Niğde Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi
Yıl: Ocak 2016 Cilt-Sayı: 9(1) ss: 159-177
ISSN: 2148-5801 e-ISSN 1308-4216
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/niguiibfd/

DERS PROGRAMI OLUŞTURULMASINDA 0-1 TAM SAYILI BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

***İrfan ERTUĞRUL*[1]**
***Gülin Zeynep ÖZTAŞ*[2]**

Özet

Çok amaçlı problemlerin çözümünde sıklıkla yöneylem araştırması yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Atama problemlerinde atamanın doğası gereği 0- 1 tam sayılı programlamalar kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra oluşturulan modelde ulaşılmak istenen hedefler söz konusu ise hedef programlama modelleri oluşturulmaktadır. Ayrıca, modelde kullanılacak değişkenler için herhangi bir belirsizlik söz konusu ise bu durumda belirsizlik altında karar verme yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Bu çalışmada ders programının optimal şekilde oluşturulması için bulanık hedefe sahip bir model oluşturulmuştur. Daha sonra bulanık hedef Bellman ve Zadeh'in geliştirdiği Max- Min yaklaşımıyla bulanıklıktan kurtarılmış ve model tam sayılı programlama modeline dönüşmüştür. Optimal sonuca ulaşabilmek için LINDO 6.1 programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda bulanık hedeflerin üyelik dereceleri 1 olmuş ve tüm kısıtlar sağlanarak ders programı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *0-1 tam sayılı programlama, Bulanık hedef programlama, Atama problemi, Max-Min yaklaşımı*
JEL Sınıflaması: *C60, C61, M10*

TIMETABLING BY A 0-1 INTEGER FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH

Abstract

Solving a multi objective problem is often benefit from operational research methods. Due to the nature of the assignment 0- 1 integer programming are used in in these problems. In addition, if there are desired goals to be achieved in model, goal programming is used. Also, in the case of any uncertainty of variables used in the model decision making methods under uncertainty is utilized. In this study, in order to generate optimal course programming, model which has fuzzy goals was created. Then the fuzzy model defuzzificated with Max-Min method developed by Bellman and Zadeh, so the model was transformed into an integer programming model. LINDO 6.1 program was used to achieve optimal results. In accordance with solutions membership degree of fuzzy goals obtained 1 and course programming has been created with providing all constraints.

Key Words: *0-1 integer programming, Fuzzy goal programming, Assignment programming, Max-Min approach*
JEL Classification: *C60, C61, M10*

[1] Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü, iertugrul@pau.edu.tr, Denizli
[2] Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi İİBF İngilizce İşletme Bölümü, gzeynepa@pau.edu.tr, Denizli

GİRİŞ

Yöneylem araştırması ile bir çok alanda uygulama yapılarak optimal sonuca ulaşılmaya çalışılmaktadır. Ulaşılmak istenen optimal sonuç problemin tanımına göre değişiklik gösterebilmektedir. İşletmecilikte kar maksimizasyonu, maliyet minimizasyonunun yanı sıra, atama problemleri görevlerin çalışanlara ya da makinelere atanması, birçok amacı barındıran ders programlarının oluşturulması da yöneylem araştırmasının konusu olmaktadır.

Bu çalışmada, lisans programına ait zorunlu dersler ile bu dersleri veren öğretim elemanlarının ataması yapılmıştır. Atama problemlerinin doğası gereği 0-1 tam sayılı programlamadan, birçok amaç barındırması dolayısıyla hedef programlamadan, modelde yer alan parametrelerdeki belirsizliklerden ötürü bulanık mantıktan faydalanılmıştır.

Literatürde Bellman- Zadeh (1970) kısıtların kesin sınırlarla belirlenemediği durumlar için bulanık bir ortamda karar verme üzerine öncü bir çalışma yapmışlardır. Ayrıca Tiwari vd. (1987) bulanık hedef programlamada toplamsal modeli geliştirmiştir. Arenas Parra- Bilbao vd. (2001) çok kriterli problem olan portföy seçimi için bulanık hedef programlamadan faydalanmışlardır. Hem kısıtlar hem amaçlarda ortaya çıkan bulanık katsayılar ile hedef programlama ve çok amaçlı durumun yanı sıra şans kısıt programlama çalışması Liu- Iwamura (1998) tarafından yapılmıştır. Kumar- Vrat vd. (2006) tedarikçi seçiminde bulanık programlama yaklaşımı kullanmıştır. Bu çalışmaların yanı sıra derslerin çizelgelenmesi için yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde çeşitli yöneylem araştırması teknikleriyle karşılaşılmaktadır. Elen-Çayıroğlu (2010) çizelgeleme problemine sezgisel optimizasyon yaklaşımıyla çözüm bulurken, Özdağ- Aygör vd. (2012) karınca kolonisi algoritması ile zaman çizelgelemesi üzerine model geliştirmiştir. Küçüksille-Tokmak (2011) ise yapay arı kolonisi algoritması kullanarak otomatik ders çizelgelemesi oluşturmuştur. Gerşil- Palamutçuoğlu (2013), Yiğit (2006) ise ders çizelgeleme problemi için melez genetik algoritma ile optimal ders programı sağlayan bir yazılım programı geliştirmiştir.

I. BULANIK MANTIK

Bulanık mantık kavramı ilk kez, 1965 yılında California Berkeley Üniversitesi'nden L.A. Zadeh' in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyulmuştur. Aristo mantığına dayanan "Bir nesne kümenin ya elemanıdır ya da elemanı değildir" şeklindeki ikili mantık sistemine karşı geliştirilmiştir (Ertuğrul, 2006: 156). Bulanık mantık, günlük hayatta karşılaştığımız olaylara üyelik dereceleri karşılık getirerek olayların hangi oranlarla gerçekleştiğini belirlemeye çalışan bir mantık sistemidir (Kocatürk, 2007: 3). Yani bulanık mantık (Fuzzy Logic) kavramı, insanların kesin olmayan ifadelerle düşünme yeteneğiyle örtüşen mantık sistemidir (Ertuğrul, 1996: 2). Başka bir tanıma göre bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplindir ve doğruluğun yanlışlığın derecesini konu alır. Bulanık mantık her şeyin derecelendirme sorunu olduğunu savunur. Bulanıklığın resmi adı: çoklu değerliliktir. Bulanıklığın tersi ise, ikili mantık veya iki değerliliktir (Kosko, 1993: 183).

Aysun Eğrisöğüt Tiryaki ve Recep Kazan'ın "Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi" (2007: 3) eserinde bahsettiği üzere;

Zadeh bulanık mantığın genel özelliklerini şu şekilde ifade etmiştir;

- Bulanık mantık kesin değerler düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanır.
- Bulanık mantıkta bilgi dilsek ifadeler şeklindedir. (büyük, küçük, çok az vb.)
- Bulanık mantıkta her şey [0,1] aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık çıkarım işlemi, dilsel ifadelerin birbirleri arasında tanımlanan kurallar ile gerçekleştirilir.
- Mantıksal olan tüm sistemler bulanık olarak ifade edilebilir.

- Bulanık mantık, matematiksel modelin elde edilmesi çok zor olan sistemler için oldukça uygundur.

I.I. Üyelik Derecesi ve Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantık konusunun temel elemanı bulanık kümedir (Altaş, 1999: 4). Geleneksel küme teorisine göre kullanılan küme kavramı nesnelerin bir kümenin elemanı olduğuna ya da olmadığına dayanarak oluşturulmuştur. Zadeh (1965) ise niteliklerin ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edildiği klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edildiği bulanık kümeler tanımlamasını önermiştir. Yani eğer bir elemanın üyelik derecesi 1,0 ise tamamıyla o kümeye ait olduğu, 0,0 ise o kümeye ait olmadığı, 0,5 ise yarı yarıya o kümeye ait olduğu söylenebilir.

Üyelik derecelerinin değişikliğini gösteren eğriye üyelik fonksiyonu, diğer bir adıyla önem eğrisi denmektedir. Üyelik fonksiyonlarının şekli kümenin ifade etmek istediği uygulama alanına göre değişiklik gösterir. Üyelik fonksiyonu bulanık küme kuramının dayandığı temel esaslardır. Üyelik fonksiyonu, X evrensel kümesine ait bir x öğesinin A klasik kümesine ya da A bulanık kümesine ait olma derecesini göstermektedir. Üyelik fonksiyonuna karakteristik fonksiyon da denilmektedir (Paksoy- Yapıcı Pehlivan vd., 2013: 33). Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi olmakla beraber pratikte en fazla kullanılanlar üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gaussian ve sigmoidal fonksiyonlardır (Baykal- Beyan, 2004: 78).

Yamuk üyelik fonksiyonu a_1, a_2, a_3, a_4 şeklinde 4 parametre ile tanımlanır.

$$\mu_A(x;a_1;a_2;a_3;a_4)=\begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & ise \quad (x-a_1)/(a_2-a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & ise \quad 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 & ise \quad (a_4-x)/(a_4-a_3) \\ x > a_4 \quad veya \quad x < a_1 & ise \quad 0 \end{cases}$$

(1.1)

Üçgen üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir halidir. Üçgen üyelik fonksiyonu a_1, a_2, a_3 şeklinde 3 parametre ile tanımlanır.

$$\mu_A(x;a_1;a_2;a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & ise \quad (x-a_1)/(a_2-a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & ise \quad (a_3-x)/(a_3-a_2) \\ x > a_3 \; veya \quad x < a_{1i} & ise \quad 0 \end{cases}$$

(1.2)

I.II. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma işlemi sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevlerinden faydalanarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeler ve üyelik derecesi tespit edilerek girilen değerler küçük, en küçük gibi dilsel değişkenler olarak atanır.

I.III. Durulaştırma

Bulanık sayılar ile yapılan işlemlerden sonra elde edilen bulanık çıktı kümesinin kesin bir değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bulanıklaştırma işleminin tersi olarak adlandırılabilecek bu işlemin adı durulaştırmadır. Durulaştırma işlemleri bulanık işlemler sonucu elde edilen bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları aracılığıyla gerçekleştirilir (Lotfi- Torabi, 2011: 434).

Durulaştırma yöntemlerinde genel olarak gözlemlenen üç özellik vardır (Baykal- Beyan, 2004:). Bunlar;

- Durulaştırma sonucunda kesin bir değer elde edilir.
- Elde edilen durulaştırılmış değerin orijinal bulanık kümenin dayanakları arasında olduğu kabul edilen bir gerçektir.

- İki üçgen bulanık sayının işleme alınıp durulaştırılmasından elde edilen değer, daima bireysel olarak durulaştırılıp işleme alınmasından elde edilen değerlerin arasında yer alır.

II. HEDEF PROGRAMLAMA

Yöneylem araştırması yönetimde karşılaşılan problemlerin çözümüne katkıda bulunmak ve etkinliklerini arttırmak için matematiksel ve mantıksal modelleri uygulayan bir bilim dalıdır (Özkan, 2012: 1). Yöneylem araştırmasındaki matematiksel modellerde karar değişkenleri tam sayılı ya da sürekli olabilir, buna karşılık amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusal (lineer) ya da doğrusal olmayan olabilmektedir. En belirgin ve başarıyla kullanılan yöneylem araştırması tekniği doğrusal programlamadır. Doğrusal programlamada tüm amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusal, tüm değişkenler süreklidir. Farklı tip modellerin çözümü için geliştirilen diğer matematiksel teknikler dinamik programlama, tam sayılı programlama, doğrusal olmayan programlama, hedef programlama ve şebeke programlamadır. Hemen hemen tüm yöneylem araştırması teknikleri, yapısında yineleme (tekrarlama) bulunan hesaplama algoritmalarıyla sonuçlandırılır. Bu durum problemin yinelemelerle çözülmekte olduğunu ve her yeni yineleme sonunda çözümün optimuma daha yakın hale getirildiğini ifade etmektedir (Taha, 2007: 3).

İlk olarak 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından doğrusal programlamanın bir çeşidi olarak hedef programlamayı geliştirilmiştir. Daha sonra 1961 yılında Charnes ve Cooper hedef programlamayı belirli kısıtlar altında, hedeflere olabildiğince ulaşabilecek amaç fonksiyonunun optimizasyonu sağlayan bir yöntem olarak tanımlamışlardır (Erpolat, 2010: 234). Doğrusal programlamadan farklı olarak hedef programlamada sapma değişkenleri söz konusudur. Her bir hedeften ortaya çıkabilecek sapmalar en küçüklenmeye çalışılmaktadır (Render- Stair vd. 2012: 428). Dolayısıyla hedef programlamada amaç fonksiyonu her zaman sapma değişkenlerinin minimizasyonu şeklinde oluşturulmaktadır. Formülasyonda iki çeşit değişken bulunmaktadır. Birincisi karar değişkenleri, ikincisi negatif ve pozitif sapma değişkenleridir. Ayrıca kısıtlar sistem kısıtları ve hedef kısıtları olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Genel hedef programlama modeli aşağıda verilmiştir (Ahmad- Adnan vd. 2005: 9).

$$\left.\begin{aligned}
&\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{m} (d_i^- + d_i^+) \\
&\text{Kısıtlar:} \\
&\text{Hedef Kısıtları: } \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j\right) + d_i^- - d_i^+ = b_i \text{ , } i = 1, 2, ..., m \\
&\text{Sistem Kısıtları: } \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} b_i \text{, } i = m+1, m+2, ..., m+p
\end{aligned}\right\} \tag{2.1}$$

x_j, $d_i^-, d_i^+ \geq 0$, i = 1, 2,..., m ve j = 1, 2,..., n

m = hedef sayısı

p = sistem kısıt sayısı

n = karar değişken sayısı

Z = Amaç fonksiyonu

a_{ij} = i. Hedefteki j. Değişkenin katsayısı

x_j = j. Karar değişkeni

b_i = Sağ yan değeri

d_i^- = i. Hedeften negatif sapma değişkeni (düşük başarı)

d_i^+ = i. Hedeften pozitif sapma değişkeni (üstün başarı)

Hedeften pozitif sapma ve hedeften negatif sapma durumu aynı anda gerçekleşememektedir. Dolasıyla, en az bir değişken sıfır değerini almaktadır.

$$d^+ + d^- = 0 \tag{2.2}$$

II.I. Modele Dayalı Sınıflandırma

a. 0-1 Tam sayılı hedef programlama

Hedef programa problemleri hedeflerin önemlerine göre sınıflandırıldığı gibi, kurulan modelin tipine göre de doğrusal hedef programlama, tam sayılı hedef programlama, doğrusal olmayan hedef programlama şeklinde sınıflandırılmaktadır (Öztürk, 2004: 298). Karar değişkenlerinin tamsayı değer alması istenen programlamada saf tam sayılı hedef programlama, karma tam sayılı hedef programlama ve ikili tam sayılı hedef programlama çeşitleri bulunmaktadır. Saf tam sayılı hedef programlamada değişkenlerin hepsinin tamsayı değerler alması, karma tam sayılı programlamada değişkenlerin bir kısmının tamsayı değerler alması ve ikili (0- 1) tam sayılı hedef programlamada ise değişkenlerin hepsinin ya da bir kısmının 0 veya 1 değer alması istenmektedir (Kağnıcıoğlu- Yıldız, 2006: 415).

Hedef programlama çizelgeleme, kaynak dağıtımı, atama problemleri gibi karar verme problemlerine uygulandığında 0-1 karar değişkenleriyle formüle edilebilmektedir (Gen- Ida vd. 1993: 539). Böyle bir kısıt hedef programlama modeline eklendiğinde 0-1 tam sayılı hedef programlama modeli ortaya çıkmaktadır. Eşitlik 2.3' te 0- 1 tam sayılı hedef programlama modeli gösterilmiştir (Ghosh- Sharma vd. 2005: 2).

$$\left.\begin{array}{l}
\text{Min } Z = \sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{m} p_k (w_k^- d_i^- + w_k^+ d_i^+) \\
\text{Kısıtlar:} \\
(\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j) + d_i^- - d_i^+ = b_i, \; i = 1, 2, ..., m \\
x_j = \begin{array}{l} 1 \; seçilme \; durumu \\ 0 \; seçilmeme \; durumu \end{array} \\
d_i^-, d_i^+ \geq 0, \; i = 1, 2, ..., m \text{ ve } j = 1, 2, ..., n
\end{array}\right\} \tag{2.3}$$

b. Bulanık hedef programlama

Hedef programlama modelinde hedeflerin ve kısıtların sınırları kesin olarak belirlenmektedir. Gerçek problemler düşünüldüğünde bu modeller kısıtların sınırları ve hedefler tam olarak bilinemediğinden gerçek durumları yansıtamamaktadır (Bellman- Zadeh, 1970: 141). Dolayısıyla bulanık küme teorisinden belirsiz durumları ortadan kaldırmak için faydalanılmaktadır. Çok hedefli problemlerin çözümü için bulanık programlama ilk olarak Zimmerman (1978) tarafından ortaya konulmuştur (Mohamed, 1997: 217). Sonrasında ise Narasimhan (1980) ve Ignizio (1982) tarafından çoklu hedef problemlerin çözümüne bulanık küme teorisinin kullanımı geliştirilmiştir. Fakat çalışmada Zimmerman' ın yaklaşımı temel olarak alınacaktır. Bulanık karar verme ortamında hedefler, kısıtlar bulanık şekilde ifade edilmektedir. k. amacın F_k (X) (k = 1, 2,...,

k) istenilen değeri b_k olsun. Böylece bulanık hedefler eşitlik 2.4 ve 2.5'teki gibi gösterilmektedir (Biswas- Pal, 2005: 392).

$$Fk\ X\ \lesssim b_k \tag{2.4}$$

$$Fk\ X\ \gtrsim b_k \tag{2.5}$$

X karar değişkenlerini, $\lesssim$ işareti ise bulanıklığı ifade etmektedir. b_k, tüm i'ler için dilsel olarak hedefin b_i civarından olması gerektiğini göstermektedir (Kağnıcıoğlu, 2006: 21). Hedef programlama model sapma değişkenleri ile oluşturulurken, bulanık hedef programlamada ise hedeflerin alt ve üst tolerans sınırları belirlenerek üyelik fonksiyonları oluşturulur. Alt ve üst tolerans sınırlarının belirlenmesi karar vericiye bağlıdır (Sharma- Jana, 2009: 225). Bulanık hedef programlama modelinin genel gösterimi eşitlik 2.6' da verilmiştir.

Z_k : k. Amaç fonksiyonu

L_k : k. Amaç fonksiyonunun bulanık hedef değeri

u_k : k. Amaç fonksiyonun üst sınırı

l_k : k. Amaç fonksiyonunun alt sınırı

$$\left.\begin{array}{l} Z_k \le L_k,\ k = 1, 2,..., k \\ Ax \gtrsim b \\ x \ge 0 \end{array}\right\} \tag{2.6}$$

Bulanık hedefler için Eşitlik 2.7'daki üyelik fonksiyonu tanımlanır.

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 1 & z_k \le l_k \\ 1 - \frac{z_k - l_k}{u_k - l_k} & l_k < z_k < u_k \\ 0 & z_k \ge u_k \end{cases} \tag{2.7}$$

Buna göre Bellman ve Zadeh'in "Max- Min" yaklaşımıyla bulanık doğrusal hedef programlama modeli:

$\lambda = 1 - \frac{z_k - l_k}{u_k - l_k}$ olmak üzere,

$$\left.\begin{array}{l} \text{Max } \lambda \\ \lambda \le \frac{z_k - l_k}{u_k - l_k} \\ Ax \lesssim b \\ x, \lambda \ge 0 \end{array}\right\} \tag{2.8}$$

şeklinde doğrusal programlama modeline dönüşmektedir (Devi- Singh, 2013: 325).

Üyelik fonksiyonları genellikle karar verici tarafından oluşturulmaktadır. Bulanık bir hedefin üyelik fonksiyonu, kavramların uygulamadaki anlamına göre sezgisel olarak da oluşturulabilir. Ayrıca, üyelik fonksiyonları bulanık küme teorisinin temelini oluşturduğu için, üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra bulanık küme teorisinde bulanık olan herhangi bir şey kalmadığı söylenmektedir (Ertuğrul, 2005: 53). Çok amaçlı problemlere bulanık küme teorisini uygulayan Zimmerman (1978) her amaç fonksiyonu maksimize edip optimal değerler elde etmiştir. Amaç fonksiyonu ve sağ yan değerleri bulanık olan doğrusal programlama modelinin çözümü için Zimmermann yaklaşımının çözümüne başlamadan önce karar verici tarafından amaç fonksiyonu hedef değeri, amaç fonksiyonu hedef değeri için kabul edilebilir tolerans limiti ve sağ yan değeri için kabul edilebilir tolerans limitinin belirlenmesi gerekmektedir (Yılmaz, 2013: 30).

b_i = i. Bulanık hedef değeri için karar vericinin belirlediği erişim değeri (sağ yan değer)

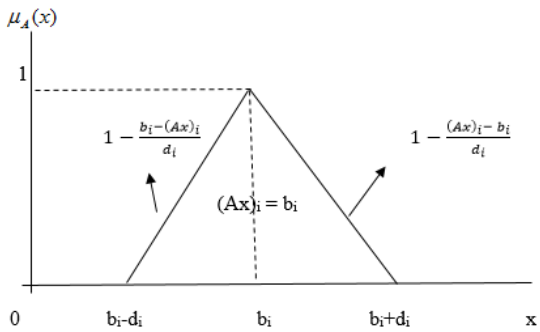
d_i = i. Bulanık hedefi erişim değerinden meydana gelecek sapma miktarı

Bulanık hedefler için Zimmerman tipi üyelik fonksiyonları ve grafikleri aşağıdaki gibidir (Fazzlollahtabar- Akbari vd. 2013: 26).

$$(Ax)_i \underset{\sim}{=} b_i \quad \rightarrow \quad \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;\ (Ax)_i \leq b_i - d_i \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ;\ b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \\ 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ;\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ 0 & ;\ (Ax)_i \geq b_i + d_i \end{cases}$$

(2.9)

$i = 1, 2,.., m_1$

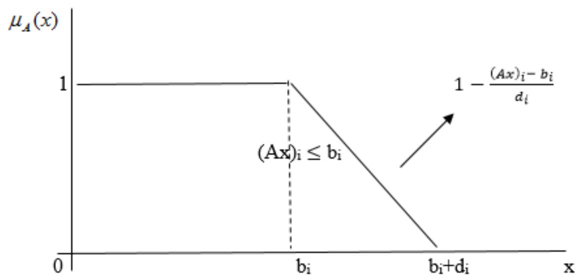


Şekil 2.1. $(Ax)_i = b_i$ üçgensel üyelik fonksiyonu grafiği

$$(Ax)_i \underset{\sim}{\leq} b_i \quad \rightarrow \quad \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;\ (Ax)_i \geq b_i + d_i \\ 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ;\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ 1 & ;\ (Ax)_i \leq b_i \end{cases}$$

(2.10)

$i = m_1+1,..., m_2$

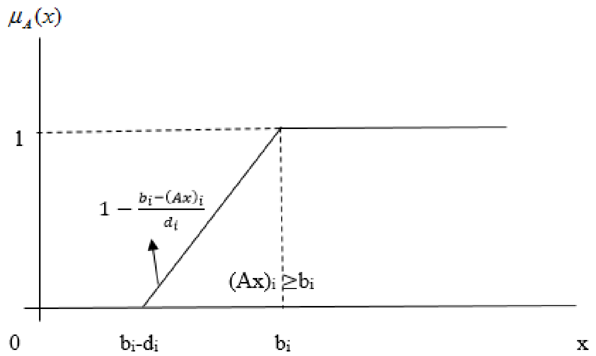


Şekil 2.2. $(Ax)_i \leq b_i$ üçgensel üyelik fonksiyonu grafiği

$$Ax \underset{i\sim}{\geq} b_i \quad \rightarrow \quad \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;\ (Ax)_i \leq b_i - d_i \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ;\ b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \\ 1 & ;\ (Ax)_i \geq b_i \end{cases}$$

(2.11)

$i = m_2+1, \ldots, m_3$



Şekil 2.3. $(Ax)_i \geq b_i$ üçgensel üyelik fonksiyonu grafiği

III. UYGULAMA

0-1 tam sayılı bulanık hedef programlama yaklaşımı ile atama problemi çözümü için ders programının oluşturulması uygulama alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmada Pamukkale Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İngilizce İşletme Bölümü bahar dönemi zorunlu dersleri ve bu dersleri veren hocalar veri olarak kullanılmıştır. Tablo 3.1.' de bahar dönemi zorunlu dersleri ve öğretim elemanları bulunmaktadır.

Tablo 3.1. Bahar dönemi İngilizce İşletme Bölümü zorunlu dersleri

DERS KODU	DERSİN ADI	DERSİ VEREN ÖĞRETİM ELEMANI
EKNM 104	Mathematics - II	X_1
ING 114	Advanced English - II	X_2
ATI 102	Ataturk's Principles and History of Turkish Revolution - II	X_3
BUSI 102	Law of Obligations	X_4
BUSI 104	Accounting - II	X_5
BUSI 106	Academic Skills	X_6
ECON 210	Microeconomics - II	X_7
EKNM 202	Statistics - II	X_8
TKD 202	Turkish Language - II	X_9

BUSI 206	Cost Accounting	X_{10}
BUSI 208	Financial Statement Analysis	X_{11}
BUSI 210	International Trade Policy	X_{12}

Bahar dönemi İngilizce İşletme Bölümü zorunlu dersleri (Devam ediyor)

BUSI 222	Basic Computer Science	X_{13}
BUSI 302	Financial Management - II	X_{14}
BUSI 318	Human Resource Management	X_{15}
BUSI 330	Production & Operations Management - II	X_{16}
BUSI 332	Marketing - II	X_{17}
BUSI 402	International Marketing	X_{18}
BUSI 416	Strategic Management and Business Policy	X_{19}
BUSI 418	Multinational Business - II	X_{20}

0-1 tam sayılı programlama atama probleminin doğası gereği ele alınmıştır. Hedef ise öğrencilerin ders günlerindeki belirsizlikten yola çıkılarak bulanık hedef programlamadan faydalanılmıştır. Eşitlik 3.1. ve 3.2.'de modelde kullanılacak olan karar değişkenleri verilmiştir.

$$Z_{ijk}= \begin{cases} 0, & i.sınıfın\ j.gün\ k.ders\ bloğunda\ dersi\ \ yoksa \\ & i = 1,2,3,4 \quad j = 1,2,3,4,5 \quad k = 1,2,3 \\ 1, & i.sınıfa\ j.gün\ k.ders\ bloğunda\ dersi\ varsa \end{cases}$$

(3.1)

$$X_{hjk}= \begin{cases} 0, & h.öğretim\ elemanının\ j.gün\ k.ders\ bloğunda\ dersi\ yoksa \\ & h = 1,2,\ldots,20 \quad j = 1,2,3,4,5 \quad k = 1,2,3 \\ 1, & h.öğretim\ elemanının\ j.gün\ k.ders\ bloğunda\ dersi\ varsa \end{cases}$$

(3.2)

III.I. Bulanık Hedefler ve Kısıtlar

Modelde, öğrencilerin ders günlerinin ardışık günlerde olup olmamasının belirsizliğinden yola çıkılarak bulanık hedef oluşturulmuştur. Yani i. sınıfın 1. gün dersi var ise 2. gün de dersinin olması gerekmektedir. Dolayısıyla herhangi bir i. sınıfın haftanın ortasında boş günü bulunmamalıdır. Model için oluşturulan hedef Eşitlik 3.3.'te gösterildiği gibidir.

$$\left.\begin{array}{ll} \sum_{k=1}^{3} (Z_{1jk} - Z_{1lk}) \precsim 0 & j=1, 2, 3, 4, 5,\ l = 1, 2, 3, 4, 5,\ j \neq l \\ \sum_{k=1}^{3} (Z_{2jk} - Z_{2lk}) \precsim 0 & j=1, 2, 3, 4, 5,\ l = 1, 2, 3, 4, 5,\ j \neq l \end{array}\right\}$$

(3.3)

$$\sum_{k=1}^{3} (Z_{3jk} - Z_{3lk}) \lesssim 0 \qquad j=1, 2, 3, 4, 5,\ l = 1, 2, 3, 4, 5,\ j \neq l$$

$$\sum_{k=1}^{3} (Z_{4jk} - Z_{4lk}) \lesssim 0 \qquad j=1, 2, 3, 4, 5,\ l = 1, 2, 3, 4, 5,\ j \neq l$$

Hedef dışında modeli oluşturan kısıtlar aşağıda sırayla verilmiştir.

Sınıf bazında öğrencilerin alması gereken zorunlu ders sayıları birinci sınıf için 6, ikinci sınıf için 7, üçüncü sınıf için 4, dördüncü sınıf için 3'tür. Eşitlik 3.4' te bu kısıt ifade edilmiştir.

$$\left.\begin{aligned} &\sum Z_{1jk} = 6, && \forall\ (j,k) \text{ için} \\ &\sum Z_{2jk} = 7, && \forall\ (j,k) \text{ için} \\ &\sum Z_{3jk} = 4, && \forall\ (j,k) \text{ için} \\ &\sum Z_{4jk} = 3, && \forall\ (j,k) \text{ için} \end{aligned}\right\} \tag{3.4}$$

Modelde kolaylık sağlanabilmesi için her bir öğretim elemanının vereceği ders sayısı 1 olarak belirlenmiştir. Kısıt Eşitlik 3.5' te gösterildiği gibidir. Ancak eldeki verilerde bazı öğretim elemanlarının birden fazla ders verildiği bilinmektedir. Dolayısıyla herhangi bir çakışma yaşanmaması için, birden fazla ders veren öğretim elemanları için ayrıca bir kısıt yazılacaktır.

$$\sum X_{hjk} = 1, \quad \forall\ h \text{ için} \tag{3.5}$$

Her sınıfın ders aldığı öğretim elemanlarından oluşan grubun toplamda verdiği ders sayıları sınıfların toplamda aldığı ders sayılarına eşit olmaktadır. Kısıt Eşitlik 3.6' da belirtilmiştir.

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{h=1}^{6} X_{hjk} = 6, && \forall\ (j,k) \text{ için} \\ &\sum_{h=7}^{13} X_{hjk} = 7, && \forall\ (j,k) \text{ için} \\ &\sum_{h=14}^{17} X_{hjk} = 4, && \forall\ (j,k) \text{ için} \\ &\sum_{h=18}^{20} X_{hjk} = 3, && \forall\ (j,k) \text{ için} \end{aligned}\right\} \tag{3.6}$$

Bir sınıfın aynı gün aynı saat bloğunda en fazla 1 dersinin olması gerekmektedir. Bunu ifade eden kısıtlar eşitlik 3.7' de gösterilmiştir.

$$\left.\begin{array}{l} \sum_{h=1}^{6} X_{hjk} \leq 1,\ \forall \text{ k için, } j = 1, 2, 3, 4, 5 \\ \sum_{h=7}^{13} X_{hjk} \leq 1,\ \forall \text{ k için, } j = 1, 2, 3, 4, 5 \\ \sum_{h=14}^{17} X_{hjk} \leq 1,\ \forall \text{ k için, } j = 1, 2, 3, 4, 5 \\ \sum_{h=18}^{20} X_{hjk} \leq 1,\ \forall \text{ k için, } j = 1, 2, 3, 4, 5 \end{array}\right\} \quad (3.7)$$

Öğrenciler 1. Sınıftayken 2. Sınıf dersi, 2. Sınıftayken ise 1. Sınıf dersi alabilmelidir. Benzer şekilde her dönemde alt ve üst sınıflar ile bu şekilde bir ilişki olmalıdır. Bu yüzden (1.-2.), (2.-3.), (3.-4.) sınıfların derslerinin çakışmaması için Eşitlik 3.8' deki kısıt oluşturulmuştur.

$$\left.\begin{array}{l} (Z_{1jk} + Z_{2jk}) \leq 1,\ \forall \text{ (j,k) için} \\ (Z_{2jk} + Z_{3jk}) \leq 1,\ \forall \text{ (j,k) için} \\ (Z_{3jk} + Z_{4jk}) \leq 1,\ \forall \text{ (j,k) için} \end{array}\right\} \quad (3.8)$$

Her bir öğretim elemanının 1 ders verdiği varsayımı altında oluşturulmuş modelde, gerçekte birden fazla ders veren öğretim elemanlarının derslerinin çakışmaması için ayrıca bir kısıt oluşturulmuştur. Modelin çözülmesinde kolaylık sağlayan bu durum Eşitlik 3.9' daki kısıt ile sağlanmaktadır. (X6 – X10), (X11 - X14), (X15 - X19), (X17 - X18 - X20) değişkenler aynı öğretim elemanlarını temsil etmektedir.

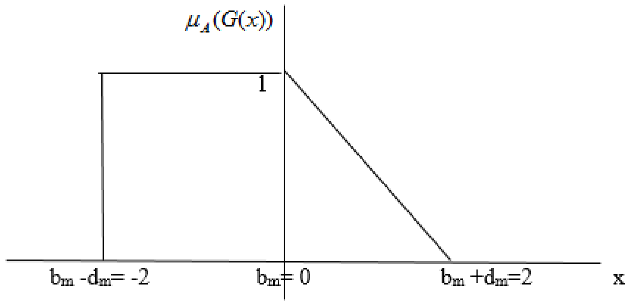
$$\left.\begin{array}{l} X_{6jk} + X_{10jk} \leq 1,\ \forall \text{ (j,k) için} \\ X_{11jk} + X_{14jk} \leq 1,\ \forall \text{ (j,k) için} \\ X_{15jk} + X_{19jk} \leq 1,\ \forall \text{ (j,k) için} \end{array}\right\} \quad (3.9)$$

$$X_{17jk} + X_{18jk} + X_{20jk} \leq 1,\ \forall \text{ (j,k) için}$$

Modele eklenen kısıtlar değerlendirildiğinde şimdiye kadar ayrı ayrı öğretim elemanlarına ders atanması ve sınıflara ders atanması şeklinde olmuştur. Ancak burada önemli olan dersi veren öğretim elemanları ile dersi alan sınıfın eşleşebilmesidir. Dersi veren öğretim elemanlarının dersi olduğunda dersi alan sınıfın da dersinin olmasını sağlayan kısıt Eşitlik 3.10'da belirtilmiştir.

$$\left.\begin{array}{l} (X_{hjk} - Z_{1jk}) \leq 0,\ \forall \text{ (j,k) için } h = 1, 2, \ldots, 6 \\ (X_{hjk} - Z_{2jk}) \leq 0,\ \forall \text{ (j,k) için } h = 7, 8, \ldots, 13 \\ (X_{hjk} - Z_{3jk}) \leq 0,\ \forall \text{ (j,k) için } h = 14, 15, 16, 17 \\ (X_{hjk} - Z_{4jk}) \leq 0,\ \forall \text{ (j,k) için } h = 18, 19, 20 \end{array}\right\} \quad (3.10)$$

Bu durumda oluşturulan bulanık hedef programlama modelinin 16 bulanık hedefi, 493 kısıtı ve 360 adet 0-1 tamsayılı değişkeni bulunmaktadır. Modelde yer alan bulanık hedefler için tanımlanan üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 3.1' de bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Öğrencilerin ders günlerinin ardışık olması hedefinin üyelik fonksiyonu

G(x) : Hedef fonksiyonu

$\mu_A(G(x))$: Hedef fonksiyonunun üyelik derecesi

b_m : Hedef değeri

d_m : Tolerans değeri

Tolerans değeri 2 olarak belirlendiği için, hedef fonksiyonunun alabileceği değer (b_m - d_m) ile (b_m + d_m) yani (-2, 2) aralığında değişecektir. Dolayısıyla bir gün içerisinde bir öğrencinin 2'den fazla dersi olamayacaktır. Bu sebeple ayrıca bir kısıta ihtiyaç duyulmamıştır. Şekil 3.1' de yer alan üyelik fonksiyon grafiği doğrultusunda bulanık hedefin üyelik fonksiyonu Eşitlik 3.11'de gösterilmiştir.

$$\mu_A(G(x)) = \begin{cases} 0 & ;eğer \quad G(x) \le -2 \\ 1 & ;eğer -2 \le G(x) \le 0 \\ 1 - \frac{G(x)_m - b_m}{d_m} & ;eğer \quad 0 \le G(x) \le 2 \\ 0 & ;eğer \quad G(x) \ge 2 \end{cases} \tag{3.11}$$

Bulanık hedefler ve kısıtlardan oluşan modelin çözümü için Bellman ve Zadeh'in Max-Min yaklaşımından faydalanılmıştır. Dolayısıyla modelin tam sayılı programlama modeline dönüştürülebilmesi için bulanık hedeflerin Eşitlik 3.12'de belirtildiği şekilde işlemlerden geçmesi gerekmektedir.

$$1 - \frac{\sum_{k=1}^{3} (Z_{1jk} - Z_{1lk})}{2} \ge \mu \text{, (j,l) = (1, 2), (2,3), (3,4), (4,5) için,}$$

$$1 - \frac{\sum_{k=1}^{3} (Z_{2jk} - Z_{2lk})}{2} \ge \mu \text{, (j,l) = (1, 2), (2,3), (3,4), (4,5) için,} \tag{3.12}$$

$$1 - \frac{\sum_{k=1}^{3} (Z_{3jk} - Z_{3lk})}{2} \geq \mu \text{ , (j,l) = (1, 2), (2,3), (3,4), (4,5) için,}$$

$$1 - \frac{\sum_{k=1}^{3} (Z_{4jk} - Z_{4lk})}{2} \geq \mu \text{ , (j,l) = (1, 2), (2,3), (3,4), (4,5) için,}$$

Bulanık hedefler Zadeh ve Bellman'ın Max-Min yaklaşımıyla bulanıklıktan kurtarıldıktan sonra hedefler kısıt halini almıştır. Dolayısıyla sonuç olarak, toplamda 509 kısıt, 360 0-1 tam sayılı değişken ve 1 adet [0,1] kapalı aralığında değer alan değişkenden oluşan doğrusal programlama modeli ortaya çıkmıştır.

III.II. Elde Edilen Çıktılar

Elde edilen doğrusal programlama modeli LINDO 6.1 programı yardımıyla çözdürülmüş ve optimal çözüme ulaşılmıştır. Çözümde ulaşılan μ =1 sonucu ile amaçlanan hedeflere tam olarak ulaşıldığı anlaşılmaktadır. Her bir amacın üyelik derecelerinin minimumu modele kısıt şeklinde eklemiştir. Bu doğrultuda minimum üyelik derecelerinin arasında modeldeki amaç fonksiyonu (Max μ) sağlayan değer modelin üyelik derecesi olacaktır. Dolayısıyla üyelik derecesi model için 1 olmaktadır. Sonuçlar da incelendiğinde her sınıfın izleyen günlerde derslerinin olduğu görülebilmektedir. Sınıflar için haftanın ortasında herhangi bir boş gün bulunmamaktadır. Tablo 3.2., 3.3., 3.4. ve 3.5'te her sınıfın zorunlu derslerinin programı görülmektedir.

Tablo 3.2. 1. Sınıfların zorunlu derslerinin programı

	Pazartesi	**Salı**	**Çarşamba**	**Perşembe**	**Cuma**
08:55-09:40	Academic Skills X6	Accounting II X5			
09:50-10:35	Academic Skills X6	Accounting II X5			
10:45-11:30	Academic Skills X6	Accounting II X5			
11:40-12:25					Mathematics II X1
12:35-13:20					Mathematics II X1
13.30-14:15					Mathematics II X1
14:25-15:10			Law of Obligations X4	Ataturk's Prınciples and History of Turkish Revolution II	Advanced English II X2

				X3	
15:20-16:05			Law of Obligations X4	Ataturk's Prınciples and History of Turkish Revolution II X3	Advanced English II X2
16:10-16.55			Law of Obligations X4	Ataturk's Prınciples and History of Turkish Revolution II X3	Advanced English II X2

Tablo 3.2. incelendiğinde 1. Sınıfların zorunlu dersleri birinci günden başlamak üzere her gün bulunmaktadır. Hedefe ulaşılması amacıyla zorunlu derslerin olduğu ilk günü izleyen günlerde de derslerin olması gerekmektedir. Dolayısıyla 1. sınıflar için hedefe tam olarak ulaşıldığı program incelendiğinde görülmektedir. Tablo 3.3.' te de 2. Sınıfların zorunlu derslerinin programı bulunmaktadır.

Tablo 3.3. 2. Sınıfların zorunlu derslerinin programı

	Pazartesi	**Salı**	**Çarşamba**	**Perşembe**	**Cuma**
08:55-09:40			Statistics II X8	International Trade Policy X12	Cost Accounting X10
09:50-10:35			Statistics II X8	International Trade Policy X12	Cost Accounting X10
10:45-11:30			Statistics II X8	International Trade Policy X12	Cost Accounting X10
11:40-12:25	Microeconomics II X7		Basic Computer Science X13	Financial Statement Analysis X11	
12:35-13:20	Microeconomics II X7		Basic Computer Science X13	Financial Statement Analysis X11	
13.30-14:15	Microeconomics II X7		Basic Computer Science X13	Financial Statement Analysis X11	
14:25-		Turkish Language II			

15:10		X9			
15:20-16:05		Turkish Language II X9			
16:10-16.55					

Tablo 3.3. incelendiğinde 2. Sınıfların da derslerinin pazartesi başlayıp izleyen günlerde de olduğu görülmektedir. Tablo 3.4.' te ise 3. Sınıfların ders programı bulunmaktadır.

Tablo 3.4. 3. Sınıfların zorunlu derslerinin programı

	Pazartesi	**Salı**	**Çarşamba**	**Perşembe**	**Cuma**
08:55-09:40		Marketing II X17			
09:50-10:35		Marketing II X17			
10:45-11:30		Marketing II X17			
11:40-12:25					Financial Management X14
12:35-13:20					Financial Management X14
13.30-14:15					Financial Management X14
14:25-15:10			Human Resource Management X15	Production & Operations Management II X16	
15:20-16:05			Human Resource Management X15	Production & Operations Management II X16	
16:10-16.55			Human Resource Management X15	Production & Operations Management II X16	

Tablo 3.4.'te 3. Sınıfların ders programı verilmiştir. Tablo incelendiğinde 3. sınıfların Pazartesi günü zorunlu dersi bulunmamakta, dersleri Salı günü başlamakta ve izleyen günlerde de devam etmekte olduğu görülmektedir. 1. ve 2. Sınıftan sonra zorunlu derslerin dışında alınması gereken seçmeli derslerin programa yerleştirilmesi durumunda 3. ve 4. Sınıfların boş günleri değerlendirilebilecektir. Tablo 3.5. 4. Sınıfların zorunlu ders programını göstermektedir.

Tablo 3.5. 4. Sınıfların zorunlu derslerinin programı

	Pazartesi	**Salı**	**Çarşamba**	**Perşembe**	**Cuma**
08:55-09:40					
09:50-10:35					
10:45-11:30					
11:40-12:25			Strategic Management and Business Policy X19	International Marketing X18	
12:35-13:20			Strategic Management and Business Policy X19	International Marketing X18	
13.30-14:15			Strategic Management and Business Policy X19	International Marketing X18	
14:25-15:10					Multinational Business II X20
15:20-16:05					Multinational Business II X20
16:10-16.55					Multinational Business II X20

Tablo 3.5. incelendiğinde 4. Sınıfların zorunlu derslerinin Çarşamba günü başlamakta ve izleyen günlerde devam etmekte olduğu görülmektedir. Böylece 4. sınıfların da 3. sınıflarda olduğu gibi almaları gereken seçmeli dersler boş oldukları günlere yerleştirilebilecektir.

Kurulan modelde yer alan kısıtlardan bir tanesi (1.-2.), (2.-3.), (3.-4.) sınıfların derslerinin çakışmaması gerektiği idi. Dolayısıyla elde edilen sonuçta bu kısıtın tam olarak sağlanıp sağlanmadığı incelendiğinde istenilen sonuca ulaşıldığı görülmektedir. Dolayısıyla 2. Sınıf olup 1. Sınıftan dersi olan öğrenciler mağdur olmayacak olup derslerini takip edebileceklerdir. Benzer şekilde 1. Sınıf olup 2. Sınıftan ders almak isteyen öğrenciler için de şartlar sağlanmış durumdadır. Diğer eşleştirmeler için de aynı durum sağlanabilmektedir.

Model oluşturulurken her bir dersi veren öğretim elemanının farklı olduğu varsayılmıştır. Fakat bazı öğretim elemanları aynı dönem içerisinde birden fazla ders vermektedir. Dolayısıyla ilk başta farklı kodla tanımlanan öğretim elemanlarının verdikleri derslerin saatlerinin çakışmaması için modele kısıt eklenmişti. X_6 ve X_{10}, X_{11} ve X_{14}, X_{15} ve X_{19}, X_{17}, X_{18} ve X_{20} değişkenleri aynı hocaları temsil etmektedir. Çözüm elde edildikten sonra sonuçlar incelendiğinde farklı değişken olarak tanımlanan aynı hocaların verdiği derslerin aynı gün aynı saatte olmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla kısıt sağlanmıştır.

SONUÇ

Çalışmada, Pamukkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İngilizce İşletme Bölümü bahar dönemi ders programı oluşturulmaya çalışılmıştır. Öncelikle sınıfların kaç gün derslerinin olacağının ve eğer varsa boş günlerinin hangi gün olacağının belirsizliğinden yola çıkılarak bulanık hedef içeren model kurulmuştur. Bu bulanık hedeflerin dışında da öğrencilerin, öğretim elemanlarının ders sayıları, 1. 2., 2. 3., 3. 4. Sınıfların derslerinin çakışmaması, aynı sınıfın aynı gün aynı saatte birden çok dersinin olmaması, birden çok ders veren öğretim elemanlarının derslerinin çakışmaması, dersi veren öğretim elemanı ile o dersi alan sınıfın eşleşmesi gibi kısıtları da kapsayan model çözüm için oluşturulmuştur. Ancak modelin çözümünün yapılabilmesi için Bellman ve Zadeh' in geliştirdiği Max- Min yaklaşımı ile bulanık hedefler bulanıklıktan kurtarılmıştır. Böylece elde edilen model bir doğrusal programlama modeli haline dönüşmüştür. Diğer kısıtlar da modele eklendiğinde toplamda 509 kısıt, 360 0-1 tam sayılı değişken ve 1 adet [0,1] kapalı aralığına sahip değişken ile model elde edilmiştir. Elde edilen modelin LINDO 6.1 programına girişi yapıldığında elde edilen sonuç tüm kısıtları sağlamış olup, ulaşılmak istenen hedef, μ =1 üyelik derecesi elde edilerek sağlanmıştır. 1., 2., 3. ve 4. Sınıflar ve bu sınıflara ders veren öğretim elamanları için oluşturulmuş model bundan sonraki çalışmalarda farklı kısıtlar ve bulanık hedefler eklenerek geliştirebilir. Ayrıca benzer şekilde seçmeli dersler de eklenerek daha genel bir program oluşturulabilir. Derslerin olacağı gün ve saat blokları belirlendikten sonra bu derslerin yapılacağı sınıfların ataması da oluşturulacak yeni bir model yardımıyla gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

Ahmad, M. H., Adnan, R., Daud, Z. M., & Kong, L. C., (2005). *A goal programming approach for the problems analyzed using the method of least squares*, Universiti Technologi Malaysia, Retrieved June 23, 2015 (de indirildi) from the World Wide Web, [Web: http://eprints.utm.my/2994/ Erişim Tarihi: 23.06.2015].

Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: Bulanıklık kavramı, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, (62):80-85.

Arenas Parra, M. A., Bilbao, T. A. & Rodriguez Uria, M. V. (2001). A fuzzy goal programming approach to portfolio selection, *European Journal of Operational Research*, 133(2), 287-297.

Baykal N., Beyan T. (2004) *Bulanık mantık ilke ve temelleri*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.

Bellman, R. E. & Zadeh, L. A. (1970). Decision making in a fuzzy environment, *Managament Science*, 17(4), 141-164.

Biswas, A. & Pal, B. B. (2005). Application of fuzzy goal programming tecnique to land use planning in agricultural system, *Omega*, 33(5), 391-398.

Devi, K. M. & Singh, T. B. (2013). Fuzzy goal programming based on piecewise linear membership functions, *International Journal Of Pure And Applied Mathematics*, 89(3), 323-334.

Eğrisöğüt Tiryaki, A. & Kazan, R. (2007). Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi, *Mühendis ve Makina*, 48(565), 3-8.

Elen, A. & Çayıroğlu, İ. (2010). Solving of scheduling problem with heuristic optimization approach, *Technology*, 13(3), 159-172.

Erpolat, S. (2010). Üretim planlamasında hedef programlama ve bulanık hedef programlama yöntemlerinin karşılaştırılması, *Öneri Dergisi*, 9(34), 233-246.

Ertuğrul, İ. (1996). *Bulanık mantık ve bir üretim planlamasında uygulama örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, Türkiye.

Ertuğrul, İ. (2005). Bulanık hedef programlama ve bir tekstil firmasında uygulama örneği, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 45-79.

Ertuğrul, İ. (2006). Akademik performans değerlendirmede bulanık mantık yaklaşımı, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 155-176.

Fazzlollahtabar H., Akbari F., Mahdavi I. (2013). A fuzzy goal programming for optimizing service industry market using virtual intelligent agent, *Journal Of Industrial And Production Engineering*, 30(1), 20-29.

Gen, M., Ida, K., Tsujimura, Y. & Kim, C. E. (1993). Large – scale 0-1 fuzzy goal programming and its application to reliability optimization problem, *Computers& Industrial Engineering*, 24(4), 539-549.

Gerşil, M. & Palamutçuoğlu, T. (2013). Ders çizelgeleme probleminin melez algoritmalar ile performans analizi, *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(1), 242-262.

Ghosh, D., Sharma, D. K. & Mattison, D. M. (2005). Goal programming formulation in nutrient management for rice production in West Bengal, *International Journal of Production Economics*, 95(1), 1-7.

Ignizio, J. P. (1982). On the (re)discovery of fuzzy goal programming, *A Journal Of Decision Sciences Institute*, 13(2), 331-336.

Kağnıcıoğlu, C. H. (2006). Hedef programlama ve bulanık hedef programlama arasındaki ilişki, *Gazi Üniversitesi İktasadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 7(2), 17-38.

Kağnıcıoğlu, C. H. & Yıldız, A. (2006). 0-1 tam sayılı bulanık hedef programlama yaklaşımı ile sınav görevi atama problemi çözümü, *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 413-429.

Kocatürk, Y. (2007). *Bulanık değişkenler ve bulanık yenileme süreçleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kosko, B. (1993). *Fuzzy thinking: the new science of fuzzy logic*, University of Southern California, Retrieved June 23, from the World Wide Web, [Web: http://reasonpapers.com/pdf/19/rp_19_20.pdf Erişim Tarihi: 23.06.2015].

Kumar, M. R. P., Vrat, P. & Shankar, R. B. (2006). "A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain", *International Journal of Production Economics*, 101(2):273-285.

Küçüksille, E. U. & Tokmak, M. (2011). Yapay arı kolonisi algoritması kullanarak otomatik ders çizelgeleme, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 15(3):203-210.

Liu, B. & Iwamura, K. (1998). A note on chance constrainted programming with fuzzy coefficients, *Fuzzy Sets and Systems*, 100(1-3):229-233.

Lotfi M. M., Torabi S. A. (2011) “A Fuzzy Goal Programming Approach For Mid-Term Assortment Planning In Supermarkets” *European Journal of Operational Research*,213/2, 430-441.

Mohamed, R. H. (1997). The relationship between goal programming and fuzzy programming, *Fuzzy Sets And Systems*, 89(2):215-222.

Narasimhan, R. (1980). Goal programming in a fuzzy environment, *A Journal Of Decision Sciences Institute*, 11(2):325-336.

Özdağ, H., Aygör, N. & Parlak, A. (2012). *Karınca kolonisi algoritmasının zaman çizelgelemesi üzerine bir modellemesi ve uygulaması*, Akademik Bilişim 12. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Uşak, Tükiye, 01-03 Şubat.

Özkan Ş. (2012). *Yöneylem araştırması nicel karar teknikleri*. Ankara: Nobel Yayın.

Öztürk, A. (2004). *Yöneylem araştırması* (Genişletilmiş 11. Baskı). Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları.

Paksoy T., Yapıcı Pehlivan N. & Özceylan E. (2013). *Bulanık küme teorisi,* Ankara: Nobel Yayın.

Render B., Stair R. M. & Hanna M. E. (2012). *Quantitative analysis for management*, Boston: Pearson.

Sharma, D. K. & Jana, R. K. (2009) Fuzzy goal programming based genetic algorithm approach to nutrient managament for rice crop planning, *International Journal Of Production Economics*, 121(1):224-232.

Taha, H. (2007). *Operations research: An introduction*, USA: Pearson.

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

Yılmaz, G. (2013). *Bulanık 0-1 tamsayılı programlama ve bir hazır beton tesisinde uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, Türkiye.

Yiğit, T. (2006). Meslek liseleri haftalık ders çizelgelerinin genetik algoritmalar yardımıyla oluşturulması, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 25-39.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets, *Information And Control*, 8(3):338-353.

Zimmerman, H. J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, *Fuzzy Sets And Systems*, 1(1):45-55.