

ETKİN, ETKİLİ VE UYGULANABİLİR KARAR VERME: ETKİLEŞİMLİ BULANIK / OLABİLİRLİKLİ ÇOK AMAÇLI MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA

Yrd. Doç. Dr. Kerem CİDDİ
Dumlupınar Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
kciddi@yahoo.com

Prof. Dr. Serpil EROL
Gazi Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
serpiler@gazi.edu.tr

Özet

Son 60-70 yıldır, akademik ve pratik alanlarda, deterministik yerine, bulanık / olabilirlikli matematiksel programlama yöntemleri geliştirilerek daha etkin ve uygulanabilir çözümler elde edilmeye çalışılmaktadır. Belirsizlik ortamında; Çok Amaçlı Karar Verme yaklaşımlarıyla, belirli tatmin seviyeleri için uzlaşık çözümler bulunabilmektedir. Ayrıca, karar verici, Etkileşimli Çok Amaçlı Karar Verme yaklaşımlarıyla, kaynakların kullanımına bağlı olarak hedeflerin tatmin seviyeleri ve uzlaşık çözümlerdeki değişiklikleri ortaya koyabildiğinden, ödünleşme kararlarında birçok alternatife sahip olmakta ve bu sayede daha esnek karar verme imkânı bulmaktadır. Bu çalışmada, “Etkileşimli Bulanık / Olabilirlikli Tek / Çok Amaçlı Matematiksel Programlama” yaklaşımlarına genel bir bakış sunulmaktadır. Aynı zamanda, çeşitli kombinasyonlarda kullanılabilen bu temel yaklaşımların üstünlükleri ile bunlara duyulan ihtiyaç, gerekçeleri ile belirtilmekte ve karar vericilerin gerçek dünyada bu yaklaşımları neden dikkate alması ve kullanması gerektiği hususu vurgulanmaktadır. Bulanık / Olabilirlikli belirsizliğini çok amaçlı ve etkileşimli yaklaşımlarla birleştiren gerçek dünya çalışmalarında bir eksiklik mevcuttur. Bu bağlamda, farklı alan / sektör uygulamaları ile literatüre önemli katkılar yapılabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Planlamada Nicel Yöntemler ve Modelleme, Bulanık Matematiksel Programlama, Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme, Etkileşimli Yaklaşımlar

Jel Kodu: C61

EFFICIENT, EFFECTIVE AND APPLICABLE DECISION MAKING: INTERACTIVE FUZZY / POSSIBILISTIC MULTIPLE OBJECTIVE MATHEMATICAL PROGRAMMING

Abstract

For last 60-70 years, in academic and practice areas, more efficient and applicable solutions have been tried to be obtained by developing fuzzy / possibilistic mathematical programming methods. instead of deterministic ones. Compromise solutions for specific satisfaction levels can be

found with Multiple Objective Decision Making approaches in uncertain environment, Decision maker can also point out the changes in satisfaction levels of goals and compromise solutions according to usage of resources with Interactive Multiple Objective Decision Making approaches and thus has many alternatives in trade-off decisions related to the changes and a possibility for more flexible decision making. In this paper, an overview to “Interactive Fuzzy / Possibilistic Single / Multiple Objective Mathematical Programming” approaches is presented. At the same time, the need and advantages of these major approaches which can be used in various combinations are pointed out with their justifications and the issue of that why decision makers have to consider and use them in real-world is emphasized. There is a lack on real-world based studies integrating fuzzy / possibilistic uncertainty with interactive and multiple objective approaches. In this context, it is evaluated that important contributions can be made with different field / sector applications.

Keywords: Quantitative Methods and Modeling for Planning, Fuzzy Mathematical Programming, Fuzzy Multiple Objective Decision Making, Interactive Approaches

Jel Classification: C61

1. Giriş

Karar Vermede (KV), kantitatif yöntemler, bunların içinde önemli bir yer tutan Yöneylem Araştırması (YA) ve onun bir alt konusu olan matematiksel programlama sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak, gerçek dünya ve durumlar için YA'nın kesinlik gerektiren yapısı çoğu zaman uygun olmadığından, son 60-70 yıldır, bulanık / olabilirlikli matematiksel programlama yöntemleri geliştirilerek daha etkin çözümler elde edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, matematik-fen ve mühendislikte, tek amaçlı yapının yetersizliğini gidermek için, yine gerçek durumlarda çokça rastlanan Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Albert Einstein'ın “matematik kanunları gerçekliği ne kadar gösteriyorsa, o derecede kesin değildir, ne kadar kesinse, o derecede gerçekliği ifade etmiyordur” ile, Bertrand Russell'in “bütün geleneksel mantık, alışlagelmiş şekilde, kesin semboller kullanıldığını varsayar. Onun için, sadece hayal edilmiş göksel varlıklara uygulanabilir, dünyevi hayata uygulanamaz” özdeyişleri (Ross, 2004), kesinlik ve belirsizlik kavramları, bu kavramların gerçek dünya için anlamları ve uygulanabilirliklerinin, üzerinde durulmaya değer konular olduğunu güçlü bir şekilde desteklemektedir. Bu gerekçeyle, bu çalışmada, Bulanık / Olabilirlikli Matematiksel Programlamanın, özellikleri, sınıflandırılması, karşılaştırmalı olarak yöntemleri ve gerekçeli üstünlükleri, çok amaçlı ve etkileşimli yaklaşımlarla birlikte ele alınarak sunulmaktadır.

2. Etkileşimli Bulanık / Olabilirlikli Tek / Çok Amaçlı Matematiksel Programlama

Yüzyılın yön değişiminde, karmaşık gerçek dünya sistemlerini, kesin matematiksel modeller içerisine sokmak, fen ve mühendislikteki ana eğilim idi. Yüzyılın ortasında (1950’lerde) Yöneylem Araştırması, gerçek dünya karar verme problemlerine uygulanmaya başladı ve böylece, fen ve mühendislikte en önemli alanlardan biri oldu. Ne yazık ki, gerçek dünya durumları, sıklıkla öyle belirli değildir. Onun için, kesin matematiksel modeller, bütün uygulamalı problemleri çözmek için yeterli değildir. Uygulamalı durumlar çoğunlukla iyi tanımlanmamıştır ve böylece kesin bir şekilde tarif edilemez. Bu tam olmayan özellik, gerçekten, rassallığa göre oldukça bulanıklıktır (Lai ve Hwang, 1992). Bulanık Küme Teorisi (BKT), insan bakış açısı içeren, gerçek dünya karmaşık sistemlerini, basitleştirilmiş modeli iyileştirerek ve böylelikle daha sağlam ve esnek model geliştirerek, çözmek amacıyla ortaya çıkarılmıştır. Dahası, BKT, karar vericiye, sadece verilen kısıtlar altında bütün mevcut alternatifleri dikkate almak (verilen bir sistemi optimize etmek) için değil, aynı zamanda yeni alternatifler geliştirmek (bir sistemi tasarlamak) için de yardım etmektedir (Lai ve Hwang, 1992). Bütün kavramlar ve teknikler gerçek dünya problemleri için geliştirilmiştir. Böylece, en önemli husus, gerçek karar vericiler ile gerçek uygulamaları içermektir. Ne yazık ki bu gerçek uygulamalar literatürde çok nadir rapor edilmiştir. Gerçek uygulamaları çözmek için, gerçek karar vericiler ile araştırmacılar arasındaki boşluğu doldurmanın ve uygulamalı problemlerin tartışmalarının, kavramlar ve teknikler kadar önemli olduğu düşünülmektedir. Uygulamalı problemlerin tartışmalarıyla, gerçek karar vericilerin, bulanık modellemenin yararlılığı konusunda daha fazla güven elde edecekleri umulmaktadır (Lai ve Hwang, 1992).

2.1. Bulanık Küme / Olabilirlik Teorisi ve Bulanık / Olabilirlikli Matematiksel Programlama

Kesin olmayan (tam olmayan, eksik) bilgi sebebiyle, kesin matematik, karmaşık bir sistemi modellemede yeterli değildir. Geleneksel olarak, olasılık teorisi, bu belirsizliği ele almak için egemen olan bir yaklaşımdır. Örneğin, bir adam “şık”, “şık değil” veya “az şık” olabilir. Açık bir şekilde olasılık teorisi, kesin olmayan durumun bütün mümkün problemlerini modelleyemez. BKT, bu problemleri, keskin sınırlar olmadan, tanımlamak ve çözmek için geliştirilmiştir. Bu, BKT’nin kısmi ilişki / üyeliği dikkate alması demektir (Lai ve Hwang, 1992).

Sembolik olarak doğrusal programlama problemi şöyle gösterilebilir:

$$\text{Max } z = f(c,x) = cx$$

Kısıtlar

$$g(A,x) = Ax \leq b \text{ ve } x \geq 0$$

Burada, c ; amaç fonksiyonunun kâr katsayılar vektörü, b ; mevcut toplam kaynak vektörü, x ; karar değişkenleri (veya alternatifleri) vektörü, A ; teknolojik katsayılar matrisidir. Bu giriş verileri (c , b ve A), tam olmayan veya elde edilemeyen bilgi yüzünden, genellikle, bulanık / kesin olmayan özelliğindedir. Bulanık matematiksel programlama, bulanık ve olabilirlikli olarak iki temel kategoride sınıflandırılabilir. Tercih temelli üyelik fonksiyonlarını, olabilirlik dağılımlarından ayırmak oldukça önemlidir. Olabilirlik, bir olayın ortaya çıkma derecesi iken, tercih temelli üyelik, karar vericinin tatmin derecesi ile ilgilidir (Lai ve Hwang, 1992). Karar verme sürecinde, dilsel ve sıklığı kesin olmayan özelliğin her ikisinin birlikte mevcut olduğu melez bir ortam ile karşılaşılabilir. Örneğin, % 60 şans ile % 8 civarında. Sıklığı kesin olmayan problem, olasılık teorisi kullanılarak çözülebilir. Diğer taraftan, dilsel kesin olmayan özellik problemi, BKT kullanılarak ele alınmalıdır. Böylelikle, melez problemi çözmek için, her iki teoriyi eşzamanlı olarak kullanmak gerekir (Lai ve Hwang, 1992). Olabilirlikli programlama, c , b ve / veya A 'nın kesin olmayan özelliğini çözmek için daha etkin teknikler sağlamakta ve orijinal doğrusal modeli korumaktadır. Bunun yanında, üyelik fonksiyonları / olabilirlik dağılımları, kesin olmayan özelliğin / belirsizliğin daha esnek ve anlamlı temsilini sağlamaktadır. Bir çok kritere göre doğrusal, doğrusal olmayana göre daha iyidir. Bunun anlamı, olabilirlikli programlama, metodoloji anlamında, stokastik programlamadan daha iyidir (daha etkindir). Olabilirlik ve olasılık teorilerinin anlamları ile ilgili olarak aşağıdaki örneği göz önüne alalım: “Yarın büyük olasılıkla (muhtemelen) çok yağmur yağacak” Genellikle, olasılık teorisi, büyük olasılıkla (muhtemelen)'i, olabilirlik teorisi de çok' u modellemek için kullanılmaktadır. Bir matematiksel modeldeki parametrelerin (c , b ve / veya A 'nın), kesin olmayan özelliği, şans kavramıyla örneğin “% 70 olasılık ile 34,5 olacak” yerine, dilsel bir terim ile “34,5 civarında olacak” şeklinde tarif edilebilir. Görüldüğü gibi, ikinci ifade daha etkin ve anlamlıdır. Böylece, olabilirlik programlama tekniklerinin, stokastik programlama tekniklerine göre daha etkin ve anlamlı olduğu dikkate alınmaktadır (Lai ve Hwang, 1992).

2.2. Tek Amaçlı Yerine Çok Kriterli Karar Verme

İkinci Dünya savaşı sırasında ve sonrasında, tek amaç fonksiyonunun optimizasyonuna dayanan Yöneylem Araştırması teknikleri birçok alanda başarıyla uygulanmıştır. Daha sonraları pratikte sık sık karşılaşılan birden fazla amacın birlikte optimizasyonunu gerektiren problemlerin matematiksel çözümü üzerindeki çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bunun sonucunda, özellikle 1970'li yıllarda iki ve daha fazla amaç fonksiyonunun optimizasyonuna dayanan yöntemler geliştirilmiştir. Rekabetin yoğun olduğu günümüzde, yöneticilerin gerek stratejik gerekse taktik kararlar alırken bir çok ölçütü göz önünde bulundurmaları durumunda oldukları aşıkardır (Evren ve Ülengin, 1992). Çok kriterli karar verme (ÇKKV); çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ve / veya

çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) ile ilgilenen bütün metodolojiler için kabul edilen bir isim olmuştur. ÇAKV metotları, tasarım problemlerine odaklanırken, ÇÖKV metotları, seçim problemlerini çözmek için yararlıdır (Lai ve Hwang, 1992).

n değişkenli, m kısıtlı ve p amaçlı, genel çok amaçlı optimizasyon probleminin gösterimi aşağıda verilmiştir:

$$\text{Maksimizasyon } Z (X_1, X_2, \dots, X_n) \\ = [Z_1 (X_1, X_2, \dots, X_n), Z_2 (X_1, X_2, \dots, X_n), \dots, Z_p (X_1, X_2, \dots, X_n)]$$

s.t.

$$g_i (X_1, X_2, \dots, X_n) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$X_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Burada, $Z (X_1, X_2, \dots, X_n)$, çok amaçlı amaç fonksiyonunu ve $Z_1 (\quad)$, $Z_2 (\quad)$,....., $Z_p (\quad)$ bireysel amaç fonksiyonlarını ifade etmektedir (Cohon, 2003).

Çok Amaçlı Optimizasyon (ÇAO)'na adanan çeşitli ve yeni konferanslar yapılmakta, ÇAO ile ilgili yayın sayısı hızlı bir şekilde artmakta ve endüstrinin ÇAO'na ilgisi açıkça bilinmektedir. Buradan, ÇAO'nun etki alanının genişlediği sonucu çıkarılabilmektedir (Collette ve Siarry, 2004).

ÇAO'da, "optimum" çözüm yerine, "en iyi uzlaşık çözüm (en iyi çözüm / tercih edilen çözüm)" araştırılır (Evren ve Ülengin, 1992). Baskın çözümler setinden, "en iyi uzlaşık" olarak nitelenen belirli bir tanesini seçmek için, üç temel yaklaşım bilinmektedir: Bunlar, "Fayda Yaklaşımı", "Hedef Programlama (HP) Yaklaşımı" ve "Etkileşimli Yaklaşımlar" dır (Zimmermann, 2001).

Karar verici, çok amaçlı ve doğrusal programlamanın mümkün (olurlu) bölgesinde bütün amaçları tatmin eden bir noktanın olmadığı bazı durumlarla karşılaşabilir. Böyle bir durumda, karar vericinin "tatmin edici bir kararı" seçmesinde kullanılabilen tekniklerden biri hedef programlamadır (Winston, 2004). HP, orijinal olarak Charnes ve Cooper tarafından önerilmiş, Lee (Lee, 1972), Ignizio (Ignizio, 1976) ile Romero (Romero, 1991) tarafından daha da geliştirilmiştir. HP, DP yaklaşımlarının basitçe bir genişlemesidir ve basitliği ve çelişen amaçların sezgisel çözümü nedeniyle, uygulamalarda, Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (ÇADP) problemlerini çözmek için geliştirilmiş en popüler yaklaşımdır (White, 1990). Deterministik ortamda çok amaçlı karar verme problemlerini analiz etmek için hedef programlama yönteminden başka, Zionts ve Wallenius ile Steuer yaklaşımları da kullanılmaktadır (Winston, 2004). Ancak, hedeflerin ağırlık değerlerinin ve / veya önceliklerinin belirlenmesi öznel bir konudur ve literatürde geliştirilmiş olan karmaşık görünüşlü analitik prosedürler de her zaman öznel değerlendirmeleri temel almaktadır (Taha, 2000). Bu nedenle,

HP’da, çözümün kalitesi, farklı hedeflerin karar verici tarafından sıralanmasından (ya da ağırlıkların belirlenmesinden) olduğu kadar, hedefler için belirlenen sınırların darlığından da etkilenir. Bu bakımdan, HP sadece, problemin tüm hedeflerini gerçekleştirecek etkin bir çözümü bulmaya çalışır ve modelin bulunan çözümü genellikle “etkin çözüm” olur (Taha, 2000).

Ağırlığı büyük olan hedef her zaman daha yüksek öncelikli olacaktır, tersi de doğrudur, bir hedef yüksek öncelikli olarak belirlenmişse, ağırlığı da, bu hedeften sonraki sırada gelen hedeflerin ağırlığından büyük olacaktır. Bu gerekçeyle, deterministik ortamdaki HP’da ağırlık yerine öncelik yapıları kullanılmalıdır. Düşük öncelikli hedefler için çözüm yapılırken, yüksek öncelikli hedeflerin kötüleştirilmemesi garanti edilir, ancak iyileştirilmez. Fakat, önceliği koruma yöntemiyle hedeflerin optimizasyonu için çözümde, yüksek öncelikli hedeflerin öncelikli olarak optimize edilmesinden dolayı, düşük öncelikli hedeflerin çözüm sonuçları kötü çıkabileceği gibi, çözümsüz de çıkabilir, onun için, önceliği koruma yöntemiyle hedeflere ulaşmak için çözüm seçenekleri de değerlendirilmelidir.

2.3. Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme

Gerçek hayatta karar vermede, karar verici hedeflere ağırlık veremeyebilir veya öncelik yapısını belirleyemeyebilir veya belirlemek istemeyebilir (hedeflere eşzamanlı ulaşmak isteyebilir). Bu durumda, önceliksiz çözümler aramak gerekir. Ayrıca, gerçek dünyada karar verici, hedefler ve kaynakların değerini de (büyüklüğünü) belirleyemeyebilir. Bu gibi durumlar için de, bulanık ortamda karar verme yaklaşımları kullanmak karar vericiye yardımcı olacaktır. Çünkü, birçok bulanık programlama tekniği ÇADP problemlerini çözmek için geliştirilmiştir. Bu amaçla, Bellman ve Zadeh’in (1970), ÇADP problemlerini çözmek için önerdiği maximin-operatörünü ilk olarak kullanan Zimmermann’ın (1978) Bulanık Doğrusal Programlama (BDP) yaklaşımı, Hannan’ın (1981a) Bulanık Hedef Programlama (BHP) yaklaşımı, Yang, Ignizio ve Kim’in (1991) BHP yaklaşımı, Tiwari, Dharmar ve Rao’nun (1986) Öncelikli BHP yaklaşımı, Hannan’ın (1981b) BHP Ağırlıklı Toplamsal Model yaklaşımı ve Tiwari vd.’nin (1987) BHP Ağırlıklı Toplamsal Model yaklaşımı kullanılarak çözümler yapılmalı, sonuçlar sunularak karar verme, karar vericinin tercihinin bırakılmalıdır. Bulanık ortamda kullanılan çok amaçlı yaklaşımlar, çoğu zaman aynı çözümü vermez, çünkü karar vericilerin farklı tercihleri (dolayısıyla üyelik fonksiyonları) ve bu tercihleri de modelleyen farklı yapıdaki matematiksel modelleri (farklı amaç fonksiyonları ve/veya kısıtları) söz konusudur; örneğin, biri genel tatmin seviyesini maksimize ederken, bir diğeri ortalama sapmayı minimize etmeye çalışmaktadır. Hatta aynı amacı (genel tatmin düzeyinin maksimizasyonu) optimize etmek isteyen yaklaşımların da, matematiksel modellerinden görülebileceği gibi, matematiksel yapıları

farklıdır. Tiwari vd.'nin (1987) BHP Ağırlıklı Toplamsal Model ile Hannan'ın BHP Ağırlıklı Toplamsal Model (Hannan, 1981b) yaklaşımlarının da, matematiksel modellerine bakıldığında, sırayla, ilkinin ağırlıklı bulanık amaçların toplamının maksimize edilmesi, ikincisinde ortalama sapmanın minimize edilmesi şeklinde amaç fonksiyonları ve farklı kısıt yapıları olduğu görülmektedir.

2.4. Etkileşimli Bulanık / Olabilirlikli Tek / Çok Amaçlı Matematiksel Programlama ve Metotlarının Sınıflandırılması

Etkileşimli kavramı, sistem hakkında bir öğrenme süreci sağlamakta, onun sayesinde karar verici, sistemdeki faktörlerin görelî önemini ve iyi çözümleri tanımayı ve sonra, verilen bir sistemi optimize etmek yerine yüksek verimli bir sistemi tasarlamayı öğrenebilmektedir (Lai ve Hwang, 1992). Etkileşimli yaklaşımda, problem çözme prosedürü, karar verici tatmin edici bir çözüm elde edene kadar devam etmektedir. Bu yaklaşım sadece bir problemi çözmek için değildir, aynı zamanda yüksek verimli bir sistemi tasarlamak içindir (Lai ve Hwang, 1992). Gerek deterministik ÇAKV gerekse bulanık ÇAKV'de, "etkileşimli yaklaşımlar" diğer yaklaşımlara göre daha iyidir (daha etkindir) (Lai ve Hwang, 1992). Örneğin, ÇAKV yöntemlerinden biri olan Hedef Programlamada, ön bilgi olarak, hedeflerin önceliklerinin ve / veya ağırlıklarının karar vericilerin / analistlerin sezgileri, tecrübeleri ve tahminlerine dayanarak veya Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) teknikleri ('analitik hiyerarşi prosesi (AHP)' veya kriterler/alternatifler arasındaki bağımlılıkları da dikkate alan, AHP'den daha kapsamlı ve etkin 'analitik ağ prosesi (ANP)') ile belirlenmesi (Meade ve Sarkis1999; Saaty, 1996), imkansız / çok zor olmakta ve daha iyi çözüm fırsatlarının kaçırılabilmesine neden olabilmektedir. Bu yüzden, "etkileşimli" yaklaşımlara eğilim gittikçe artmaktadır. Sakawa (1993), gerçek uygulamalarla bulanıklık altında etkileşimli ÇAO alanındaki o güne kadar olan gelişmeleri sunmaktadır (Sakawa, 1993). Sakawa (1993), bulanık sayılarla Bulanık Çok Amaçlı Tamsayı Programlamada (BÇATP) olduğu gibi, Etkileşimli Bulanık Çok Amaçlı Tamsayı Programlamanın (EBÇATP) gelişimine de birçok sayısal deneyle birlikte dikkate değer bir katkıda bulunmuştur (Sakawa, 2002).

Lai ve Hwang (1992), BDP, Etkileşimli BDP (EBDP), Olabilirlikli Doğrusal Programlama (ODP) ve Etkileşimli ODP (EODP)'nin sınıflandırmasını sunmaktadır (Lai ve Hwang, 1992). EBDP-I; Simplex metot, Parametrik Programlama, Verdegay veya Chanas yaklaşımları, Werner, Zimmermann, Lai ve Hwang metotlarının hepsinin kullanımına imkan tanıyarak, bulanık b; b&z; c durumlarını çözmek için kullanılabilen, karar destek sistemi sunan bir algoritmadır. EBDP-II de; EBDP-I (bulanık b; b&z; c için kullanılabilen), Carlsson ve Korhonen (bulanık A; b&c;

A&b; A&c; veya A, b&c için kullanılabilen) ve Lai ve Hwang (z&A; z, A&b için kullanılabilen) metotlarının hepsinin kullanımına imkan tanıyan daha kapsamlı bir karar destek algoritmasıdır. Görüldüğü gibi, EBDP-II, BDP problemlerinin bütün mümkün durumlarını dikkate almakta ve bunun yanında DP problemlerinin esneklik ve sağlamlığını geliştirmek için bir karar destek sistemi sağlamaktadır. Lai ve Hwang (1996), mevcut ÇAKV, Etkileşimli ÇAKV (EÇAKV), Etkileşimli Bulanık ÇAKV (EBÇAKV), Olabilirlikli ÇAKV (OÇAKV) ve Etkileşimli OÇAKV (EOÇAKV) metotlarının sınıflandırmasını sunmaktadır (Lai ve Hwang, 1996). OÇAKV problemlerini çözmek için geliştirilen yaklaşımlar; önceden açık bir şekilde ifade edilmiş tercih bilgisi ve devamlı olarak açık bir şekilde ifade edilen tercih bilgisi olmak üzere iki kategori içinde sınıflandırılmaktadır. Bu bahsedilenlerden 2 ncisi, Sakawa & Yano, Slowinski ve Rommelfanger metotlarını içermekte ve etkileşimli algoritmalar veya diğer adıyla EOÇAKV metotları olarak bilinmektedir. OÇAKV; olabilirlikli çok amaçlı doğrusal kesirli programlama (OÇADKP), melez (bulanıklık ve kesin olmayan) ve olabilirlikli regresyon problemlerini de kapsamaktadır. Lai ve Hwang (Lai ve Hwang, 1996) ile atıf yapılmış diğer kaynaklardan faydalanılarak oluşturulmuş olan Tablo 1.'de, ÇAKV'nin bulanıklık / kesin olmayan durum kaynakları ve kullanılabilir yaklaşımlara göre sınıflandırılması verilmiştir. Tablo 1.'de görüldüğü gibi, ÇAKV'nin belirli veya belirsiz karar ortamında (hibritler dahil, bulanık ve/ veya olabilirlikli) olduğuna ve karar ortamından bağımsız olarak etkileşimli olabildiğine dikkat etmek gerekir. Wang (2000), "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (BÇKKV): Bir gözden geçirme" makalesinde, BÇKKV literatür araştırmasını vermekte, Inuiguchi ve Ramik (2000), makalelerinde, Bulanık Matematiksel Programlamanın kısa bir gözden geçirmesini sunmakta ve portföy seçim problemi için ODP ile Stokastik Programlamayı karşılaştırmaktadır. Baykasoğlu ve Gökçen (2008), "Bulanık Matematiksel Programlamanın literatür araştırması ve sınıflandırması" nı detaylı bir şekilde ele almış; Yano ve Sakawa (2009), "hiyerarşik (aşamalı) çok amaçlı programlama problemlerine bulanık yaklaşım ve endüstriyel kirlilik problemlerine uygulanması" nı incelemiş ve Zimmermann (2010), "BKT" için güncel bir literatür araştırması ve değerlendirme sunmuştur.

Tablo 1. ÇAKV'nin Bulanıklık / Kesin Olmayan Durum Kaynakları ve Kullanılabilecek Yaklaşımlara Göre Sınıflandırılması

ÇAKV Sınıfı	Yaklaşım / Programlama Tipi / Metot Sınıfı / Metot / Problem	Bulanıklık / Kesin Olmayan Durum Kaynağı
ÇAKV	-Hedef Programlama -Bulanık Programlama *Max-Min Yaklaşımı *Artırılmış Max-Min Yaklaşımı *Parametrik Yaklaşım -Global Kriter Yaklaşımı *Global Kriter Yaklaşımı *Topsis	
EÇAKV	-Optimal Sistem Tasarımı -KSU-STEM -ISGP-II -Artırılmış Min-Max	
BÇAKV	-Bulanık Hedef Programlama -BDP (Zimmermann'ın tümüyle simetrik yaklaşımı)	z; z&b
	Bulanık Global Kriter	
EBÇAKV	-Werner Metodu	Z&b
	-Lai ve Hwang	
	-Leung	
	-Fabian, Ciobanu ve Stoica Metodu	
	-Sasaki, Nakahara, Gen ve Ida	
	-Baptistella ve Ollero	

Tablo 1. (Devamı) ÇAKV'nin Bulanıklık / Kesin Olmayan Durum Kaynakları ve Kullanılabilecek Yaklaşımlara Göre Sınıflandırılması

OÇAKV	-Tanaka & Asai	A; b&c; A&b; A&c; A,b&c
	-Lai & Hwang	
	-Negi	
	-Luhandjula	
	-Li & Lee	
	-Wieżchon	
EOÇAKV	-Sakawa & Yano	A; b&c; A&b; A&c; A,b&c
	-Slowinski	
	-Rommelfanger	
Hibrit (hem bulanık hem olabirlikli) ÇAKV	-Tanaka, Ichihashi & Asai	Kesin olmayan A ve bulanık eşitsizlik
	-Inuiguchi & Ichihashi	Kesin olmayan A ve bulanık hedefler

Dikkate alınabilecek belirsizlik kaynakları (hedefler, amaç fonksiyonu katsayıları c, kısıt teknolojik katsayıları A ve kaynak (sağ taraf sabitleri) kısıtları); önceki çalışmalar ve dikkate alınacak belirsizlik kaynağının gerçeğe uygunluğu ve anlamlılığı da göz önünde bulundurularak ve bu belirsizlik kaynağıyla ortaya çıkacak problem için kullanılabilecek yaklaşımlar, literatürde mevcut olan bütün problem-yaklaşımlar tarandıktan sonra spesifik olarak tespit edilmelidir.

3. Sonuç

ÇADP problemlerinin çözümü için uygulamalarda en popüler olan Hedef Programlamada bulunan çözümlerin kalitesi (amaçların yönüne göre iyi-kötü olması), hem öncelik yapısıyla hem de hedefler için belirlenen alt/üst sınır değerleriyle (sadece hedeflere ulaşmak için çözümde) çok yakından ilgili olup, hedef programlama ile (hem hedeflerin optimizasyonu hem de hedeflere ulaşmak için çözümde) esas yapılmaya çalışılan, bütün amaçları belirli seviyede gerçekleştirecek etkin bir çözüm bulmaktır. Deterministik modellerde, bütün parametrelerin değerlerinin bilindiği ve kesin (crisp) olduğu kabul edilerek, mevcut veya yeni bir sistem için tasarım, modelleme ve optimizasyon yapılmaktadır. Oysa gerçek hayatta, karar ortamı belirli değildir ve mevcut veya karşılaştırılabilecek alternatif bir sistemin olmayışı gibi sebeplerle, tasarlanan sistemlerle ilgili parametre değerlerinin kesin, tam olarak elde edilebilmesi, neredeyse imkânsız ve yüksek maliyetlere sebep olmaktadır. Bu gerekçelerle, parametrelerin kesin tek bir değer almak yerine,

bulanık / olabirlikli alınarak, üyelik fonksiyonu veya olabirlik dağılımıyla bulanık / kesin olmayan bilgi olarak aralık şeklinde tanımlanmasıyla dinamik yapı dikkate alınmış olmakta ve daha esnek, gerçekçi ve uygulanabilir sonuçlar elde edilebilmektedir. Bulanık ortamda kullanılan çok amaçlı yaklaşımların, gerçek dünyada olduğu gibi, karar vericinin tercihi, etkileşimi ve tatmini ile ilgili olduğu ve bu nedenle, birbirine üstünlüklerinin olmadığı söylenebilir. Ancak, deterministik / bulanık ortamdaki hedef programlamada, önceliği koruma yöntemiyle hedeflerin optimizasyonunun, hedeflerin gerçekleştirilmesine göre çok daha iyi sonuçlar verebildiği belirtilmelidir. Belirsizlik ortamında ÇAKV yaklaşımlarıyla, belirli tatmin seviyeleri için uzlaşık çözümler bulunabilmekte, Etkileşimli ÇAKV yaklaşımlarıyla da, karar verici, kaynakların kullanımı ile hedeflerin tatmin seviyeleri ve uzlaşık çözümlerdeki değişiklikleri dikkate alarak, ödünleşme kararlarında birçok alternatife sahip olmakta ve bu sayede daha esnek karar verme imkânı bulmaktadır. Çünkü, etkileşimli yaklaşımlar; amaçlara eşzamanlı olarak ulaşmayı, hiçbir ön bilgi olmadan, amaçlara öncelik ve/veya ağırlık vermeden, çözüm sürecinde karar vericiyle etkileşimli olarak, verilen bir sistemi optimize etmek yerine etkin, verimli ve optimum bir sistem tasarlamayı sağlamaktadır. Bu bağlamda, gerçek dünya için etkileşimli yaklaşımların daha esnek ve uygulanabilir sonuçlar verebildiğinden etkili ve etkin karar vermede diğer yaklaşımlarla birlikte bütünleşik olarak kullanılması önerilmektedir. Bulanık / olabirlikli belirsizliği, akademik ve pratik olarak yeni ve gerekliliği ve önemi hızlı bir şekilde artan iki konudur. Özellikle bulanık / olabirlik belirsizliğini çok amaç ve etkileşimli yaklaşımlarla birleştiren gerçek dünya çalışmaları çok azdır. Bu gerekçeyle, bu konuda, farklı alan/sektör uygulamaları ile literatüre önemli katkılar yapılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Baykasoğlu, A. & Gökçen, T. (2008). A Review and Classification of Fuzzy Mathematical Programs. *Journal of Intelligent And Fuzzy Systems*, 19 (3), 205-229.
- Bellman, R.E & Zadeh, L.A. (1970). Decision – Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*, 17, 141-164.
- Cohon, J.L. (2003). *Multiobjective Programming and Planning*. Dover Publications Inc., New York.
- Collette, Y. & Siarry, P. (2004). *Multiobjective Optimization Principles and Case Studies*. Springer-Verlag, Berlin.
- Evren, R. & Ülengin, F. (1992). *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*. İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Hannan, E.L. (1981a). On Fuzzy Goal Programming. *Decision Sciences*, 12, 522-531.

- Hannan, E.L. (1981b). Linear Programming with Multiple Fuzzy Goals. *Fuzzy Sets and Systems*, 6, 235-248.
- Ignizio, J.P. (1976). *Goal Programming and Extensions*. Health: Lexington Books Publication.
- Inuiguchi, M. and Ramik, J. (2000). Possibilistic Linear Programming: A Brief Review of Fuzzy Mathematical Programming and a Comparison with Stochastic Programming in Portfolio Selection Problem. *Fuzzy Sets and Systems*, 111, 3-28.
- Lai, Y. J. and Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin.
- Lai, Y.J. and Hwang, C.L. (1996). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin.
- Lee, S.M. (1972). *Goal Programming for Decision Analysis*. Auerbach Publication, Philadelphia.
- Meade, L.M. and Sarkis, J. (1999). Analyzing Organizational Project Alternatives for Agile Manufacturing Process: An Analytical Network Approach. *International Journal of Production Research*, 37, 241-261.
- Romero, C. (1991). *Handbook of Critical Issues in Goal Programming*. Pergamon Publication, Oxford.
- Ross, T.J. (2004). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. John Wiley & Sons Inc, West Sussex.
- Saaty, T.L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. RWS Publications, Pittsburgh.
- Sakawa, M. (1993). *Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization*, Plenum Press, New York.
- Sakawa, M. (2002). *Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Taha, H.A. (2000). *Yöneylem Araştırması*. (Çev: Baray, A. ve Esnaf, Ş., 6. bs.). Literatür Yayını, İstanbul.
- Tiwari, R.N., Dharmar S. and Rao, J.R. (1986). Priority Structure in Fuzzy Goal Programming-An Additive Model. *Fuzzy Sets and Systems*, 19, 251-259.
- Tiwari, R.N., Dharmar, S. and Rao, J.R. (1987). Fuzzy Goal Programming-An Additive Model. *Fuzzy Sets and Systems*, 24, 27-34.

- Wang, H.-F. (2000). Fuzzy Multicriteria Decision Making - An Overview. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 9 (1-2), 61-83.
- White, D.J. (1990). A Bibliography on the Applications of Mathematical Programming Multiple – Objective Methods. *Journal of Operational Research Society*, 41, 669-691.
- Winston, W.L. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms*. Thomson Publication, Belmont CA.
- Yang, T., Ignizio, J.P. and Kim, H.J. (1991). Fuzzy Programming with Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation. *Fuzzy Sets and Systems*, 41, 39-53.
- Yano, H. and Sakawa, M. (2009). A Fuzzy Approach to Hierarchical Multiobjective Programming Problems and its Application to an Industrial Pollution Control Problem. *Fuzzy Sets and Systems*, 160 (22), 3309-3322.
- Zimmermann, H.-J. (1978). Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Objective Functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 45-55.
- Zimmermann, H.-J. (2001). *Fuzzy Set Theory -and its Applications*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Zimmermann, H.J., (2010). Fuzzy Set Theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2 (3), 317-332.

Bu sayfa bilerek boş bırakılmıştır
This page [is] intentionally left blank