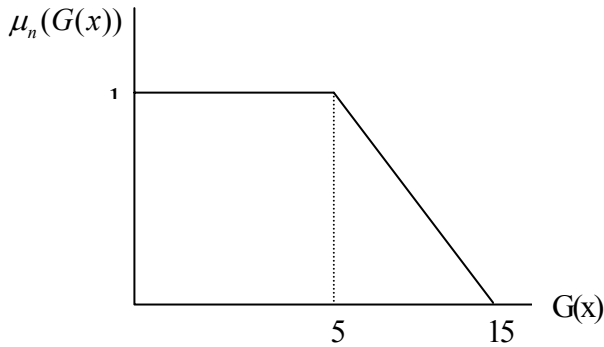
$\mu(x)$: x için üyelik fonksiyon değeri,

$G(x)$: Hedef fonksiyonu,

b: Hedef değeri,

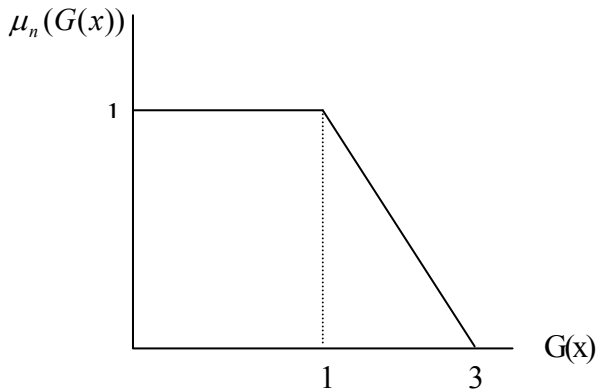
d: Tolerans değeri olmak üzere,

$$\mu_n(G(x)) = \begin{cases} 0 & ; \text{eğer } G(x) \geq 15 \\ 1 - \frac{(G(x))_n - b_n}{d_n} & ; \text{eğer } 15 \geq G(x) \geq 5 \\ 1 & ; \text{eğer } G(x) \leq 5 \end{cases} \quad (12)$$



Şekil 4 Gözetmenlik ve sorumluluk süreleri için üyelik fonksiyonu

$$\mu_n(G(x)) = \begin{cases} 0 & ; \text{eğer } G(x) \geq 3 \\ 1 - \frac{(G(x))_n - b_n}{d_n} & ; \text{eğer } 3 \geq G(x) \geq 1 \\ 1 & ; \text{eğer } G(x) \leq 1 \end{cases} \quad (13)$$



Şekil 5. Gözetmenlik ve sorumluluk sayıları için üyelik fonksiyonu

Bu durumda oluşturulan bulanık modelin 120 bulanık hedefi, 212 kısıtı ve 300 adet 0-1 tamsayı değişkeni bulunmaktadır.

Yukarıdaki model, bir okuldaki sınavlara sınav görevlilerinin ve sorumlularının atanmasına yönelik oluşturulan 0-1 tamsayı bulanık hedef programlama modelidir. Oluşturulan bu atama modeli hem hedefleri hem de kısıtlarının yapısı açısından özgün bir modeldir. Modelde yapılan atamalarda eşitlik ilkesine uyulmaya çalışılarak atamaların zaman ve sayı açısından eşit olmasına dikkat edilmeye çalışılmış ve hedefler de o yönde oluşturulmuştur. Daha önceden söz edildiği gibi bu atama modeli literatürde yer almamakta ve aynı zamanda bu atama modelinde hedeflerde bulanıklık bulunmaktadır. Oluşturulan bu atama modelinde hedefler ve kısıtlar yapısı bakımından literatürdeki diğer modellerden ayrılırken, aynı zamanda hem 0-1 tamsayı hedef programlama, hem de hedeflerinin bulanık olması da başka bir boyuttur. Ayrıca çözümlemesinde de Bellman ve Zadeh’in max-min yaklaşımı yanında Tiwari, Dharmar ve Rao’nun toplamsal model yaklaşımı da kullanılarak bu iki çözümün karşılaştırılması söz konusu olmaktadır.

5.3 Bulanıklıktan Kurtarılmış Doğrusal Programlama Modeli

Bulanık hedef programlama modelinin bulanıklıktan kurtarılarak doğrusal programlama modeli haline dönüştürülmesinde Bellman ve Zadeh’in max-min yaklaşımı ile birlikte Tiwari, Dharmar ve Rao’nun önerdiği toplamsal model yaklaşımı kullanılmıştır (Özkan, 2003).

5.3.1 Bellman ve Zadeh’in Max-Min Yaklaşımı

Zimmermann tipi üyelik fonksiyonlarıyla oluşturulmuş 0-1 tamsayı bulanık hedef programlama modeli, Bellman ve Zadeh’in max-min yaklaşımıyla bulanıklıktan kurtarılarak, belirli model haline getirilmiştir. Elde edilen model aşağıda verilmiştir.

Max λ
kısıtları altında

$$1 - \frac{GGSU1 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 5; d_m = 10 \quad (14)$$

$$1 - \frac{GGSU2 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 5; d_m = 10 \quad (15)$$

$$1 - \frac{GGSA1 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 1; d_m = 2 \quad (16)$$

$$1 - \frac{GGSA2 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 1; d_m = 2 \quad (17)$$

$$1 - \frac{GSSU1 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 5; d_m = 10 \quad (18)$$

$$1 - \frac{GSSU2 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 5; d_m = 10 \quad (19)$$

$$1 - \frac{GSSA1 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 1; d_m = 2 \quad (20)$$

$$1 - \frac{GSSA2 - b_m}{d_m} \geq \lambda; \forall m, m = 1, \dots, 15 | b_m = 1; d_m = 2 \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^6 (x_{ij}) = p \quad \forall i, i = 1, 2, \dots, 25 \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^6 (S_{ij}) = r \quad \forall i, i = 1, 2, \dots, 25 \quad (23)$$

$$x_{ij} + S_{ij} \leq 1 \quad \forall i, j; i = 1, 2, \dots, 25; j = 1, 2, \dots, 6 \quad (24)$$

$$\lambda \in [0, 1] \quad \text{Tüm } x_{ij}, S_{ij} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, 25; j = 1, 2, \dots, 6$$

Bulanıklıktan kurtarılarak yeniden düzenlenen ve doğrusal programlama modeli haline getirilen modelde bir amaç, 332 kısıt, 300 adet 0-1 tamsayı değişken ve 1 adet [0,1] kapalı aralığında değer alan değişken bulunmaktadır.

5.3.2 Toplamsal Model Yaklaşımı

Her bir amacın üyelik fonksiyon değerini görmemizi sağlayan toplamsal bulanık hedef programlama modelini oluşturmada, Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımı kullanılmıştır. Bulanık hedef programlama modeli ve oluşturulan üyelik fonksiyonları kullanılarak, Tiwari ve diğerleri tarafından önerilen yapı modele uygulandığında, elde edilen bulanıklıktan kurtarılmış ve tek amacı olan doğrusal programlama modeli aşağıda verilmiştir.

$$\text{Max} \sum_{n=1}^{120} \mu_n$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GGSU1 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 5; d_m = 10 \quad (25)$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GGSU2 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 5; d_m = 10 \quad (26)$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GGS A1 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 1; d_m = 2 \quad (27)$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GGS A2 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 1; d_m = 2 \quad (28)$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GSSU1 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 5; d_m = 10 \quad (29)$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GSSU2 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 5; d_m = 10 \quad (30)$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GSSA1 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 1; d_m = 2 \quad (31)$$

$$\mu_n = 1 - \frac{GSSA2 - b_m}{d_m}; \forall m, m = 1, 2, \dots, 15 / b_m = 1; d_m = 2 \quad (32)$$

$$\sum_{j=1}^6 (x_{ij}) = p \quad \forall i, i = 1, 2, \dots, 25 \quad (33)$$

$$\sum_{j=1}^6 (S_{ij}) = r \quad \forall i, i = 1, 2, \dots, 25 \quad (34)$$

$$x_{ij} + S_{ij} \leq 1 \quad \forall i, j; i = 1, 2, \dots, 25; j = 1, 2, \dots, 6 \quad (35)$$

$$\mu_n \in [0, 1]$$

$$\text{Tüm } x_{ij}, S_{ij} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, 25; j = 1, 2, \dots, 6$$

Bu yapıda görüldüğü üzere, her bir amaca ait üyelik fonksiyon değerlerinin toplamı enbüyüklenmeye çalışılır. Üyelik fonksiyon değeri düşük olan amaçlar, en iyi değeri azaltır. Çözümde de tüm üyelik fonksiyon değerleri elde edilebilir.

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde hedef programlama, bulanık hedef programlama ve toplamsal bulanık hedef programlama modellerinin çözümüyle elde edilen sonuçlar ve bunların anlamları açıklanmıştır.

6.1 Bulanık Hedef Programlama Modelinin Çözümü

Bulanık hedef programlama modeli, bulanıklıktan kurtarılarak doğrusal programlama modeline dönüştürülmüş ve elde edilen model LINGO programıyla çözdürülerek en iyi çözüme ulaşılmıştır. Sınav gözetmenlikler ve sınav sorumlulukları ile ilgili elde edilen çözüm sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Çözümde $\lambda = 0,5$ sonucuna ulaşıldığı görülmektedir. Yani elde edilen sonuçlar hedeflere %50 oranında ulaşıldığını göstermektedir. Tablo 2'de özetlenen sonuçlardan da görüleceği üzere, gözetmenlerin sınav gözetmenlik süreleri toplamı arasındaki ve sınav sorumluluk süreleri toplamı arasındaki en fazla fark, 10 dakika ($705-695=10$; $300-290=10$) olmuştur. Bu farkın üyelik fonksiyonundaki karşılığı ise 0,5 değeridir. Daha önce de açıklandığı gibi, tüm modelin üyelik değeri, her bir amacın üyelik değerlerinin en küçüğü kadardır. Burada da en düşük üyelik fonksiyon değeri 0,5 olarak oluştuğu için tüm modelin üyelik fonksiyon değeri de 0,5 olmuştur.

Tablo 2’de gözetmenlik sayıları arasındaki fark ise, en fazla 1 çıkmıştır. 1 değeri, gözetmenlik sayıları farkı için, toleranslara gerek kalmadan elde edilen, kabul edilebilir bir değerdir. Toplam sorumluluk süreleri arasındaki fark en fazla 10 dakika olmuş; bu farkın 0,5 olan üyelik değeri, modelin amaç fonksiyon değeri olan $\lambda = 0,5$ değerinin oluşmasında rol oynamıştır.

6.2 Toplamsal Bulanık Hedef Programlama Modelinin Çözümü

Tiwari ve diğerleri tarafından önerilen yapıya uygun olarak düzenlenen model, LINGO programıyla çözdürülmüş ve sonucunda en iyi çözüme ulaşılmıştır. Sınav gözetmenlikleri ve sınav sorumlulukları ile ilgili elde edilen çözüm sonuçları da düzenlenerek Tablo 2’de verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, 6 adet amacın üyelik fonksiyonunun 0,5 değerinde kaldığı, diğer amaçların ise 1 değeriyle tamamen tatmin edildiği görülmektedir. Görüldüğü gibi sadece, sorumluluk süreleriyle ilgili amaçlarda tam olarak tatmin sağlanamamış, diğer tüm amaçların hedef değerlere tatmini ise tam olarak sağlanmıştır.

6.3 Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bulanık hedef programlama ve toplamsal bulanık hedef programlama modeli çözüm sonuçlarının toplam değerleri, karşılaştırma amacıyla tek bir tabloda birleştirilerek, Tablo 2’de verilmiştir. Ayrıca, önerilen model yapay verilerle de ders ve görevli sayısı değiştirilerek her iki yöntemle çözümlenmiş ve sonuçları karşılaştırabilmek amacıyla Tablo 3’de yer almıştır.

Gözetmenlikler açısından sonuçlar incelendiğinde her iki yöntemde de gözetmenlik sayıları arasındaki en büyük fark 1 adet çıkmış; süre bakımından bakıldığında ise, toplamsal bulanık hedef programlamada fark 5 dakika, bulanık hedef programlamada ise, 10 dakika çıkmıştır. Toplamsal bulanık hedef programlama modelinin daha iyi sonuç verdiği görülmeye rağmen, özellikle hesaplama süresi uzunluğu gözden kaçmamalıdır.

Sorumluluklar açısından sonuçlara bakıldığında ise, sorumluluk sayıları arasındaki farkın iki modelde en fazla 1 adet olduğu görülmektedir. Bu fark, sayıca eşit dağılım yapılmak istense bile (her araştırma görevlisine 25/6 kadar sınav sorumluluğu görevi), 6 olan araştırma görevlisi sayısının 4 katından 1 adet fazla sınav (toplam 25 adet sınav) bulunmasından dolayı oluşmaktadır. Kısacası fark, problemin doğası gereğidir. Sorumluluk süreleri açısından bakıldığında ise, iki modelde de fark 10 dakika çıkmıştır.

Tablo 2’de derlenen verilerde, araştırma görevlilerinin sınav görevlerindeki toplam görev sayısı ve süresi bazındaki farklarında, yardımcı oldukları ders-

lerin sınav sorumluluğuna mutlaka atanmaları şartının etkili olduğu söylenebilir.

Çözümlemelerde üyelik fonksiyonu değerinin 0.5 gibi küçük bir değerde kalmasının en büyük nedenlerinden birisi bulanık hedef değer ile bulanık hedef değer toleransının çok küçük atanması etkin olmuştur. Modelde araştırma görevlilerinin gözetmenlik ve sorumluluk süreleri arasındaki farklar(hedef değer) 5 dakika ve buna bağlı tolerans değeri 10 dakika olarak alınmıştır. Bu durumda üyelik fonksiyonunun tatminini zorlaştırmakta ve 0.5 değerinde kalmaktadır.

Önerilen model gerçek bir problem üzerinde 25 ders ve 6 görevli ile çözüme ulaştırılmıştır. Bir adet veri kümesi üzerinden önerilen modelin çözümünü modelin güvenilirliği açısından yeterli olmadığı için yapay veriler üzerinden de model test edilmiştir. Önerilen model ilk önce ders sayısı aynı(25) bırakılarak görevli sayısı 8’e çıkarılarak çözülmüştür. Burada önerilen model hedef değer 10 ve bulanık hedef tolerans değeri 20 alınarak her iki yöntemle(Zadeh’in max-min yaklaşımı, Tiwari, Dharmar ve Rao’nun toplamsal model yaklaşımı) çözümlenmiştir. Bu modelle ilgili sonuçlar ayrıntılı olarak Tablo 3’de verilmektedir. Tablo 3’de yapılan çözümlemelerde 10 ders 4 görevli dışında diğer modellerde(30 ders 8 görevli ve 20 ders 6 görevli) hedef değer 10, bulanık hedef değer tolerans değeri 20 alınmış, diğer modelde ise sırasıyla 20 ve 40 alınmıştır. Tablo 3’de sonuçlar incelendiği zaman görevli sayısının 6’dan 8’e artırılmasının sonuçları çok fazla etkilemediği ve gözetmen ve sorumluluk sayısında 1 fark olduğu ve sürelerde ise birinci yöntemde 15 dakika, ikinci yöntemde 20 dakikalık bir farkın olduğu görülmektedir. Bu farkın da derslerin sınav süreleri göz önünde alındığında normal olduğu ve üyelik fonksiyonu değerinin her iki yöntem için de 0.5 olduğu yani yarı yarıya tatmin edildiğini göstermektedir. Aynı modelde hedef değer 20 toleransı 50’e yükseltildiği zaman ise karar değişkenlerinin değeri değişmezken üyelik fonksiyonu değeri 1 olmuştur. Üyelik fonksiyonu değerinin 1 olmasında bulanık hedef değer ve tolerans değerinin yeterince büyük olmasının payı bulunmaktadır. Önerilen modelde kullanılan diğer veri grubu 30 ders 8 görevlinin her iki yöntem için çözüm sonuçları Tablo 3’de incelendiği zaman, en fazla dikkati çeken nokta ders sayısının artmasına rağmen her iki yöntemde de gözetmen ve sorumluluk sayıları arasındaki farkın artmaması yanında, toplam görev süreleri arasındaki farkın da birinci ve ikinci yöntem için sırasıyla 15 ve 20 dakika olarak değişmediği görülmektedir. Bu durum da önerilen modelin farklı veri kümeleri içinde geçerliliğini koruduğunu göstermektedir.

Önerilen modelin farklı veri kümeleri ile denemesi amacıyla ders sayısı ve görev sayısı sırasıyla artırılarak yapılan çözümlemelerden sonra ders ve görev sayısı azaltılarak da çözümlemeler yapılmıştır. Her iki yöntemle yapılan bu çözümlemelerin sonuçları da Tablo 3’de görülmektedir. Modelin 20 ders 6 görevli için her iki yöntemle de çözümlemelerinde

üyelik fonksiyonu değeri 0.5 olarak çıkmış ve gözetmenlik ve sorumluluk sayıları ve süreleri arasındaki farklarda yukarıda test edilen verilerden farklı çıkmamıştır. Aynı şekilde hedef değer ve toleranslar sırasıyla 20 ve 50 değerine yükseltildiğinde karar değişkenlerinin değeri değişmezken üyelik fonksiyonu değeri 1'e yükselmektedir.

Son olarak da 10 ders, 4 görevli önerilen model ile her iki yöntemle çözümlenmiştir. Çözümlemenin sonucunda birinci yöntemin üyelik fonksiyonu değeri yaklaşık olarak 0.25 çıkmıştır. Bu çözümlemede gözetmenlik ve sorumluluk sayıları arasındaki fark 1 olurken süreleri arasındaki fark diğer veri kümelerine göre fazla olarak gözetmenlik süreleri arasındaki fark 35 ve sorumluluk süreleri arasındaki fark 50 olmuştur. Bu sonucun en önemli nedeni ders sayısının azalmasına bağlı olarak ders sınav süreleri arasındaki farkın atamalarda dengelenemesidir. Ders sayısı azaldığı için dersin sınavının görevliye atanmasında çok fazla seçenek kalmamaktadır. Bu durum da gözetmen ve sorumluluk sayılarında fazla bir fark yaratmazken, sürelerinde fazla farka neden olmaktadır.

7.SONUÇLAR

Bu çalışmada, Dumlupınar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, ara sınav, final ve bütünleme sınavlarında, sınavlara gözetmen ve sorumlu atanması problemine odaklanılmıştır.

Sınav gözetmen ve sorumluluklarının atanması ile ilgili veriler, açılan dersler, dersleri alan öğrenci sayısı ve mevcut gözetmen sayısıdır. Bu veriler önceki sistemde de kullanılmaktadır. Yapılacak yeni düzenleme ile bu verilere ek olarak, ilgili dersin öğretim elemanından, sınavdan belli bir süre önce, sınav süresinin ne kadar olacağı bilgisi alınacaktır. Bu bilgi ışığında, daha önce sadece sayı bazında eşitlenmeye çalışılan gözetmen atama problemi, artık sınav sürelerini de dikkate alacak ve yaklaşık olarak eşit bir dağıtım olacaktır.

Bulanık hedef programlama modelinde elde edilen %50'lik hedef değerlere ulaşım yüzdesi, verilen hedefler ve toleranslarla ilgilidir. Model oluşturulurken verilen hedef değerler, olabilir en küçük farklardır. Sınav süreleri 5 dakikanın katları şeklinde gitmektedir. Dolayısı ile iki gözetmenin gözetmenlik ve sorumluluk süreleri toplamları arasındaki fark da 5 dakika veya 5 dakikanın katları şeklinde olacaktır. Aynı şekilde gözetmen ve sorumluluk sayılarına ilişkin farklar da en az 1 ve bunun katları şeklinde olabilir.

Önerilen modelin gerçek verilerle çözümlenmesinden sonra yapay verilerle çözümlenmesinde hedef ve tolerans değerleri daha büyük olarak kullanılmış ve sonucunda tüm modellerin(Son yapay veriler olan 10 ders, 4 görevli hariç, burada değer 0.86 olmuştur.) üyelik fonksiyonu değeri 1 olmuştur. Bu sonuçlar ise hedef ve tolerans değerlerinin üyelik fonksiyonu

nun tatmininde çok önemli olduğunu göstermektedir. Ancak, burada dikkat çeken bir nokta, tolerans değerleri büyük olmasına rağmen modellerin çözümünde gözetmen ve sorumluların görev sayısı arasındaki farkın en fazla 1 olması ve süreler arasındaki farkında çok artmamasıdır.

Toplamsal bulanık hedef programlama modelinde ise, gerçek verilerle problemin çözümünde gözetmenlik süresi bakımından, bulanık hedef programlamaya göre çok az daha iyi sonuç elde edilmiş olmasına rağmen, yapay verilerle yapılan çözümlerlerde de, bulanık hedef programlama sonuçları bazı durumlarda çok az iyi sonuç vermiştir. Bu durum her iki çözümünde birbirlerine üstün olmadığını göstermektedir. Ancak, çözümlerinin anlaşılabilirliği açısından toplamsal model daha üstün olmaktadır.

Modelde 4 ana hedef grubu vardır. Bunlar:

- Araştırma görevlilerinin gözetmenlik süreleri arasındaki farklarla ilgili bulanık hedefler,
- Araştırma görevlilerinin gözetmenlik sayıları arasındaki farklarla ilgili bulanık hedefler,
- Araştırma görevlilerinin sorumluluk süreleri arasındaki farklarla ilgili bulanık hedefler,
- Araştırma görevlilerinin sorumluluk sayıları arasındaki farklarla ilgili bulanık hedeflerdir.

Bu hedef grupları açıldığında oluşan yapı, araştırma görevlileri arasındaki karşılaştırmaların kombinasyonlarından oluşmaktadır. Önerilen modelde kullanılan bu kombinasyonlar farklı veri kümelerinde de etkin olarak çalışmıştır. Görevli sayısı gerçek verilerde 6 iken yapay verilerde bu sayı 4 ve 8 olarak değiştirilmiş ancak sonucun etkinliği değişmemiştir. Başka bir ifadeyle, önerilen modelde kullanılan bulanık hedefler tesadüfi olarak tek bir veri kümesinde değil, farklı veri kümelerinde de etkinliğini korumuştur.

Toplamsal model yaklaşımı ile yapılan çözümlerlerin max-min yaklaşımına göre yapılan çözümlere göre en büyük üstünlüğü her bir hedef değeri için ayrı üyelik fonksiyonu değeri bulunması ve bunun sonucunda da her bir hedefin ne kadar tatmin edilip edilmediğinin görülebilmesidir. Max-min yaklaşımında tek bir üyelik fonksiyonu tatmin değeri bulunmakta ve hedeflerin tatmin derecesi ayrı ayrı bilinmemektedir. Toplamsal model çözüm yaklaşımının tüm yapay veriler için sonuçları incelendiği zaman, hedeflerin üyelik fonksiyonları değerlerinin büyük bir kısmının 1 olduğu görülmektedir. Az miktarda üyelik fonksiyonu değeri 1 değerinin altındadır. Bu durumda hangi hedefler üzerinde durulması gerektiği ve nasıl değişiklik yapmanın faydalı olacağı konusunda bilgi vermektedir. Başka bir ifadeyle, modelin iyileştirilmesi için yol gösterici olmaktadır.

Bundan sonraki çalışmalarda, sadece Endüstri Mühendisliği Bölümü sınav gözetmenlik ve sorumlu-

luklarının atanması değil, sınav zamanlarında ek gözetmen desteği ile, birbirleriyle etkileşim halinde olan Mühendislik Fakültesinin diğer bölümlerini de içine alan genel bir yapının oluşturulması ve tüm fakülteyi kapsayan çok büyük ve kompleks atama işleminin yaptırılabilir. Ayrıca, önerilen bu model gerçek hayatta, sınavlara görevli ve sorumlu atanmasında kullanılabilmesi gibi atama modellerinin kullanıldığı işçilerin makinelere, pilotların uçaklara, ya da işlerin makinelere atanması gibi farklı süreçlerde de adapte edilmek koşuluyla kullanılabilir. Hedeflerin her zaman tam olarak bilinmediği ya da kesin olmadığı atama problemlerinde de önerilen bu model kısıtlamalarında değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Önerilen modelde aynı anda birden fazla sınavın yapılması ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Model bu durum katılabilir. Ayrıca, sınavların gözetmenlere ve sorumlulara atanması dışında sınav yerleri de bu atamalara dahil edilebilir.

Tablo 2. Karşılaştırmalı çözüm sonuçları

GÖZETMENLİK		1'in Görevleri		2'nin Görevleri		3'ün Görevleri		4'ün Görevleri		5'in Görevleri		6'nın Görevleri		Sayı (Adet)			Süre (Dak.)		
		Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Max	Min	Fark	Max	Min	Enb. Fark
BHPM*	TOPLAM	10	695	10	700	10	705	9	695	9	700	10	695	10	9	1	705	695	10
T. BHPM**	TOPLAM	10	700	10	700	9	695	10	695	10	700	9	700	10	9	1	700	695	5
SORUMLULUK		1'in Görevleri		2'nin Görevleri		3'ün Görevleri		4'ün Görevleri		5'in Görevleri		6'nın Görevleri		Sayı (Adet)			Süre (Dak.)		
		Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Max	Min	Fark	Max	Min	Enb. Fark
BHPM	TOPLAM	4	290	4	300	4	290	4	295	5	300	4	290	5	4	1	300	290	10
T. BHPM	TOPLAM	4	290	4	300	4	290	4	295	5	290	4	300	5	4	1	300	290	10

*BHPM: Bulanık Hedef Programlama Modeli

**T. BHPM: Toplamsal Bulanık Hedef Programlama Modeli

Tablo 3. Yapay verilerle(değişik ders ve görevli sayısı) elde edilen sonuçlar

GÖZETMENLİK (25 Ders, 8 Görevli)		1'in Görevleri		2'nin Görevleri		3'ün Görevleri		4'ün Görevleri		5'in Görevleri		6'nın Görevleri		7'nin Görevleri		8'in Görevleri		Sayı(Adet)		Süre(Dak.)	
		Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Sayı (Adet)	Süre (Dak.)	Max	Min	Max	Min
BHPM	TOPLAM	8	545	8	545	8	550	8	535	8	545	8	545	7	535	7	550	8	7	550	535
T.BHPM	TOPLAM	8	535	8	555	8	540	7	555	8	535	7	545	8	545	8	540	8	7	555	535
SORUMLULUK																					
BHPM	TOPLAM	3	225	3	225	3	230	3	215	3	220	4	220	3	220	3	210	4	3	230	210
T.BHPM	TOPLAM	3	220	3	230	3	215	3	220	3	225	3	215	3	210	4	230	4	3	230	210
GÖZETMENLİK (30 Ders, 8 Görevli)																					
BHPM	TOPLAM	10	675	10	680	10	675	10	685	10	675	10	685	10	685	9	670	10	9	685	670
T.BHPM	TOPLAM	10	675	10	685	10	690	10	675	9	670	10	675	9	690	11	670	11	9	690	670
SORUMLULUK																					
BHPM	TOPLAM	4	250	3	260	4	260	3	270	4	260	4	260	4	270	4	255	4	3	270	250
T.BHPM	TOPLAM	3	270	4	265	4	250	4	260	4	265	4	250	4	255	3	270	4	3	270	250
GÖZETMENLİK (20 Ders, 6 Görevli)																					
BHPM	TOPLAM	8	610	8	600	9	600	8	615	8	605	8	600	--	--	--	--	9	8	615	600
T.BHPM	TOPLAM	8	615	9	595	8	605	8	600	8	600	8	615	--	--	--	--	9	8	615	595
SORUMLULUK																					
BHPM	TOPLAM	4	240	3	240	3	260	3	260	4	255	3	245	--	--	--	--	4	3	260	240
T.BHPM	TOPLAM	4	255	3	250	3	255	3	240	3	240	4	260	--	--	--	--	4	3	260	240
GÖZETMENLİK (10 Ders, 4 Görevli)																					
BHPM	TOPLAM	6	435	6	470	6	470	5	435	--	--	--	--	--	--	--	--	6	5	470	435
T.BHPM	TOPLAM	6	470	6	435	5	435	6	470	--	--	--	--	--	--	--	--	6	5	470	435
SORUMLULUK																					
BHPM	TOPLAM	2	165	2	180	3	210	3	215	--	--	--	--	--	--	--	--	3	2	215	165
T.BHPM	TOPLAM	2	180	2	165	3	215	3	210	--	--	--	--	--	--	--	--	3	2	215	165

KAYNAKLAR

- Arıkan, F. (1996). Bulanık Hedef Programlamının Çok Amaçlı Proje Şebekesi Problemine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arıkan, F. ve Güngör, Z. (2001). An application of fuzzy goal programming to a multiobjective project network problem. *Fuzzy Sets and Systems* 119(1), 49-58.
- Ali, A.I., Blanco, T. ve Buclatin, B. (1998). Goal network programs: A specialized algorithm and an application. *European Journal of Operational Research* 106(1), 191-197.
- Arani, T., Karwan, M. ve Lotfi, V. (1988). A Lagrangian relaxation approach to solve the second phase of the exam scheduling problem. *European Journal of Operational Research* 34(3), 372-383.
- Badri, M.A. (1996). A two-stage multiobjective scheduling model for [faculty-course-time] assignments. *European Journal of Operational Research* 94(1), 16-28.
- Balakrishnan, N., 1991, Examination scheduling: A computerized application. *Omega* 19(1), 37-41.
- Biswas, A. ve Pal, B.B. (2004). Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. *Omega*.
- 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.
- Chen, L.H. ve Tsai, F.C. (2001). Fuzzy goal programming with different importance and priorities. *European Journal of Operational Research* 133(3) 548-556.
- Franz, L.S., Baker, H.M., Leong, G.K., and Rakes, T.R. (1989). A mathematical model for scheduling and staffing multiclinic health regions. *European Journal of Operational Research* 41(3), 277-289.
- Freed, N. ve Glover, F. (1981). Simple but powerful goal programming models for discriminant problems. *European Journal of Operational Research* 7(1), 1981, 44-60.
- Gen, M., Ida, K., Tsujimura, Y. ve Kim C.E. (1993). Large Scale 0-1 Fuzzy Goal Programming and Its Application to Reliability Optimization Problem. *Computers and Industrial Engineering* 24(4), 539-549.
- Hannan, E.L. (1981). On Fuzzy goal Programming. *Decision Science* 12, 522-531.
- Iskander, M.G. (2004). A fuzzy weighted additive approach for stochastic fuzzy goal programming. *Applied Mathematics and Computation* 154(2), 543-553.
- Kim, G.C. ve Emery, J. (2000). An application of zero-one goal programming in project selection and resource planning – a case study from the Woodward Governor Company. *Computers & Operations Research* 27(14), 1389-1408.
- Knutson, D.L., Marquis, L.M., Richuette, D.N. ve Saunders, G.J. (1980). A goal programming model for achieving racial balance in public schools. *Socio-Economic Planning Sciences* 14(3), 109-116.
- Kumar, M., Vrat, P. ve Shankar, R. (2004). A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Computers & Industrial Engineering* 46(1), 69-85.
- Lai, Y.J. ve Hwang, C.L. (1996). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making*, Springer Verlag, Berlin.
- Lee, C.S. ve Wen, C.G. (1997). Fuzzy goal programming approach for water quality management in a river basin. *Fuzzy Sets and Systems* 89(2), 181-192.
- Lin, C.C. (2004). A weighted max-min model for fuzzy goal programming, *Fuzzy Sets and Systems* 142(3), 407-420.
- Mohamed, R.H. (1992). A chance-constrained fuzzy goal program. *Fuzzy Sets and Systems* 47(2), 183-186.
- Narasimhan, R. (1980). Goal Programming in a Fuzzy Environment. *Decision Science*, 11, 325-336.
- Ohta, H. ve Yamaguchi, T. (1996). Linear fractional goal programming in consideration of fuzzy solution. *European Journal of Operational Research* 92(1), 157-165.
- Ozkarahan, I. (1991). A disaggregation model of a flexible nurse scheduling support system, *Socio-Economic Planning Sciences* 25(1), 9-26.
- Özkan, M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama*, Ekin Kitabevi, Bursa, 288 s.
- Pal, B.B. ve Moitra, B.N. (2003). A goal programming procedure for solving problems with

multiple fuzzy goals using dynamic programming, *European Journal of Operational Research* 144(3), 480-491.

Pal, B.B., Moitra, B.N. ve Maulik, U. (2003). A goal programming procedure for fuzzy multiobjective linear fractional programming problem. *Fuzzy Sets and Systems* 139(2), 395-405.

Pickens, J.B. ve Hof, J.G. (1991). Fuzzy goal programming in forestry: An application with special solution problems. *Fuzzy Sets and Systems* 39(3), 239-246.

Ross, T.J. (1995). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, McGraw-Hill Inc., United States.

Sakawa, M. (1993). *Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization*, Plenum Press, NewYork.

Sakawa, M. (2000). *Large Scale Interactive Fuzzy Multiobjective Programming*, Physica-Verlag Heidelberg, NewYork.

Schniederjans, M. J. ve Karuppan, C. M. (1995). Designing a quality control system in a service organization: A goal programming case study. *European Journal of Operational Research* 81(2), 249-258.

Schniederjans, M. J. ve Kim, G.C. (1987). A goal programming model to optimize departmental preference in course assignments. *Computers & Operations Research* 14(2), 87-96.

Slomp, J. ve Suresh, N.C. (2004). The shift team formation problem in multi-shift manufacturing operations. *European Journal of Operational Research*.

Taha, H. (1997). *Operations Research: An Introduction*, Prentice Hall, USA.

Tiwari, R.N., Dharmar, S. ve Rao, J.R. (1986). Priority Structure in Fuzzy Goal Programming, *Fuzzy Sets and Systems* 19(3), 251-259.

Tiwari, R.N., Dharmar, S. and Rao, J.R. (1987). Fuzzy goal programming — An additive model. *Fuzzy Sets and Systems* 24(1), 27-34 .

Zanakis, S.H. (1983). A staff to job assignment (partitioning) problem with multiple objectives. *Computers & Operations Research* 10(4), 357-363.



C.Hakan KAĞNICIOĞLU, 1966 yılında Eskişehir’de doğmuştur. 1984 yılında Eskişehir Anadolu Lisesi’nden, 1989 yılında da Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 1991 yılında Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal

Yöntemler Bilim Dalı’nda birinci yüksek lisans eğitimini, 1995 yılında ise, Amerika Birleşik Devletleri Nova Southeastern University’de Management of Quality & Technology Programında ikinci yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 1998 yılında Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı’nda doktora derecesini almıştır. 1990-1998 yılları arasında Anadolu Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak görev yapmış, 1998 yılında ise aynı üniversiteye Yardımcı Doçent olarak atanarak, halen bu görevi sürdürmektedir. Evli olup, bir kız bir oğlan olmak üzere, 2 çocuk babasıdır.



Abdurrahman YILDIZ, 1976 yılında Kütahya’da doğmuştur. 1993 yılında Kütahya Lisesi’nden, 1998 yılında da Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2004 yılında Dumlupınar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yöneylem

Araştırması Bilim Dalı’nda yüksek lisansını tamamlamıştır. 2005 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı’nda doktora eğitimine başlamış olup, eğitimi halen devam etmektedir. 2001-2006 yılları arasında Dumlupınar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölününde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmış, 2006 yılında ise Yüksek Öğretim Kanununun 35. maddesi gereği Eskişehir Osmangazi Üniversitesi’ne görevlendirilmiştir. Halen burada görevine devam etmektedir.