BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA VE BİR İŞLETME ÜZERİNDE UYGULAMA

Mustafa ÖZKAN

Cumhuriyet Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü

Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı İçin Öngördüğü

DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Sivas
Kasım 2014

KABUL VE ONAY

Üniversite	**: Cumhuriyet Üniversitesi**
Enstitü	**: Sosyal Bilimler Enstitüsü**
Ana Bilim Dalı	**: İşletme**
Bilim Dalı	**: Sayısal Yöntemler**
Tezin Başlığı	**: Bulanık Hedef Programlama ve Bir işletme Üzerinde Uygulama**
Savunma Tarihi	**: 02.10.2014**
Danışmanı	**: Doç. Dr. Hüdaverdi BİRCAN**

	Unvanı - Adı Soyadı	İmza
Jüri Başkanı	: **Prof. Dr. Mahmut KARTAL**	
Üye	: **Prof. Dr. Ziya Gökalp GÖKTOLGA**	
Üye	: **Prof. Dr. Osman ÇEVİK**	
Üye	: **Doç. Dr. Hüdaverdi BİRCAN**	
Üye	: **Doç. Dr. Adem GÖLEÇ**	

Oy Birliği

Oy Çokluğu

Mustafa ÖZKAN tarafından hazırlanan BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA VE BİR İŞLETME ÜZERİNDE UYGULAMA başlıklı tez, kabul edilmiştir. 02/10/2014

Prof. Dr. Alim YILDIZ

Enstitü Müdürü

İTHAF

Emeklerin ve duaların boşa gitmemiştir. 05.10.2009 tarihinde kaybettiğim canım babam Asım ÖZKAN'a!...

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen, her konuda yanımda olduğunu hissettiren tez danışmanım sayın Doç. Dr. Hüdaverdi BİRCAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışma öncesi ve sonrasında her an yanımda olan, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını esirgemeyen Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Osman ÇEVİK'e ve İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Zekai ŞEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu süreçte beni sürekli teşvik eden ve yanımda olan sevgili eşim Mişire TEMİZEL ÖZKAN'a ve kıymetli annem Nevin ÖZKAN'a katkıları ve destekleri sebebiyle sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

ÖZKAN, Mustafa, “Bulanık Hedef Programlama ve Bir İşletme Üzerinde Uygulama”, Doktora Tezi, Sivas, Haziran, 2014.

İşletmelerinin, rekabette üstünlük sağlayabilmeleri için bilgiyi doğru işlemeleri önemli bir husustur. Veri işleme sürecinde, verilerin işletme problemlerine uygun şekilde yansıtılması ise karar vericiler açısından ciddi bir sorundur. Birçok veri ve olay günümüzde, kesinlikten uzak görünüm içindedir. Bu sebeple klasik yöntemlerle yapılacak analizlerin güvenilirliği ise uzun yıllardır tartışılmaktadır. 1965 yılında L.A. Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık mantık, sözel değişkenlerin ve kesin olmayan ifadelerin analizlerde kullanımına olanak sağlayarak endüstri ve işletme bilimine yeni bir soluk getiren ve son yarım asırda gelişme göstererek günümüzde birçok alanda etkin olarak kullanılan bir felsefedir.

Bu çalışmada, bir işletmenin ürün kategorisinde bulunan A_1, A_2, A_3, A_4, A_7 ve A_{14} kodlu 6 ürüne yönelik firma yöneticilerince belirlenmiş olan çeşitli hedeflerin doyuma ulaşıp ulaşamayacağı araştırılmıştır. Bunun için, karar verme tekniklerinden hedef programlama ile bulanık mantık felsefesinin entegrasyonuyla geliştirilmiş olan bulanık hedef programlama analizi modellerinden biri olan Yang, Ignizio ve Kim modeli kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle ürünlerle ilgili hedeflere klasik hedef programlama yöntemiyle ulaşılmaya çalışılmış, sonrasında ise aynı hedeflere Yang, Ignizio ve Kim modeliyle ulaşılmaya çalışılmıştır. Yapılan analizler sonucunda bulanık hedef programlama ile A_2, A_4, A_7 ve A_{14} kodlu ürünler için belirlenen hedeflere ulaşım olanakları bulunurken, aynı sonuçlar klasik hedef programlama ile ürün yapısını bozmadan başarılamamıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bulanık Mantık, Hedef Programlama*, *Bulanık Hedef Programlama, Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı*

ABSTRACT

ÖZKAN, Mustafa., "*Fuzzy Goal Programming and an Application on a Company*", Ph. D. Dissertation, Sivas, June, 2014.

Manipulating the information correctly is an important issues for companies in order to get an business superiority over the competition. On data processing process, reflecting the datas accordingly in company problems is a serious problem for decision-makers. Today, many datas and events look like uncertain. For this reason, reliability of the analysis with classic methods has been discussed for many years. Fuzzy logic is developped by L.A. Zadeh in 1965. It is a philosophy that bring a new breath to industry and business science with allowing of using the linguistic variables and uncertain expressions in decision analysis so that it is effectively used on many fields.

In this study, it is investigated to whether satisfaction of some goals is achieveable for this purpose, six products, namely, A_1, A_2, A_3, A_4, A_7 and A_{14} of a company are cinsidered as basic data in the applications. Yang, Ignizio and Kim model is used which is one of the techniques of fuzzy goal programming, that is developed with a mixture the goal programming as, one of the decision-making techniques and fuzzy logic.

As a first stage, the classic goal programming techniqueis used to reach the goals. Later, Yang, Ignizio and Kim model is used to reach at the same goals, At the end of the analysis, the goals for some products, A_2, A_4, A_7 and A_{14}, are reached by fuzzy goal programming, however, same successful results could not be reached by the classic goal programming without destroying the structure of the products.

Key words: *Fuzzy Logic, Goal Programming, Fuzzy Goal Programming, Yang, Ignizio and Kim Approach*

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD **:** Amerika Birleşik Devletleri

BDP **:** Bulanık Doğrusal Programlama

BHP **:** Bulanık Hedef Programlama

DP **:** Doğrusal Programlama

HP **:** Hedef Programlama

YIK **:** Yang, İgnizio ve Kim

ŞEKİLLER LİSTESİ

TABLOLAR LİSTESİ

GİRİŞ

Dünyada, gümrük kotaları, ithalat kısıtlamaları ve benzeri uygulamalar gibi uluslararası ticareti engelleyici faaliyetlerin azaltılmasına yönelik çalışmalar ve bunların devamında küreselleşmenin dinamik etkileriyle birlikte uluslararası ticaretin tüm dünyada gelişmesinin önünü açmıştır. Böylece her girişimci uluslararası arenada hem yeni rakipler hem de yeni müşteri havuzlarıyla tanışmışlardır.

Güçlü rakiplerin olduğu bir dünyada girişimcilerin pazar paylarını genişletebilmeleri veya mevcut durumlarını koruyabilmeleri için bilimsel yöntemleri kendi sistemlerine entegre etme zorunlulukları bulunur. Herhangi bir ürünün tüketiciler tarafından talep edilmesini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır ve bu faktörlerin tek bir fonksiyon altında kümelenmesine talep fonksiyonu denilmektedir (Dinler, 2009: 49). Karar vericiler, işletmelerinin politikaları uğrunda herhangi bir durumda alternatiflerden en iyisini seçmeye yönelik bir karar almaya çalışırlar. Bu kararlar, çeşitli işletme amaçlarını yansıtır ve çoğunlukla büyüme, şube açma, küçülme, fiyatlama, süreç yönetimi, maliyet azaltma, üretim miktarı belirme, sosyal kuruluşlara destek verme, topluma faydalı olma vb. şeklinde sıralanabilir. İşletme amaçlarına yönelik, hangi nedenle olursa olsun, karar vermeye yönelik bilimsel tahmin teknikleri; girişimcilerin, risklerini azaltarak mantıklı kararlar alabilmelerinde yardımcı olur. Bu sebepledir ki, yöneylem araştırması teknikleri ve istatistiksel tahmin yöntemleri endüstrileşmeyle paralel olarak sürekli gelişmektedir. Eşanlı olarak bazı bilimsel otoriteler de bu gelişme sürecinde mantık kavramı üzerinde çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Matematiksel teorilerin günlük olaylara indirgenebilmesinde karmaşık işlem yükü yerine daha kolay ve tatmin edici çözüm yöntemleri araştırmışlardır.

Bu yöntemlerden biri olan ve dilsel ifadelerin matematiksel olarak kullanılabilmesine olanak sağlayan *bulanık mantık* kuramı, bilim dünyasında ağırlığını 1980'lerden beri korumaktadır. Kurucusu Zadeh'ten (1965) günümüze kadar tüm dünyada 15.000'e yakın eser yayınlanmıştır. Ülkemizde de bu alanda yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Genel olarak mühendislik ve fen bilimleri alanında uygulamalar ve akademik çalışmalara rastlanan bulanık mantık kuramı, işletmecilik biliminde son yıllarda olduğu kadar yaygınlaşamamıştır.

Bu çalışmada, karar verme tekniklerinden *hedef programlama* (HP) modelinin bulanık mantık felsefesi ile harmanlanması sonucu ortaya çıkmış olan *bulanık hedef programlama* (BHP) modeli kullanılarak, bir üretim işletmesinin ürünleri ve maliyetlerine ait çeşitli hedeflerine ulaşabilmesi üzerinde durulmuştur. BHP için geliştirilmiş algoritmalardan biri olan ve *Yang, Ignizio* ve *Kim* (YIK) *(1991)* tarafından geliştirilen modelleme ile işletmenin çeşitli hedeflerine ulaşabilmesini sağlamak, çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Çalışmada, ilgili firmanın bazı temizlik ürünlerinin üretimlerinde kullanılan karışımların, ürün kalitesi ve kimyasal etkinliklerinin herhangi bir değişikliğe uğramadan karışım oranları, ürün yoğunluğu ve parfüm düzeylerinin firmanın yeni maliyet politikası çerçevesinde değiştirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışma için üretim reçeteleri politikalar ve üretim sürecine ilişkin veriler firmanın karar verme yetkilileri ile yüz yüze görüşülerek elde edilmiştir.

Bu tez çalışması, 4 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, bulanık mantık üzerinde durulmuştur. Bu amaçla öncelikle, mantık kavramı açıklanmaya çalışılmış ve mantığın tarihsel gelişimi özetlenmiş, daha sonra mantık türleri ve bu türlerin anlaşılmasında kolaylık sağlayan küme teorisi üzerinde durulmuştur. Ayrıca, bulanık mantığın matematiksel kullanımına olanak sağlayan üyelik fonksiyonu ve α-kesimi kavramları da açıklanmıştır.

İkinci bölüm, HP için ayrılmış, öncelikle HP'nin tanımı ve tarihsel gelişim sürecinden bahsedilmiş, sonra matematiksel modeli sunulup, HP türleri açıklanmıştır.

Çalışmanın özünü ve özgünlüğünü oluşturan BHP içerisinde YIK modellemesi üçüncü bölümde incelenmiştir. Burada BHP çözüm yöntemlerinin temelinde kullanılan genel BHP modelinin tarihsel gelişimi ve matematiksel modeli sunulmuş ve üçgen ve s-biçimi tipli üyelik fonksiyonlu BHP modellerinden YIK'ın geliştirdikleri çözüm yaklaşımı kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde uygulama yer almaktadır. Burada, öncelikle uygulamanın gerçekleştirileceği işletme hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ardından ürünler ve ürün formülleri tanımlanmıştır. Bu süreçte, firma yöneticilerinin uygulama öncesinde ulaşmayı amaçladıkları hedefler firma karar vericilerince belirlenmiştir. Uygulamanın bilgisayar ortamında analizi, WinQSB paket programı kullanımıyla elde edilmiştir. Modelin kullanılabilirliğinin değerlendirilebilmesi için, öncelikle klasik doğrusal programlama (DP) çözümleri elde edilmiş daha sonra ise YIK yaklaşımını esas alarak aynı ürünler için BHP uygulanmıştır. Son olarak klasik HP ve BHP sonuçları karşılaştırılarak hedeflere ulaşabilirlik değerlendirilmiştir.

Çalışmada yapılan uygulama sonuçları ve kazanımları ile ilgili değerlendirme ve öneriler sonuç kısmında sunulmuştur.

I. BÖLÜM

BULANIK MANTIK

20. yüzyılın ikinci yarısında sibernetiğin bir bilim olarak ortaya çıkışı, canlılığı ve zekâyı taklit eden yöntemler geliştirmeye çalışmasıyla, yeni bir dönemin başlamasına sebep olmuştur. Bu yıllarda yapılan önemli çalışmalar içerisinde sibernetik ve mantık alanında yapılan çalışmalarda dikkat çekmektedir (Işıklı, 2007: 106). Bulanık mantık kavramı, Jan Lukasiewicz'in 1920'lerde ortaya koyduğu çok değerli mantık kavramını geliştirerek (Tuş, 2006: 8) 1965 yılında, Azeri asıllı bilim adamı Lotfi A. Zadeh tarafından 20. yüzyılın ortasından sonra ortaya atılmış bir mantık teorisidir. Bu teori, felsefe ve mantığın 20. yüzyıla kadar gelişmesine ve birçok alanda kullanım olanağı sunan temel dayanaklarına karşı çıkmakla başlangıçta büyük tepkilere maruz kalmış ve ortaya atılmasından sonra hemen hemen ilk 10-15 yıl dikkate alınmamaya çalışılmıştır. Birçok mantıkçı ve mantık uygulayıcısı, L. A. Zadeh'in geliştirdiği mantığın ne olduğunu sormak ve sorgulamak yerine "fuzzy" veya "bulanık" sözcüğünü eleştirmeyi tercih etmişlerdir. Bu sebeple ortaya çıktığı ülke olan Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) uygulama alanı bulamamıştır. Bunun sebeplerinin başında, Amerika'da yapılan çalışmaların "kesinliği" önemseyen bir çizgi üzerinde devam ettiriliyor olması gelmektedir. Japonlar, ABD'de tartışmalar halen devam ederken, bu özgün fikri benimseyip geliştirmeyi çok iyi başarmışlardır. Öncelikle bulanık terimine karşı, ülkelerindeki otoritelerce karşılarına çıkabilecek soğuk tepkiyi önlemenin yolunu araştırmışlar ve "fuzzy"i dillerindeki karşılığı olan "aimai" [bulanık/belirsiz] şeklinde tercüme etmeyip "faaji" şeklinde aynen almışlardır. Zamanla "faaji" kelimesi Japon dilinde "zeki" manasını çağrıştıran yeni bir kelime anlamı yüklenmiştir (Işıklı, 2008: 107-108). Japonlar bunları yaparken, ABD içinde Zadeh'e karşı çıkan mantıkçılar, onun teorisini Japonya'da uygulamaya çalışan genç araştırmacılara da başlangıçta karşı çıkmışlar ve "anti-bulanıkçılar" anlamında karşıt görüş oluşturmaya çalışmışlardır. Bu karşıt sesler, Mamdami'nin bir

çimento fabrikasında, fırın sıcaklığının değerlendirmesinde Zadeh'in yaklaşımını esas alarak, bulanık mantığın kullanılabileceğini gösteren bir çalışma gerçekleştirmesi ve başarılı sonuçlar elde etmesine kadar sürekli yükselmiştir (Mamdami, 1977: 1190). Mamdami'nin geliştirdiği protokol ve bunun başarılı sonuçlar vermesi dünyada bulanık mantığın dikkat çekmesinin önünü açmıştır.

Bulanık mantık kavramına karşı çıkanlar, bulanık mantıkla yapılacak çalışmaların kesin olan bilimsel ilkelere uymadığını hatta başlı başına bilime karşı geldiğini ifade etmişlerdir. Başlangıçta, bulanık mantık uygulamaları olmadığından yapılan tartışmaların çoğu felsefi olmuştur. Sonuçta kuvvetli felsefi ve teorik temelleri olan ihtimaller teorisi ve istatistik yöntemleri uygulamalarda ağır basmıştır (Şen, 2009: 15). Oysa ihtimaller teorisinin yetersiz kaldığı önemli bir nokta vardır, o da ara değerlerin ve çelişkinin hesaba katılamamasıdır (Özdemir ve Seçme, 2009: 220). Bir diğer dikkat çeken ayrıntı ise sözel değişkenler veya ifadelerin, özellikle de belirsizliklerin ihtimaller teorisi ve istatistik yöntemlerinde yeri olmamasına rağmen bulanık mantığın neredeyse temel direği olan bulanık teoridir. Bu teori, sözel ifadelerdeki belirsizliği modelleyebilmeyi mümkün kılan matematiksel bir disiplindir ve sayısal olmayan, insanın sebep, algı ve kişisel yorumlarını içeren problemlerin ve hedeflerin hepsini matematiksel modellere katabilmeyi mümkün kılmaktadır. Bulanık teorinin öncesinde, belirsizlik bulunduran işlemler yalnızca ihtimaller teorisi ile çözümlenmeye çalışılıyordu ancak ihtimaller teorisindeki belirsizlik, olayın belli bir dağılıma bağlı olarak gerçekleşme ihtimali ile ilgilenen ve yine belli kabullerin olması gereken (rastgelelik) bir teoridir. İhtimaller teorisinden farklı olarak bulanık teorideki belirsizlik ise, "bir kümenin sınırlarının kesin olarak tanımlanması" ile ilgilidir (Tuş, 2006: 4). Kaldı ki, bahsi geçen yöntemler, Aristo (Aristoteles) mantığının çizgilerinden çıkamamış ve uygulamada kullanılabilmesi için uzay matematiğinde bazı varsayımları ve kabulleri bulundurması gerekliliği de gerçek hayata yansıtılmasında sorunlar doğurmuştur.

Aristo mantığı, klasik mantığın temelidir. Sadece siyah ve beyazlardan oluşan bir düşünce yapısına sahip, milattan önce 350 yıllarında ortaya atılmış bir felsefedir. Aslında, Aristoteles'ten hemen hemen iki yüzyıl önce *Gautama Buddha*, dünyadaki her şeyin biraz doğru biraz yanlış olma çelişkisi barındırdığını zaten öğretilerinde sunmuştur (Baykal ve Beyan, 2004: 11). Ancak yine de bu bakış açısı Aristo mantığıyla özdeşleşmiştir.

Klasik mantık, belirgin kuralları ve kabulleri olan “mekanik” bir yaklaşımdır. Dolayısıyla, mekanik olayların söz konusu olduğu problemlerin çözümünde kolaylıkla kullanılmış ve kullanılmakta olmasına rağmen (Şen, 2009: 11) belirsiz, kesin olmayan ve karmaşık olayların çözümünde yetersiz kalmaktadır (Dizdaroğlu, 1998: 3). Günümüzde karar vermeyi etkileyen birçok faktör olduğu kabul edildiğine göre, geliştirilen sistemlerin bu faktörlerden etkilenmesi kaçınılmazdır. Yönetim ve üretim sistemlerinin temelinde ve gelişiminde insanın ve bilginin önemli bir faktör olduğu kabul edildiğine göre, insana özgü düşünce, yaklaşım, bilgi ve tecrübelerin ve bunlarla birlikte olaylara yaklaşımının, hedef veya karar aşamasında göz ardı edilmemesi gerekliliği bir kez daha anlaşılabilir.

Modelleme sistemlerinde, klasik sistemlerle bulanık sistemler arasında da yadsınamaz bir problem değerlendirme farklılığı vardır. Belirsizlik, klasik modelleme sistemlerinde istenmeyen ve azaltılması gereken bir durumken, bulanık sistemler, insan beyni ve düşünme sistemini taklit ederek, belirsizlikleri çözüm için kullanarak çözümleme yapar. Ancak belirsizlikleri işleyebilme yeteneğine sahip olan bulanık modelleme sistemleri yapay sinir ağları yaklaşımları gibi öğrenen bir sistem de değillerdir (Koç, 2002: 17-18).

Felsefe hiç bir zaman 20. yüzyıldaki gibi yoğun sorunlar ile yüzleşmemiş ve ilgi alanı haline gelmemiştir (Işıklı, 2008: 106). Klasik mantığı destekleyen ya da eleştiren birçok akım ve düşünce kuramları, yine bu dönemde kendilerini hissettirmişlerdir. Klasik mantığın dışında, kabul gören diğer mantık türleri ise sembolik mantık ve çok değerli mantıktır. Sembolik mantık, matematiksel yapısı olan ve iki değerli klasik mantığın sembolik dil içerisinde yeniden yapılandırılmasıyla ortaya çıkan mantık türüdür. Tümel evetleme (ve), tikel evetleme (veya) ve değilleme (değil) gibi kavramlar sembolik mantığın ürünleridir (Baykal ve Beyan, 2004: 25-26).

1.1.MANTIK

Mantık, bilginin yapısını inceleyen, doğru ve yanlış arasında akıl yürütmenin ayrımını yapan disiplin olarak karşımıza çıkar (tr.wikipedia.org/ Erişim Tarihi: 05.12.2013). *Mantık*, özünde kökeni Yunanca olan "*logike"* kelimesinin Arapça tercümesidir. "Logikos, logos'a yani söze, akla veya akıl yürütmeye ait olan demektir ve hem sözler hem de akıl bu bilimin temelidir (www.felsefe.net/ Erişim Tarihi: 12.12.2012).

Literatürde çeşitli mantık türleri kronolojik olarak sıralanmıştır. Bunlar temelde klasik ve matematiksel modellemenin geliştirilmesiyle ortaya çıkan çıkarımları kapsayan "modern mantık"tır. Bulanık mantık ise tam olarak ne klasik mantığın üyesidir ne de modern mantığın. Kendisini ifade ettiği gibi burada dahi bulanıklık bulundurmaktadır. Bu sebeple, klasik mantık ile bulanık mantık kavramını birbirlerinden ayrı ele almak gerekmektedir.

1.1.1. Klasik Mantık

Günümüzde, herhangi bir kararı etkileyen birçok faktörün olduğu kabul edilir. Bu durumda, geliştirilen sistemlerin bu faktörlerden etkilenmemesi mümkün değildir. Yönetim ve üretim sistemlerinin gelişimi ve temelinde insanın ve tecrübelerin önemli bir faktör olduğu kabulü de dikkate alınırsa; insanların düşünce biçimi, tecrübe ve bilgilerinin, bununla birlikte olaylara karşı tutumlarının, hedef belirleme veya karar alma aşamasında göz ardı edilemeyeceği gerektiği bir kez daha anlaşılabilir.

Doğru öncüllerden doğru sonuç çıkarmakla ilgilenen bu bilim dalının başlangıcında, Aristoteles'in öngörüleriyle hareket eden ve olaylara felsefi yaklaşarak çıkarımlar elde eden mantığa "klasik mantık" denir.

Aristoteles'e göre, mantığın 3 tane ilkesi vardır. Bunlar özdeşlik ilkesi, çelişmezlik ilkesi ve üçüncünün olmazlığıdır. Çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkeleri, özdeşlik ilkesinin değiştirilmiş farklı bir anlatımıdır (Baykal ve Beyan, 2004: 9).

Özdeşlik ilkesi, "bir nesnenin ya da kavramın kendisi ile aynı olma" durumudur. Kısaca, kendi olan ve kendinden başka herhangi bir şey olmayan anlamındadır. Bir *kavram* ya da *şey* ne ise, odur. Bir şey başka bir şeye ne benzerdir, ne de başka bir şeye eşittir. Benzerlik, "bir şeyin başka bir şeyle, birden çok ortak özelliği içermesi" durumudur. Ortak özellik arttıkça, bu iki şey arasındaki fark azalarak benzerlikten eşitlik durumuna yönelirler ancak eşitlikte de yine bir sınır vardır. İki farklı şeydeki bütün ortak özellikler aynı olduğu durumda o şeyler ancak eşit olurlar ama birbirlerinin aynı (özdeşi) olamazlar. Özdeşlik, "iki ayrı şey arasında bir ilişki bağlantısı kurulması değil aksine bir şeyin kendisi olması"dır. Mantık bunu özdeşlik önermesi denen "A, A'dır" ifadesiyle açıklar (fdegirmencioglu.wordpress.com/ Erişim Tarihi: 13.12.2012). Çelişmezlik ilkesi, "bir şey hem kendisi hem de başka bir şey olamayacağı" anlamına gelmektedir. Örneğin, bir şey aynı anda, hem doğru hem de yanlış olamaz. Üçüncünün olmazlığı ilkesi ise, "bir önermenin mutlaka tanımlanmış iki sonuçtan birisi olabileceği"ni ifade eder. Tezgâhtan alınmış bir ürünün tazeliği hakkında mantık yürüten bir tüketici bu ilkeye göre, ürünün ya taze ya da taze olmadığına karar vermek durumundadır ve bahsi geçen çıkarımlardan başka herhangi bir sonuç düşünemez.

Klasik mantığın dışında, kabul gören diğer mantık türleri ise modern (sembolik) mantık ve çok değerli mantıktır. Sembolik mantık, matematiksel bir yapısı olan ve iki değerli klasik mantığın sembolik dil içerisinde yeniden yapılandırılmasıyla ortaya çıkan bir mantık türüdür. Tümel evetleme (ve), tikel evetleme (veya) ve değilleme (değil) gibi kavramlar sembolik mantığın ürünleridir (Baykal ve Beyan, 2004: 25-26). Çok değerli mantık ise, doğru ve yanlış kavramlarının arasına "belki" ifadesinin de konulmasıyla Aristo mantığına karşı geliştirilmiş bir öneridir. *20. yüzyılın ilk başlarında Jan Lukasiewicz'in ortaya attığı bu sav dikkate değerdir. Bertrand Russell, Jan Lukasiewcz* ve *Mac Black* gibi bilim adamlarının Aristo mantığını eleştiren önermeleri, bulanık mantık konusunun Zadeh tarafından ortaya atılmasına kadar geçen sürede olgunlaştırma görevini üstlendikleri söylenebilir (Baykal ve Beyan, 2004: 18).

1.1.2. Bulanık Mantık

Şen, mantığı " doğru ve düzenli düşünme usulüdür" diye tanımlamaktadır. Mantığın olabilmesi için, önce bir konu üzerinde düşünmeye, sonra bu düşüncelerin herkes tarafından üzerinde durulmasına ve bazıları tarafından anlaşılabilmesi için de dile ihtiyaç vardır. Mantık konuşmayı, konuşmak dili gerektirdiğine göre, dilin mantık için ne kadar önemli olduğu anlaşılabilir (Şen, 2002: 160). "Bulanıklık", sınırları açıkça belirlenmemiş olan kümeleri ifade eden kavramdır (Tuna, 1994: 5) ve özellikle "sözel" belirsizliğin bir ifadesidir. Bilindiği üzere, yapay ve doğal dillerdeki kelime veya cümle değerleri olan ifadeler, sözel değişkenler olarak isimlendirilir (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 44). Genelde belirsizlik denilince "rastgele" anlaşılmaktadır ancak bilinen ve günlük hayatta karşılaşılan belirsizliklerin çoğu rastgele değildir. Ayrıca günlük hayatta kullanılan ifadelerde, cümlelerde ve kelimelerde birçok belirsizlik olmasına rağmen insanlar yine de kolaylıkla anlaşabilmektedir (Şen, 2009: 17). Öyleyse bulanıklık denildiğinde "rastgele" ifadesini anlamak doğru olmayacaktır. Daha geniş ifade etmek istenirse, belirsiz olarak ortaya çıkan, tam ve kesin bilgiler elde edilemeyecek olgulara bulanıklık denilebilir.

Bulanık mantık, temelde "üçüncünün olmazlığı ilkesine yani ikili mantık felsefesine muhalif olarak doğmuştur. Bu kavram iki anlamda kullanılmaktadır. Dar anlamda, klasik iki değerli mantığın genelleştirilmiş halidir. Geniş anlamda ise bulanık kümeleri kullanan bütün teorileri ve teknikleri kapsayan bir kavramdır. Altında yatan temel fikir, bir önermenin doğruluğunun sadece yanlış (0) veya doğru (1) değil [0, 1] arasında sonsuz sayıda değer alabileceğini kapsar (Baykal ve Beyan, 2004: 39). Günümüzde, her an cereyan eden olaylar, giderek daha belirsiz hale geldikleri için, klasik yöntemler de günden güne daha yetersiz hale gelmektedirler.

Bulanık mantık doğal olayların ve miktarların çok yönlü olarak aklen uygulanabilir olmasını sağlar (Azeem, 2012: 4).

"Ne kadar mutlusun?", "hava sıcak mı?", "su soğuk mu?" vb. sorulara Aristo mantığıyla cevap vermenin sadece iki yolu vardır ve bunlar [0,1] olarak ifade edilebilir. Bir kişi ya mutludur ya da mutlu değildir, hava ya sıcaktır ya da sıcak değildir ve su ya soğuktur ya da değildir. Bulanık mantıkta, olaylara bu şekilde yaklaşılmaz. Yani, kabul "beyaz" ve kabul etmemek "siyah" olarak tanımlanırsa, olayların değerlendirilmesi, sadece siyah-beyaz olarak ele alınmaz. Bunun yerine, siyah-beyaz arasında gri rengin de olacağı kabul edilir (Şen, 2002: 162). Bulanık mantık teorisi, hayatta birçok meselenin derecelendirilme ile değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Çünkü siyah-beyaz bir fotoğrafta bile renklendirme sadece siyah ve beyazdan oluşmaz. Tipik olarak birçok geçiş rengi (griler) vardır. Bilgisayar bilimcileri ve mühendisleri, özellikle bu gerçeği kabul etmişlerdir (Palaniappan, 2005: 1).

Bulanık mantığın uygulama alanları sınırlı bilimleri kapsamaz ve neredeyse her alanda kullanılabilir. İnsana özgü tecrübe ile öğrenme olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak sağlaması en önemli farklarından birisidir (Ertuğrul, 2006: 158). Bulanık mantık yöntemleri akıllı sistemler, karar verme ve bulanık kontrollerinin çoğunda uygulanır (Encheva ve Tumin, 2009: 113). Usta bir insanın, ustalığa sahip olduğu sistemi denetlemesine benzeyen bulanık mantık, klasik denetim sistemlerini aksine matematiksel bir modellemeye ihtiyaç hissetmez (Eleren, 2007: 144-145). Bu insan doğasına çok uygun bir durumdur. Zaten Zadeh'te (1979) bir çalışmasında özellikle, "çoğu *insan karar verme sürecinde, bireylerin karar vermelerini tetikleyen kanıtların, bulanık ve seçimli (tanecikli)"* olduğunu vurgulamıştır (Zadeh, 1979: 16).

Bulanık mantığın sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 64):

a. Modellemede, insanın, düşünme ve düşünce sistemine uygun bir teorisi vardır.

b. Uygulama ve analizlerde, mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duyulmaz.

c. Model yazılımının basitliği sayesinde, değerlendirme sistemi daha iktisadi bir hal alır.

d. Geliştirilen modellerin anlaşılması ve uygulanması diğer klasik modellere göre daha kolaydır.

e. Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol teknikleriyle kıyaslandığında onlara nazaran daha esnektir.

f. Kesin olmayan veriler ve bilgilerin var olması durumunda da kullanılabilmektedir.

g. Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine olanak verir.

h. Herhangi bir çalışmada, ilgili konu hakkında yeterli teorik bilgiye sahip olmayan bir araştırmacı bile sadece uzman kişilerin tecrübelerinden ve onların göreceli fikirlerinden faydalanarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem oluşturabilir.

i. Her ne kadar klasik mantığı ve klasik kavramları temel almamış olsa da geleneksel kontrol teknikleriyle de uyum halindedir.

j. Klasik mantıkta kategorize etmek dışında yeri olmayan sözel değişkenler, bulanık mantıkta kullanılabildiği için araştırmalarda ve sistemlerde daha olumlu ve isabetli sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bununla birlikte bulanık mantığın bazı dezavantajlarının olduğu da muhakkaktır. Bunlar;

a. Bulanık mantıkta yapılacak işlemlerde üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem bulunmamaktadır. Bu sebeple, doğru üyelik fonksiyonu tipi seçimi zaman alabilir.

b. Kararlılık analizi yapılamaz, ayrıca sistemin nasıl cevap vereceği önceden tahmin edilemez. Yapılabilecek tek şey benzetim çalışmasıdır.

c. Bulanık mantık, çoğunlukla uzman kişilerin görüş ve tecrübelerine gereksinim duyar. Uzmanlık ise toplumdan topluma ve ilgili çevrenin koşullarıyla doğru orantılı olduğundan, bu durum bir risk teşkil eder (Kaya, 2010: 43).

d. Üyelik fonksiyonların belirlenmesinde standart ve güvenilir bir yöntem bulunmamaktadır. En uygun yöntem deneme yanılmadır ve bu da zaman kullanımı maliyeti için olumsuz bir durumdur (Karakaşoğlu, 2008: 91).

e. Bulanık sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında kabul edilmiş kesin bir yöntem bulunmamakta olup, bu eksikliğin giderilmesi pahalı uzman deneyimlerinin satın alınmasıyla yapılabilir (Elmas, 2003: 39-40).

1.2. KLASİK VE BULANIK KÜMELER

Küme kavramı, mantığın ve aritmetiğin temellerini oluşturmaktadır. Bu sebeple temel küme işlemleri ile mantık arasında önemli bir ilişki vardır (Baykal ve Beyan, 2004: 62). Belirli ve iyi tanımlanmış nesneler topluluğuna *küme* ve bu kümeyi oluşturan her bir nesneye de *küme* elemanı denir (Özkan, 2003: 2). Çeşitli eşya, varlık, nesne hatta düşüncelerin toplamına küme denilebilir. İfade edilen toplam, her şey olabilir. Bu sebeple sonlu veya sonsuz olması da mümkündür. Ancak bu nesnelerden oluşturulacak bir kümenin elemanı olabilmek için ortak bir sayısal veya sözel özelliğe sahip olunması gerekir. Bu sebeple oluşturulan kümenin neyi kapsadığı ya da ifade ettiği çok iyi tanımlanmış olması gerekmektedir.

Bulanık mantık kavramının ortaya çıkmasıyla, mantık, aritmetik ve matematiğin her alanında karşılaşılan küme kavramında da belli başlı değişiklikler olmuştur. Bugüne dek Aristo mantığıyla şekillenen küme kavramı bulanık mantık temelli bulanık küme kavramını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Temelde kümeler, klasik kümeler ve bulanık kümeler olarak ikiye ayrılabilir. Bunun bir sonucu olarak, klasik kümelerde yapılan işlemlerin hepsi bulanık kümelerde de gerçekleştirilebilmektedir.

1.2.1. Klasik Kümeler

Klasik mantıkta, bir kümeye ait olabilme yeteneğine sahip olan tüm nesneler, ya kümeye aittir ya da değildir. Bu şekilde ifade edilen bir kümenin tanımlanması için bir fonksiyon kullanılmaktadır ve buna karakteristik fonksiyon denilmektedir. Bu karakteristik fonksiyon ise herhangi bir U evreninde tanımlı A kümesi için aşağıda ifade dildiği gibi yazılabilir (Vatansever, 2008: 19):

$$\forall\, x \in U, \mathcal{X}_A(x) = \begin{cases} 1, x \in A \\ 0, x \notin A \end{cases}$$

Klasik kümelerin en temel özelliği, iyi tanımlanmış nesnelerden oluşan bir grup olması ve nesnelerin ya bu gruba dâhil edilmesi ya da bu grubun dışında bırakılmasıdır. Bu sebeple klasik kümelerin bulanık kümelerden farkı, her hangi bir nesnenin belirlenen kümeye ait olup olmama çizgisinin çok sert ve net olmasıdır.

Bir kümeyi, ifade etmek için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar, *numaralama, tasvir etme ve üyelik fonksiyonu* ile gösterimdir. Numaralama, liste yöntemi ve kapsamsal tanımla aynı şeyi ifade eder. Tasvir etme yerine kural yöntemi de denilmektedir. Örneğin 1, 2, 3, 4 ve 5 sayılarının oluşturduğu kümeye E denilirse, bu küme elemanları birer birer yazılarak ya da tasvir edilerek gösterilebilir. Şöyle ki (Chiang ve Wainwright, 2005: 9);

Herhangi bir küme, E= {1, 2, 3, 4, 5} şeklinde gösterilirse; buna numaralandırmak suretiyle bir kümenin ifadesi denilmektedir. Şayet, E={x │0<x<6} olarak ifade edilirse bu şekilde gösterime ise tasvir ederek kümenin gösterimi denir.

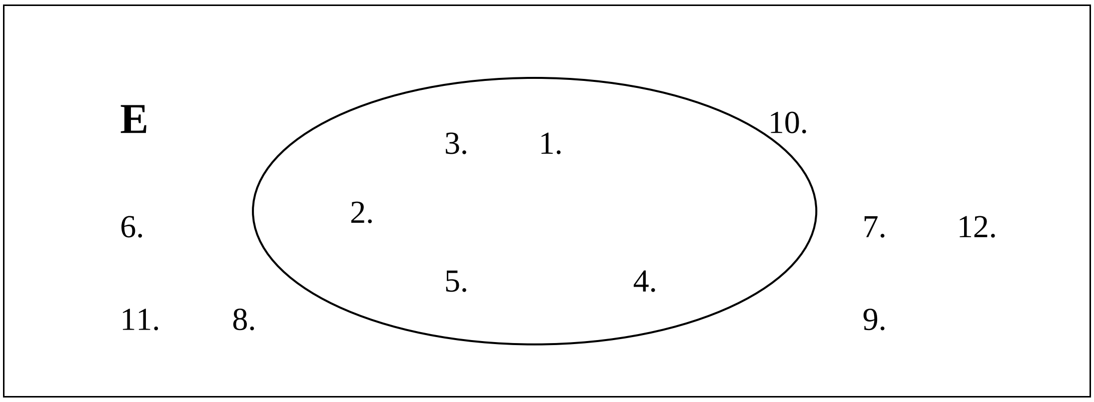
Diğer taraftan bir küme,

$$\mu_s = \begin{cases} 1 & ; eğer\ x \in E \\ 0 & ; eğer\ x \notin E \end{cases}$$

olarak ifade edilirse, buna da elemanları 0 ve 1 olarak sınırlandıran üyelik fonksiyonu ile gösterim denilmektedir.

Klasik kümenin ait olduğu evrensel kümenin her bir elemanına 0 ya da 1 değeri atanmaktadır. Bir nesne 1 değerini alırsa kümenin elemanı, 0 değerini alırsa kümenin elemanı değildir (Uygunoğlu ve Ünal, 2005: 14).

Klasik kümelerin geometrik gösterimi, *Venn şeması* denilen yöntemle gerçekleştirilmektedir (bak. ***Şekil 1.1***). Bu, kümenin elemanlarının tamamını kapsayan ve onları bir eğri içine alarak çevreleyen kapalı gösterim şeklidir (Baykal ve Beyan, 2004: 65). Yukarıda ifade edilen E kümesinin Venn şeması ile gösterimi aşağıdaki gibi olacaktır;



Şekil 1.1. *Venn Şemasıyla Klasik Kümenin Gösterimi (**Kaynak:** Baykal ve Beyan, 2004: 65)*

1.2.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonu

Bulanık kümeler, klasik ya da 'keskin' küme teorisinin bir uzantısı olarak da anılmaktadır (Özdemir, 2010: 36). Diğer bir açıdan da kesin kümenin genelleştirilmiş uzantısıdır (Yüzgeç, 1999: 17). İşbilen Yücel'in (2005) ifadesiyle "tanımlanması ve anlaşılması zor olan kavramlara bir üyelik derecesi atayarak onları belirli hale getirmeye çalışan bir yaklaşım"a bulanık küme teorisi denir. Bulanık mantık konusunun ana direği bulanık kümedir. Çünkü bulanık mantık temelli işlemlerin yapılabilmesi için bulanık kümenin iyi anlaşılması ve onun öncesinde de bulanıklığın ne demek olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Bulanık küme teorisi ilk kez L.A. Zadeh (1965) tarafından; bulanık ortamda karar verme kavramı ise Bellman ve Zadeh (1970) tarafından bulanık amaç ve sınırlamalara dayalı bir karar teorisi olarak literatüre girmiştir (Yakıcı Ayan, 2009: 72).

Bulanık küme, bulanık sayıları içinde barındıran topluluğa verilen isimdir. Tanım olarak klasik küme kavramının aynısı gibi görülse dahi aralarında çok büyük bir farklılık vardır. Klasik kümelerde bir öğeden diğer bir öğeye geçiş keskin ve aniden değişen bir üyelik derecesi şeklindedir (Şen, 2009: 73). Bulanık kümelerde ise bu şekilde ani ve keskin geçiş bulunmamakla birlikte, bir nesneden bir nesneye geçiş yumuşak ve akıcı şekilde olmaktadır. Bulanık küme teorisi, aslında *Boolean mantığı* denilen, elektrik anahtarlama devrelerinin uygulanışını açıklayan bir matematik mantığı (tr.wikipedia.org/ Erişim Tarihi: 21.12.2012) ya da olasılık mantığının uygulamasından pek farklı değildir. Ancak bulanık küme, bulanık mantık veya bulanık işlemci teorisini daha genel bir hale getirir ve yaklaşık kavramına uygun işlemler yapabilmeyi kolaylaştırır (Altaş, 1999: 84).

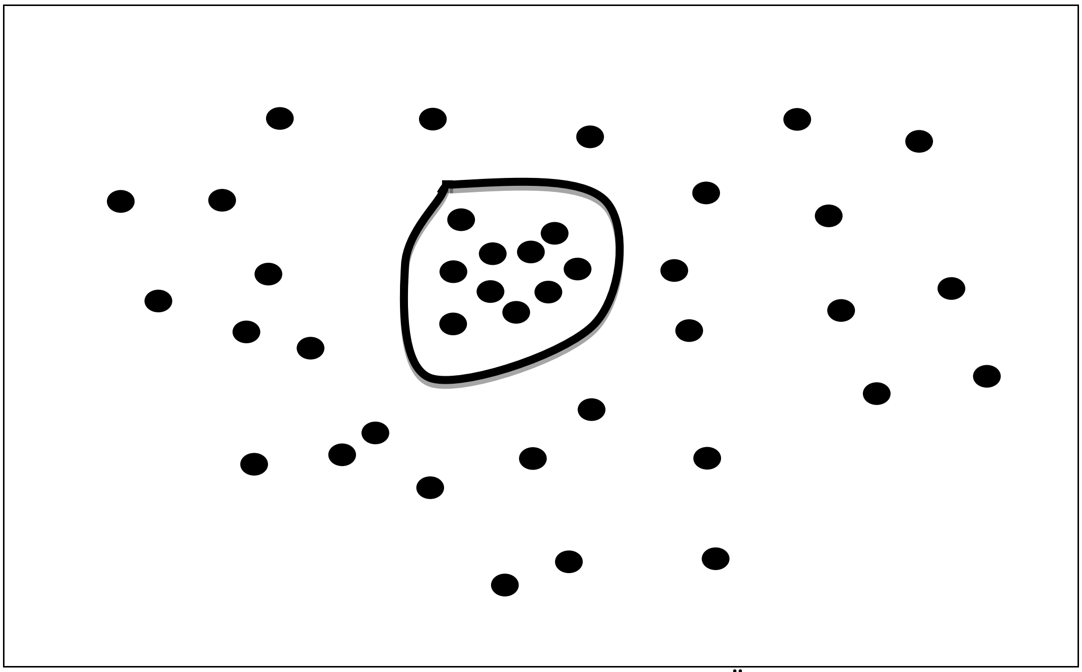
Bulanık kümelerde; üyeler, kesin olarak belirli olmayan ancak bulanık kümeye üye olabilecek aday elemanlardır ve her bir aday elemanın kümeye ait olma derecesi bilinmektedir (Yenilmez, 2001: 8). Klasik kümelerin aksine, bulanık küme teorisinde aitlik, üyelik derecesiyle ölçülmektedir (Özdemir, 2010: 36). Bulanık kümeler klasik kümelerin bir genellemesidir. Ayrıca, sonsuz değerli mantıkta klasik mantığın genellemesidir ve bu iki alan arasında bir izoform bulunmaktadır. Bulanık mantık doğal dilde sözel değişkenler üzerinde odaklanır ve kesin olmayan önermeler ile yaklaşık muhakeme temellerini birlikte kullanarak bir çıkarım elde etmeyi hedeflemektedir. Bu durum, özünde sağduyu kavramı ile doğal dilin hem doğruluk ve hem de belirsizliğini birlikte yansıtır (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 43-44). Herhangi bir bulanık kümede incelenecek olan belirli bir elemanın kümeyle ilgili üyelik derecesinin ancak ve ancak üç çeşit olasılığı vardır. Ya kümeye aittir, ya kümeye ait değildir ya da bu iki olasılığın arasında bir olasılığa sahiptir (Dadios, 2012: 81).

Literatürde bulanıklık teriminden ilk defa L.A. Zadeh, 1962 yılında bahsetmiştir (Özdemir ve Seçme, 2009: 222). Bulanıklık terimini, Zadeh'in tanımlaması gibi anlamsal olarak uygun ifade edebilen başka bir tanım olmamıştır ve muhtemelen de olmayacaktır (Zimmermann, 1993: 6). Bulanıklık deyimi, [0, 1] aralığından, [0, 1] aralığına bir fonksiyondur ve $f: [0,1] \rightarrow [0,1]$ olarak gösterilir

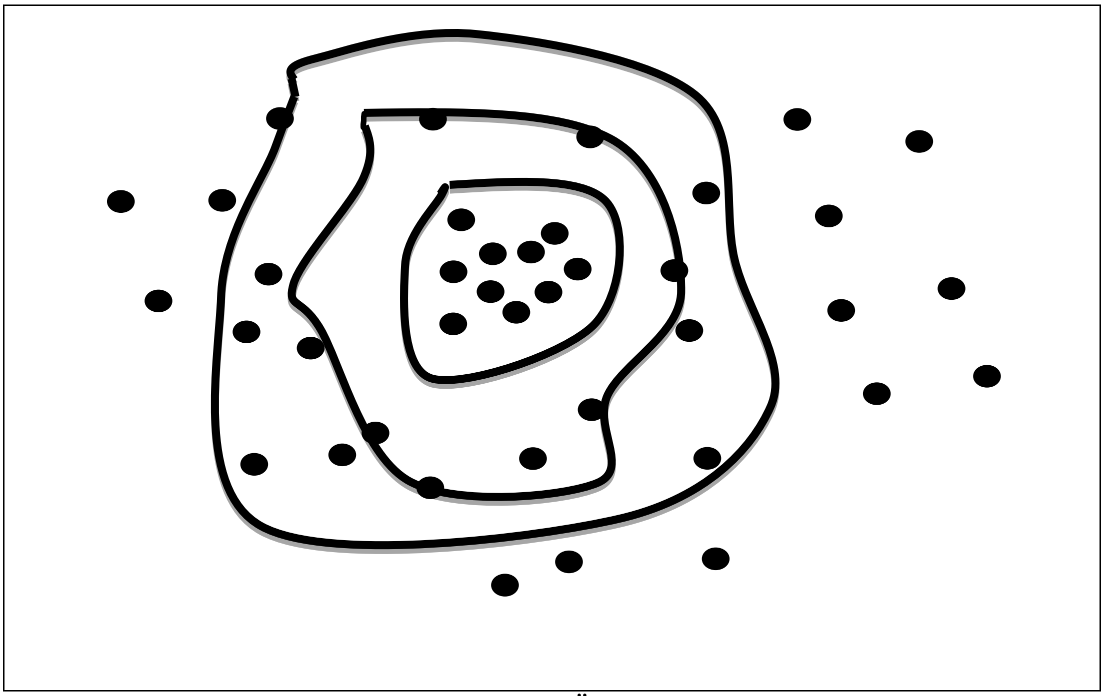
(Baykal ve Beyan, 2004: 41). Bulanıklığın tanımında Russell'in örneği sıklıkla kullanılmaktadır. Russell, bulanıklık için "uzun adam" tamlamasını kullanır. Uzun boyluluk ifadesinin kendisi bulanık bir ifadedir ve bu sebeple bu terim bulanıklıktır (Zimmermann, 1993: 4). Çünkü uzunluk toplumdan topluma hatta kişiden kişiye değişebilir. Mesela boy uzunluğunun başlangıç değeri 185 cm kabul edildiğinde 184,05 cm veya 184,99 cm boylarında olanların uzun adam kümesine dâhil edilmemesi klasik kümeye göre gerekli bir durumdur. Ancak gerçek hayatta en azından gözle ayırt edilemeyecek bu durumun kümeye dâhil edilmemesi doğru olmayacaktır (Özkan, 2003: 3-4). Başka bir örnek olarak "güzel kadın" kümesi ele alınsın ve bu kümeye A kümesi denilsin. Bir kadının güzel olması bu kümeye gireceğini, güzel olmamasıysa kümeye giremeyeceğini ifade etmektedir. Ancak belirlenmiş olan güzellik kriterlerinin tamamı bir kadında bulunmasa bile kadınlardan birisi güzel kabul edilebilecek bazı kriterleri kendinde barındırıyordur. Bu durumda kümeye kısmen üye olabilecek olan bu kadının kümenin dışında tutulması yanlış bir toplulaştırma işlemi olacaktır (Dadios, 2012: 83).

Bulanık mantığın ve haliyle bulanık küme teorisinin altındaki temel fikir, bir önermenin kesin doğru veya kesin yanlış arasında sonsuz değer alabileceğini ifade eden yukarıdaki fonksiyonun da kabulüdür (Baykal ve Beyan, 2004: 39). Yine uzakta bulunan bir cisme bakıldığında onun bir nokta gibi görülmesi, o cismin şekilsiz veya boyutsuz olduğunun göstergesi değildir. Çünkü cisme yaklaşıldıkça, nokta gibi görünen bu cisim başlangıçtaki gibi kalmayacak ve hem ayrıntıları hakkında daha fazla bilgi gözlemlenebilecek ve hatta cisim iki boyutlu halden üç boyutlu bir hal bile alabilecektir. Yine sıcaklık kavramı da aynı anda çok farklı coğrafyalarda bulunan iki kişiye sorulduğunda farklı ifade edilecektir. Kutuplarda olan bir kişiye havanın 15 ^{o}C olduğunda, havanın sıcaklığı için ne düşündüğü sorulduğunda muhtemelen "sıcaktır" cevabı alınacakken, aynı soru ekvatorda bulunan birisine sorulduğunda ise muhtemelen "soğuk" cevabı alınacaktır. Hatta bu iki sınıflama farklı kişilerden farklı kişilere değişim gösterecektir. Serin, normal, çok soğuk, çok sıcak vb. Buradan da anlaşılacağı üzere, sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum vardır. Bu duruma da belirsizlik (bulanıklılık, fuzziness) denir (Aydın, 2007: 51-53).

Herhangi bir kümenin sınırları lastik bant olarak kabul edilirse, klasik mantıkta bu kümenin sınırlarını belirleyen lastik bandın esnekliği sıfırdır. Yani lastik bandın içinde olan elemanların sayısı ve özelliği belli iken asla ve asla bu sınırlar değişmez. Bu kümenin elemanları da asla değişmemektedir. ***Şekil 1.2.***'de bahsi geçen klasik küme mantığıyla oluşturulan lastik bandın ifade ettiği küme gösterilmektedir. Burada, kümenin içinde olan elemanların kümeye üyeliği tam ve ifadesi 1 iken lastik bandın sınırları dışındaki elemanların kümeye üyeliği ise hiç hükmünde yani 0'dır. Bulanık mantıkla kümeye yaklaşıldığı zaman ise lastik bandın esneme özelliği olduğu kabul edilmektedir ve bu durum ***Şekil 1.3.***'te gösterilmekledir. Bulanık mantık çerçevelemesiyle, lastik bantla sınırları belirlenmiş kümeye baktığımızda, bandın belli toleranslarda ve kendi özelliğine göre esnekliğinin olduğu görülmektedir. Bu kümede, daha önce de ifade edildiği gibi kümeye üyelik sadece "tam" ve "hiç" hükmü ile sınırlı değildir. Lastik esnetildikçe kümenin içine girebilecek nesne sayısı artacaktır. Daha açık ifade edilmesi gerekirse, lastik bant esnetildikçe kümeye sonradan girmeye başlayan nesnelere, artık 0 ile 1 arasında değerler verilmeye başlanacaktır. Bir nevi bandın esneme oranı arttıkça ilgili nesnenin üyelik derecesi de ters orantılı olarak azalacaktır (Özkan, 2004: 4-5).

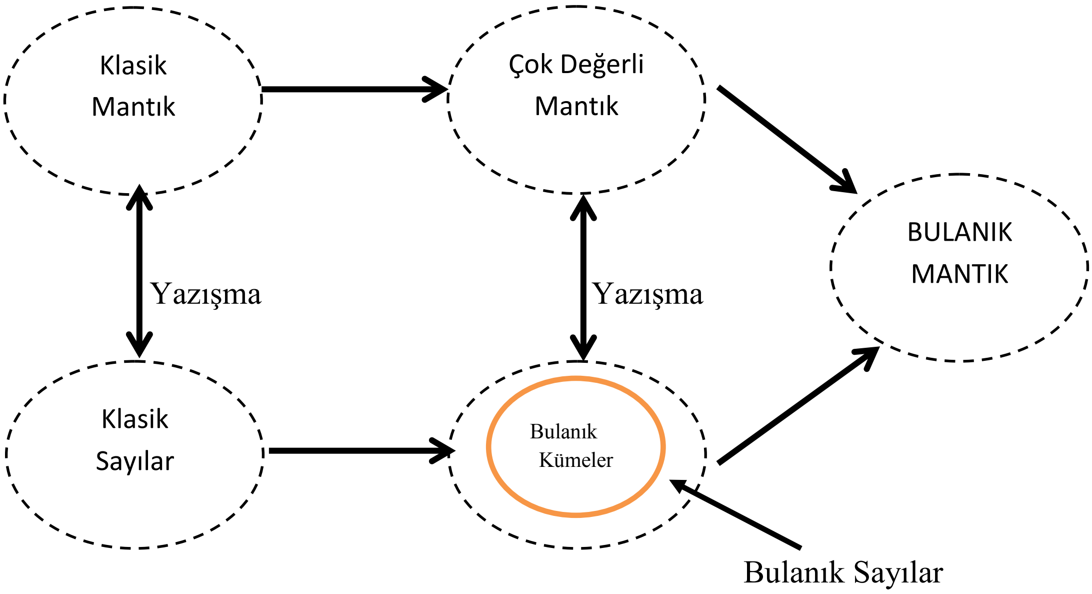


Şekil 1. 2. *Geleneksel (Klasik) Küme Durumu (**Kaynak**: Özkan, 2003: 4)*



__Şekil 1.3.__ Bulanık Küme Durumu (__Kaynak__: Özkan, 2003: 5)

Klasik kümeler, klasik mantık, bulanık kümeler (özellikle bulanık sayılar), sonsuz-değerli mantık ve bulanık mantık arasındaki ilişkiler aşağıdaki ***Şekil 1.4.***’de gösterilmektedir.

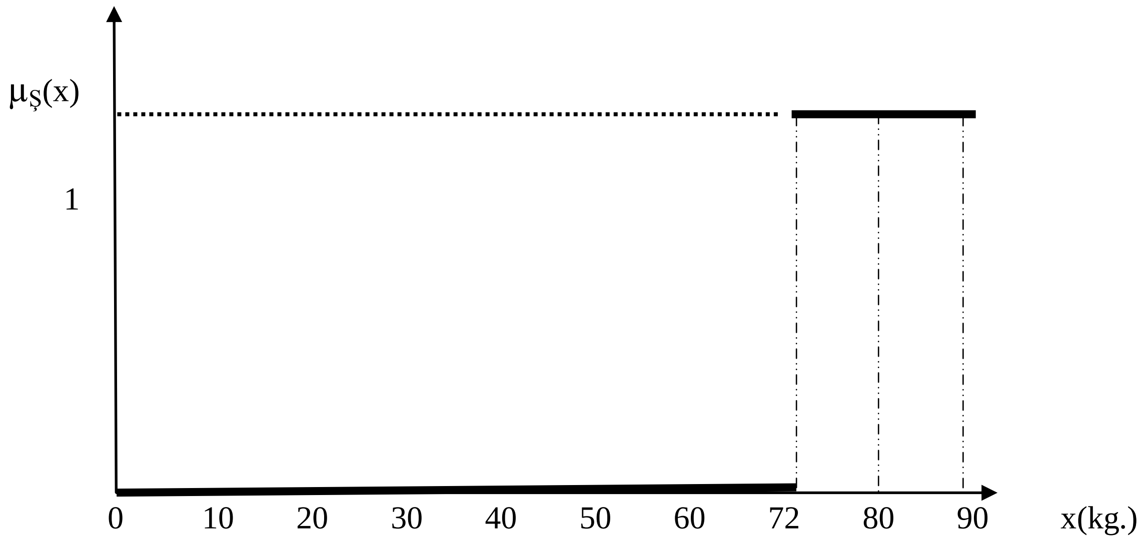


__Şekil 1.4.__ Bulanık Mantığın Gelişimi (__Kaynak:__ Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 44)

Yine bulanık kümeler için bir "şişman insan" kümesi oluşturulsun. Boyu 170 cm olan insanların ortalama olarak da şişman olabilmesi için 72 kg'nin üzerinde ağırlıkları varsa da bu insanların şişman olduğunu kabul edelim. Bu ifadenin üyelik fonksiyonu ile gösterimi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\mu_{ş}(x) = \begin{cases} 1 & , eğer\ x \geq 72\ ise \\ 0 & , eğer\ x < 72\ ise \end{cases}$$

Şişman insan kümesini bu fonksiyonla tanımladıktan sonra, koordinat sistemi üzerinde gösterilmesi ***Şekil 1.5.***'deki gibi olacaktır.



Şekil 1.5. *ş-Kümesinin Üyelik Fonksiyonları*

Bu şekil incelendiğinde şişman insan kümesinin elemanı olan sayıların üyelik fonksiyonları 1 iken, kümenin elemanı olmayan sayıların üyelik derecesi ise 0'dır. 0'dan 1'e geçiş ise ani ve keskindir. Bu iki değerin arasında farklı bir üyelik derecesinin olması ise mümkün değildir.

Üyelik fonksiyonu, bir kümeye ait olmanın karışık bir şekilde öğelere yayılmasını ifade eder. Nesnelerle üyelik dereceleri arasındaki ilişkinin isabetli bir karşılığı vardır ve buna da *bulanık teklik* denir (Baykal ve Beyan, 2004: 81). Üyelik fonksiyonlarının uygulama ile örtüşen ve doğru bir şekilde belirlenmesi, bulanık küme teorisinin temelini oluşturmaktadır. Bulanık işlemlerde üyelik fonksiyonları bir kez belirlendikten sonra, bulanık küme teorisinde bulanık olan herhangi bir şey kalmadığı kabul edilir. Yapılan birçok işlemde genel olarak bir sistemin işleyişi veya bir nesne için “ne kadar” ya da “hangi noktadan sonra” gibi soruların yanıtlarıyla araştırmada kullanılan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları oluşturulması hedeflenir (Yakupoğlu ve diğerleri, 2008: 122). Üyelik derecesi ve nesnenin ifadesini gösteren bu sıralı çiftlerin ifadesinin gösteriminin de aşağıdaki gibi kendine özgü bir gösterimi vardır (Zimmermann, 1993: 11):

$$\underset{\sim}{A} = \left(x, \mu_{\underset{\sim}{A}}(x)\right), \forall\, x \in U$$

Yukarıdaki eşitlikte her bir $\left(x, \mu_{\underset{\sim}{A}}(x)\right)$ ifadesi bir bulanık tekliktir ve birçok yazar tarafından bulanık teklik “/” işareti kullanılarak gösterilmektedir. Özetle her bir bulanık teklik,

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \big/ x$$

olarak karşımıza çıkar (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 10). Buradaki ifade asla bölme işlemi olarak algılanmamalıdır. “/” ve ya “—” işaretlerinin üstündeki değer üyelik derecesini ve altında ki değer de hangi elemana ait üyelik derecesi olduğunu ifade etmektedir.

U evreninde tanımlı herhangi bulanık bir A kümesi, bulanık küme sonlu olması durumunda,

$$\underset{\sim}{A} = \sum_{i}^{n} \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)}{x_i} = \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_2)}{x_2} + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_3)}{x_3} + \cdots + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_n)}{x_n}$$

olarak gösterilmektedir. Bulanık A kümesi sonsuz olduğu durumda ise bu gösterim,

$$\underset{\sim}{A} = \int \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)}{x_i} \quad , \qquad \forall x_i \in U$$

şeklinde ifade edilmektedir (Özkan, 2003: 7). “Σ” ve “∫” işaretleri küme elemanlarının topluluğunu ifade eder (Baykal ve Beyan, 2004: 77).

Bununla birlikte, klasik küme kuramında, bir nesne bir kümenin elemanı ise, doğal olarak, o kümenin tümleyeninin de elemanı olur. Ancak, bulanık kümelerde durum bu kadar net ve açık değildir. Bulanık kümelerde kümenin kısmi üyesi olan bir nesne tümleyeninin de kısmi olarak üyesi kabul edilmez (Türe, 2006: 18).

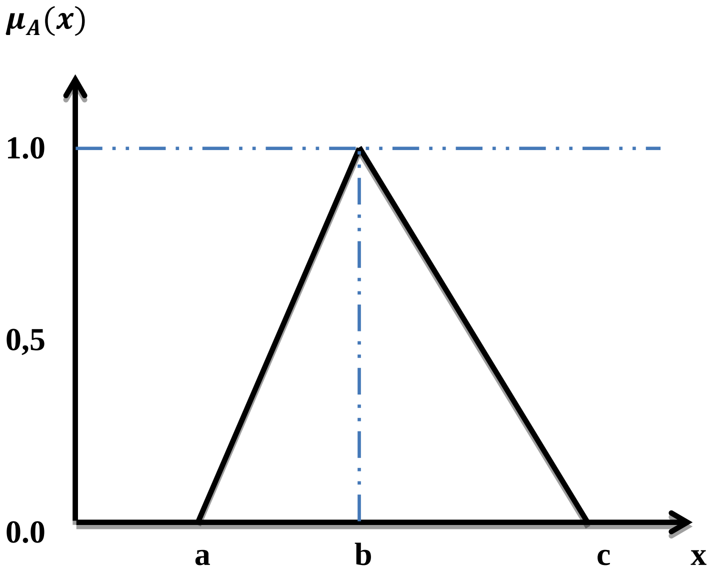
1.2.2.1 Üyelik Fonksiyonu Tipleri

Üyelik fonksiyonu, aslında aynı zamanda bulanık küme demektir. Bu kavramın asıl amacı klasik kümelerle anlaşılamamaktadır. Klasik kümelerde üyelik fonksiyonu, dikdörtgen şeklinde görülürken bulanık kümelerde ise farklı şekillerde ifade edilebilmektedir. Üyelik fonksiyonlarının genel olarak üçgen, yamuk, sigmoid, s-biçimli, z-biçimli, Gausssian (genel çan) ve ∏ tipleri olarak ayrılabilmektedir. Bunlardan en çok kullanılanları ise üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gauss ve sigmoid tipli üyelik fonksiyonlarıdır. Aşağıda bu üyelik fonksiyonu tipleri kısaca açıklanmıştır (Baykal ve Beyan, 2004: 78-81; Şen, 2009: 50-59).

Bulanık kümeye ait bilgiler üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiğinden, bu fonksiyonlar bulanık mantık için çok önemli bir yere sahiptirler (Yıldırım, 1998: 31). Herhangi bir bulanık modelleme de üyelik fonksiyonları seçimi hesaplama kolaylıkları göz önüne alınarak, uygulayıcı tarafından seçilebilmektedir ve bu seçim bulanık küme kavramının esnekliğini ifade edilmesinde önemli bir durumdur (Kaplan ve Arıkan, 2012: 25).

1.2.2.1.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu Tipi

En basit üyelik fonksiyonu tipidir. Dayanağı (sıfırdan yüksek üyelik derecesine sahip tüm elemanlar) x ile gösterildiğinde kendisini tanımlayan a, b, c gibi üç değeri vardır. ***Şekil 1.6.*** bu tip üyelik fonksiyonuna ait grafiksel gösterimi temsil etmektedir.



Şekil 1.6. *Üçgen Tipli Üyelik Fonksiyonun Gösterimi*

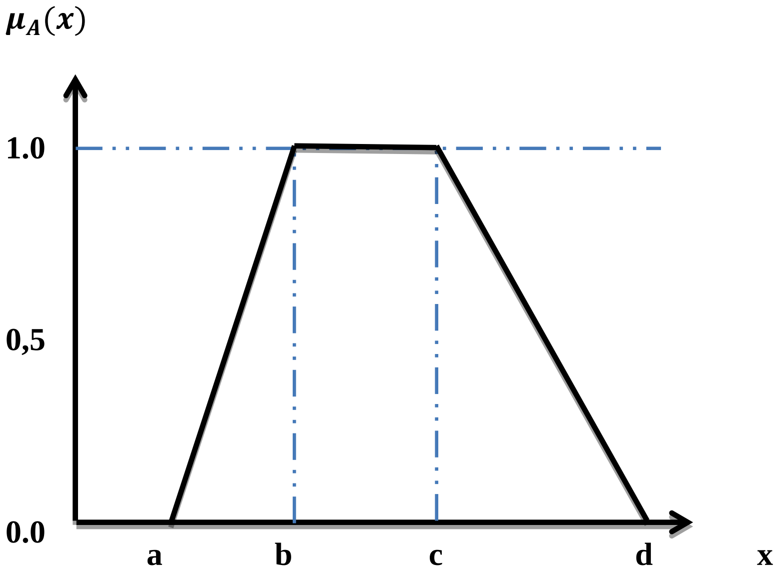
Üçgen üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi,

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \dfrac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

şeklindedir. Bu ifade kısaca, $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = max\left[min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right]$ olarak da gösterilebilmektedir ve burada a ile c değişim aralığını ve b bulanık kümenin öz kısmını (üyelik derecesi 1'e eşit olan kısım) göstermektedir.

1.2.2.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu Tipi

Bu şekilde ifade edilen bir üyelik fonksiyonu tipinin a, b, c ve d olmak üzere dört tane parametresi bulunmaktadır ve üçgen üyelik fonksiyonunun özel bir durumundan başka bir şey değildir. Burada, b ve c parametrelerin öz kısmını a ve d parametreleri ise dayanağı ifade etmektedir.



Şekil 1.7. *Yamuk Tipli Üyelik Fonksiyonu Gösterimi*

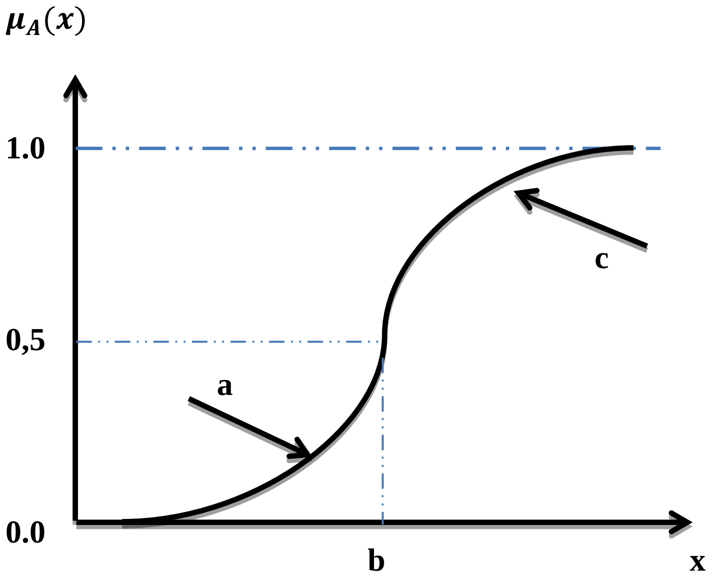
Yamuk üyelik fonksiyonuna ait matematiksel formülasyon,

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \dfrac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

şeklinde yazılabilir.

1.2.2.1.3. Sigmoid (Sigmoidal) Üyelik Fonksiyonu Tipi

Sigmoid üyelik fonksiyonu tipinde a ve c gibi iki parametre bulunmaktadır. Matematiksel gösterimi; $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \frac{1}{1+ae^{-(x-c)}}$ şeklidedir ve grafiksel gösterimi ise ***Şekil 1.8.***’de verildiği gibidir.

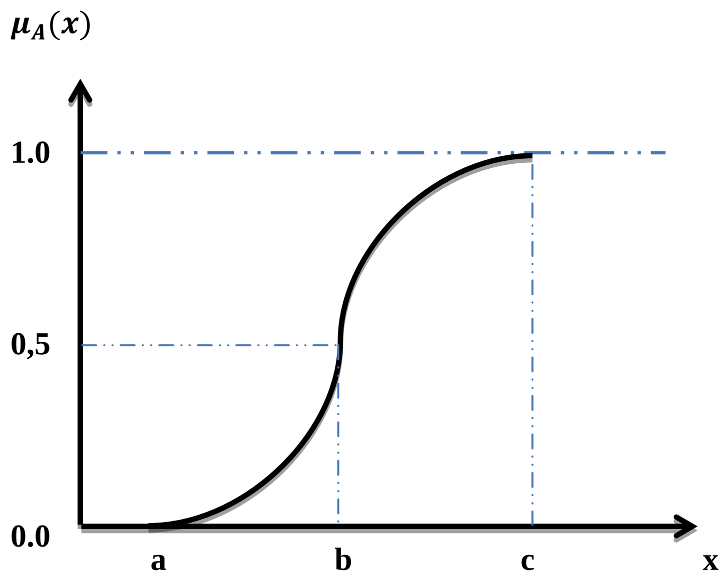


Şekil 1.8. *Sigmoid Tipi Üyelik fonksiyonu Gösterimi*

Bu tip üyelik fonksiyonu a parametresinin artı ve ya eksi olmasına göre sağ ve sol tarafa açıklık gösterdiğinden “çok büyük”, “çok küçük” veya “oldukça” gibi bulanık kelimelerin temsilinde sıkça kullanılmaktadır. Sigmoid üyelik fonksiyonlarında üye olma ve olmama arasında bir kırılma noktası bulunmaktadır ve bu değer b parametresidir.

1.2.2.1.4. s- Biçimli Üyelik Fonksiyonu Tipi

Bu üyelik fonksiyonu tipi “s” şekline benzediği için bu ismi almaktadır (Yen ve Langeri, 1999: 65). a, b ve c olmak üzere üç parametresi bulunmaktadır. b parametresi, bulanık olup olmama arasındaki kırılma noktasıdır. Grafik gösterimi ve matematiksel fonksiyonu aşağıda ifade edildiği gibidir (Baykal ve Beyan, 2004: 80):

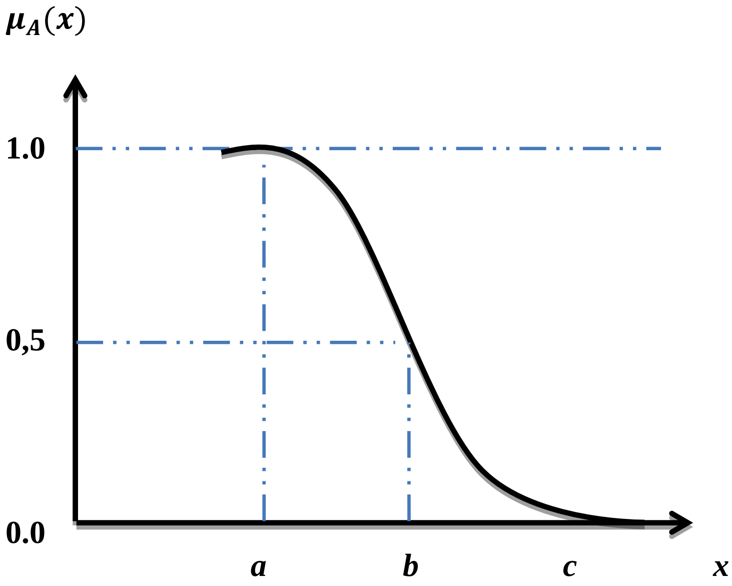


Şekil 1.9. *s-Biçimli Üyelik Fonksiyonu Tipi Gösterimi*

$$\underset{\sim}{\mu_A}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a \\ 2\left(\dfrac{x-a}{c-b}\right)^2 & , \quad a \leq x \leq b \\ 1-2\left(\dfrac{x-a}{c-b}\right)^2 & , \quad b \leq x \leq c \\ 1 & , \quad c \leq x \end{cases}$$

1.2.2.1.5. z-Biçimli Üyelik Fonksiyonu Tipi

Simetrik olmayan ve sola açık bir eğri şekline sahip üyelik fonksiyonu tipi bu isimle anılır.



Şekil 1.10. *z-Şekli Tipi Üyelik fonksiyonu Gösterimi*

Matematiksel gösterimi aşağıda gösterildiği gibidir (Şen, 2009: 58).

.

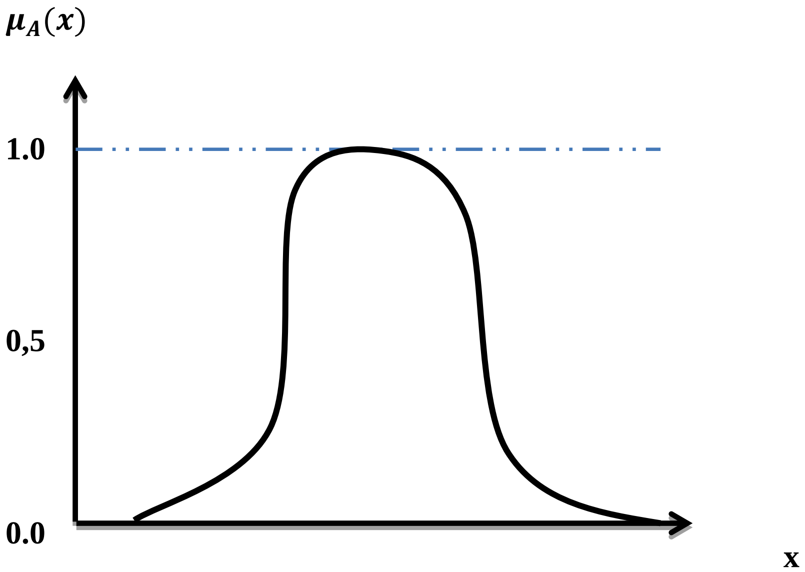
$$\underset{\sim}{\mu_A}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad x \leq a \\ 1 - 2\left(\dfrac{x-a}{c-b}\right)^2 & , \quad a \leq x \leq b \\ 2\left(\dfrac{x-a}{c-b}\right)^2 & , \quad b \leq x \leq c \\ 0 & , \quad c \leq x \end{cases}$$

1.2.2.1.6. Gaussian (Genel Çan) Üyelik Fonksiyonu Tipi

Bu tip üyelik fonksiyonu m ve σ parametreleriyle ifade edilir. Genel formülasyonu,

$$\underset{\sim}{\mu_A}(x) = \exp\left\{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

olarak ifade edilmektedir. Burada m fonksiyon merkezini ve σ ise genişliği ifade etmektedir. Haliyle, σ değiştiğinde fonksiyonun biçimi de değişmektedir. σ küçük olduğunda üyelik fonksiyonunun genişliği ince iken diğer durumda tam tersidir (Baykal ve Beyan, 2004: 79).



Şekil 1.11. *Gaussian Tipi Üyelik fonksiyonu Gösterimi*

Bu tip üyelik fonksiyonunda mutlak değer ifadesi dikkate alınarak aşağıdaki gibi de tanımlanır (Şen, 2009: 56).

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}}$$

Yukarıda eşitlikte, ifade edilen üyelik fonksiyonunda b parametresi genel olarak pozitif değer almakta ve c parametresi ise üyelik fonksiyonunu ortalayan değerdir.

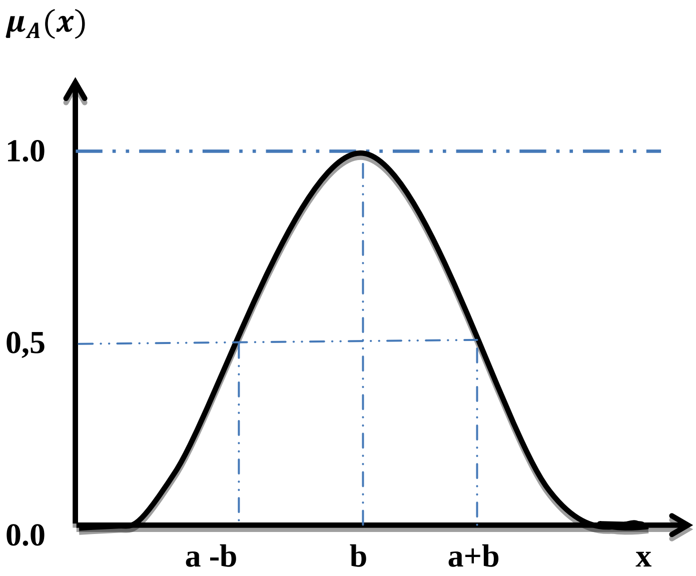
1.2.2.1.7. ∏ Üyelik Fonksiyonu Tipi

İki çeşit ∏ tipi üyelik fonksiyonu bulunmaktadır. Birincisi, a ve b olarak iki parametreli ve ikincisi ise a, b, c ve d olarak dört parametresi olan bu üyelik fonksiyonu tipleridir. s-biçimli üyelik fonksiyonu tipinden farklı olarak iki tarafındaki uçlar sıfıra doğru asimptotik olarak azalan bir seyir izler (Baykal ve Beyan, 2004: 81).

Birinci tip,

$$\underset{\sim}{\mu_A}(x) = \left\{\frac{1}{1+\left(\frac{x-a}{b}\right)^2}\right\}$$

olan matematiksel gösterime ait grafik aşağıdaki gibi temsil edilmektedir.

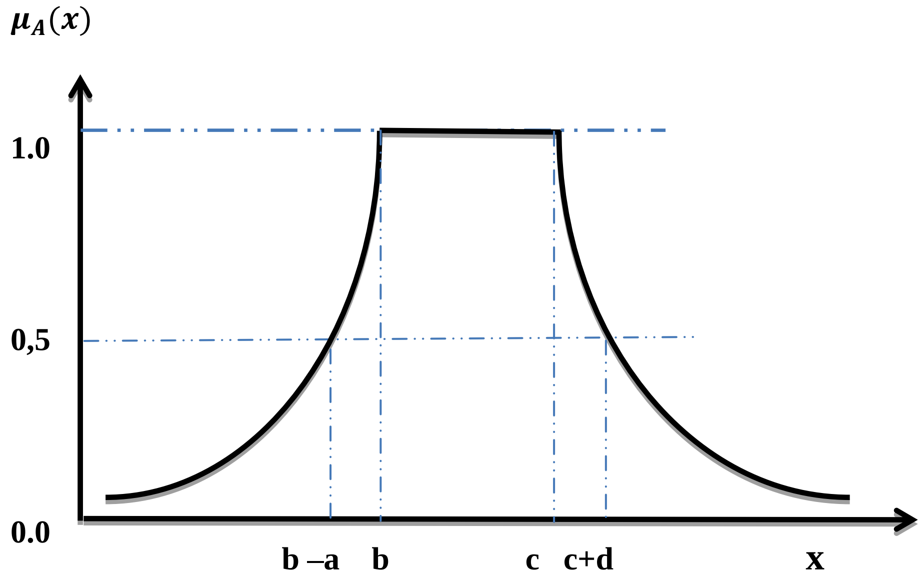


Şekil 1.12. *$\prod_1$ Tipi Üyelik fonksiyonu Gösterimi*

İkinci tip ise,

$$\underset{\sim}{\mu_A}(x) = \begin{cases} \dfrac{a}{b+a-x}, & eğer \quad x \leq b \ ise \\ 1, & eğer \quad b \leq x \leq c \ ise \\ \dfrac{d}{x-c+d}, & eğer \ x \geq c \ ise \end{cases}$$

olarak ifade edilen üyelik fonksiyonu tipine ait grafiksel gösterimi ise aşağıdaki gibi ifade edilir.



Şekil 1.13. *∏2 Tipi Üyelik fonksiyonu Gösterimi*

1.2.3. Küme İşlemleri

Kümelerle ilgili işlemler klasik ve bulanık küme işlemleri olarak ikiye ayrılabilir. Klasik kümelerle yapılan işlemler bulanık kümelerle de yapılabilmektedir ancak kendine ait bir dili olan bulanık küme teorisi çerçevesinde incelenir.

1.2.3.1. Klasik Küme İşlemleri

Klasik kümeler ile çeşitli temel işlemler yapılabilmektedir. Bu temel işlemler *birleşim, kesişim* ve *tümleme*dir. Klasik küme işlemleri, X evreninde tanımlanan A ve B kümeleri üzerinde, aşağıda kısaca açıklanmıştır (Sivanandam ve diğerleri, 2007: 12).

Birleşim: Klasik kümelerde birleşim $A \ U \ B$ olarak ifade edilir. Bu işlemin mantıksal yaklaşımı “veya”dır. Kümenin teorik formu aşağıdaki gibidir.

$A \ \cup \ B = \{x/x \in A \, veya \ \in B\}$

Bu ifadenin üyelik fonksiyonuyla gösterimi ise aşağıdaki gibi olacaktır (Tuş, 2006: 23).

$$\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = max\ (\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Keşişim: Bu işlem klasik kümelerde $A \cap B$ şeklinde gösterilmektedir. X evreninde tanımlı olan A ve B kümelerinde ki tüm elemanları içine alan bir ifadedir. Mantıksal olarak "ve" kavramıyla ifade edilir. Matematiksel gösterimi ise aşağıda verilmiştir.

$$A\ \cap\ B = \{x/x \in A\ ve\ \ \in B\}$$

Bu ifadenin üyelik fonksiyonuyla gösterimi ise aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = min\ (\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Tümleme: X evreninde tanımlı olan A kümesinin elamanı olmayan tüm elemanları içine alan kümeye tümleyen denir ve $\bar{A}$ olarak ifade edilir.

$$\bar{A} = \{x/x \notin A\ ve\ \ x \in\ X\}$$

Bu ifadenin üyelik fonksiyonuyla gösterimi ise aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 -\ \mu_A(x)$$

Burada A ve B klasik kümelerdir. $\mu_A(x)$ ve $\mu_B(x)$ ifadeleri, A ve B kümelerinin üyelik fonksiyonlarıdır ve 0 veya 1 değerini almaktadırlar. Klasik kümelerde yapılan birleşim, kesişim ve tümleme işlemlerinin sonuçları da yine klasik bir küme olarak sonuçlanır. $A \cap B$, $A \cup B$ ve $\bar{A}$ kümelerinin üyelik fonksiyonlarını temsil eden $\mu_{A\cap B}(x)$, $\mu_{A\cup B}(x)$ ve $\mu_{\bar{A}}(x)$ terimleri de yine sadece 0 ve 1 değerlerini alırlar. "$\wedge$" işareti minimum ve "$\vee$" işareti ise maksimum olarak anlaşılmalıdır.

Klasik kümelerde ifade edilmiş olan birleşim, keşişim ve tümleme işlemlerinin temel özellikleri aşağıda ifade edildiği gibidir (Dubois ve Prade, 1980: 15);

Değişme:	$A \cup B = B \cup A$
	$A \cap B = B \cap A$
Birleşim:	$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$
	$A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$
Dağılma:	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$
	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
Çift Değilleme:	$\bar{\bar{A}} = A$
Orta Terimin Yokluğu:	$A \cup \bar{A} = U$
Çelişmezlik Kuralı:	$A \cap \bar{A} = \emptyset$
Yansıma:	$A \cup A = A$
	$A \cap A = A$
Özdeşlik:	$A \cup \emptyset = A$
	$A \cap \emptyset = A$
	$A \cup X = X$
	$A \cap \emptyset = \emptyset$
De-Morgan:	$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}$

$$\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$$

Simetrik Fark: $(\bar{A} \cap B) \cup (A \cap \bar{B}) = (\bar{A} \cup \bar{B}) \cap (A \cup B)$

Yukarıda klasik kümeler için açıklanan kurallar, bulanık küme teorisinde de orta terimin yokluğu kanununun dışında tamamen geçerlidir.

1.2.3.2. Bulanık Küme İşlemleri

Geleneksel kümelerdeki mantık temelli işlemler bulanık kümelere de uygulanmaktadır. Temel küme işlemleri olan minimum, maksimum ve tümleme (değilleme) işlemleri de sıklıkla kullanılmaktadır.

Kesişim: $\mu_{\underset{\sim}{A} \cap \underset{\sim}{B}}(x) = min(\mu_{\underset{\sim}{A}}(x), \mu_{\underset{\sim}{B}}(x))$

Birleşim: $\mu_{\underset{\sim}{A} \cup \underset{\sim}{B}}(x) = max(\mu_{\underset{\sim}{A}}(x), \mu_{\underset{\sim}{B}}(x))$

Tümleme: $\mu_{\underset{\sim}{\bar{A}}}(x) = 1 - \mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$

Bulanık kümelerde de bahsi geçen işlemlerin tek tanımı yoktur. Bunun nedenlerinden birisi geliştirilen tanım ve işlem yöntemlerinin teorik bakış açılarıyla ve uygulamalardaki neticelerinde ortaya çıkan farklılıklardır. Mantık yaklaşımıyla ortaya çıkan tümel evetleme, tikel evetleme ve değilleme kavramları, bulanık mantık ve bulanık kümelerde de klasik kümelerdeki sonuçları yansıtmaktadır (Özkan, 2003: 22). Burada bulanık mantık dilinde bazı karşılıklar da ortaya çıkmıştır. Matematiksel olarak farklı fonksiyonlarla tanımlanan kesişim (tümel evetleme, t-eşleşmeleri) ve birleşim (tikel evetleme, s-eşleşmeleri) olarak klasik kümeyle özdeş sonuçlar vermektedir ve ayrıca s-eşleşmelerinin de t-eşleşmelerinin dualleri olduğu unutulmamalıdır (Tuş, 2006: 25).

Genel olarak, bulanık kümelerde iki tip işlemci bulunmaktadır. Bunlar t-norm ve t-conorm işlemciler olarak isimlendirilirler. Diğer yaygın isimleri ise, üçgen-norm ve üçgen- conormdur. Aslında bu iki işlemci klasik mantıktaki bazı işlemcilerin bulanık mantıkta ki karşılıklarıdır. t-norm klasik mantıkta "$\wedge$" (tümel evetleme/ ve) ve t-conorm da "$\vee$" (tikel evetleme/ veya) işlemcilerinin karşılığıdır. Bu işlemciler bulanık mantıkta modelleme amacıyla kullanılmaktadır. İşlemler yapılırken, yani modelleme gerçekleştirilirken genelde üyelik fonksiyonları devreye sokulmaktadır. Bununla birlikte, bulanık bir kümede bir A kümesinin tümleyeninin de bulanık olması nedeniyle klasik küme işlemlerinin temel varsayımlarından olan çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkelerinin iptal olduklarını tekrar hatırlatmakta fayda vardır. Çünkü bulanık bir kümenin değillemesinin (tümleme) sınırları da yine bulanıktır ve kısmen A kümesinin de elemanıdır. Bulanık küme işlemleri çeşitlilik arz etse de temelde tümleme, maksimum ve minimum işlemlerinin geliştirilmesiyle ortaya çıktıklarından esas alınan mantık bu işlemler üzerinde yoğunlaşmayı gerektirmektedir (Baykal ve Beyan, 2004: 91). Burada maksimum işlemi birleşim, minimum işlemi de kesişim işlemlerine karşılık gelir.

Bulanık küme işlemlerinin gerçekleştirilmesi için U evreninde tanımlı $\underset{\sim}{E}$ ve $\underset{\sim}{N}$ gibi iki bulanık küme ele alınarak ilgili işlemler aşağıda gösterilmiştir.

1.2.3.2.1. Bulanık Kesişim Kümesi

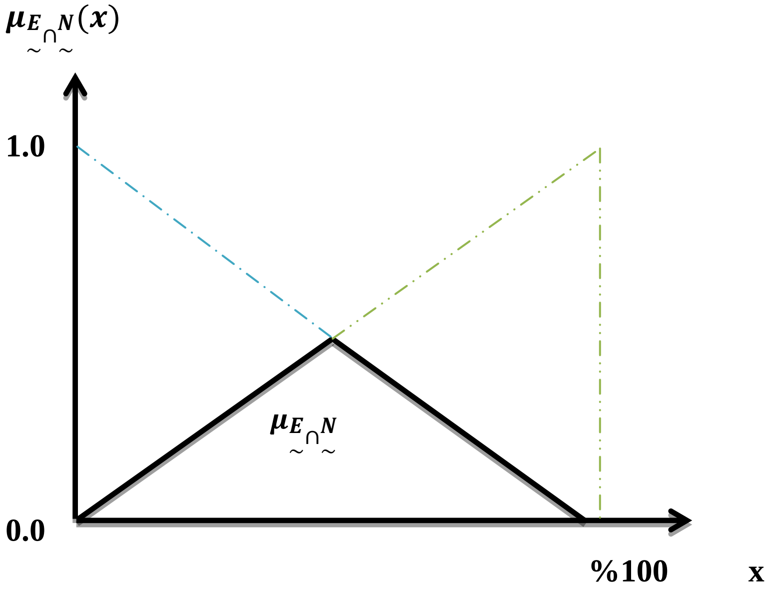
U evrensel kümesinde tanımlı olan $\underset{\sim}{A}$ ve $\underset{\sim}{B}$ gibi iki kümenin aynı özeliklerinin birlikte ifade edildiği daha dar bir alt küme oluşturulmasına bulanık kesişim kümesi denilmektedir. Kesişim işleminde, bu iki bulanık alt kümenin "ve" bağlacıyla birleştirilmesi söz konusudur. Klasik küme işlemlerinde kesişimi ifade eden "$\cap$" yerine bulanık küme işlemlerinde kesişim işlemi için "$\wedge$" simgesine başvurulur (Şen, 2009: 80-81). Yine de çoğu kaynakta bu görsel farklılığa pek önem gösterilmemektedir. $\underset{\sim}{E}$ ve $\underset{\sim}{N}$ bulanık kümelerinin kesişim işlemi $\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}$ veya farklı kaynaklarda $\underset{\sim}{E} \wedge \underset{\sim}{N}$ olarak da anlaşılan kesişim işleminde ortaya çıkan yeni bulanık kümenin üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}}(x) = \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \wedge \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)$$

veya

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}}(x) = \min\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)]\right]$$

olarak ifade edilir ve ***Şekil 1.13.***’te görüldüğü biçim de koordinat sisteminde ifade edildiği gibi üyelik fonksiyonu olarak gösterilebilir (Wang, 1997: 29-31).



Şekil 1.14. *Bulanık Kesim Kümesinin Üyelik Fonksiyonu Olarak Gösterimi*

Burada, $\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}$ kesişim kümesini üyelik fonksiyonuna dönüştüren eşitlik, $t: [0, 1] \text{x} [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple, kesişim işlemi kısaca t-eşleşmesi olarak da kabul edilir. Ayrıca bir t-eşleşmesinin, kesişim kümesi olarak kabul edilebilmesi için bazı aksiyomlar geçerlidir. Bunlar aşağıda ifade edilmiştir (Özkan, 2003: 22-23; Baykal ve Beyan, 2004: 101).

I. Sınır koşulu:

$$t(0, 0) = 0 \text{ ve } t\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x),\ 1]\right] = t\left[1, \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right] = \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)$$

II. Değişme Koşulu:

$$t\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right] = t\left[\mu_{\underset{\sim}{N}}(x), \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right]$$

III. Artan Olmama Koşulu

$\mu_{\tilde{E}}(x) \leq \mu_{\tilde{K}}(x)$ ve $\mu_{\tilde{N}}(x) \leq \mu_{\tilde{L}}(x)$ olduğu durumda aşağıdaki eşitliğin doyurulması gerekmektedir.

$$t\left[\mu_{\tilde{E}}(x), \mu_{\tilde{N}}(x)\right] \leq t\left[\mu_{\tilde{K}}(x), \mu_{\tilde{L}}(x)\right]$$

IV. Birleşme koşulu

$$t\left[\mu_{\tilde{E}}(x), \left(\mu_{\tilde{N}}(x), \mu_{\tilde{K}}(x)\right)\right] \leq t\left[\left(\mu_{\tilde{E}}(x), \mu_{\tilde{N}}(x)\right), \mu_{\tilde{K}}(x)\right]$$

V. Süreklilik Koşulu

t sürekli bir fonksiyondur.

VI. Tek kuvvet Özelliği

$$t\left(\mu_{\tilde{E}}(x), \ \mu_{\tilde{E}}(x)\right) = \mu_{\tilde{E}}(x)$$

Yukarıdaki koşulları sağlayan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Herhangi bir kesişim işleminin bir t-norm olduğu unutulmamalıdır ve *minimum* işlemcisini temsil etmektedir. Ayrıca, herhangi bir t-norm için bir t-eşleşmesi bulunur. İleride açıklanacağı üzere, bunun tersi olan birleşim işlemleri t-conorm olarak isimlendirilir ve karşılık olarak s-eşleşmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu işlem *maksimum* işlemcisidir (Wang, 1997: 41).

t-eşleşmelerinin bir kısmı parametrik bir kısmı ise parametrik olmayan türdedir. Hesaplama türü, ister parametrik olsun ister parametrik olmayan olsun, her iki yaklaşımda da birbirlerine denk sonuçlar vermektedir. Bahsi geçen t-eşleşme türleri aşağıda ifade edildiği gibidir (Özkan, 2003: 23-27; Baykal ve Beyan, 2004: 101-104);

Parametrik Olmayan t-eşleşmeleri;

a. *Cebirsel Çarpım:*

$$\mu_{\tilde{E} \cap \tilde{N}}(x) = \mu_{\tilde{E}}(x) \times \mu_{\tilde{N}}(x)$$

Bu işlemcinin diğer ismi ise olasılıkçı çarpımdır ve değişme, dağılma, eşitlik ve De Morgan kanunlarına uymaktadır. Bu işlem, yani kesişim "•"simgesiyle de temsil edilmektedir.

b. *Sınırlı Çarpım:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}}(x) = \max\left[0, \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) + \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) - 1\right]$$

Bu işlemcinin diğer adı Lukasiewicz çarpımıdır. Ayrıca, değişme, dağılma, eşitlik ve De Morgan kanunlarına uymaktadır. Bu işlem, yani kesişim"⊙" simgesiyle de temsil edilmektedir.

c. *Drastic Çarpım:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}}(x) = \begin{cases} \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\,; & eğer\ \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) = 1\ ise \\ \mu_{\underset{\sim}{N}}(x); & eğer\ \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) = 1\ ise \\ 0\,; & eğer\ \mu_{\underset{\sim}{E}}(x),\quad \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) < 1\ ise \end{cases}$$

Diğer ismi zayıf veya zorlayıcı çarpım olarak da bilinen bu işlemci, "Φ" simgesiyle de gösterilir.

d. *Minimum:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}}(x) = min\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)$$

e. *Einstein Çarpımı:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}}(x) = \frac{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)}{2 - \left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) + \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)}$$

Parametrik t-eşleşmeleri;

f. *Yager Sınıfı t- eşleşmesi(t_w):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cap \underset{\sim}{N}}(x) = 1 - \min\left\{1, \left[\left(1 - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right)^w + \left(1 - \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)^w\right]^{1/w}\right\}$$

w parametresi $w\epsilon(0,\infty)$ aralığında bir parametre olmakta ve w parametresi 0'a yaklaşırken drastic çarpıma, sonsuza giderken de minimuma yaklaşır. Ayrıca VI. aksiyom dışındaki tüm diğer aksiyomlara uymaktadır.

g. *Hamacher Sınıfı t-eşleşmesi (t_γ):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cap\underset{\sim}{N}}(x) = \frac{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)}{\gamma + (1-\gamma)\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) + \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)}$$

γ parametresi $\gamma\epsilon(0,\infty)$ aralığında değerler alabilmektedir.

h. *Frank Sınıfı t-eşleşmesi(ts):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cap\underset{\sim}{N}}(x) = log_s\left[1 + \frac{\left(s^{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)} - 1\right)\left(s^{\mu_{\underset{\sim}{N}}(x)} - 1\right)}{s-1}\right]$$

Burada s parametresi, s>0 ve s≠1 koşullarında bir gerçel sayıdır ve parametresi 0'a yaklaşırken minimuma, 1'e yaklaşırken cebirsel çarpıma ve sonsuza giderken sınırlı çarpıma yaklaşır.

i.*Dombi Sınıfı t-eşleşmesi (tλ):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cap\underset{\sim}{N}}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{1}{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)} - 1\right)^{\lambda} + \left(\frac{1}{\mu_{\underset{\sim}{N}}(x)} - 1\right)^{\lambda}\right]^{1/\lambda}}$$

λ parametresi $\lambda\epsilon(0,\infty)$ aralığındaki bir parametredir ve bu hesaplamada üyelik derecesi 0 olan bulanık küme elemanları dikkate alınmamaktadır, yani üyelik dereceleri sıfır kabul edilir.

j.*Dubois- Prade t-eşleşmesi (t_α):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cap\underset{\sim}{N}}(x) = \frac{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)}{\max\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x),\ \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\ \alpha\right)}$$

α parametresi $\alpha \in [0,1]$ aralığında bulunan bir parametredir. Yukarıdaki parametrik olan veya parametrik olmayan t-eşleşmeleri içerisinden elde edilen sonuçlarda en düşük eşleşmeyi (yani alt sınırı) drastic çarpım ve en yüksek eşleşmeyi (üst sınır) ise minimum işlemcisi oluşturmaktadır. Bu durum aşağıdaki gibi ifade edilebilir

$$Drastic\ Çarpım \leq t - eşleşmeleri\ \leq Minimum\ Çarpımı$$

1.2.3.2.2. Bulanık Birleşim Kümesi

U evreninde tanımlı iki bulanık küme olan $\underset{\sim}{E}$ ve $\underset{\sim}{N}$ kümelerinin birleşimi demek, hem $\underset{\sim}{E}$ kümesini hem de $\underset{\sim}{N}$ kümesini içine alan daha büyük bir bulanık kümeyi ifade etmektedir.

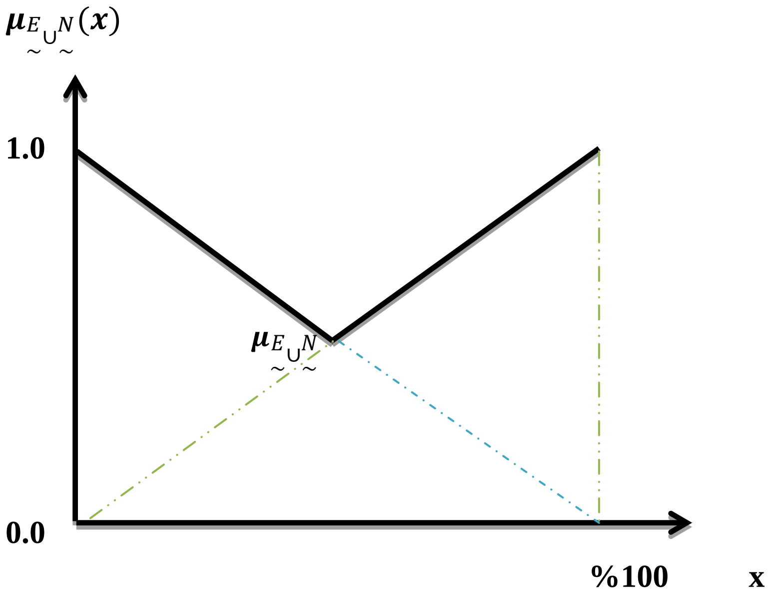
Burada iki veya daha fazla bulanık alt kümelerin en az biri tarafından diğerlerinin işgal edildiği bir durum söz konusudur. Bulanık birleşim kümesinin mantıksal yaklaşımı *"veya"* bağlacıdır. Bu işlemde, klasik kümelerde birleşimi ifade eden "∪" sembolü yerine, bulanık kümeler için çoğunlukla "∨" sembolüne başvurulur (Şen, 2009: 78). $\underset{\sim}{E}$ ve $\underset{\sim}{N}$ bulanık kümelerinin birleşim işlemiyle ortaya çıkan yeni bulanık kümenin üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cup \underset{\sim}{N}}(x) = \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \vee \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)$$

veya

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cup \underset{\sim}{N}}(x) = \max\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right]$$

olur. ***Şekil 1.15.***'te görüldüğü gibi koordinat sisteminde, üyelik fonksiyonuyla ifade edilebilir (Wang, 1997: 29-31);



***Şekil 1.15.** Bulanık Birleşim Kümesinin Üyelik Fonksiyonu Olarak Gösterimi*

Burada, $\underset{\sim}{E} \cup \underset{\sim}{N}$ kümesini üyelik fonksiyonuna dönüştüren eşitlik, $s: [0, 1]\text{x}\ [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple, kesişim işlemi kısaca s-eşleşmesi olarak da kabul edilir. Bir s-eşleşmesinin, kesişim kümesi olarak kabul edilebilmesi için gerekli olan bazı aksiyomlar vardır. Bunlar (Özkan, 2003: 27-28; Baykal ve Beyan, 2004: 98);

I. Sınır koşulu:

$s(0, 0) = 0$ ve $s\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x),\ 1\right] = s\left[1, \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right] = \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)$

II. Değişme Koşulu

$$s\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right] = s\left[\mu_{\underset{\sim}{N}}(x), \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right]$$

III. Artan Olmama Koşulu

$\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \leq \mu_{\underset{\sim}{K}}(x)$ ve $\mu_{\underset{\sim}{N}}(x) \leq \mu_{\underset{\sim}{L}}(x)$ olduğu durumda aşağıdaki eşitliğin doyurulması gerekmektedir.

$$s\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right] \leq s\left[\mu_{\underset{\sim}{K}}(x), \mu_{\underset{\sim}{L}}(x)\right]$$

IV. Birleşme koşulu

$$s\left[\underset{\sim}{\mu_E}(x),\left(\underset{\sim}{\mu_N}(x),\underset{\sim}{\mu_K}(x)\right)\right] \leq s\left[\left(\underset{\sim}{\mu_E}(x),\underset{\sim}{\mu_N}(x)\right),\underset{\sim}{\mu_K}(x)\right]$$

V. Süreklilik Koşulu

s sürekli bir fonksiyondur.

VI. Tek kuvvet Özelliği

$$s\left(\underset{\sim}{\mu_E}(x),\ \underset{\sim}{\mu_E}(x)\right) = \underset{\sim}{\mu_E}(x)$$

Yukarıdaki koşulları sağlayan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu işlemler s-eşleşmesi olarak ifade edilmektedir. Bulanık kesişim kümesinde olduğu gibi bulanık birleşim kümesinde de parametrik olan ve parametrik olmayan s-eşleşmesi çeşitleri bulunmaktadır. Bu s-eşleşmeleri aşağıda ifade edildikleri gibidir (Özkan, 2003: 28-31; Baykal ve Beyan, 2004: 101-104);

Parametrik Olmayan s-eşleşmeleri;

a. *Cebirsel Toplam:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cup\underset{\sim}{N}}(x) = \underset{\sim}{\mu_E}(x) + \underset{\sim}{\mu_N}(x) - \underset{\sim}{\mu_E}(x) + \underset{\sim}{\mu_N}(x)$$

Bu işlemcinin diğer adı olasılıkçı toplamdır ve değişme, dağılma, etkisiz eleman ve De Morgan kanunlarına uymaktadır. Bu işlem, yani kesişim; "‡" simgesiyle de temsil edilmektedir.

b. *Sınırlı Toplam:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cup\underset{\sim}{N}}(x) = \min\left[1\ ,\underset{\sim}{\mu_E}(x) + \underset{\sim}{\mu_N}(x)\right]$$

Bu işlemcinin diğer ismi Lukasiewicz toplamıdır. Değişme, dağılma, etkisiz eleman ve De Morgan kanunlarına uymaktadır. Bu işlem, yani kesişim"⊕"

simgesiyle de temsil edilmektedir. Ayrıca yutma ve dağılma özelliklerini kendinde barındırmayan bir işlemcidir.

c. *DrasticToplam:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cup\underset{\sim}{N}}(x)=\begin{cases}\mu_{\underset{\sim}{E}}(x); & eğer\ \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)=0\ ise\\ \mu_{\underset{\sim}{N}}(x); & eğer\ \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)=0\ ise\\ 1; & eğer\ \mu_{\underset{\sim}{E}}(x),\ \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)>0\ ise\end{cases}$$

Diğer ismi güçlü veya zorlayıcı toplam olarak da bilinen bu işlemci "Θ" simgesiyle de gösterilmektedir.

d. *Maksimum :*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cup\underset{\sim}{N}}(x)=max\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x),\mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)$$

e. *Einstein Toplamı:*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cup\underset{\sim}{N}}(x)=\frac{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)+\ \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)}{1+\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\ \mathrm{x}\ \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)}$$

Parametrik s-eşleşmeleri;

f. *Yager Sınıfı s- eşleşmesi(s_w):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E}\cup\underset{\sim}{N}}(x)=\ \min\left\{1,\left[\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right)^{w}+\ \left(\mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)^{w}\right]^{1/w}\right\}$$

Burada w parametresi $w\epsilon(0,\infty)$ aralığında bir değer olmakta ve 1'e eşit olduğunda sınırlı toplamadır. Sonsuza giderken de maksimuma yaklaşır. Ayrıca VI. aksiyom dışındaki tüm diğer aksiyomlara uymaktadır.

***g.** Hamacher Sınıfı s-eşleşmesi (s_γ):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cup \underset{\sim}{N}}(x) = \frac{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) + \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) - (2-\gamma)\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)}{1 - (1-\gamma)\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\right)}$$

γ parametresi $\gamma\epsilon(0,\infty)$ aralığında değerler alabilmektedir.

***h.** Frank Sınıfı s-eşleşmesi(s_s):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cup \underset{\sim}{N}}(x) = 1 - log_s\left[1 + \frac{\left(s^{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)} - 1\right)\left(s^{\mu_{\underset{\sim}{N}}(x)} - 1\right)}{s-1}\right]$$

Bu eşitlikte, *s* parametresi s>0 ve s≠1 koşullarını doyurmakta olan bir gerçel sayıdır.

***i.** Dombi Sınıfı s-eşleşmesi (s_λ):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cup \underset{\sim}{N}}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{1}{e(x)} - 1\right)^{-\lambda} + \left(\frac{1}{\mu_{\underset{\sim}{n}}(x)} - 1\right)^{-\lambda}\right]^{-1/\lambda}}$$

λ parametresi λ∈ $(0,\infty)$ aralığında bir parametre olarak kabul edilmektedir.

***j.** Dubois- Prades-eşleşmesi (s_α):*

$$\mu_{\underset{\sim}{E} \cup \underset{\sim}{N}}(x) = \frac{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) + \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \text{ x } \mu_{\underset{\sim}{N}}(x) - \min\left\{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(x), 1-\alpha\right\}}{\max\left(1 - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x),\ 1 - \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)\ \alpha\right)}$$

α parametresi $\alpha \in [0,1]$ aralığında bulunan bir parametredir. Yukarıda ki parametrik olan veya parametrik olmayan s-eşleşmeleri içerisinden elde edilen sonuçlarda en büyük eşleşmeyi (üst sınırı) drastic toplam ve en küçük eşleşmeyi (alt sınır) ise maksimum işlemcisi oluşturmaktadır. Bu durum aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$Drastic\ Toplam \geq s - eşleşmeleri\ \geq Maksimum\ İşlemcisi$

1.2.3.2.3. Bulanık Tümleyen (Değilleme) Kümesi

Eğer, $\underset{\sim}{N}$ kümesi $\underset{\sim}{E}$ kümesini kapsıyorsa, yani $x \in U$ için $\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \leq \mu_{\underset{\sim}{N}}(x)$ durumu geçerliyse $\underset{\sim}{E}$ kümesinin değillemesi (Wang, 1997: 29);

$$\mu_{\underset{\sim}{\bar{E}}}(x) = 1 - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)$$

olarak ifade edilmektedir.

Tümleyen kümesinin mantıksal karşılığı "*değil*"dir. Herhangi bir bulanık $\underset{\sim}{E}$ kümesinin "$\underset{\sim}{E}$ değildir" olarak ifadesi tümleyenidir yani tamamlayıcısıdır (Şen, 2009: 85). $\underset{\sim}{\overline{A}}$ olarak gösterilmektedir ve bu eşleşme $c: [0,1]x[0,1] \rightarrow [0,1]$ eşleşmesi olarak tanımlanmaktadır (Özkan, 2003: 31).

I. Sınır Koşulu

$$c(0) = 1, \qquad c(1) = 0$$

II. Monotonik Artmama

U evreninde tanımlı olan herhangi bir $\underset{\sim}{E}$ kümesinin x elemanına ait üyelik değerleri a ve b olmak üzere, eğer a<b ise, aşağıdaki eşitliğin doyurulması gerektiğini ifade etmektedir:

$$c\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x_a)\right] \geq c\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x_b)\right]$$

Sınır koşulu ve monotonik artmama, tümleme işlemi için gerekli iki ana koşuldur ancak bunların dışında farklı amaçlar için iki tane daha aksiyom eklenebilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004: 94-95). Bahsi geçen diğer aksiyomlar şunlardır (Özkan, 2003: 32);

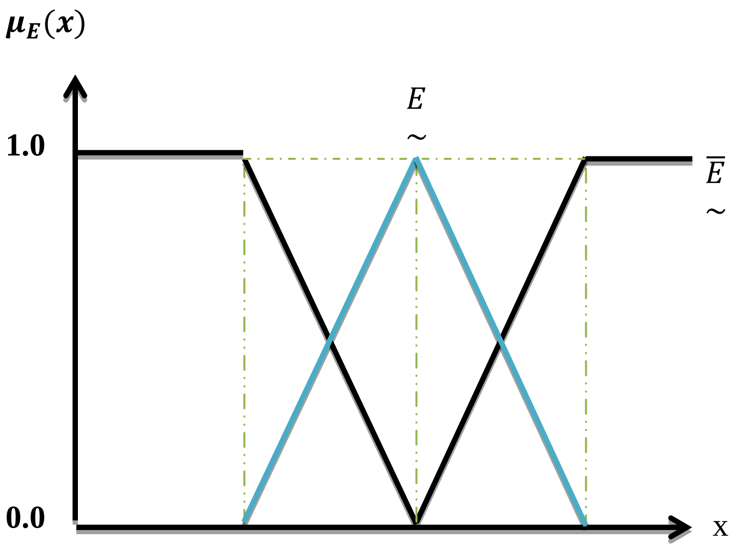
III. Süreklilik Koşulu

Bu koşul, herhangi bir $\underset{\sim}{E}$ kümesinin herhangi bir elemanının, aynı zamanda $\underset{\sim}{\overline{E}}$ tümleyen kümesinin de elemanı olduğunu ifade etmektedir.

IV. Çift Değilleme Koşulu

$$\boldsymbol{c}\left[\boldsymbol{c}\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right]\right] = \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)$$

Genel olarak bir $\underset{\sim}{E}$ kümesinin tümleyinin bulunması için 1'den çıkarılması yeterlidir. Bu durumu üyelik fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi grafiğe taşınabilir (Şen, 2009: 86);



Şekil 1.16. *Bulanık Tümleme Kümesinin Üyelik Fonksiyonu Olarak Gösterimi* ***(Kaynak:*** *Şen, 2009: 86)*

Yukarıda bahsi geçen aksiyomlar çerçevesinde geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılan tümleme işlemleri şunlardır (Özkan, 2003: 32);

a. *Değilleme Tümleyeni*

Herhangi bir U evreninde tanımlı $\underset{\sim}{E}$ bulanık kümesinin değilleme tümleyeni $\underset{\sim}{\bar{E}}$ olarak gösterilir ve aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$\mu_{\underset{\sim}{\bar{E}}}(x) = c\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right] = 1 - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \quad \forall\, x \in U$$

b. *Sugeno Sınıfı Tümleyen (λ- Tümleyeni)*

Herhangi bir U evreninde tanımlı $\underset{\sim}{E}$ bulanık kümesinin sugeno sınıfı tümleyeni $\underset{\sim}{\bar{E}}^{\lambda}$ olarak gösterilir ve aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$\mu_{\underset{\sim}{\bar{E}}}{}^{\boldsymbol{\lambda}}(\boldsymbol{x}) = c\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right] = \frac{1 - \mu_{\underset{\sim}{E}}(x)}{1 + \lambda\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)} \quad ; \qquad \forall\, x \in U$$

Burada λ parametresi $\lambda \in (-1, \infty)$ değer almaktadır ve tümleme derecesi olarak isimlendirilmektedir. λ değeri 0'a eşit olduğunda Sugeno tümleyeni değilleme tümleyenine eşit olmakta; λ değeri -1'e yaklaştığında ise Sugeno tümleyeni evrensel kümeye yaklaşmaktadır. Ayrıca bu durumlarda, çift değilleme kuralı da geçersizleşir. Son olarak λ sonsuza yaklaşırken Sugeno tümleyeni de boş kümeye yaklaşmaktadır.

c. *Yager Sınıfı Tümleyen (w- Tümleyeni)*

Herhangi bir U evreninde tanımlı $\underset{\sim}{E}$ bulanık kümesinin yager sınıfı tümleyeni $\underset{\sim}{\bar{E}}^{w}$ olarak gösterilir ve aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$\mu_{\underset{\sim}{\bar{E}}}{}^{\boldsymbol{w}}(\boldsymbol{x}) = c\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right] = \left(1 - \mu_{\underset{\sim}{E}}{}^{w}(x)\right)^{1/w} \quad ; \quad \forall\, x \in U$$

w parametresi $w \in (0, \infty)$ aralığında tanımlıdır ve 1'e eşitken Yager sınıfı tümleyen, değilleme tümleyenine eşittir.

1.2.4. Bulanık Kümelerin (Üyelik Fonksiyonlarının)Temel Özellikleri

Klasik kümelerde olduğu gibi bulanık kümelerde de bazı temel özellikler bulunmaktadır. Bir bulanık alt kümede üyelik dereceleri 1 olan elemanlara ***öz***, tüm elemanları içinde barındıran aralığa ***dayanak***, üyelik dereceleri 1 ya da 0'dan farklı olan kısımlara ise üyelik ***sınırı*** ya da ***geçiş bölgesi*** denir. Tüm üyelik fonksiyonlarında biri sağda diğeri solda olmak üzere iki tane geçiş bölgesi bulunmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004: 84);

$$\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) = 1 \quad \rightarrow \text{ö}\boldsymbol{z}$$

$$\mu_{\underset{\sim}{E}}(x) > 1 \quad \rightarrow \boldsymbol{dayanak}$$

$$0 < \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) < 1 \quad \rightarrow \boldsymbol{S\imath n\imath r}$$

Herhangi bir $\underset{\sim}{E}$ kümesinin destek (support), konvekslik (convexity), normallik (normality), kardinalite (cardinality), yükseklik, dışbükeylik, kartezyen çarpımı, α-kesiti (α-cut) ve m. kuvvet gibi özellikleri bulunmaktadır. Bunlardan kısaca aşağıda bahsedilmiştir.

1.2.4.1. Destek (Support) ya da Dayanak

U evreninde tanımlı bir $\underset{\sim}{E}$ kümesinin üyelik derecesi 0'dan büyük olan tüm elemanları içeren net diziye bu bulanık kümenin desteği denir (Wang, 1997: 26). $\underset{\sim}{E}$ kümesinin haliyle bir alt kümesi olan bu yeni kümeye destek kümesi de denir ve aşağıdaki gibi ifade edilir (Tuna, 1994: 14):

$$Supp\,\underset{\sim}{E} = Supp\left\{x \in U \,\middle|\, \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) > 0\right\}$$

Üyelik derecesi 0,5 değerine sahip her bir eleman ilgili bulanık kümenin *köprü (crossover)* noktaları olarak isimlendirilmektedir. Bu durum da, aynı zamanda daha önce de bahsedilen dayanak kavramını da ifade etmektedir.

1.2.4.2. Konvekslik (Convexity) veya Dışbükeylik:

U evrensel kümesi R^n boyutlu bir Öklid uzayı olduğunda, kümenin dışbükeyliği bulanık kümeye genelleştirilebilmektedir (Wang, 1997: 28). Bulanık kümelerde, konvekslik kavramı α-kesimi veya üyelik fonksiyonlarına göre tanımlanmaktadır (Özkan, 2003: 44). Bu kavram, özellikle eniyileme (optimizasyon) ve eniyileme ilgili problemler için önemli bir yere sahiptir (Zadeh, 1965: 346). Öklid vektör uzayında tüm α-kesimleri dışbükey durumda ise, ilgili α-kesim kümelerinin bulanık kümesi de dışbükeydir. Üyelik fonksiyonlarının sahip olması gereken iki özellikten birisi normallik diğeri ise dışbükeyliktir. Özetle, dışbükeylik, üyelik fonksiyonunun sürekli artan, sürekli azalan veya üçgen tipli bir görünüme sahip olmasıdır. Klasik kümelerde olduğu gibi belirlenebilmektedir. Yani bir bulanık kümedeki herhangi iki noktayı birleştiren bir doğru, bu iki nokta arasındaki her noktada kümenin elemanı ise bu bulanık küme dışbükeydir. Aksi durum söz konusu olduğunda ise buna içbükeylik geçerlidir (Baykal ve Beyan, 2004: 84). Kısaca, $x_1, x_2 \in U$ ve $\lambda \in [0, 1]$koşullarında matematiksel olarak dışbükeylik aşağıdaki gibi ifade edilir (Özkan, 2003: 44).

$$\mu_{\underset{\sim}{E}}[\lambda x_1 + [1 - \lambda]x_2] \geq \min\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x_1), \mu_{\underset{\sim}{E}}(x_2)\right]$$

1.2.4.3. Yükseklik Kavramı

U evreninde tanımlı bir $\underset{\sim}{E}$ kümesinin yüksekliği demek, üyelik derecesi kavramının en yüksek olduğu kısmı ifade etmektedir. Bir bulanık kümenin yüksekliği, herhangi bir noktada ulaştığı en büyük üyelik değeridir (Wang, 1997: 26). Başka bir ifadeye göre, yükseklik en küçük en üst sınırla belirlenmektedir (Tuna, 1994: 14). Bu ifade aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Özkan, 2003: 39);

$$Sup\, \underset{\sim}{E} = Sup\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right]; \quad \forall\, x \in U$$

1.2.4.4. Normallik (Normality)

Yüksekliğin 1'e eşit olması durumunda $\underset{\sim}{E}$ kümesi normaldir (Çevik ve Yıldırım, 2010: 17). Yüksekliği 1'in altındaki kümelere ise bulanık altı küme denilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004: 84). Boş olmayan her normalaltı bulanık küme, her bir üyelik derecesi, tanımlı en büyük üyelik derecesine bölünerek normalleştirilebilmektedir (Bojadziev and Bojadziev, 1995: 114). Bu işlem aşağıda gibi formüle edilmiştir (Özkan, 2003: 39);

$$NORM\left(\underset{\sim}{E}\right) = \frac{Sup\left[\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)\right]}{\mu_{\underset{\sim}{E}}(x)} \quad ; \quad \forall\, x \in U$$

1.2.4.5. Kardinalite (Cardinality)

Bu kavram, bulanıklıktan arındırma (durulama), alt küme olma derecesi gibi bazı özelliklerin ifade edilmesi ve tanımlanmasında kullanılır. Sonlu U evrensel kümesindeki herhangi bir $\underset{\sim}{E}$ kümesinin kardinalitesi her bir elemanın üyelik derecelerinin toplanmasından başka bir şey değildir (Özkan, 2003: 41). Unutulmaması gereken bir ayrıntı da şudur ki; $\underset{\sim}{E}$ kümesinin elemanları sayılabilmektedir ancak bu bulanık küme yine de sonsuzdur (Dadios, 2002: 82). Kardinalite matematiksel olarak aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (Zimmermann: 1993: 12);

$$Card\left(\underset{\sim}{E}\right) = \sum_{i}^{n} \mu_{\underset{\sim}{E}}(x_i)$$

1.2.4.6. Kartezyen Çarpımı

Özel bir durum olarak, binary (ikili) bulanık ilişkileri olan kümeler arasındaki ilişki klasik kümelerde kullanılan net kümelerin Kartezyen çarpımları gibi ifade edilebilmektedir (Wang, 1997: 52). $\underset{\sim}{E}$, $\underset{\sim}{N}$ ve $\underset{\sim}{K}$ kümeleri sırasıyla U_1, U_2 ve U_3 evrenlerinde tanımlı ve her bir bulanık kümenin sırasıyla birer elemanı da x, y ve z olsun. Bu durumda, bu bulanık kümelere ait Kartezyen çarpım kümesi aşağıda ki gibi ifade edilecektir (Özkan, 2003: 37-38);

$$\mu_{U_1 \mathrm{x} U_2 \mathrm{x} U_3}(x, y, z) = \min\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(y), \mu_{\underset{\sim}{K}}(z)\right), \quad x \in U_1, y \in U_2, z \in U_3$$

1.2.4.7. α-kesimi (α-cut)

α-kesimi, bulanık mantığı matematiksel morfolojiye 1988 yılında ilk uygulayan Kaufmann tarafından bulanık küme işlemleri için önerilmiş bir tekniktir (Pasha, 2006: 29). α-kesimi, tanımlanmış bulanık bir küme kullanılarak yeni net bir küme oluşturmak için sıklıkla faydalanılan bir yöntemdir (Tomsovic, 1992: 288). Ortaya çıkan yeni alt küme artık bulanık değildir (Yalçın Seçme, 2005: 10). α-kesimi bir bulanık kümenin desteğinin daha genişletilmiş halinden başka bir şey değildir (Tuna, 1994: 14). α-kesim kümesi, belirlenen herhangi bir α değerine eşit veya daha büyük üyelik fonksiyonlarına sahip bulanık küme elemanlarını içine alan yeni bir kümedir ve α seviyesi her değiştiğinde yeni bir küme daha oluşmuş olacaktır (Türe, 2006: 12). Özetle, $\alpha_1 < \alpha_2$ olduğunda, $E_{\alpha_1} \subseteq E_{\alpha_2}$ yani kapsama ilişkisi ortaya çıkar ve eleman sayısı daha az olan yeni bir klasik küme oluşur (Özkan, 2003: 42). α-kesim kümesini matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilir (Tuna, 1994: 14);

$$E_\alpha = \left\{x \in U \;\middle|\; \mu_{\underset{\sim}{E}}(x) \geq \alpha\right\} \text{ ve } \alpha \in (0,1]$$

ayrıca, $\alpha = 0$ için $E_\alpha = Supp\left(\underset{\sim}{E}\right)$ dir. Yine, $\alpha = 1$ durumunda kernel kümesine denktir. Kernel kümesi, bulanık kümeye tam üye olan, üyelik dereceleri 1'e eşit elemanların oluşturduğu kümenin ismidir (Özkan, 2003: 40).

1.2.4.8. Bir Bulanık Kümenin m. Kuvveti

Bir bulanık kümenin m. kuvveti,

$$\mu_{\underset{\sim}{E}}^{m}(x) = \left[\mu_{\underset{\sim}{E}}\right]^{m}$$

olarak ifade edilmektedir (Tuna, 1994: 19).

1.3. BULANIK SAYILAR

Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir altkümesidir. Bulanık kümelerde uygulanan tüm işlemler bulanık sayılarda da uygulanabilir (Coşkunırmak, 2010: 32). Yüksekliği 1'e eşit olan bulanık kümelere normal bulanık küme denilmektedir (Özkan, 2003: 37). Normal ve aynı zamanda dışbükey olan bir bulanık küme için, eğer zayıf α-kesim kümesi kapalı bir aralıksa *bulanık sayı* olarak isimlendirilmektedir. Bu bulanık sayının üyelik fonksiyonu zayıfsa, zayıf α-kesim kümesi kapalı bir aralıkta olacaktır. Ayrıca, bir kapalı aralık elde etmek için bulanık sayının sürekli olmasının da gerekli olmadığı unutulmamalıdır (Yapıcı, 2000: 19). Çünkü bulanık sayı, üyelik fonksiyonu parçalı sürekli olan gerçek bir doğrunun konveks normalleştirilmiş (yani yüksekliği 1'e eşitlenmiş) bir bulanık kümesidir (Sakawa, 1993: 13).

Kısaca özetlenirse, bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı- sürekli üyelik fonksiyonuna sahip ve gerçel sayılarda tanımlanmış olan bulanık bir kümedir. Tıpkı bulanık kümeler gibi bulanık sayılarda üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanırlar (Baykal ve Beyan, 2004: 223). Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanırlar. Bu sebeple üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi bulunmaktadır (Erdin, 2007: 51). Tüm bulanık sayılar bir bulanık kümedir ancak her bulanık küme bulanık bir sayı değildir. Bulanık bir kümenin, bulanık bir sayı olabilmesi için sahip olması gereken bazı özellikler vardır. Bunlar (Özkan, 2003: 59);

- Bulanık küme, normal bir bulanık küme olmalıdır.
- Bulanık küme, dışbükey bir bulanık küme olmalıdır.
- Bulanık kümenin destek kümesi sınırlı olmalıdır.

- Bulanık kümenin her bir α-kesimi, gerçel sayı doğrusunun kapalı bir aralığında tanımlanmış olmalıdır.

Bulanık bir kümenin herhangi bir elemanının değeri, kesin olmayan fakat sınırlandırılmış bir şekilde ifade edilmektedir ve buna bulanık aralık denilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004: 224). Bulanık sayılarda işlem yapmanın kökleri bulanık aralığa dayanmaktadır ve tolerans belirlemeye eşdeğerdir. Bu durum, istatistikte güven aralığı kavramına benzemektedir (Özkan, 2003: 61). Aralık belirleme, bulanık mantık işlemlerinde önemli bir kavramdır. Günlük hayatta bilinçaltında birçok kez karar verirken aslında bireyler tarafından bu aralık kavramı kullanılmaktadır. Örneğin bir yemek tarifinde herhangi bir malzemenin “180 gr” eklenmesi gerekmektedir tavsiyesi yerine “175-200 gr” arasında eklenmelidir ifadesi daha uygun sonuçlar ortaya çıkarabilir. İnsanlar, günlük hayatta karşılaştıkları birçok problemle daha önceden tecrübe ettikleri mantıksal güdülemeyle yaklaşık çözümler bulmaktadırlar. Mesela, bir malın fiyatı yaklaşık olarak ₺100 ve başka bir malın fiyatı da yaklaşık olarak ₺80 olduğu görüldüğünde, yaklaşık olarak ₺80 olan malın daha ucuz olduğu kanaatine varılmaktadırlar (Şen, 2009: 99).

Yapılan birçok çalışmada, özellikle üçgen ve yamuk tipli bulanık sayılar kullanılmaktadır. Bu tercihin nedeni ise, bulanık sayılar belirlenirken bu tipteki üyelik fonksiyonların tercih edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Bulanık mantıkla karar almada, kriterler ve alternatiflerin aldıkları son değerler, bulanık sayı olarak ortaya çıkmaktadır. Karar verebilmek için bu bulanık sayıların sıralanmasına ihtiyaç duyulur. Bu amaçla bulanık sayıların sıralanması üzerine birçok araştırma yapılmış ve değişik yöntemler ortaya konmuştur. Bu yöntemlerin her birinin avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Literatürde yer alan sıralama metotlarından bazıları sezgisel sıralama, bulanık ortalama değer ve sapma, α-kesme metodu ve son olarak sıralama metodu olarak sayılabilir (Göksu ve Güngör, 2008: 3).

Yine de, bulanık sayılarla yapılan işlemlerde, özellikle α-kesimi ve genişleme kurallarına sıklıkla rastlanmaktadır (Özkan, 2003: 64). İki yöntemde aslında aynı sonuçları vermektedir. Gerek α-kesim yöntemi gerek genişleme kuralı ile yapılan toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri birbirlerine eşdeğer sonuçlar vermektedir. Aşağıda bulanık sayılarda kullanılan bu iki yöntemden kısaca bahsedilmiştir.

1.3.1. Bulanık Sayılarda α- Kesimi (α-cut)

α-kesimi ile bulanık bir kümeden bulanık olmayan yeni bir küme elde edildiğinden daha önce bahsedilmişti. Aynı yöntem bulanık sayılara da uygulanabilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004: 224). α değeri, bulanık mantık kavramında kesim katsayısı olarak da adlandırılır. E_α sayısı üzerinde herhangi bir α-kesim aralığı E_α olarak belirtildiğinde bu aralık,

$$E_\alpha = \left[e_1{}^{(\alpha)}, e_3{}^{(\alpha)}\right]$$

olarak tanımlanmaktadır (Güneş, 2006: 44).

$e_1{}^\alpha$ ve $e_3{}^\alpha$ sayıları e_2 normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst sınır değerleridir. $e_1{}^\alpha$ ve $e_3{}^\alpha$ değerleri aşağıdaki formüllerle elde edilebilmektedir:

$$\frac{e_1{}^\alpha - e_1}{e_2 - e_1} = \alpha$$

$$\frac{e_3 - e_3{}^\alpha}{e_3 - e_2} = \alpha$$

Yukarıda ifade edilen formüllerden E_α aralığı kolaylıkla belirlenebilmektedir. Özetle, ∀∈ [0,1] için $E_\alpha = [e_1{}^\alpha, e_3{}^\alpha]$ aralığında ifade edilen $e_1{}^\alpha$ ve $e_3{}^\alpha$ aşağıda gösterildiği gibi bulunur (Kaya, 2010: 39),

$$e_1{}^\alpha = \alpha(e_2 - e_1) + e_1$$

$$e_3{}^\alpha = e_3 - \alpha(e_3 - e_2)$$

Bulanık kümelerde yapılan toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri α-kesimlerine göre elde edilen bulanık sayılar üzerinde de gerçekleştirilebilmektedir ve bu işlemler her α-kesim seviyesinde yine geçerlidir. Bahsi geçen yukarıda ki dört temel işlem aşağıda ki gibi ifade edilebilir.

Herhangi birer $\underset{\sim}{E}$ ve $\underset{\sim}{N}$ bulanık sayılarını α-kesimleri $E_\alpha = \left[e_1{}^{(\alpha)}, e_2{}^{(\alpha)}\right]$ ve $N_\alpha = \left[n_1{}^{(\alpha)}, n_2{}^{(\alpha)}\right]$ olarak ifade edildiğinde toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri hatırda kalıcılık sağlaması için sırasıyla P_α , R_α , S_α ve T_α ifade edilmek üzere (Özkan, 2003, 67);

Toplama:

$$(E + N)_\alpha = E_\alpha + N_\alpha = P_\alpha$$
$$(E + N)_\alpha = P_\alpha = E_\alpha + N_\alpha = \left[e_1{}^{(\alpha)} + n_1{}^{(\alpha)} \;, e_2{}^{(\alpha)} + n_2{}^{(\alpha)}\right]$$
$$= [\quad p_1{}^{(\alpha)} \quad , p_2{}^{(\alpha)}]$$

Çıkarma:

$$(E - N)_\alpha = E_\alpha - N_\alpha = R_\alpha$$
$$(E - N)_\alpha = R_\alpha = E_\alpha - N_\alpha = \left[e_1{}^{(\alpha)} - n_1{}^{(\alpha)} \;, e_2{}^{(\alpha)} - n_2{}^{(\alpha)}\right]$$
$$= [\quad r_1{}^{(\alpha)} \quad , r_2{}^{(\alpha)}]$$

Çarpma:

$$(E \text{ X } N)_\alpha = E_\alpha \text{X } N_\alpha = S_\alpha$$
$$(E \text{ X } N)_\alpha = S_\alpha = E_\alpha \text{ X } N_\alpha = \left[e_1{}^{(\alpha)} \text{ X } n_1{}^{(\alpha)} \;, e_2{}^{(\alpha)} \text{ X } n_2{}^{(\alpha)}\right]$$
$$= [\quad s_1{}^{(\alpha)} \quad , s_2{}^{(\alpha)}]$$

Bölme:

$$(E \div N)_\alpha = E_\alpha \div N_\alpha = T_\alpha$$
$$(E \div N)_\alpha = T_\alpha = E_\alpha \div N_\alpha = \left[e_1{}^{(\alpha)} \div n_1{}^{(\alpha)} \;, e_2{}^{(\alpha)} \div n_2{}^{(\alpha)}\right]$$
$$= [\quad t_1{}^{(\alpha)} \quad , t_2{}^{(\alpha)}]$$

şeklinde yazılabilir.

1.3.2. Bulanık Sayılarda Genişleme Kuralı

Genişleme kuralı, α-kesim kuralıyla elde edilen sonuçların dengini veren alternatif bir yöntemdir. α-kesim yöntemiyle yapılabilen dört temel işlem genişleme kuralı ile de yapılabilmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir husus şudur ki; her bir bulanık sayı, bulanık ifadenin içinde yalnızca bir kere kullanılıyorsa, iki yöntem de yukarıda ifade edildiği gibi birbirlerine denk sonuçlar verir. Ancak bulanık bir sayı, bulanık ifadenin içinde birden fazla kullanılıyorsa iki yöntem farklı sonuçlar verebilir (Kocatürk, 2007: 18).

α-kesim yönteminde ifade edildiği gibi sırasıyla toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri P_α , R_α , S_α *ve* $T_\alpha$olarak ifade edilmek üzere;

Toplama:

$$\mu_{\underset{\sim}{P}}(x) = \max_{z=x+y} \min\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(y)\right)$$

Çıkarma:

$$\mu_{\underset{\sim}{R}}(x) = \max_{z=x-y} \min\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(y)\right)$$

Çarpma:

$$\mu_{\underset{\sim}{S}}(x) = \max_{z=x \, \mathrm{x} \, y} \min\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(y)\right)$$

Bölme:

$$\mu_{\underset{\sim}{T}}(x) = \max_{z=x \div y} \min\left(\mu_{\underset{\sim}{E}}(x), \mu_{\underset{\sim}{N}}(y)\right)$$

olmaktadır (Özkan, 2003, 76) .

II. BÖLÜM

HEDEF PROGRAMLAMA

Karar vericiler, ticari ve endüstriyel sorunların yorumlanmasında, analizinde ve sonuçta bir karara varılmasında çeşitli yöntemler izlemek durumundadırlar. Gelişen teknolojiler işletmeleri de bir değişim hareketinin içine çekmiştir. Karar alma birimleri, karar verme sürecinde kendileri için en iyi hamleleri yapabilmekle mükelleftirler. Bunun içinse gerek kendi bilim alanlarından ve gerekse diğer bilim alanlarından organizasyonlarına uygun yöntem ve teknikleri kendi sistemleriyle entegre etmek zorundadırlar. Bu entegrasyon dâhilinde *yöneylem araştırması* bilim dalı, endüstri kolları için önemli bir yere sahiptir. Temelleri askeri hareketlere dayanıyor olmasına rağmen, organizasyonlarda ve işletmelerde büyük bir kullanım alanı mevcuttur (Özkan, 2010: 1). Birçok akademisyen ve araştırmacının da sahip olduğu genel kanı; kâr maksimizasyonu ya da maliyet minimizasyonu amaçlarının, günümüz hedefleri için tek başlarına yeterli olarak kabul edilmediğidir (Tütek ve diğerleri, 2012: 377). Karmaşık sistemler, karmaşık ve çoklu problemleri beraberinde getirmiştir. Problem veya hedeflerin karmaşıklığı, karar vericiyi, sadece klasik teknikleri kullanmanın yanında, sorunu iyice kavrayabilmek ve irdeleyebilmek için, görgüsünü ve bilgisini kullanmak zorunda bırakmaktadır. Sorunlar ve amaçlar bazen birbiri ile paralel olurken bazen de birbirleriyle çatışma içinde olabilir (Ediz ve Yağdıran, 2009: 49). Rasyonel bir çözüm için kendi görgüsünün dışında mutlaka güncel metotların da kullanılması gerekmektedir. Çoğu zaman karar vericinin ilk kararı doğru olabilir ancak bu her zaman geçerli olmayabilir (Demir ve Gümüşoğlu, 2009: 76). Bu sebeple, kararlar verilirken değişik metotlar izlenmesi ve olaylara değişik perspektiflerden bakılması gereklidir.

Yeni ya da yerleşik piyasalara giriş-çıkış trafiğinin bir hayli hızlı olduğu günümüzde, organizasyonların faaliyette bulundukları pazarlar veya pazarlarda varlıklarını devam ettirebilmeleri, karlılıklarını artırabilmeleri ya da koruyabilmeleri bunlara ek olarak sürekliliklerini devam ettirebilmeleri bir hayli zordur. Bu zorluğun sebepleri çeşitlilik arz etmektedir. Ayrıca, gerek işletme içi gerekse işletme dışı birçok etkeni de barındırmaktadır. Bu parametreler, çevre adı altında toplanabilir. Çevre, karmaşık bir yapıya sahiptir ve birçok faktörden etkilenir ki bunlar; iç çevre ve dış çevre faktörleri olarak isimlendirilir. Çalışanlar, tedarikçiler vb. faktörler iç çevreye; ekonomik istikrar, hükümet politikaları, yerel ve dünya piyasaları vb. otoriteler ve şeyler de dış çevreye örnek olarak verilebilir.

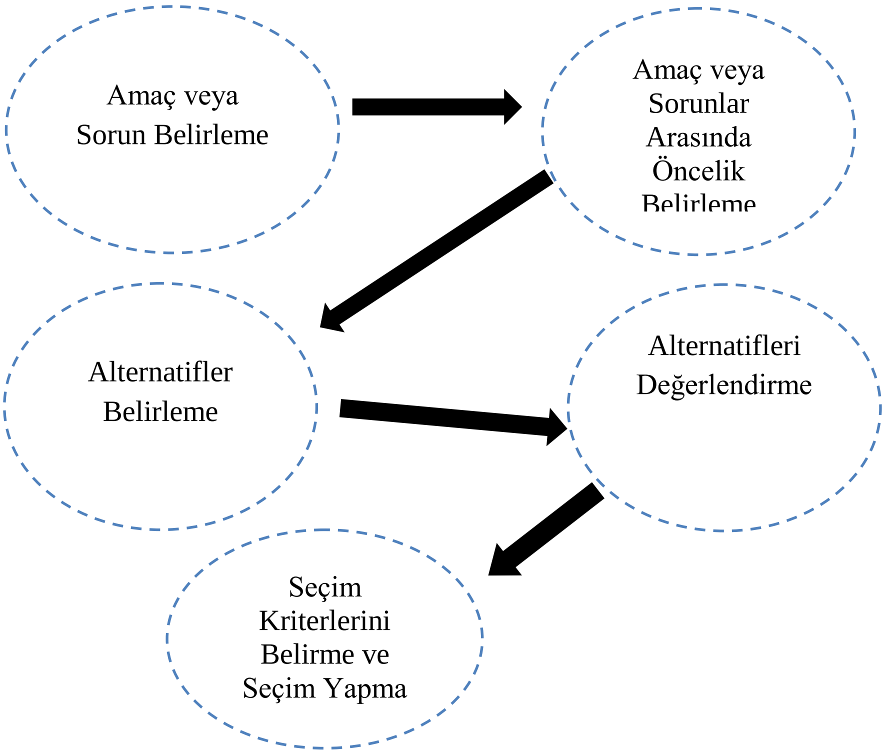
Çok uluslu işletmelerin dünyanın hemen hemen her yerinde faaliyet gösterebiliyor olmaları ve güçlü sermaye yapıları, yerel ya da ulusal piyasalardaki işletmelerin varlıklarını sürekli tehdit etmektedirler. Tehdit sadece çok uluslu ya da büyük ölçekli işletmelerden, orta ya da küçük ölçekli işletmeler üzerine yönlendirilmiş bir vektör durumunda değildir. Nihayetinde, bu büyük işletmeler de yeni bir pazara girmekte ve o pazarın kriterlerinde kendine yer edinmek durumundadır.

Her örgütün amacı temelde verimliliğini artırmaktır. Verimlilik kavramı, incelendiği bilimden bilime, hatta amaca veya hedefe göre bile farklılık göstermektedir. Genel anlamda verimlilikten kastedilen, üretim miktarının o üretim miktarını üretmek için kullanılan faktörlerin oranını belirleme işlemidir (Can, 2005: 350). Başka bir ifadeye göre ise, en az girdiyle en çok çıktıyı elde etmektir. Organizasyonlar, gelişmiş teknolojileri de kullanarak, girdilerinin randımanını artırarak, emek girdisini daha etkin kullanarak ve daha aktif bir örgüt yapısı oluşturarak verimliliklerini artırmayı hedeflerler (Bingöl, 2006: 15). Organizasyonlar, insanlar tarafından yönetildiği için birçok aşamada da bu metaforu kullanmaktadırlar. Bir insan, yaşamında kısa, orta ve uzun hedeflere sahiptir ve bu hedeflere ulaşmak için çeşitli kararlar almak durumundadır. Organizasyonlar da insanlar tarafından yönetilen bir yapı olduğu için, bu tipik davranışları sürekli devam ettirmektedirler. Her sürecin, her organizasyonun ve her bireyin hedefleri bulunmaktadır ve bu hedeflere ulaşmak için karşı karşıya kalınan problemlerde veya yol ayrımlarında karar verme zorunlulukları bulunmaktadır.

Organizasyonun hangi aşamasında olunursa olunsun, ister alt, ister orta, ister üst kademe yada ister kişiler, ister gruplar arası olsun mutlaka karar vermek durumuyla karşılaşılır. Bu durum organizasyonların dinamik bir yapıda bulunmalarından ve sürekli hem kendi içlerinde hem de organizasyon dışında hareketliliğin ve değişimin olmasından kaynaklanmaktadır. Matematiksel modeller, karar verme birimlerine bu süreçte destek sağlamakta kullanılırlar. Yine de karar vermek kolay bir süreç değildir. Bunun nedenlerin içinde belirsizlik ve genelde alınan kararın ya da hedefin tek olmamasıdır (Ulucan, 2007: 329).

Esasında karar verme, bir amaca ulaşabilmek için eldeki olanak ve koşullara göre mümkün olabilecek tüm alternatif faaliyetler içinden en uygun olanı seçmektir. Karar vermenin, bir anda ortaya çıkan bir olgu değil aksine çeşitli aşamalardan geçerek oluşan bir süreç olduğu kabul edilmektedir (Köse, 2012: 7-10).

Karar verme süreci aşağıda **Şekil 2.1.**'de gösterildiği gibi kabul edilebilir (Koçel, 2007: 61);



Şekil 2.1. *Karar Verme Sürecinin Adımları* ***(Kaynak:*** *Koçel, 2007: 6)*

DP tekniğinin kullanıldığı çoğu çalışmada, belirli kısıtlamalara maruz kalmış tek bir hedef bulunmaktadır (Erdin, 2007: 84). HP ise, tek bir amaç veya hedef problemi olan bir DP modeli yerine, amaçları ve hedefleri birden fazla olan DP problemlerinde uygulanan bir tekniktir. Esasında DP modelinde amaç fonksiyonu, temelde tek bir ölçekle ölçülendirilmektedir (Halaç, 2001: 503). Karın en büyüklenmesi ya da maliyetin en küçüklenmesi gibi. HP modelinde klasik DP'nin amaç fonksiyonunun maksimize veya minimize yapılmasının yerine, bir yada birden fazla sayıdaki her bir amaç için belirlenen hedef değerlerine ulaşılması amaçlanır (Umarusman ve Güneş, 2013: 1). Böylece, eşanlı ve birbiriyle çakışan birden fazla çözüm kümesi içinden en tatmin edici çözümü araştırmacıya sunar (Mezghani ve diğerleri, 2012: 583).

HP temelde, birden çok olan amaçların her birisi için spesifik sayısal hedef belirlemek, ardından her bir amaç için amaç fonksiyonu oluşturmak ve amaçlardan sapmaların en küçük olduğu bir çözüm elde etmektir (Öztürk, 2009: 253). Amaç fonksiyonunun belirlenmesinde ve parametrelerin oluşturulmasında kesinlik bulunmamaktadır. Bu sebeple, olasılık dağılımı, ceza fonksiyonu ve bulanık mantık (bulanık sayılar) HP için oldukça uygundur ve bunlardan sıklıkla yararlanılmaktadır (Akdeniz ve Aras, 2010: 8). HP'de temel düşünce, orijinali çok amaçlı olan problemi tek amaçlı probleme dönüştürmek, ancak bütün amaçlar için de bir **etkin çözüm** elde etmektir (Taha, 2007: 343). Ayrıca, HP'de DP'de olduğu gibi amaç fonksiyonunun boyutsal bir kısıtlaması bulunmamaktadır (Akın; 2011: 18). Çoğu alanda, çok amaçlı problemler doğal olarak ortaya çıkmaktadır. Bu problemlerin çözümlenmesi için yöneylem araştırması ve diğer alanlarda hatırı sayılır çeşitlilikte teknikler geliştirilmiştir. Çözümlerin karmaşıklığı alternatif yaklaşımlara ihtiyaç duyulmasını da tetiklemiştir (Kaya, 2010: 44). Yukarıda ifade edildiği gibi bulanık mantık kavramı da bu yeni yaklaşımlardan bir tanesidir.

2.1. HEDEF PROGRAMLAMANIN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

2.1.1. Hedef Programlamanın Tanımı

HP ile ilgili birçok tanım yapılmaktadır. Bunlardan bir kısmı aşağıda verilmiştir.

- HP, belirlenen kısıtlayıcılar altında, amaç ölçütünü doğrudan maksimum ve minimum kılmaktan daha çok; hedeflerin kendi içinde sapmalarını minimum kılmayı konu alan bir tekniktir.

- HP, hedefler ve bu hedefler arasındaki sapmaları minimum yapmayı amaç edinen bir tekniktir.

- HP, çok kriterli karar problemlerinin çözümü için uygulanan bir tekniktir.

- HP, çok alt hedefi olan çok hedefli problemler gibi çok alt hedefli tek bir hedefi amaçlayan karar problemlerinin çözümünde kullanılan DP modelinin geliştirilmiş özel bir durumudur (Öztürk, 2009: 274-275).

- HP, çok sayıda hedef veya amacın bulunduğu DP problemleri için geliştirilmiş bir tekniktir (Halaç, 2001: 503).

- Çok amaçlı problemlerin çözümü için geliştirilen HP birden fazla hedefin aynı anda ele alınmasına imkân sağlayan bir tekniktir (Akman; 2009: 26).

- HP, çok sayıda hedef veya amaçların bulunduğu doğrusal programlama problemlerine uygulanan bir yöntemdir. Doğrudan amaçları optimize eden DP modelinden farklı olarak, hedef değerler ve gerçekleşmiş sonuçlar arasındaki sapmaları minimize ederek, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır (Gülenç ve Karabulut, 2005: 57).

- HP, çok amaçlı programlama modellerinin özel bir çeşididir (Özkan, 2003: 174).

HP, matematiksel programlama türlerine göre, *DP, tam sayılı programlama, doğrusal olmayan HP* olarak sınıflandırılabilmektedir (Öztürk, 2009: 275). Buradan anlaşılacağı üzere, genel olarak yöneylem araştırması alanında gerçekleşen programlama türleri özetle HP ailesinin birer fertleridir denilebilir. Bunlar dışında ifade edilebilecek birçok uzantı bulunmaktadır. Örneğin, *stokastik HP, kesirli HP, interaktif HP, şans kısıtlı HP, MINMAX HP, aralıklı HP* ve *BHP* eklenebilir (Kaya, 2007: 45).

HP'nin güncel birçok endüstrideki amaçlarla ve hedeflerle teorik olarak uyuştuğu için uygulama alanı da çok çeşitlidir. Bunlardan sadece küçük bir kısmı aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Reklam programlarının planlaması
- İşgücü planlaması
- Üretim planlaması
- Akademik planlama
- Finansal planlama
- Ekonomik politika analizleri
- Ulaştırma ve lojistik
- Pazarlama stratejileri planlaması
- Çevrenin korunması
- Sağlık hizmetleri planlaması
- Kısıtlayıcı kaynakların optimal dağıtımının planlaması
- Kuruluş yeri seçimi
- Kamu sektöründe bulunan firmalarda ve kar amaçlı olmayan işletmelerde politika analizlerinin yapımı (Tütek ve diğerleri, 2012: 377).
- Enerji/ su kaynakları
- Radar sistemi ve deniz radarı sistemi projeleri
- Orman ürünleri planlaması
- Zaman standartları belirlenmesi
- Maliyet tahmin tekniklerinin geliştirilmesi
- Şehir abonelerinin (elektrik, su gibi) yenileme planları
- Şirket Evliliği stratejisi
- Çok amaçlı tesislerin yerleştirilmesi
- Güneş enerjisiyle ısıtma/soğutma sistemleri (Eranıl, 2008: 64).

2.1.2. Hedef Programlamanın Tarihsel Gelişimi

HP, ilk kez 1955 yılında Abraham Charnes, William W. Cooper ve R.O. Fergusonn tarafından kullanılmıştır (en.wikipedia.org/ Erişim Tarihi:19.01.2013). Çalışmalarında, tek amaçlı bir DP modelinin uygulaması için bu yöntemi kullanmışlardır (Kaya, 2010: 44). Genel anlamda ise literatürde, HP ile ilgili ilk atılımın 1961 yılında Charnes ve Cooper tarafından kaleme alınan kitap olduğu kabul edilir. Bu iki araştırmacı, konunun kökenin 1952 yılındaki çalışmalarında yattığını ifade etmektedirler (Ignizio, 1978: 1109). Aslında kitaplarında, çözülemeyen DP problemleri için sundukları HP, bahsi geçen yayınlarından önce literatürde bir terim olarak sunulmuş değildi (Schniederjans, 1995: 2). Yapmış oldukları çalışmalarında ise "sınırlandırılmış regresyon" terimini kullanmışlardır. Daha sonra birçok araştırmacı, özellikle Ignizio, Lee, Tamiz ve Romero gibi önemli isimlerin de içinde bulunduğu araştırmacılar HP kavramının gelişmesinde önemli katkılarda bulunmuşlardır.

1961 yılında Charnes ve Cooper literatüre kazandırdıkları yayınlarında, çok amaçlı doğrusal modelleri içeren sınırlandırılmış regresyonun daha gelişmiş bir versiyonunu ifade etmişlerdir (Jones ve Tamiz, 2010: 1).

Charnes ve Cooper 1961 yılında sunmuş oldukları yayınlarında üç yaklaşım ileri sürmüşler ve bu yaklaşımların hepsinin temelinde ulaşılmak istenen amaçların kabul edilebilir düzeylerinin belirlenmesiyle, arzulanan hedeflere dönüştürülmesi yatmaktadır. Örneğin; maliyetin en küçüklenmesi bir amaç ise bunun hedefi "x birim maliyet ya da daha aşağısı" şeklinde bir hedef durumunu alacaktır. Burada, eğer x birimden daha fazla bir maliyet ortaya çıkmışsa, bu bir sapma olarak ifade edilmektedir. İster maksimizasyon, ister minimizasyon hedefi olsun, bu sapmaların minimum düzeyde kalması gerekliliğini ileri sürmüşlerdir. 1960 yılına kadar HP için algoritmalar geliştirilmiş olsa da herhangi bir yazılım gerçekleştirilmiş değildi. Konuyla ilgili ilk bilgisayar yazılımı, 1962 yılında Ignizio tarafından anten sistemlerinin tasarımı için algoritması oluşturulan doğrusal olmayan HP modelinin çözümünde ortaya çıkan bilgisayar kodudur. Bu kodun doğru sonuçlar vermesi, HP'ye olan ilginin artmasına sebep olmuştur (Öztürk, 2007: 37- 38). Ayrıca, 1967 yılında Ignizio, doğrusal HP için ardışık DP'ye göre bir bilgisayar kodu da geliştirmiştir. 1968 yılında da Veikko Jaaskelainen doğrusal HP için ayrı bir kod geliştirmiştir ve bu doğrusal HP yazılımları arasında en çok kabul gören ve ünlenen kod olmuştur (Ergün, 2006: 3).

HP modelinin daha da geliştirilmesi 1965 yılında Ijiri'nin, 1972 yılında Lee'nin ve 1976 yılında Ignizio tarafından ayrı ayrı yayınlanmış olan yöneylem araştırması eserlerinde HP'den bahsetmeleri etkendir. Bu eserlerin bilim otoritelerince dikkat çekmesiyle 1970'lerde konuyla ilgili birçok uygulama ve yayınlar ortaya çıkmış ve çok kriterli karar verme problemlerinde en çok tercih edilen modeller arasına girmiştir ama beraberinde de birçok problem ortaya çıkmıştır. Bu problemlerin temelinde çok ölçekli karar verme bilincinin daha tam oturtulamaması yatmaktadır. Bunların başında, Pareto etkisiz çözümleri, aşırı artık rakamlara neden olan hatalı öncelik belirlenmesi, ölçülemez hedeflerin ve duyarlılık analizinin yokluğu ve karar vericinin etkisiz toplam ve formülasyon gösterimleri sayılabilir (Jones ve Tamiz, 2010: 1-2).

1990'lı yıllarda daha fazla teorik gelişme ve daha fazla karmaşıklıklar bulunduran HP uygulamaları görülmüştür. Romera, 1991 yılında yayınladığı kitabında, süregelen bu sorunların araştırmacıların yanlış programlama yapmalarından ziyade HP'nin kendi içindeki temel eksikliklerinden olduğunu ayrıntılı olarak ifade etmiştir (Jones ve Tamiz, 2010: 1-2).

Bu çalışmanın temelini oluşturan bulanık mantık ve HP alanındaki ciddi çalışmaları (yani BHP) ise Narasimhan'ın, 1980 yılında yayınladığı ve bulanık küme teorisinin HP'ye uygulanmasını kapsayan çalışmayla ortaya çıkmıştır. Ardından Hannan, Nakamura, Yang, Inuiguchi, Li ve Yu, Wag ve Fu, Lin ve Chen ve diğerleri bulanık mantık ve HP'yi kapsayan birçok önemli çalışmalar sunmuşlardır (Erdin, 2007: 88).

2.2. HEDEF PROGRAMLAMANIN MATEMATİKSEL YAPISI ve TERMİNOLOJİSİ

HP, görsel ve işlemsel anlamda DP'ye çok benzerdir. Daha öncede ifade edildiği gibi DP, HP'nin özel bir türüdür ve HP ile ilgili varsayımlar, DP'nin varsayımlarını içine almaktadır. x_j negatif olmayan karar değişkenleri veya bilinmeyen, c_j amaç fonksiyonu katkı katsayıları, a_{ij} teknoloji katsayıları b_i sağ taraf katsayıları olarak tanımlanmak suretiyle bu varsayımlardan aşağıda kısaca bahsedilmiştir (Schniederjans, 1995: 3).

DP modelinde, aylak değişkenler olarak isimlendirilen amaçtan sapan değişkenler, HP modellerinde sapma değişkeni olarak isimlendirilir ve daha farklı bir anlama sahiptirler. HP modellerinde amaç fonksiyonu bu sapan değişkenler vasıtalarıyla oluşturulmaktadır (Körpeli ve diğerleri, 2012: 129).

2.2.1. Oransallık Varsayımı

Her bir amaç fonksiyonu elemanı olan x_j değerleri, amaç fonksiyonu için c_j ve kısıtlar için a_{ij} birimlerine katkıda bulunurlar (Schniederjans, 1995: 3).

2.2.2. Toplanabilirlik Varsayımı

Katkı değerleri ve kısıtlardaki teknolojik katsayı değerlerinin amaç fonksiyona katkıları karar değişkenlerinden bağımsızdır (Schniederjans, 1995: 3). Her fonksiyon, ilişkin olduğu faaliyetlerin bireysel katkıları toplamına denktir (Öztürk, 2009: 39).

2.2.3. Bölünebilme Varsayımı

Karar değişkenlerinin değerleri tamsayılardan olabileceği gibi kesirli değerlerden de olabilir (Schniederjans, 1995: 3).

2.2.4. Kesinlik Varsayımı

a_{ij}, b_i ve c_j birimleri kesin olarak ve eksiksiz bilinmelidir (Schniederjans, 1995: 3).

Yukarıda ifade edilen dört varsayıma ek olarak son bir varsayım daha kabul edildiğinde bu genel bir HP varsayımı haline gelir. Bu da öncelik varsayımıdır.

2.2.5. Öncelik Varsayımı

HP'de karar verici tarafından ihtiyaç duyulduğunda, öncelik sıralaması yapılması gerekmektedir. Eğer bu şekilde bir öncelik sıralaması uygulanmazsa her bir hedefin önceliği eşit bir oranda örneğin 1 olarak değerlendirilir. Bunun sonucu olarak ta modelin eşit öncelikte olduğu kabul edilecektir.

HP problemlerinde dört tane bileşen bulunmaktadır. Bunlar*, amaç değişkeni, karar değişkeni, sapma değişkenleri* ve *sistem kısıtlayıcıları*dır (Öztürk, 2009: 276). HP problemlerinde karar değişkeni DP problemlerinde ifade edilen maksimize veya minimize edilen fonksiyona denilmektedir. Sapma değişkenleri karar vericinin hedeflerinin altında veya üstünde kalan farkları ifade etmektedir. Sistem kısıtlayıcıları, teknolojik, yapısal olarak da isimlendirilen HP probleminin çözümü için geliştirilmiş ve asla sapma olmasına müsaade edilmeyen kısıt türleridir (Öztürk, 2009: 276). ***Tablo 2.1.***'de bu değişkenlerin yapısı hakkında gerekli bilgiler verilmiştir (Özkan, 2003: 177). Son olarak, amaç değişkeni DP'den farklı olarak kısıtlar içerisinde yer alır.

Tablo 2.1. *Amaç Fonksiyonunda Yer Alacak Sapma Değişkenleri*

Hedef Yönü	Sapma Değişkeni
$\leq$	s_i^+
$\geq$	s_i^-
$=$	$s_i^+ + s_i^-$

Eğer hedefler tam gerçekleşirse bu sapma değerlerinin hepsi 0 değerini alır (Öztürk, 2009: 276). Genel bir HP formülasyonu aşağıda verildiği gibi ifade edilebilir.

$$\min \sum_{i=1}^{k} |f_i(x) - T_i| ; \qquad x \in \Omega$$

Yukarıdaki denklem de T_i karar vericinin *i.* amaç fonksiyonu olan $f_i(x)$ için belirlemiş olduğu hedefi ifade etmektedir. Ω uygun bölgeyi ifade etmektedir. Kriter, hedefler ve bu hedeflerden ulaşılanlar arasındaki farkın mutlak değer toplamanın minimizasyonudur.

HP amaç fonksiyonunun daha genel bir formulasyonu $|f_i(x) - T_i|$ sapmasının *p.* kuvvetinin ağırlıklandırılmış toplamıdır. Bu şekilde formüle edilmiş olan HP'ye genelleştirilmiş HP denilmektedir. Yukarıdaki denklemde amaç fonksiyonu non-linear (doğrusal olmayan) bir fonksiyondur ve simpleks metodu doğrusallaştırma yapılmadan bu fonksiyona uygulanamaz. Bu sebeple model bu genel halinden sıyrılıp daha spesifik bir hale dönüştürülür. Bu dönüştürme neticesinde ***Tablo 2.1.***'de ifade edilen sapma değişkenler kullanılır.

$$s_i^+ = \frac{1}{2}\{|f_i(x) - T_i| + \ |f_i(x) - T_i|\}$$

$$s_i^- = \frac{1}{2}\{|f_i(x) - T_i| + \ |f_i(x) - T_i|\} \text{ (Kaya, } 2007: 48 - 49).$$

Genel HP modeline yukarıdaki denklemler katılarak, aşağıdaki modele ulaşılır ki buna "Genel Hedef Programlama Modeli" denilmektedir.

Amaç:

$$min\ z = \sum_{k=1}^{k} \sum_{i=1}^{I} P_k(a_{ik}^+ s_i^+ + a_{ik}^- s_i^-)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^{n} t_{ij}x_j + s_i^- + s_i^+ = b_i$$

$$f_i(x) - s_i^+ + s_i^- = T_i$$

$$x_j, \qquad s_i^+, s_i^- \geq 0$$

$(i = 1,2,3, \dots, I), (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ (Öztürk, 2009: 300).

Bu algoritmada P_k hedeflerin öncelik sırasını ifade etmektedir. Burada ilk hedeften başlayarak P_k'ya kadar sırasıyla her bir hedef sapması minimize edilmeye çalışılır. a_{ik}^+, a_{ik}^-, k önceliğine sahip olan $_{i.}$ hedefe ait sapma değişkeninin ağırlığını s_i^+ ve s_i^-, *i.* hedefe ait sapma değişkenlerini, t_{ij} *i.* hedef ve x_j ile ilgili yapısal veya sistematik katsayıyı, b_i ise *i.* hedef düzeyini ifade etmektedir.

Özetle, HP, DP'den farklı olarak amaç fonksiyonunun maksimize veya minimize edilmesiyle ilgilenmemektedir. Bunun yerine, var olan kısıtlar çerçevesinde belirlenmiş olan hedeflerin sapmalarını minimize etmeye çalışılır (Tütek ve diğerleri, 2012: 378). Modelin optimizasyonundan çok bir doyum düşüncesini felsefesinde barındırır (Özkan, 2003: 174). Sapma değişkenler, daha önceki ifadenin aşığı altında "hedef fonksiyonlarının erişim düzeylerinden ne kadar uzaklaştığının göstergesidir" denilebilir. Bu sapma pozitif veya negatif olabilir. Negatif sapma değişkenine (s_i^-) ait değer pozitif ise, ilgili hedefin belirlenen seviyesinin altında bir değere ulaşıldığı, pozitif sapma değişkenine (s_i^+) ait değer sıfırdan büyükse, ilgili hedef için belirlenen erişim düzeyinin aşıldığı kabul edilir. Pozitif ve negatif sapma değişkenleri toplamı sıfır olduğunda ise hedefe tam ulaşılmış olur (Özkan, 2003: 175).

2.3. HEDEF PROGRAMLAMA TÜRLERİ

2.3.1. Tek Hedefli Hedef Programlama

Çözümü hedeflenen problemde tek bir hedef söz konusu olduğunda buna tek hedefli HP denilir ve problem için model oluşturulması ve çözümü dikkate alındığında, en basit HP model tipidir. Tek hedefli HP için amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Öztürk, 2009: 281).

$$Min\, z = s_1^+$$

Bu tip bir HP, s_1^+ veya s_1^- olmak üzere pozitif ya da negatif sapma değişkeninden bir tanesi olarak ortaya çıkar. Genel anlamda, DP modelinde tek kısıtlı bir sapma dikkate alınmaktadır. Eğer hedef sayısı $i > 1$ olursa, artık tek hedefli bir programlamadan söz edilemez ve bu model, aşağıda ifade edilen uygun diğer türlerden birisi haline gelir.

2.3.2. Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama

Eşit ağırlıklı HP olarak isimlendirilen bu türde, hedef sayısı birden farklı olmak kaydıyla kaç tane olursa olsun, tüm hedefler eşit öneme sahiptir. Yani modelin çözümünde tüm öncelikler eşit düzeydedir.

Burada hedefler, yani istenmeyen sapma değişkenleri, amaç fonksiyonunda toplam şeklinde ifade edilmektedir. Amaç fonksiyonunun anlamlılığı, sapma değişkenlerinin aynı birimden olmasına bağlıdır (Öztürk, 2009: 285). Örneğin $Min\, Z = s_1^+ + s_2^+ + s_3^- + s_4^-$ şeklinde dört tane hedefi olan bir model kurulursa, burada her bir hedef aynı cinsten olmalıdır. Para birimi, gram, uzunluk, hız, vb. gibi.

Örneğin;

$$Min\, Z = s_1^- + s_2^+ + s_3^+ + s_4^+$$

2.3.3. Ağırlıklı (Archimedian) Çok Hedefli Programlama

Bu yöntemin bir diğer adı da *archimedian* olarak bilinir (Erdin; 2007: 96). Modelde, meydana gelebilecek istenmeyen her sapmaya belirli bir ağırlık verilmektedir. Ağırlıklar, her sapmanın karar almadaki görece önemini gösterir. Modelin amaç fonksiyonu, problemin hedeflerini temsil eden fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamı haline getirilir. Karar verici burada ağırlıklandırma yaparken çok zorlanabilir. Bir hedefin diğer bir hedeften kaç kat daha fazla ağırlıklandırılacağı veya önemli olduğu, karar vericinin tercihine bağlıdır. (Öztürk, 2009: 290). Örneğin, karar verici, bir hedefin diğer bir hedeften iki kat daha önemli olduğunu belirlemiş olsun. Bu durumda amaç fonksiyonu $Min\ Z = s_1^+ + 2s_2^+$ olarak ifade edilecektir. Genel anlamda bir ağırlıklı çok hedefli programlama aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Erdin, 2007: 97);

Amaç;

$$Min\ \ Z = \sum_{i=1}^{n}(w_i^+ s_i^+ + w_i^- s_i^+)$$

Kısıtlayıcılar;

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

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

i=1, 2, 3, …, m

j=1, 2, 3, …, n

Buradaki genel formülde w_i değerleri karar verici tarafından belirlenmiş olan öncelik ağırlıklarıdır. w_i'ler, her bir hedefin göreceli önemiyle ilgili karar vericinin tercihlerini yansıtan pozitif ağırlıklardır (Taha, 2007: 182). Ağırlıklara atanan değerler subjektiftir, karar vericilere göre farklılık gösterir i. hedef için tanımlanmış kısıtın yönü $\geq$ biçimindeyse, Z amaç fonksiyonun s_i^+ değişkeni, eşitsizliğin yönü $\leq$ biçimindeyse, s_i^- değişkeni en küçüklenecektir. İlk durumda Min Z=s_i^+, ikinci durumda ise Min Z=s_i^-eşitliği olmak zorundadır. Böylece birinci durumda birleştirilmiş amaç fonksiyonunda Z yerine s_i^+, ikinci durumda s_i^-gelecektir (Erdin, 2007: 97).

2.3.4. Öncelikli (Lexicographic) Hedef Programlama

Öncelikli ya da pre-emptive HP modeli, belirlenen hedeflerin kendi önemlerine göre bir sıralama önceliğine tabii tutulması esasını içerir (Aouni ve diğerleri, 2009: 165). Bu tip bir HP modelinde, amaç fonksiyonunda belirlenen her bir hedefin hiyerarşik bir sırada olması zorunludur. Yapılacak olan sıralama sayısal ya da sözel olarak belirtilmiş olabilir. Modelde kastedilen şey, birinci hedef gerçekleştirilmeden ikinci hedefe geçilemeyeceği, ikinci hedef gerçekleştirilmeden üçüncü hedefin gerçekleştirilemeyeceğini ve *(n-1).* hedef gerçekleştirilmeden n. hedefin gerçekleştirilemeyeceğidir. Bu öncelik sıralaması, ağırlıklandırma yöntemiyle de yapılabilmektedir (Öztürk, 2009: 292). Öncelikli HP metodu, karar vericinin sezgilerine özellikle önem vermektedir. Amaç fonksiyonları birer birer değerlendirilerek, tek amaçlı bir HP probleminin minimizasyonu şeklinde ifade edilir ve problemin çözümü aşamalı olarak yapılır (Kaya, 2010: 51). Genel olarak öncelikli HP aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Erdin, 2007: 95);

$$Min\ Z = \sum_{i=1}^{m} P_1\left(w_{1in}^{+} s_i^{-} + w_{1ip}^{-} s_i^{+}\right), \dots, \sum_{i=1}^{m} P_k\left(w_{kin}^{+} s_i^{-} + w_{kip}^{-} s_i^{+}\right)$$

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

$$x_j, s_i^{-}, s_i^{+} \geq 0$$

i=1, 2, 3, …,m

j=1, 2, 3, …,n

$$P_1 \ggg P_2 \ggg P_3 \ggg \cdots \ggg P_k$$

k: öncelik sırası sayısı

m: kısıtların sayısı

n: x_j karar değişkenin sayısı

w: $_{i.}$ hedef sapma değişkenine atanan matematiksel ağırlık

Çözümde öncelikle en yüksek önceliğe ve öneme sahip olan birinci öncelikli hedefin çözülmesi (P_1), daha sonra ardışık olarak sıra çözümlerin devamı söz konusudur. En sonunda ise en düşük önceliği olan *k*. hedef çözümü gerçekleştirilir.

2.3.5. Ağırlıklı – Öncelikli Hedef Programlama

Bu HP modelinde, aynı hedefe ilişkin iki veya daha fazla sapma değişkeni, aynı öncelik düzeyiyle amaç fonksiyonunda yer almaktadırlar (Öztürk: 2009: 296). Bunun anlamı herhangi iki veya daha fazla hedef aralarında öncelik sıralaması yapılmadan, diğer tüm hedeflerden daha önemli olabilir ve yine bunların içinden bir veya daha fazlası diğer sapma değişkenlerine göre daha önemli olabilir. Örneğin, sapma değişkenlerinin önceliği p_i olarak ifade edilen bir HP amaç fonksiyonu $Min\, Z = p_1 s_1^+ + p_2 s_2^+ + p_3 s_3^- + p_4 3 s_4^+ + p_4 s + p_5 s_5^-$ olarak ifade edilsin. Burada ifade edilen, dördüncü hedefin pozitif sapma değişkeninin, yine aynı hedefin negatif sapma değişkeninden üç kat daha önceliğinin olduğu görülür.

III. BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

HP probleminin, DP modelinin geliştirilmiş bir hali olduğundan daha önceki bölümde bahsedilmişti. Bu sebeple BHP'nin açıklanmasından önce Bulanık Doğrusal Programlama (BDP) modelinden bahsedilmesi uygun görülmüştür.

En güçlü çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisi olan HP'nin uygulanmasında iki problemle sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bunlardan birisi bulanık hedefler ve kısıtlar; diğeri ise amaçların aynı anda tüm hedeflerin optimize edilmesidir (Arıkan ve Güngör, 2001: 49).

Bulanık hedefler ve bulanık kısıtlayıcılarla oluşturulmuş verilerle verilecek bir kararın da bulanık olacağı kaçınılmazdır. Bulanık bir karar, verilen hedefler ve kısıtlayıcıların uzlaştırılmasından belirlenen bulanık bir küme olarak karşımıza çıkar. Bu alt küme (yani bulanık karar kümesi) $\underset{\sim}{R}$ kümesi olarak veya $\mu_{\underset{\sim}{R}}(x)$ şeklinde üyelik fonksiyonu olarak gösterilebilir. Bulanık karar kümesi, bulanık kısıtlayıcı doyumunun ve bulanık hedefe ulaşmanın aynı anda karşılanma derecesidir. Bulanık karar kümesi genelde $\underset{\sim}{V}$ hedefine ulaşmak ve $\underset{\sim}{P}$ kısıtlayıcısını doyurmak şeklinde ifade edilen bir kurala göre ifade edilmektedir ve matematiksel olarak $R = \underset{\sim}{V} \cap \underset{\sim}{P}$ şeklinde gösterilebilir. Genel olarak burada kesişim, minimum işlemcisi olarak kabul görür. n adet bulanık küme ve m adet de bulanık kısıtlayıcının olduğu bir durumda, bu bulanık karar kümesi;

$$\mu_{\underset{\sim}{R}}(x) = min\left[\mu_{\underset{\sim}{V}_i}(x), \mu_{\underset{\sim}{P}_j}(x)\right]; \quad \forall x \in U;$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n;$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, m$$

olarak ifade edilir.

Bir karar aşamasında, bulanık bir kümeden klasik bir karar verilmesi arzulandığında, yukarıda ifade edilen $\underset{\sim}{\mu_R}(x)$ kümesinden en yüksek üyelik fonksiyonuna sahip elemanın belirlenmesi yeterli olacaktır. Yani;

$$\underset{\sim}{\mu_R}(x^M) = \max_{x \in U} \underset{\sim}{\mu_R}(x) = \max_{x \in U} \left\{ min \left[\underset{\sim i}{\mu_V}(x), \underset{\sim j}{\mu_P}(x) \right] \right\};$$

$i = 1, 2, 3, \ldots, n$;

$j = 1, 2, 3, \ldots, m$

Yukarıda ifade edilen x^M maksimizasyon yönlü bir karardır. Bunun anlamı, bulanık hedef kısıtlayıcılarının kesişim kümesinde en yüksek dereceli tek bir eleman olması için, bulanık karar kümesinin aşağıda verilen dışbükeylik tanımını karşılaması gerekmektedir.

$\underset{\sim}{\mu_R}[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] > \min \left[\underset{\sim}{\mu_R}(x_1), \underset{\sim}{\mu_R}(x_2) \right]; \quad \forall \in [0, 1]$ (Özkan, 2003: 155-158).

3.1. BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Değişkenler üzerine konan kısıtlar gerçekleştirilmek şartıyla, bir fonksiyonun maksimum ya da minimum değerini araştıran problemlere, “optimizasyon problemleri” denilmektedir. Bu tip problemlerde, amaç fonksiyonu ve kısıtlar, doğrusal olarak ifade edilebiliyorsa artık model daha önceki bölümde açıklandığı üzere DP ismiyle anılır (Yapıcı, 2000: 29). Bir DP modeli, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı kümesi şeklinde 2 kısımda ele alınır ve modelde, kısıtlayıcılardan hareketle uygun çözüm alanı veya mümkün çözümler kümesi oluşturulur. Uygun çözüm alanı elde edilmek istendiğinde temel olarak yapılan işlem, kısıtlayıcıların kesişim kümesinin belirlenmesidir. Belirlenen bu kesişim kümesinde yer alan olası seçenekler, amaç fonksiyonuna göre değerlendirilir (Tuş, 2006: 42-43).

Genel olarak, DP modeli aşağıdaki formülle ifade edilebilmektedir (Yalçın Seçme, 2005: 22);

Amaç;

$$Max(veya\ Min)Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j (\leq = \geq) b_i \qquad ; i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 \qquad ; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Yukarıda ki formülde,

Z= Optimize edilmeye çalışılan amaç fonksiyonu

x_j= j. karar değişkenine atanacak değer veya belirlenecek değişkeni

c_j= 1 birim j. karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısını

a_{ij}= Sınır matrisi A'yı oluşturan teknoloji (yapısal) katsayılarını

b_i= i. Kaynak için gerekli olan miktarını (sağ taraf sabiti)

ifade etmektedirler.

Ayrıca DP'nin matris notasyonu da aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Türe, 2006: 47);

$$Z_{(\max veya \min)} = cx$$

$$ax(\leq, =, \geq)\ b$$

x: (nx1) boyutlu karar değişkeni vektörü c= (1xn) boyutlu amaç fonksiyonu katsayıları vektörü

a=(mxn) boyutlu teknoloji (yapısal) katsıları matrisi

b= (mx1) boyutlu kısıtlara ilişkin sağ yan değerleri vektörüdür.

DP problemleri için grafik yöntemi, simpleks yöntemi ve karmarkar algoritması gibi teknikler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi uygulandığında DP ile optimal çözüm, seçenekli çözüm, sınırsız çözüm, uygun olmayan çözüm seçeneklerinden birisi elde edilir (Yapıcı, 2000: 31).

DP modellerinin bazı varsayımları bulunmaktadır. Bunlar doğrusallık, toplanabilirlik, bölünebilirlik ve kesinlik varsayımlarıdır. Daha önce bahsi geçtikleri için bu varsayımlardan bu bölümde bahsedilmeyecektir.

BDP modelinde ise doğrusallık, toplanabilirlik ve bölünebilirlik varsayımları geçerli olmasına rağmen kesinlik varsayımı kabul edilmemektedir. Hatta “kesin olmama” varsayımı bulunmaktadır. Kesin olmama varsayımının sağlanabilmesi için modeldeki parametrelerden (a_{ij}, b_i, c_j) bir kısmının ya da hepsinin bilinmeyen sabitler olması şarttır. Problemde yer alan parametre ve sağ taraf değerlerinin bir kısmı veya tamamı kesin olarak bilinmez ama olası parametre ve sağ taraf değerleri ile bunların üyelik dereceleri bilinir (Tuş, 2006: 60).

BDP modeli için bazı araştırmacılar; kârın, ekonomik durumun, işgücü, iş tamamlama hızının, ürün talebinin, amaç ve kısıt elemanlarının tam olarak bilinemeyeceğinden genel bir BDP formülünün oluşturulamayacağı üzerinde hemfikirdirler. BDP problemleri, bulanıklığın ele alınış şekline göre birçok sınıfa ayrılabilir (Özkan, 2003: 161). Ancak bazı araştırmacılar ise tam tersi olarak, herhangi bir DP parametresinin, amaç ve kısıtların bulanık olup olmamasına göre farklı modellenebileceğini (Öğütlü, 2002: 48), buradan da genel bir formül elde edilebileceği fikrine sahiptirler. Bu genel formül, tüm katsayılarının bulanık olması şartıyla oluşturulmaktadır (Yalçın Seçme, 2005: 27). BDP modeli, aşağıda ifade edildiği gibi yazılabilir (Türe, 2006: 48):

Amaç,

$$max \sum_{j=1}^{n} \underset{\sim}{c}_j x_j$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{n} \underset{\sim}{a}_{ij} x_j \ (\leq, =, \geq) \underset{\sim}{b}_i \qquad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$x_j \geq 0$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

3.2. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

HP problemlerinde amaç, verilen kısıtlar altında birden çok hedefin aynı anda gerçekleşmesini mümkün kılmaktır ve bu tip problemlerde tüm hedeflere ilişkin sapma değişkenlerinin minimum yapılması hedeflenir (Şimşek, 2009: 3). Bunun için, hedeflerin kesin olarak belirtilmiş olması ve bu belirli hedefler için matematiksel denklemlerin kusursuz olarak formül haline getirilmiş olması şarttır. Hedefler ve kısıtların birbirlerine uyumlu olması HP problemlerinde bir kırılma noktasıdır. Eğer amaçlar ve hedefler arasında uyum sağlanamamışsa gerçekçi bir çözüm elde edilemez (Kağnıcıoğlu, 2006: 20). Oysa birçok alanda, her amaç ve hedefin mükemmel bir şekilde belirlenebilmiş olması olası değildir.

Ayrıca HP'nin bilimsel olarak kullanımı başlangıcında oluşturulan problemler aspirasyon seviyeleri kesin, deterministik ve çok iyi bilinerek oluşturuluyordu. Birçok karar verme durumunda hedefler bulanık, belirsiz ya da stokastik olabilir (Aouni ve diğerleri, 2009: 150). HP içerisine bulanık küme teorisinin uygulanmasıyla oluşturulan BHP, kesin olmayan hedeflerin ve amaçların olduğu durumlarda kullanılan bir tekniktir. Amacın istem düzeylerini göstermek için kullanılan hedefler, klasik mantıkta ki gibi "kesin" ifadeler yerine, bulanık mantık çerçevesinde kullanılan “civarında” ya da “yakın” gibi belirsizlik içeren ifadeler içerir (Erpolat, 2010: 235).

3.2.1. Literatürde Bulanık Hedef Programlama

Daha önceki bölümde ifade edildiği gibi; bulanık mantığın akademik çevrelerde dikkat çeken ilerlemesiyle birlikte, birçok bilim dalında olduğu gibi yöneylem araştırması tekniklerinde de bulanık mantık felsefesiyle yoğrulmuş çalışmalar ortaya çıkmıştır. Yapay zekâ, robotik, üretim planlaması, proje planlaması ve pazarlama faaliyetleri gibi birçok alanda bulanık mantığın izleri görülmüştür. Tüm bulanık programlama çalışmalarında Zimmermann yaklaşımı temel yaklaşım olarak kabul görmektedir (Kağnıcıoğlu, 2006: 21- 22). Bulanık sayı teorisi ile HP’nin birlikte işlendiği ilk eserler Narasimhan ve Hannan’ın çalışmalarıdır (Lohgaonkar ve diğerleri, 2010: 29). Narasimhan, BHP modellerinde üyelik fonksiyonlarının kullanımını önermiş ve çalışmasında dilsel değişkenleri kullanmıştır. Onun ve ardından yapılan çalışmaların da tamamı temelde Zimmermann’dan ilham almışlardır (Chen ve Tsai, 2001: 548- 549). Narasimhan, minimum operatörünü temel alarak, bulanık mantık felsefesinde kullanılan üyelik fonksiyonu kavramı ile HP hedeflerin birlikte kullanılabileceğini ifade etmiştir (Kumar ve diğerleri, 2004: 70). Bu işlemde, bulanık hedefleri bulanık eşitlikler olarak kabul edip, üçgen üyelik tipli fonksiyonlar olarak formüle etmiştir. Çözüm işlemini ise, m_1 adet bulanık hedefi olan bir BHP probleminde 2^{m_1} adet alt problem oluşturulması ve her bir sonucun, en sonunda kendi içlerinde mukayese edilerek optimal kararın verilmesi (en yüksek λ değerli alt problem) esasına dayanır. Hannan ise $\lambda^* = max\lambda_j;\ j = 1,2,...,2^{m_1}$ şeklindeki bir teoremle, BHP modelini tek bir problem olarak formüle etmiştir . Burada, λ^* bulanık karar kümesindeki en yüksek üyelik derecesine sahip elemanı, λ_j ise Narasimhan çözüm yaklaşımında oluşturulan alt problemlerin çözüm değerlerini ifade etmektedir (Özkan, 2003: 183-189). Hannan, BHP modeline klasik sapma değişkenleri eklemiş fakat bu durum işlemlerde daha fazla değişken ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Hannan, 1981: 522).

Narasimhan'ın ardından, Narasimhan ve Hannan'ın geliştirmiş olduğu eşit öncelikli HP problemleri için çözüm algoritmasına daha az zaman ve değişkenle eşdeğer sonuçlar veren çalışmalar YIK tarafından elde edilmiştir (Yang ve diğerleri, 1991: 40-52). Daha sonraları, öncelikleri birbirlerinden farklı olan HP modeli için Tiwari, Dharmar, Rao daha etkin kullanım sağlayan, toplamsal modeli geliştirmişlerdir. Tiwari, Drahmar ve Roa'nun geliştirmiş olduğu bu yöntemde, işlem yükü çok fazla olup, bu yükten kurtulmak için Chen tarafından alternatif bir yaklaşım geliştirilmiştir. Kim ve Whang, öncelikli BHP problemlerinin, Hannan yaklaşımı ile de çözülebileceğini gösteren bir çözüm geliştirmişlerdir. Bunların yanında Wang ve Fu, farklı risk grubundaki karar vericilerin bulanık hedeflerine ilişkin üyelik fonksiyonlarını tanımlamışlar ve parçalı üyelik fonksiyonlarının HP modellerinde de kullanılabilmesine olanak sağlamışlardır (Özkan, 2003: 183-201).

3.2.2. Bulanık Hedef Programlamanın Matematiksel Yapısı

Hedefler için belirlenen erişim düzeylerinin bulanık olduğu varsayımı ile genelleştirilmiş bir BHP modeli aşağıda ki gibi ifade edilmektedir;

$$Bulanık\ Hedefler \begin{cases} (Ex)_i \underset{\sim}{=} b_i\ ; & i = 1, 2, 3, \dots, m_1 \\ (Ex)_i \underset{\sim}{\leq} b_i\ ; & i = m_1 + 1, \dots, m_2 \\ (Ex)_i \underset{\sim}{\geq} b_i\ ; & i = m_2 + 1, \dots, m_3 \end{cases}$$

$$Bulanık\ Olmayan\ Kısıtlayıcılar \begin{cases} (Ex)_1 \{\leq, =, \geq\} b_l & ; l = 1, 2, 3, \dots, p \\ x_j \geq 0 & ; j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases}$$

Yukarıda ifade edilen $\underset{\sim}{\leq}, \underset{\sim}{=}$ ve $\underset{\sim}{\geq}$ işaretleri $\leq, =$ ve $\geq$ simgelerinin bulanıklaştırılmış hallerini ifade etmektedir ve modelde i. hedef için belirlenen bulanık erişim düzeyi b_i olarak ifade edilmektedir. Hedeflerin grafiksel görünümüne göre geliştirilmiş üyelik fonksiyonları tiplerine uygun çözümler geliştirilmiştir ancak temelde daha önce ifade edildiği gibi Zimmermann tipi üyelik fonksiyonunun çıkış noktası olduğu unutulmamalıdır ve bulanık hedefler için Zimmermann tipi üyelik fonksiyonları aşağıda ki gibi ifade edilmektedir.

$$(Ex)_i \underset{\sim}{=} b_i \quad (i = 1, 2, 3, \ldots, m_1 \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; eğer\ (Ex)_i \leq b_i - s_i \quad ise \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ex)_i}{s_i} & ; eğer\ b_i - s_i \leq (Ex)_i \leq b_i \ ise \\ 1 - \dfrac{(Ex)_i - b_i}{s_i} & ; eğer\ b_i \leq (Ex)_i \leq b_i + s_i \ ise \\ 0 & ; eğer\ (Ex)_i \geq b_i + s_i \ ise \end{cases}$$

$$(Ex)_i \underset{\sim}{\leq} b_i \quad (i = m_1 + 1, \ldots, m_2 \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; eğer\ (Ex)_i \geq b_i + s_i \quad ise \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ex)_i}{s_i} & ; eğer\ b_i \leq (Ex)_i \leq b_i + s_i \ ise \\ 1 & ; eğer\ (Ex)_i \geq b_i \quad ise \end{cases}$$

$$(Ex)_i \underset{\sim}{\geq} b_i \quad (i = m_2 + 1, \ldots, m_3 \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; eğer\ (Ex)_i \leq b_i - s_i \ ise \\ 1 - \dfrac{(Ex)_i - b_i}{s_i} & ; eğer\ b_i - s_i \leq (Ex)_i \leq b_i \ ise \\ 1 & ; eğer\ (Ex)_i \geq b_i ise \end{cases}$$

Yukarıda ifade edilen üyelik fonksiyonu tiplerinde *i*. bulanık hedef için karar verme biriminin belirlediği erişim düzeyi b_i ve bu değerden sapma miktarının kabul edilebilir toleransı s_i olarak ifade edilmiştir (Özkan, 2003: 181- 183).

3.2.3. Bulanık Hedef Programlama İçerisinde Yang, Ingizio ve Kim Yaklaşımı

Uygulamalarda en çok kullanılan bulanık küme tipleri, Gaussian (çan, şapka) ve üçgen üyelik tipli bulanık kümelerdir. Bu tip bulanık kümelerin yaygınlık nedeni ise kolay model oluşturulabilmeleridir. Ancak karar vericinin beklentilerinin doyumunda yeterli gelemeyebilirler. Bu sorunun giderilebilmesi için ilk olarak Hannan, bulanık programlamanın içine parçalı doğrusal üyelik fonksiyonlarını ekleyen modellemesini geliştirmiş ve literatüre kazandırmıştır. Bu modellemenin en büyük katkısı, karar vericilerin kişisel amaç ve beklentilerinin model yapısına aktarılabilmesine olanak vermesidir. Ancak Nakamura'ya (1984) kadar, bu interpolasyon içinde üyelik fonksiyonları sadece içbükey olarak değerlendirilmekteydi. Önce Nakamura, ardından Inuiguchi vd. (1990) ve Yang

Ignizio ve Kim (1991), yarı-konkav üyelik fonksiyonları ile bulanık programlama için kendi çözüm yöntemlerini geliştirmişlerdir (Lin ve Chen, 2002: 347).

YIK, bir eşitliğin eşitsizlikler halinde ifadesinin mümkün olabilmesinden yola çıkarak, bulanık bir eşitliğin de iki eşitsizlik olarak ifade edilebileceği fikrini öne sürmüşlerdir (Yang ve diğerleri, 1991: 39-40). Yani $(Ex)_i \underset{\sim}{\overset{=}{}} b_i$ olarak belirlenmiş olan bulanık hedefler ve kısıtlar birer eşitsizlik olarak gösterilebilir. Bu süreçte dikkat edilecek husus $(Ex)_i \underset{\sim}{\overset{=}{}} b_i$ ifadesinin ≤ ve ≥ olacak şekilde iki eşitsizlik haline getirilmesidir.

3.2.3.1. Üçgensel (Triangular) Üyelik Fonksiyonlarında Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı

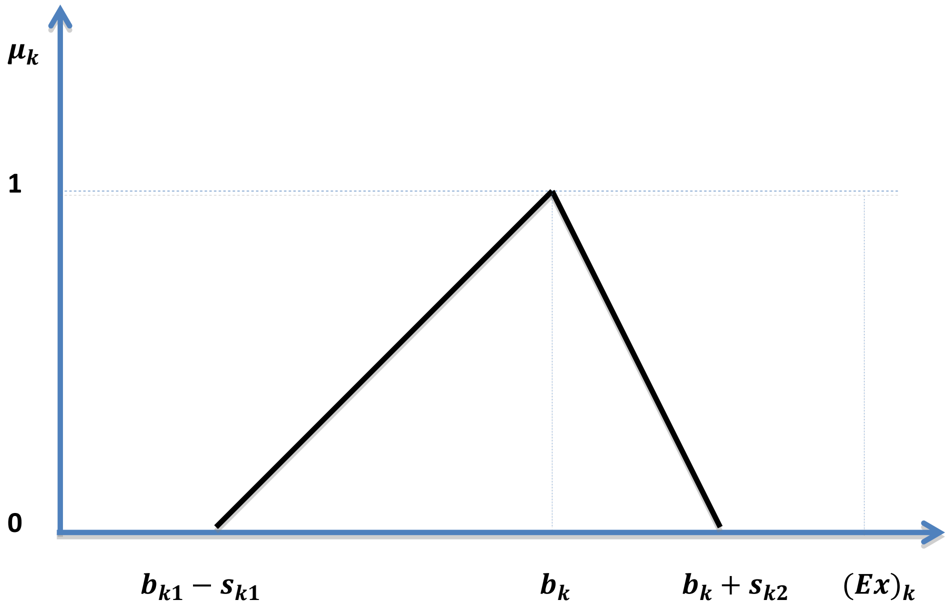
YIK, kendi modelleriyle elde edilen sonuçların Narasimhan ve Hannan yaklaşımlarına eş değer sonuçlar verdiğini ispat etmişlerdir (Yang ve diğerleri, 1991: 49). Bu yöntemin önceki yöntemlere nispeten avantajı ise işlem yükünü azaltmasıdır.

YIK tarafından geliştirilen üçgensel üyelik fonksiyonlu BHP modeli, üyelik fonksiyonunu artan ve azalan iki parçaya ayırarak çözme esasına dayanır ve ileri sürdükleri üçgensel üyelik fonksiyonu tipi, her bulanık hedefin merkezinden geçen maksimum ve minimum sapma sınırlarının belirlenmesinde kolaylık sağladığı için benimsenmiştir (Kumar ve diğerleri, 2004: 75).

YIK geliştirdikleri üçgen üyelik fonksiyonu tipine sahip modeli aşağıdaki gibi tanımlamışlardır. Burada $(Cx)_k$, k. bulanık hedefin üçgensel üyelik fonksiyonunu ifade etmektedir (Yang ve diğerleri, 1991: 46-47);

$$\mu_k = \begin{cases} 0 & ; eğer\ (Cx)_k \geq b_k + s_{k2} \\ 1 - \dfrac{(Cx)_k - b_k}{s_{k2}}, & ; eğer\ b_k \leq (Cx)_k \leq b_k + s_{k2} \\ 1 & ; eğer\ (Cx)_k = b_k \\ 1 - \dfrac{b_k - (Cx)_k}{s_{k1}}, & ; eğer\ b_k - s_{k1} \leq (Cx)_k \leq b_k \\ 0 & ; diğer\ durumlarda \end{cases}$$

Yukarıdaki formülasyonda b_k k. hedefin doyum (aspirasyon) seviyesi, s_{k1} ve s_{k2} sırasıyla, b_k'den izin verilen negatif ve pozitif maksimum sapma değerleri (tolerans) olarak tanımlanır. Buradaki üyelik fonksiyonunun gösterimi ***Şekil 3.1.***'deki gibidir;



Şekil 3.1. *Üçgen Üyelik Fonksiyonu Tipi (**Kaynak**: Yang ve diğerleri, 1991: 47)*

Buradan, ilgili BHP modeli DP modeli çözümlemesi olarak sunulabilir;

$Max\ \lambda$

$$\left.\begin{aligned} \lambda &\leq 1 - \frac{(Cx)_k - b_k}{s_{k2}} \\ \lambda &\leq 1 - \frac{b_k - (Cx)_k}{s_{k1}} \end{aligned}\right\} tüm\ k'lar\ için,$$

$x \geq 0$

$\lambda \in [0, 1]$

Yukarıda ifade edilen BHP modelinde görüldüğü gibi s_{k1} ve s_{k2} tolerans miktarları eşit olmayabilir ancak tüm üçgen üyelik fonksiyon tipleri için kullanabilir. Tolerans miktarları eşit olduğunda, üçgensel üyelik fonksiyonu ikizkenar üçgen görünümüne sahipken; aksi durumlarında olması (simetrik olmaması) mümkündür (Özkan, 2003: 194). Zaten üçgen üyelik fonksiyonu tipine sahip bir BHP modellerinin ikizkenar olma zorunluluğu da bulunmamaktadır (Yang ve diğerleri, 1991: 48).

3.2.3.2. Parçalı (Piecewise) Üyelik Fonksiyonlarında Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı

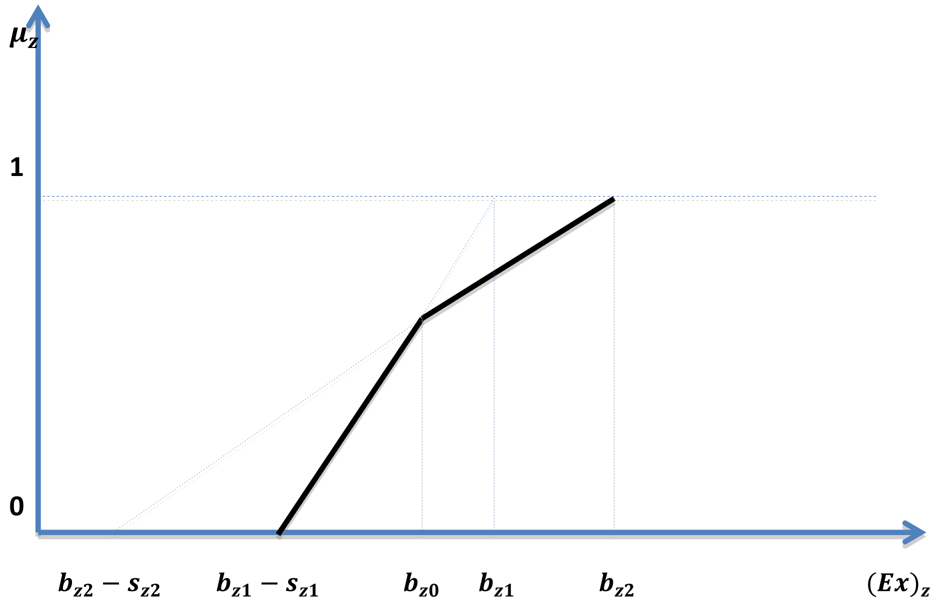
BHP modelinde hedefler tam doğrusal olmayabilir. Karar vericinin hedefler için belirlediği üyelik dereceleri, bazen içbükey bazen de dışbükey parçalardan oluşan bir üyelik derecesi olabilir. Bu durumda bu parçaların birleştirilmesiyle ortaya çıkan şekil s-biçimli bir üyelik fonksiyonu olarak tanımlanır.

Narasimhan'ın ilk BHP modelini ve çözüm prosedürünü sunmasının ardından, yönteminin verimliliğini artırmak adına maalesef çok az çalışma yapılmıştır. Yöntemin geliştirilmesine yönelik öncü araştırmacılardan olan Hannan, modelin içine geleneksel sapma değişkenleri eklemiştir. Böylece, geleneksel DP formülü ortaya çıkmış ancak formüldeki değişkenlerin sayısını artırarak istenmeyen bir durumu da beraberinde getirmiştir (Chen ve Tsai, 2001: 549-550).

Üyelik fonksiyonları artan ve azalan iki parça halinde gösterilebilir. Ancak, artan (veya azalan) üyelik fonksiyonları doğrusal olmayabilir. Artışın (veya azalışın) eğimleri, aynı olmayan doğru parçalarından meydana gelmesi durumunda bir rampa (ramp) söz konusu olacaktır.

Kısmen içbükey (concave) yada kısmen dışbükey (convex) bir görünüm sergileyebilecek olan bu tip bir üyelik fonksiyonu s-biçimli üyelik fonksiyonuna örnektir. Karar vericinin yakalamayı umduğu erişim düzeyleriyle, bu üyelik düzeylerinin üyelik dereceleri doğrusal fonksiyonlarla birleştirildiği zaman tam içbükey olmayan bir üyelik fonksiyonu ortaya çıkabilir (Özkan, 2003: 243). YIK, s-biçimli parçalı üyelik fonksiyonu ile BHP modeli çözümünde, daha önceki yaklaşımlarda çözüm yöntemi olarak sunulan, karmaşık dönüşüm sistemleri kullanmak yerine 0-1 değişkenlerini kullanmayı tercih etmişlerdir (Lin ve Chen, 2002: 347). Bu yöntemin avantajlarından birisi, diğer yaklaşımlara oranla daha az değişken kullanımını sağlamasıdır (Chen ve Tsai, 2001: 550).

Şekil 3.2. parçalı doğrusal içbükey bir üyelik fonksiyonunu ifade etmektedir. Burada dikkat edilirse iki tane içbükey rampa tipli üyelik fonksiyonunun kesiştiği görülmektedir (Yang ve diğerleri, 1991: 43).



Şekil 3. 2. *İçbükey Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonu (s-biçimli)* ***(Kaynak:*** *Yang ve diğerleri. 1991: 43)*

Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi içbükey parçalı üyelik fonksiyonuyla temsil edilen bulanık bir hedef, basit birden fazla rampa-tipli üyelik fonksiyonlarına bölünebilir. Şöyle ki, μ_z ***Şekil 3.2.***'de ifade edilen üyelik fonksiyonu olarak temsil edilsin. Bu durumda aşağıdaki ifadeler elde edilir (Yang ve diğerleri, 1991: 44),

$$\mu_z = \begin{cases} 1, & eğer\ (Cx)_z \geq b_{z2} \\ 1 - \dfrac{b_{z2}-(Cx)_z}{s_{z2}}, & eğer\ b_{z0} \leq (Cx)_i < b_{z2} \\ 1 - \dfrac{b_{z1}-(Cx)_z}{s_{z1}}, & eğer\ b_{z1}-s_{z1} \leq (Cx)_i < b_{z0} \\ 0, & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

Burada hedefler, μ_{z1}ve μ_{z2} isimleriyle ikiye ayrılır ve aşağıdaki gibi ifade edilirler,

$$\mu_{z1} = \begin{cases} 1, & eğer\ (Cx)_z \geq b_{z1} \\ 1 - \dfrac{b_{z1} - (Cx)_z}{s_{z1}}, & eğer\ b_{z1} - s_{z1} \leq (Cx)_z < b_{z1} \\ 0, & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

$$\mu_{z2} = \begin{cases} 1, & eğer\ (Cx)_z \geq b_{z2} \\ 1 - \dfrac{b_{z2} - (Cx)_z}{s_{z2}}, & eğer\ b_{z2} - s_{z2} \leq (Cx)_z < b_{z2} \\ 0, & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

Böylece, sonuç formülü aşağıdaki şekli alır;

$Max\ \lambda$

$Kısıtlar$;

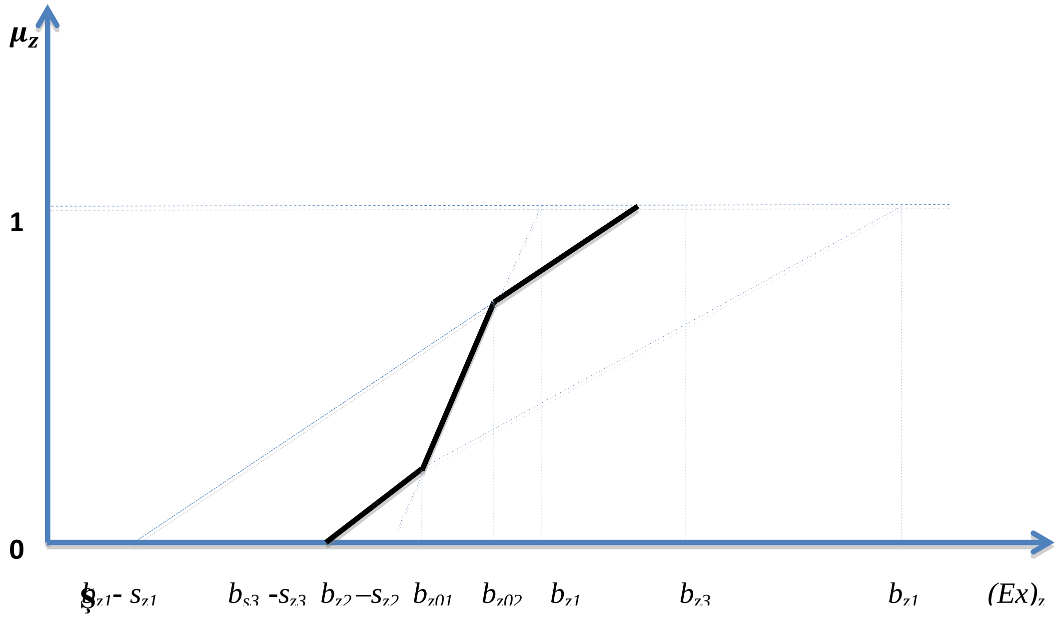
$$\left.\begin{aligned} \lambda \leq 1 - \frac{b_{z1} - (Cx)_z}{s_{z1}} \\ \lambda \leq 1 - \frac{b_{z2} - (Cx)_z}{s_{z2}} \end{aligned}\right\} tüm\ s(\in K)'ler\ için$$

$$\lambda \leq f_t \qquad tüm\ t(\in K)'ler\ için$$

$$(Bx) \leq b_0,$$

$$x \geq 0$$

Burada, *c* doğrusal olmayan üyelikli bir hedefi ve *t* doğrusal üyelik fonksiyonlu bir hedefi belirtmektedir. Bu şekliyle DP olarak çözümlenebilmesi mümkün hale gelmiş bir model ortaya çıkar.



Şekil 3.3. *İçbükey Olmayan Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonu (s-biçimli)*
(Kaynak: *Yang ve diğerleri, 1991: 43)*

İçbükey olmayan (dışbükey) parçalı doğrusal üyelik fonksiyonunlu bir bulanık DP formülasyonu, çözümünde kesikli 0-1 değişkenleri gerektirir. Bu tip üyelik fonksiyonları "biri veya diğeri" gibi bir üyelik fonksiyonu olarak yorumlanmalıdır. s-biçimli üyelik fonksiyonu ***Şekil 3.3.***'de gösterilen μ_z aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_z = \begin{cases} 1, & eğer\ (Cx)_z \geq b_{z1} \\ 1 - \dfrac{b_{z1} - (Cx)_z}{s_{z1}}, & eğer\ b_{z01} \leq (Cx)_z < b_{z1} \\ 1 - \dfrac{b_{z2} - (Cx)_z}{s_{z2}}, & eğer\ b_{z01} \leq (Cx)_z < b_{z02} \\ 1 - \dfrac{b_{z3} - (Cx)_z}{s_{z3}}, & eğer\ b_{z3} - s_{z3} \leq (Cx)_z < b_{z01} \\ 0, & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

Buradan, parçalı yaklaşım için çözüm üyelik fonksiyonları μ_{z1}, μ_{z2} ve μ_{z3} aşağıdaki gibi olurlar.

$$\mu_{z1} = \begin{cases} 1, & eğer\ (Cx)_z \geq b_{z1} \\ 1 - \dfrac{b_{z1} - (Cx)_z}{s_{z1}}, & eğer\ b_{z1} - s_{z1} \leq (Cx)_z < b_{z1} \\ 0, & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

$$\mu_{z2} = \begin{cases} 1, & eğer\ (Cx)_z \geq b_{z2} \\ 1 - \dfrac{b_{z2} - (Cx)_z}{s_{z2}}, & eğer\ b_{z2} - s_{z2} \leq (Cx)_z < b_{z2} \\ 0, & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

$$\mu_{z3} = \begin{cases} 1, & eğer\ (Cx)_z \geq b_{z3} \\ 1 - \dfrac{b_{z3} - (Cx)_z}{s_{z3}}, & eğer\ b_{z3} - s_{z3} \leq (Cx)_z < b_{z3} \\ 0, & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

Üyelik fonksiyonu μ_z, $\mu_z = \mu_{z1} \cup (\mu_{z2} \cap \mu_{z3})$ olarak temsil edilir. Bulanık DP haline getirilmiş olan dışbükey parçalı doğrusal üyelik fonksiyonlu BHP modelinin genişletilmiş formülü aşağıdaki şekli alır;

$Max\ \lambda$

$Kısıtlar$;

$$\left.\begin{array}{l} \lambda \leq 1 - \dfrac{b_{z1} - (Cx)_z}{s_{z1}} + M(1 - \delta_z) \\ \lambda \leq 1 - \dfrac{b_{z2} - (Cx)_z}{s_{z2}} + M\delta_z \\ \lambda \leq 1 - \dfrac{b_{z3} - (Cx)_z}{s_{z3}} + M\delta_z \end{array}\right\} tüm\ z(\in K)'ler\ için$$

$\lambda \leq f_t \qquad tüm\ t(\in K)'ler\ için$

$(Bx) \leq b_0,$

$\delta_z = 0{,}1\ tüm\ z(\in K)'ler\ için,$

$x \geq 0$

Yukarıdaki formülde, “M” çok büyük bir sayıyı ve “t” doğrusal üyelik fonksiyonuyla ifade edilen bir hedef olarak tanımlanmıştır.

Bu yöntemle, bulanık içbükey doğrusal olmayan üyelik fonksiyonu olması durumunda, dönüştürme prosedürü 0-1 değişkenleriyle bir tamsayılı doğrusal programlama olarak geliştirilmiş olur. Burada dikkat edilmesi gereken husus, içbükey olmayan parçalı üyelik fonksiyonlarındaki her bir birleşim işlemi sadece bir tane 0-1 değişkeni gerektirir. Özetle, s-biçimli üyelik fonksiyonu olan bir modelde gerekli olan pozitif 0-1 tam sayılı değişkeni başarılı bir değerlendirme elde etmek için kullanılabilir (Yang ve diğerleri, 1991: 43- 46).

YIK, s-biçimli üyelik fonksiyonundaki her birleşim operatöründe ve sundukları BHP modelinde, sadece bir adet 0-1 değişkeni kullanırlar (Li ve Yu, 1999: 109- 110).

IV. BÖLÜM

UYGULAMA

Klasik mantığın aksine, neredeyse her şeyin bulanık olduğu bir iş dünyasının olduğu artık her kesim tarafından kabul edilmektedir. BHP günümüz koşullarında, firmalarının birçok amacına hizmet edebilir bir yöntemdir. Gerek amaçların, gerek kısıtların net olarak belirlenemeyeceği durumlarda kolaylıkla başvurulabilir.

Bu bölümde öncelikle çalışmaya konu olan firma hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ardından çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli hedefler ve kısıtlar firma tarafından elde edilen bilgiler ışığında sunulmuş ve sonrasında çalışmanın asıl amacını oluşturan BHP uygulaması gerçekleştirilmiştir.

4.1. FİRMANIN GENEL BİLGİLERİ

Firma, 1997 yılında İstanbul Haramidere Sanayi Sitesi'nde bulunan fabrikasında faaliyetlerine başlamış olan orta ölçekli bir işletmedir. Firmada 2000 yılına kadar sıvı deterjan grubunda, toplu tüketime yönelik endüstriyel ve ev kullanımına yönelik temizlik malzemeleri ve oto temizlik ürünleri üretimi yapılmıştır. 2001'de toz deterjan (çok köpüren/ elde kullanım) üretimi, ardından çamaşır makinesi deterjanı üretimine başlamıştır. NEOFLO, FRILL tescilli markalarıyla ve Sağlık Bakanlığı izniyle endüstriyel ve ev temizleme ürünlerine devam etmektedir. Halen, Türkiye ve yakın çevremizde deneyimli ve güçlü deterjan firmaları arasında gösterilmektedir. Şirket 2005 yılından sonra hedeflerini yurtiçi satışlardan ziyade Ortadoğu ülkelerine yönlendirmiş bulunmakta olup Suriye, Irak, Azerbaycan, Türkmenistan, İran, Lübnan gibi ülkelerde kıymetli bir piyasa payına sahiptir. Halen, bulaşık deterjanları, ev temizlik deterjanları, genel temizlik deterjanları, kişisel bakım ürünleri, çamaşır temizlik ürünleri, endüstriyel temizlik ürünleri, oto temizlik ve bakım ürünleri, özel markalı ürünler ve kimyasal ürünler başlıklarında ürün gruplarına sahiptir. Otel, fabrika, işyeri, büro gibi endüstriyel alanlar için ürün boyutlarını büyüterek sunum gerçekleştirmektedir. Bütün ürünlerini kendi tesislerinde ve kendi iç bünyesinde yetiştirdiği nitelikli personel ile gerçekleştirmektedir. Firma yöneticileri, kurumsal politikaları gereği talep üzerine parti üretim gerçekleştirme kararı almıştır. Ancak, uzun yıllardır piyasada olmasının kendilerine kazandırdığı avantaj sebebiyle ürün talepleri neredeyse bir standart çizgiye oturtulmuş durumdadır. Çalışmada, firma isminin ve ürün isimlerinin açıkça kullanılmasını istemediklerinden, bilimsel etik çerçevesinde açıklayıcı kodlamalarla uygulama yürütülmüştür.

4.2. FİRMANIN HEDEF PROGRAMLAMA PROBLEMİ

Firma 2013-2014 yılı içerisinde, bazı ürünlerinde üretim planlamasında çeşitli değişiklikler yapmak istemektedir. Bu bağlamda aylık üretimi gerçekleştirilen bazı ürünlerin üretiminde değişikliğe gitmek ve kalite düzeyini değiştirmeden maliyetin daha düşük bir seviye civarına çekilebilmesinin mümkün olup olmadığını bulmak istemektedir.

Üretim için gerekli hammaddelerin imalat bölümünde öncelikle ilgili uzmanlar ve uygun ekipmanlarla karışımı gerçekleştirilmektedir. Karışım işlemi bittikten sonra, endüstriyel üretim kazanlarında karışımın üzerine su ilavesi yapılmaktadır. Karışımların hangi kıvamda ve etkinlikte olacağı daha önceden belirlenmiş standartlara göre olup, bu işlem firma yöneticilerinin tecrübeleriyle standart hale getirilmiştir. Üretimin son aşamasında 100’er lt’lik varillere (ihtiyaca bağlı olarak 200’er lt) ambalajlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Alıcıların mevcut siparişleri için nakliye işlemlerini gerçekleştirmelerinden önce, kısa süreli depolamaya müsaade edilmektedir. Firma politikası gereği, pazarlama, satış, dağıtım faaliyetlerini burada sonlandırmaktadır. Üretilmiş olan ürünlerin nakliye ve ulaştırma giderleri alıcılar tarafından üstlenilmektedir.

Firmaya ait ürünlerin üretilmesi için gerekli hammaddeler su (x_{18}) ile birlikte toplam 8 çeşittir. Ürün karışımında su miktarı her ürün için standarttır. Bunun sebebi, ürün yoğunluklarının standart kalmasını sağlama politikasıdır. Yani su dışındaki tüm hammaddelerin karışım miktarlarında aralık kullanılabilmektedir. Firma, ürünlerin üretilmesi esnasında, genel olarak yıllardır tek bir yaklaşım sergilemektedir.

Oluşturulan kimyasal karışıma toplam ağırlık 100 lt olacak şekilde su eklenmektedir. Su hammadde kodlamasında x_{18} olarak ifade edilmektedir. Toplam ağırlık 100 lt olduğunda, üretim bölümünde bulunan endüstriyel kazanlarda karıştırılmakta ve belirli bir süre bekletilmektedir. Talep durumuna göre, üretim 100'ün katları olarak da belirlenebilmektedir ve kazanlar, azami 1000 lt'ye kadar bir karışımın tek seferde ürüne dönüştürülebilmesine müsaittir.

İstanbul ili işyerlerine ait, 2012 yılı ortalaması su birim fiyatları 6.955 ₺/m^{3}olarak hesaplanmıştır (www.iski.gov.tr/ Erişim Tarihi: 06.02.2013). Buradan suyun lt fiyatı yaklaşık olarak ₺0.007 bulunur. Kullanılan hammaddelerin lt başı maliyetleri ***Tablo 4.1.***'de gösterilmektedir. Firma yöneticileri, ürünlerine ait kimyasal isimlerinin kullanılmasını istemediğinden, çalışmada kimyasallara ait isimler tabloda görüldüğü gibi "x" sembolüyle ifade edilmiştir.

Tablo 4.1. *Ürünlerde Kullanılan Hammaddelere Ait Litre Başı ₺ Değerleri*

Hammadde Kodları	**Hammadde Maliyetleri (₺)**
x_1	3.894
x_2	4.063
x_3	4.425
x_4	2.124
x_5	4.422
x_6	3.186
x_7	0.25
x_8	5.736
x_9	7.08
x_{10}	3.894
x_{11}	0.85
x_{12}	2.151
x_{13}	0.9
x_{14}	0.55
x_{15}	0.75
x_{16}	2.868
x_{17}	0.14
x_{18}	0.007

Firmaya ait ürünlerin çalışmada kullanılacak kodlamaları, satış ve maliyet değerleri ve ayrıca aylık minimum ve maksimum ortalama üretim miktarları ***Tablo 4.2.***'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4.2. *Firmaya Ait Ürünlerin Satış ve Maliyet Değerleri*

Ürün Adı	Ürün Kodları	Satış Fiyatı (₺)	Hammadde Karışım Maliyeti (₺)	Minimum Aylık Ortalama Üretim Miktarı (lt)	Maksimum Aylık Ortalama Üretim Miktarı (lt)
Sıvı Bulaşık Deterjanı	A_1	0,84	0,4783	30.000	50.000
Yıkama Sabunu	A_2	0,827	0,4152	20.000	40.000
Yumuşatıcı	A_3	0,855	0,2942	15.000	40.000
Sıvı Ovma Kremi	A_4	0,843	0,3546	15.000	40.000
Genel Temizlik Sıvısı	A_5	0,847	0,0961	15.000	40.000
Cam Yüzey Temizleme Sıvısı	A_6	0,827	0,1349	15.000	40.000
Halı Yıkama	A_7	0,85	0,3773	15.000	40.000
Çamaşır Suyu	A_8	0,65	0,1971	10.000	35.000
Tuz Ruhu	A_9	0,645	0,1971	10.000	35.000
Kireç Sökücü	A_{10}	0,735	0,1971	10.000	35.000
Lavabo Açıcı	A_{11}	0,763	0,3604	5.000	20.000
Mekanik Temizleyici	A_{12}	0,544	0,1815	10.000	30.000
Yoğunlaştırılmış Çamaşır Suyu	A_{13}	0,922	0,2059	15.000	40.000
Köpük Sabun	A_{14}	1,117	0,5118	15.000	40.000

Yukarıdaki tabloya göre firmanın, toplam 14 çeşit ürünü bulunmaktadır. Yapılacak çalışma firma yöneticilerinin, belirlemiş olduğu bazı ürünlerin maliyet hedeflerine, belirlenmiş olan ürünlerde kullanılan hammaddelerin karışım miktarlarını daha alt düzeylere çekerek, ürünün etkinliğini değiştirmeden ulaşmaktır. A_1, A_2, A_3, A_4, A_7, ve A_{14} kodlu ürünlerin maliyetlerinin hedeflenen düzeylere, ürün etkinliklerini bozulmadan çekilebilmesi ve bununla birlikte karşımdaki su ve parfüm miktarının değişmemesine özellikle hassasiyet gösterilmesi istenmektedir.

Çalışmaya konu olan 6 tane ürün bulunmaktadır. Tüm ürünlerin isimleri, satış fiyatları, maliyetleri, standart üretim miktarları 100 lt/ay olarak ***Tablo 4.3.***'te listelenmiştir.

Tablo 4.3.*Uygulamada Kullanılan Ürün Kodları ve Aylık Üretim Bilgileri*

Ürün Adı	**Ürün Kodları**	**Birim Hammadde Maliyetleri (₺)**	**Minimum Aylık Ortalama Üretim Miktarı (lt)**	**Maksimum Aylık Ortalama Üretim Miktarı (lt)**
Sıvı Bulaşık Deterjanı	A_1	0.4833	30.000	50.000
Yıkama Sabunu	A_2	0.4152	20.000	40.000
Yumuşatıcı	A_3	0.2942	9000	15000
Sıvı Ovma Kremi	A_4	0.1809	15.000	40.000
Halı Yıkama	A_7	0,3773	15.000	40.000
Köpük Sabun	A_{14}	0,5118	15.000	40.000

Ürünlere ait hammadde karışımlarının sınır aralıkları sırası ile ***Tablo 4.4.*** – ***Tablo 4.9.*** aralığında bulunan tablolarda görülmektedir.

Tablo 4.4. *A_1 Ürününde Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Karışım Oranları*

A_1 Ürününde Kullanılan Hammaddeler	**Ortalama (%)**	**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
x_1	3	1,5	4,5
x_2	1	0.9	1.1
x_5	7	6.1	7.9
x_7	2	1.8	2.2
x_{11}	0.06	0.054	0.066
x_{13}	0.5	0.39	0.61
x_{17}	0.2	0.18	0.22
x_{18}	86.24	82.24	90.24
Toplam (lt)	100		

Tablo 4.5. *A_2 Ürününde Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Karışım Oranları*

A_2 Ürününde Kullanılan Hammaddeler	**Ortalama(%)**	**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
x_2	1	0.4	1.6
x_3	0.2	0.115	0.285
x_5	8	5.4	10.6
x_7	2	1.15	2.285
x_{11}	0.06	0	0.12
x_{17}	0.2	0	0.4
x_{18}	88.54	86.77	90.31
Toplam (lt)	100		

Tablo 4.6. *A_3 Ürününde Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Karışım Oranları*

A_3 Ürününde Kullanılan Hammaddeler	**Ortalama (%)**	**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
x_8	5	3.25	6.75
x_{11}	0.06	0.02	0.1
x_{17}	0.2	0.1	0.3
x_{18}	94.74	92	97.46
Toplam (lt)	100		

Tablo 4.7. *A_4 Ürününde Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Karışım Oranları*

A_4 Ürününde Kullanılan Hammaddeler	**Ortalama (%)**	**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
x_1	5	0	10
x_9	0.2	0.15	0.25
x_{11}	0.06	0.045	0.075
x_{15}	0.5	0.4	0.6
x_{16}	4.8	3.5	6.1
x_{17}	0.2	0.1	0.3
x_{18}	89.24	86.35	92.13
Toplam (lt)	100		

Tablo 4.8. *A_7 Ürününde Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Karışım Oranları*

A_7 Ürününde Kullanılan Hammaddeler	**Ortalama (%)**	**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
x_4	0.6	0.22	0.98
x_5	4	1.75	6.25
x_6	2	0.5	3.5
x_{10}	3	2.13	3.87
x_{11}	0.06	0.02	0.1
x_{17}	0.2	0	0.4
x_{18}	90.14	83.12	97.16
Toplam (lt)	100		

Tablo 4.9. *A_{14} Ürününde Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Karışım Oranları*

A_{14} Ürününde Kullanılan Hammaddeler	**Ortalama (%)**	**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
x_2	1	0.535	1.465
x_4	1	0.23	1.77
x_5	10	7	13
x_{11}	0.06	0.03	0.09
x_{17}	0.8	0.3	1.3
x_{18}	87.14	85.56	88.72
Toplam (lt)	100		

Yukarıda açıklanan bilgiler harmanlanarak, ürünlerin elde edilmesinde kullanılan hammadde oranları ve hammadde maliyetleri için belirlenen standart alt ve üst sınırlar ***Tablo 4.10.- Tablo 4.15.*** aralığında ilgili ürünler için özetlenmiştir.

A_1 Ürünü İçin;

Tablo 4.10. *A_1 Ürünü Maliyet Tablosu*

Hammaddelerin Ürün Karışım Sınırları				Hammaddelerin ₺ Cinsinden Birim Ürün Maliyetindeki Sınırları		
Hammadde	**Ortalama**	**Alt Sınır (%)**	**Üst Sınır (%)**	**Ortalama**	**Alt Sınır (₺)**	**Üst Sınır (₺)**
x_1	3	1,5	4,5	11.682	5.841	26.2845
x_2	1	0.9	1.1	4.063	3.6567	4.4693
x_5	7	6.1	7.9	30.954	26.9742	34.9338
x_7	2	1.8	2.2	0,5	0.225	0.275
x_{11}	0.06	0.054	0.066	0,051	0.0459	0.0561
x_{13}	0.5	0.39	0.61	0.45	0.351	0.549
x_{17}	0.2	0.18	0.22	11.682	5.841	26.2845
x_{18}	86.24	82.24	90.24	0,6037	0.57568	0,63168
Ortalama Hammadde Maliyeti (₺/100 lt)					***48.3317***	

A_2 Ürünü İçin;

Tablo 4.11. *A_2 Ürünü Maliyet Tablosu*

Hammaddelerin Ürün Karışım Sınırları				Hammaddelerin ₺ Cinsinden Birim Ürün Maliyetindeki Sınırları		
Hammadde	**Ortalama**	**Alt Sınır (%)**	**Üst Sınır (%)**	**Ortalama**	**Alt Sınır (₺)**	**Üst Sınır (₺)**
x_2	1	0.4	1.6	4,063	1.6252	6.5008
x_3	0.2	0.115	0.285	0,885	0.5089	1.125
x_5	8	5.4	10.6	35,376	23.8788	46.8732
x_7	2	1.15	2.285	0,5	0.2875	0.5713
x_{11}	0.06	0	0.12	0,051	0	0.102
x_{17}	0.2	0	0.4	0,028	0	0.056
x_{18}	88.54	86.77	90.31	0,6198	0.6074	0.6322
Ortalama Hammadde Maliyeti (₺/100 lt)					***41.5228***	

A$_3$ Ürünü İçin;

Tablo 4.12. *A$_3$ Ürünü Maliyet Tablosu*

Hammaddelerin Ürün Karışım Sınırları	Hammadde	Ortalama	Alt Sınır (%)	Üst Sınır (%)	Hammaddelerin ₺ 'Cinsinden Birim Ürün Maliyetindeki Sınırları	Ortalama	Alt Sınır (₺)	Üst Sınır (₺)
	x_8	5	3.25	6.75		28.68	18.642	38.718
	x_{11}	0.06	0.02	0.1		0.051	0.017	0.085
	x_{17}	0.2	0.1	0.3		0.028	0.014	0.042
	x_{18}	94.74	92	97.48		0.6632	0.644	0.68208
Ortalama Hammadde Maliyeti (₺/100 lt)						***29.422***		

A$_4$ Ürünü İçin;

Tablo 4.13. *A$_4$ Ürünü Maliyet Tablosu*

Hammaddelerin Ürün Karışım Sınırları	Hammadde	Ortalama	Alt Sınır (%)	Üst Sınır (%)	Hammaddelerin ₺ Cinsinden Birim Ürün Maliyetindeki Sınırları	Ortalama	Alt Sınır (₺)	Üst Sınır (₺)
	x_1	5	0	10		19.47	0	38.94
	x_9	0.2	0.19	0.21		1,416	1.3452	1.4868
	x_{11}	0.06	0.045	0.075		0,051	0.0383	0.06375
	x_{15}	0.5	0.4	0.6		0,375	0.3	0.45
	x_{16}	4.8	2.453	7.147		13,7664	7.0352	20.4976
	x_{17}	0.2	0.1	0.3		0,028	0.014	0.042
	x_{18}	89.24	86.35	92.13		0,62468	0.60445	0.64491
Ortalama Hammadde Maliyeti (₺/100 lt)						***35.7311***		

A_7 Ürünü İçin;

Tablo 4.14. *A_7 Ürünü Maliyet Tablosu*

Hammaddelerin Ürün Karışım Sınırları	Hammadde	Ortalama	Alt Sınır (%)	Üst Sınır (%)	Hammaddelerin ₺ Cinsinden Birim Ürün Maliyetindeki Sınırları	Ortalama	Alt Sınır (₺)	Üst Sınır (₺)
	x_4	0.6	0.22	0.98		1.2744	0.46728	2.08152
	x_5	4	1.75	6.25		17.688	7.7385	27.6375
	x_6	2	0.5	3.5		6.372	1.593	11.151
	x_{10}	3	2.13	3.87		11.682	8.28422	15.0698
	x_{11}	0.06	0.02	0.1		0.051	0.017	0.085
	x_{17}	0.2	0	0.4		0.028	0	0.056
	x_{18}	90.14	83.12	97.16		0.631	0.58184	0.68012
Ortalama Hammadde Maliyeti (₺/100 lt)						***37.7264***		

A_{14} Ürünü İçin;

Tablo 4.15. *A_{14} Ürünü Maliyet Tablosu*

Hammaddelerin Ürün Karışım Sınırları	Hammadde	Ortalama	Alt Sınır (%)	Üst Sınır (%)	Hammaddelerin ₺ Cinsinden Birim Ürün Maliyetindeki Sınırları	Ortalama	Alt Sınır (₺)	Üst Sınır (₺)
	x_2	1	0.535	1.465		4.063	2.1737	5.952335
	x_4	1	0.23	1.77		2.124	0.48852	3.75948
	x_5	10	7	13		44.22	30.954	57.486
	x_{11}	0.06	0.03	0.09		0.051	0.0255	1.105
	x_{17}	0.8	0.3	1.3		0.112	0.1125	0.4875
	x_{18}	87.14	85.56	88.72		0.61	0.59892	0.62104
Ortalama Hammadde Maliyeti (₺/100 lt)						***51.18***		

4.2.1.Ürün Maliyetlerinin Klasik Hedef Programlama ile Değiştirilme Denemesi

Bu aşamada, klasik HP ile firma yöneticilerinin belirlediği ürünler için araştırılacak hedef doyumları, ürün etkinliği kaybolmadan klasik HP modeli ile sağlanmaya çalışılmıştır.

4.2.1.1.Genel Hedef Programlama Problemi Model Bileşenleri

4.2.1.1.1 Amaç Fonksiyonu

Daha önce bahsi geçen amaç ve kısıtlayıcılar aşağıda düzenlenmiştir ve çok hedefli DP modeli olarak ifade edilmiştir. Daha önceki bölümlerde ifade edildiği üzere, HP problemlerinin DP modelinin geliştirilmiş bir şeklidir. Ancak HP modelinin amaç fonksiyonunun optimizasyonundan ziyade eş anlı doyum düşüncesine dayandığı unutulmamalıdır (Özkan, 2003: 174).

HP problemlerinde amaç, DP problemlerinin amaç fonksiyonuna ait sapmaların minimize edilmesi şeklinde kurulduğu daha önce açıklanmıştı. Sapma değişkenleri aşağıda ifade edildiği gibi tanımlanacaktır. Bu çalışmadaki uygulamada üç tane hedef olduğu dikkate alınarak,

n_1= Hedeflenen maliyetin gerçekleşmesi için gerekli hedefin altındaki kısım

p_1= Hedeflenen maliyetin gerçekleşmesi için gerekli hedefin üzerindeki kısım

n_2= Üründe hedeflenen parfüm miktarının altındaki kısım

p_2= Üründe kullanılması gereken parfüm miktarını aşan kısım

n_3= Karışımda kullanılması gereken su miktarının altındaki kısım

p_3= Karışımda kullanılması gereken su miktarını aşan kısım

şeklinde yazılabilir.

HP, genel olarak minimum işlemcisi kullanılmaktadır. Bir hedef için belirlenen başarı ve başarısızlık aynı anda gerçekleşemeyeceği için bu sapmalardan birisi mutlaka sıfır olacaktır. Bu sebeple istenmeyen sapma değişkenlerinin minimum olması amaçlanmaktadır.

Bu bilgiler ışığında HP için genel amaç fonksiyonu aşağıda ifade edildiği gibi oluşturulur.

$$\boldsymbol{Min\ z = (n_1, p_1, n_2, p_2, n_3, p_3)}$$

4.2.1.1.2. Genel Hedef Kısıtlayıcıları

DP problemlerinde amaç fonksiyonunu oluşturan fonksiyon veya fonksiyonlar, HP probleminde amaç fonksiyonu olarak değil birer kısıt olarak kullanılmaktadırlar. Kullanılmayan hammaddeler 0 (sıfır) kabul edilmek şartıyla aşağıdaki gibi hedef kısıtlayıcıları elde edilebilir.

Maliyet Hedefi Kısıtlayıcısı;

Firmanın ürünleri için kullandığı hammaddelerin ₺ cinsinden değeri ***Tablo 4.1.***'de gösterilmiştir. Birim başına maliyete etkileri dikkate alınarak ilgili ürünler için genel bir maliyet hedefi kısıtlayıcısı aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

$$\begin{aligned} 3{,}893x_1 + 4{,}063x_2 + 4{,}425x_3 + 2{,}124x_4 + 4{,}422x_5 + 3{,}186x_6 + 0{,}25x_7 \\ + 5{,}736x_8 + 7{,}08x_9 + 3{,}894x_{10} + 0{,}85x_{11} + 2{,}151x_{12} + 0{,}9x_{13} \\ + 0{,}55x_{14} + 0{,}75x_{15} + 2{,}868x_{16} + 0{,}14x_{17} + 0{,}007x_{18} + n_1 - p_1 \\ = b_1 \end{aligned}$$

Parfüm Miktarı Hedefi Kısıtlayıcısı;

$$x_{17} + n_2 - p_2 = b_2$$

Karışımdaki Su Miktarı Hedefi Kısıtlayıcısı;

$$x_{18} + n_3 - p_3 = b_3$$

4.2.1.1.3. Diğer Kısıtlayıcılar

Tüm ürünler için ayrıca aşağıda geçerli olan kısıtlar da bulunmaktadır.

- ***Hammadde karışımlarının toplam 100 lt Olma Kısıtı***

$$\sum_{1}^{n} x_i = 100$$

n=1, 2,…, 6

i=1, 2, …, 18

- ***Negatif Olmama Kısıtı***

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, $n_1, p_1, n_2, p_2, n_3, p_3 \geq 0$

4.3.HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

Firma yöneticileri, her bir ürünü için 2013-2014 yılında ulaşmayı düşündüğü çeşitli hedefleri bulunmaktadır. Ayrıca yönetim, hedeflerle ilgili elde edilecek sonuçlara bakarak ürün pazarlama stratejilerinde ve ürün karmasında ileriye dönük değişikliklere gitmeyi de düşünmektedir.

4.3.1. A_1 Ürünü Klasik Hedef Programlama Uygulaması

A_1 kodlu ürünün üretiminde kullanılan hammadde bileşenlerinin ortalama maliyeti ₺48.3317'dir. Firma yöneticileri, A_1'in maliyetinin ₺47.75 düzeyinde olmasını hedeflemektedirler. Bununla birlikte firma, üründeki hammadde etkinliğinin aynı düzeyde kalmasını istemektedir. Bu sebeple su karışımının (x_{18}) ve ürün kokusunun da değişmesini istememektedir bu sebeple kullanılan parfüm miktarının (x_{17}) aynı düzeyde kalmasını istemektedir. Bu sebeple su miktarı 86,24 ve parfüm miktarı da 0.2 lt düzeyinde karışımda yer almalıdır.

Amaç fonksiyonu

$$\boldsymbol{Min\ z = (n_1 + p_1 + n_2 + p_2 + n_3 + p_3)}$$

Kısıtlayıcılar

$$3.894x_1 + 4.063x_2 + 4.422x_5 + 0.25x_7 + 0.85x_{11} + 0.9x_{13} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + n_1 - p_1 = 47.75$$

$$x_{17} + n_2 - p_2 = 0.2$$

$$x_{18} + n_3 - p_3 = 86.24$$

$x_1 \geq 1.5,\ x_1 \leq 4.5,\ x_2 \geq 0.9,\ x_2 \leq 1.1,\ x_5 \geq 6.1,\ x_5 \leq 7.9,\ x_7 \geq 1.8,\ x_7 \leq 2.2,$ $x_{11} \geq 0.054,\ x_{11} \leq 0.066,\ x_{13} \geq 0.39, x_{13} \leq 0.61,\ x_{17} \geq 0.13,\ x_{17} \leq 0.27,$ $x_{18} \geq 82.24, x_{18} \leq 90.24,$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_7 + x_{11} + x_{13} + x_{17} + x_{18} = 100$$

ve,

$x_1, x_2, x_5, x_7, x_{11}, x_{13}, x_{17}, x_{18}, n_1, p_1\ n_2, p_2, n_3, p_3 \geq 0$

Oluşturulan modelin WinQSB paket programı kullanılarak analizi gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki çıktılar elde edilmiştir. Çıktıların BHP modeli ile elde edilen çıktılar dikkate alınarak yorumlanması ve karşılaştırılması çalışmanın bütünlüğü için önem arz ettiğinden burada sadece A_1 kodlu ürün için analiz sonuçları özetlenecektir. Aynı değerlendirmeler, diğer ürünler içinde geçerlidir.

Min z*= 0*

Sapma değişkenleri n_1=0, p_1=0, n_2=0, p_2= , n_3=0, p_3=0 olarak bulunmuştur. Ayrıca hammadde karışım oranları ise $x_1=1.6849$, $x_2=1.1$, x_5= 7.9, $x_7=2.2$, $x_{11}=0.066$, $x_{13}=0.6091$, $x_{17}=0.2$ ve $x_{18}=86.24$ olarak elde edilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlar incelendiğinde, sapma değişkenlerinin değerler 0 (sıfır) olarak bulunmuştur. Bunun anlamı hedeflerden sapma oranı %0'dır. Buna göre, yukarıda belirtilen hammadde karışım oranları belirtildiği oranlarda karışıma eklenirse, firma A_1 kodlu ürün için amaçladığı hedeflerinin tamamına hiçbir hedef sapmasıyla karşılaşmadan ulaşabilmektedir. Firmanın ürün maliyeti, su miktarı ve parfüm miktarı hedeflerinin tamamı, firma yöneticilerinin ilgili ürün için yukarıda hesaplanan karışım oranlarını uygulaması sonucu gerçekleştirilebilecektir. Ancak klasik HP uygulaması ile elde edilen sonuçlara bakıldığında bu karışımların daha önceki tepkimeyi vermesi mümkün değildir. Bu sebeple, firma için belirlenen hedeflerin ürünün orijinalliğini bozmadan, klasik HP modeliyle gerçekleştirilebilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir.

4.3.2. A_2 Ürünü Klasik Hedef Programlama Uygulaması

A_2 kodlu ürünün üretiminde kullanılan hammadde bileşenlerinin ortalama maliyeti ₺41.5228'dir. Firma yöneticileri, A_2 'nin maliyetinin ₺41.2 olmasını ve hammadde etkinliğinin ve kokusunun aynı düzeyde kalmasını istemektedir. Bu sebeple 100 lt'lik bir ürün içinde, su miktarının (x_{18}) 88.54 lt ve parfümün de (x_{17}) 0.2 lt olması hedeflenmektedir.

Amaç fonksiyonu

$$\boldsymbol{Min\ z} = (\boldsymbol{n_1} + \boldsymbol{p_1} + \boldsymbol{n_2} + \boldsymbol{p_2} + \boldsymbol{n_3} + \boldsymbol{p_3})$$

Kısıtlayıcılar

$$4{,}063x_2 + 4{,}425x_3 + 4{,}422x_5 + 0,25x_7 + 0{,}85x_{11} + 0{,}14x_{17} + 0{,}007x_{18} + n_1 - p_1 = 41.2$$

$$x_{17} + n_2 - p_2 = 0.2$$

$$x_{18} + n_3 - p_3 = 88.54$$

$x_2 \geq 0.4$, $x_2 \leq 1.6$, $x_3 \geq 0.115$, $x_3 \leq 0.285$, $x_5 \geq 5.4$, $x_5 \leq 10.6$, $x_7 \geq 1.15$, $x_7 \leq 2.285$, $x_{11} \geq 0$, $x_{11} \leq 0.12$, $x_{17} \geq 0$, $x_{17} \leq 0.4$, $x_{18} \geq 86.77$, $x_{18} \leq 90.21$,

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_7 + x_{11} + x_{13} + x_{17} + x_{18} = 100$$

ve,

x_2, x_3, x_5, x_7, x_{11}, x_{17}, x_{18}, n_1, p_1 n_2, p_2, n_3, $p_3 \geq 0$

***Min z**= 0*

Sapma değişkenleri n_1=0, p_1=0, n_2=0, p_2=0, n_3=0, p_3=0. Ayrıca hammadde karışım oranları ise x_2= 0.4, x_3= 0.285, x_5= 8.3946, x_7=2.1804, x_{11} = 0, x_{17} = 0.2 ve x_{18}=88.54 olarak elde edilmiştir. Klasik HP uygulaması ile elde edilen sonuçlara bakıldığında bu karışımların daha önceki tepkimeyi vermesi mümkün değildir. Bu sebeple, firma için belirlenen hedeflerin ürünün orijinalliğini bozmadan, klasik HP modeliyle gerçekleştirilebilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir.

4.3.3. A_3 Ürünü Klasik Hedef Programlama Uygulaması

A_3 kodlu ürünün üretiminde kullanılan hammadde bileşenlerinin ortalama maliyeti ₺29.422’dir. Firma yöneticileri, A_3 maliyetinin ₺ 29.2 olmasını ve hammadde etkinliğinin ve kokusunun aynı düzeyde kalmasını istemektedir. Bu sebeple 100 lt’lik bir ürün içinde, su miktarının (x_{18}) 94.72 lt ve parfümün de (x_{17}) 0.2 lt olması hedeflenmektedir.

Amaç fonksiyonu

$$\boldsymbol{Min\,z} = (\boldsymbol{n_1} + \boldsymbol{p_1} + \boldsymbol{n_2} + \boldsymbol{p_2} + \boldsymbol{n_3} + \boldsymbol{p_3})$$

Kısıtlayıcılar

$$5{,}736x_8 + 0{,}85x_{11} + 0{,}14x_{17} + 0{,}007x_{18} + n_1 - p_1 = 29.2$$

$$x_{17} + n_2 - p_2 = 0.2$$

$$x_{18} + n_3 - p_3 = 94.74$$

$x_8 \geq 3.25$, $x_8 \leq 6.75$, $x_{11} \geq 0.02$, $x_{11} \leq 0.1$, $x_{17} \geq 0.1$, $x_{17} \leq 0.3$, $x_{18} \geq 92$, $x_{18} \leq 97.48$,

$$x_8 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$$

ve,

$x_8, x_{11}, x_{17}, x_{18}, n_1, p_1, n_2, p_2, n_3, p_3 \geq 0$

Oluşturulan modelin WinQSB paket programı kullanılarak analizi gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki çıktılar elde edilmiştir.

***Min z**= 0.0247*

Sapma değişkenleri n_1=0, p_1=0, n_2=0, p_2=0, n_3=0, p_3=0047 olarak bulunmuştur. Ayrıca hammadde karışım oranları ise x_8= *4.9553*, x_{11}= *0.1*, x_{17} = *0.2* ve x_{18}=*94.7447* olarak elde edilmiştir. Ancak klasik HP uygulaması ile elde edilen sonuçlara bakıldığında bu karışımların daha önceki tepkimeyi vermesi mümkün değildir. Bu sebeple, firma için belirlenen hedeflerin ürünün orijinalliğini bozmadan, klasik HP modeliyle gerçekleştirilebilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir.

4.3.4. A_4 Ürünü Klasik Hedef Programlama Uygulaması

A_4 kodlu ürünün üretiminde kullanılan hammadde bileşenlerinin ortalama maliyeti ₺*35.7311*'dir. Firma yöneticileri, A_2 maliyetinin ₺35.4 düzeyinde olmasını hedeflemektedirler. Bununla birlik üründeki su miktarının 89.24 lt ve parfümün de 0.2 lt olması eşit öneme sahip diğer hedeflerdir.

Amaç fonksiyonu

$$\boldsymbol{Min\ z = (n_1 + p_1 + n_2 + p_2 + n_3 + p_3)}$$

Kısıtlayıcılar

$$3.894x_1 + 7.08x_9 + 0{,}85x_{11} + 0{,}75x_{15} + 2.868x_{16} + 0{,}14x_{17} + 0{,}007x_{18} + n_1 - p_1 = 35.4$$

$$x_{17} + n_2 - p_2 = 0.2$$

$$x_{18} + n_3 - p_3 = 89.24$$

$x_1 \geq 0,\ x_1 \leq 10,\ x_9 \geq 0.19,\ x_9 \leq 0.21,\ x_{11} \geq 0.045,\ x_{11} \leq 0.075,\ x_{15} \geq 0.4,$ $x_{15} \leq 0.6,\ x_{16} \geq 2.453,\ x_{16} \leq 7.147,\ x_{17} \geq 0.1,\ x_{17} \leq 0.3,\ x_{18} \geq 86.35,\ x_{18} \leq$ $92.13,$

$$x_1 + x_9 + x_{11} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} = 100$$

ve,

$x_1, x_9, x_{11}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, n_1, p_1\ n_2, p_2, n_3, p_3 \geq 0$

Oluşturulan modelin WinQSB paket programı kullanılarak analizi gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki çıktılar elde edilmiştir.

***Min z**= 0*

Sapma değişkenleri $n_1=0$, $p_1=0$, $n_2=0$, $p_2=0$, $n_3=0$, $p_3=0$ olarak bulunmuştur. Ayrıca hammadde karışım oranları ise $x_1= 5.1185$, $x_9= 0.15$, $x_{11} = 0.075$, $x_{15}=0.6$, $x_{16}=4.6165$, $x_{17} = 0.2$, $x_{18} = 89.24$ olarak elde edilmiştir. Klasik HP uygulaması ile elde edilen sonuçlara bakıldığında bu karışımların daha önceki tepkimeyi vermesi mümkün değildir. Bu sebeple, firma için belirlenen hedeflerin ürünün orijinalliğini bozmadan, klasik HP modeliyle gerçekleştirilebilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir.

4.3.5. A_7 Ürünü Klasik Hedef Programlama Uygulaması

A_7 kodlu ürünün üretiminde kullanılan hammadde bileşenlerinin ortalama maliyeti ₺*37.7264*'tür. Firma yöneticileri, A_7 maliyetinin ₺ 37 düzeyinde olmasını hedeflemektedirler. Bununla birlik üründe ki su miktarının 90.14 lt ve parfümün de 0.2 lt olması eşit öneme sahip diğer hedeflerdir.

Amaç fonksiyonu

$$\boldsymbol{Min\ z} = (\boldsymbol{n_1} + \boldsymbol{p_1} + \boldsymbol{n_2} + \boldsymbol{p_2} + \boldsymbol{n_3} + \boldsymbol{p_3})$$

Kısıtlayıcılar

$$2.124x_4 + 4.422x_5 + 3.186x_6 + 3.894x_{10} + 0.85x_{11} + 0{,}14x_{17} + 0{,}007x_{18} + n_1 - p_1 = 37$$

$$x_{17} + n_2 - p_2 = 0.2$$
$$x_{18} + n_3 - p_3 = 90.14$$

$x_4 \geq 0.22,\ \ x_4 \leq 0.98,\ \ x_5 \geq 1.75,\ \ x_5 \leq 6.25,\ \ x_6 \geq 0.5,\ \ x_6 \leq 3.5,\ \ x_{10} \geq 2.13,$ $x_{10} \leq 3.87, x_{11} \geq 0.02, x_{11} \leq 0.1, x_{17} \geq 0, x_{17} \leq 0.4, x_{18} \geq 83.12, x_{18} \leq 97.16,$

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$$

ve,

$x_4, x_5, x_6, x_{10}, x_{11}, x_{17}, x_{18}, n_1, p_1\ n_2, p_2, n_3, p_3 \geq 0$

Oluşturulan modelin WinQSB paket programı kullanılarak analizi gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki çıktılar elde edilmiştir.

***Min z**= 0.8789*

Sapma değişkenleri n_1=0, p_1=0, n_2=0, $p_2=0$, n_3=0, p_3=0.8789 olarak bulunmuştur. Ayrıca hammadde karışım oranları ise $x_4= 0.98$, $x_5= 1.75$, $x_6= 3.5$, $x_{10}= 2.4511$, $x_{11} = 0.1$, $x_{17} = 0.2$, $x_{18} = 91.0189$ olarak elde edilmiştir. Ancak klasik HP uygulaması ile elde edilen sonuçlara bakıldığında bu karışımların daha önceki tepkimeyi vermesi mümkün değildir. Bu sebeple, firma için belirlenen hedeflerin ürünün orijinalliğini bozmadan, klasik HP modeliyle gerçekleştirilebilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir.

4.3.6. A_{14} Ürünü Klasik Hedef Programlama Uygulaması

A_{14} kodlu ürünün üretiminde kullanılan hammadde bileşenlerinin ortalama maliyeti ₺51.18'dir. Firma yöneticileri, A_{14} maliyetin ₺ 50.75 düzeyinde olmasını hedeflemektedirler. Bununla birlik üründe ki su miktarının 87.14 lt ve parfümünde 0.8 lt olması eşit öneme sahip diğer hedeflerdir.

Amaç fonksiyonu

$$\boldsymbol{Min\ z = (n_1 + p_1 + n_2 + p_2 + n_3 + p_3)}$$

Kısıtlayıcılar

$$4.043x_2 + 2.124x_4 + 4.422x_5 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + n_1 - p_1 = 50.7$$

$$x_{17} + n_2 - p_2 = 0.8$$
$$x_{18} + n_3 - p_3 = 87.14$$

$x_2 \geq 0.535,\ \ x_2 \leq 1.465,\ \ x_4 \geq 0.23,\ \ x_4 \leq 1.77,\ \ x_5 \geq 7,\ \ x_5 \leq 13,\ \ x_{11} \geq 0.03,$ $x_{11} \leq 0.09, x_{17} \geq 0.3, x_{17} \leq 1.3, x_{18} \geq 85.56, x_{18} \leq 88.72,$

$$x_2 + x_4 + x_5 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$$

ve,

$x_2, x_4, x_5, x_{11}, x_{17}, x_{18}, n_1, p_1\ n_2, p_2, n_3, p_3 \geq 0$

Oluşturulan modelin WinQSB paket programı kullanılarak analizi gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki çıktılar elde edilmiştir.

Min z*= 0.8954*

Sapma değişkenleri n_1=0, p_1=0, n_2=0, p_2=*0*, n_3=0, p_3=0.8954 olarak bulunmuştur. Ayrıca hammadde karışım oranları ise x_2= 1.465, x_4= 1.77, x_5=7.8396, x_{11} *= 0.09,* x_{17} *= 0.8,* x_{18} *= 88.0354*olarak elde edilmiştir. Klasik HP uygulaması ile elde edilen sonuçlara bakıldığında bu karışımların daha önceki tepkimeyi vermesi mümkün değildir. Bu sebeple, firma için belirlenen hedeflerin ürünün orijinalliğini bozmadan, klasik HP modeliyle gerçekleştirilebilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir.

4.4.BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA İÇERİSİNDE YANG, IGNIZIO ve KIM YAKLAŞIMI

Uygulamanın ilk adımında, maliyet hedefleri ve teknoloji kısıtları bulanıklaştırılmıştır. Hannan yaklaşımı, Zimmermann tipi üyelik fonksiyonunu temel alarak Narasimhan yaklaşımının tek bir problem haline dönüştürülmesine olanak tanıyan bir tekniktir. YIK ise Hannan modelinin bulanık eşitsizlikler olarak da ifade edilebileceğini göstermişlerdir.

Bu bölümde, bu yaklaşım dikkate alınarak her bir ürün için, çözümlenmiş olan HP problemleri BHP problemi olarak yeniden çözülecektir. Daha önceki bölümde klasik HP uygulaması incelendiğinde, uygulamanın birinci aşamasında firma uzmanlarınca belirlenen hedeflere A_1, A_2, A_4 kodlu ürünleri için %100 ulaşıldığı; A_3, A_7 ve A_{14} ürünlerinde ise aynı başarının yakalanamadığı görülmüştür. Bu hedeflere ulaşılırken, ürünün orijinalliği tamamen değişmiş ve aslında yeni ürünler ortaya çıkmıştır. Sonuçta elde edilen ürünler için kullanılan ürün reçetelerinde firma, yıllardır ortalamaya en yakın oranlarla ürünler elde ederek bir standart elde etmişken, bahsi geçen hedefler için bu standart ürünlerin uygulama sonuçlarıyla elde edilemeyeceği açıktır. Aslında, klasik yöntemlerle de elde edilen ürünlerde yine %100 tüm ürünlerin aynı olmadığı açıktır. Klasik HP uygulaması ile elde edilen sonuçlar firma uzmanlarınca değerlendirilmiştir. İlgili yeni ürün karışımlarının daha önceki tepkimeyi vermesinin mümkün olmayacağı öğrenilmiştir. Bu sebeple, firma için belirlenen hedeflerin ürünün orijinalliğini bozmadan, klasik HP modeliyle gerçekleştirilebilmesinin mümkün olmadığı görülmüştür.

Firma yöneticileri ile yapılan görüşmede her bir ürün için elde edilen HP sonuçları değerlendirilmiştir ve ilgili hedeflerin gerçekleşebilmesi için bu şekilde bir üretim formülünün kullanılamayacağı, çıktı sonuçları uygulansa bile, yeni ürünlerin, üründen beklenen etkiyi göstermesinin mümkün olmayacağı bilgisi de alınmıştır.

Firmanın, geçmişten bugüne sürekli standart bir üretim çizgisinin olmasına rağmen, Ar-Ge faaliyetleri çerçevesinde aslında ürünlerin tepkimelerini ve etkinliğini, teknik ve kimyasal olarak da, gözle görülebilir olarak da etkilemeyecek bir tolerans payının olduğu bilgisi elde edilmiştir. Çalışmanın bu kısmında firma yöneticileri ile yapılan görüşmeler neticesinde, hedefler ve hammadde oranları hakkında tecrübeler neticesinde ortaya çıkmış tolerans payları dikkate alınarak HP problemleri BHP olarak tekrar çözümlenmiştir.

4.5.BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

Daha önce belirtildiği gibi BHP modellerinin günlük hayatta daha da kullanılabilmesi için çeşitli bilim adamlarınca sürekli güncellenmişlerdir. BHP yöntemlerinden birisi olan YIK yaklaşımı işlem yükünü azaltması ve tek bir çözüm algoritmasına indirmesiyle diğer yöntemlere nazaran uygulayıcıya avantaj kazandırmaktadır. Tez çalışmasının ilgili yöntemle değerlendirilme adımları aşağıdadır.

4.5.1. A_1 Ürünü İçin Yang, Ignizio ve Kim Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt'lik bir üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.25, parfüm hedefi için 0.01 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.7 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır. Ayrıca hammaddelerin karışım oranlarında da belirli toleranslar mümkündür. ***Tablo 4.16.*** tolerans paylarını ifade etmektedir.

Tablo 4.16. *A_1 Ürünü Hammadde Tolerans Payları*

Hammaddeler	**Tolerans Payları**
x_1	0.05
x_2	0.086
x_5	0.021
x_7	0.0092
x_{11}	0.024
x_{13}	0.09
x_{17}	0.013
x_{18}	0.9

4.5.1.1.Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedef kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Bunu anlamı ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmuştur.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 47.5 \\ 1 - \frac{47.75 - h_1}{0.25}, & 47.5 \leq h_1 \leq 47.75 \\ 1 - \frac{h_1 - 47.75}{0.25}, & 47.75 \leq h_1 \leq 48 \\ 0, & h_1 \geq 48 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre;

$$1 - \frac{47.75 - h_1}{0.25} \geq \lambda$$

$$0.25 - 47.75 + h_1 \geq 0.25\lambda$$

$$h_1 - 0.25\lambda \qquad \geq 47.5$$

ve

$$1 - \frac{h_1 - 47.75}{0.25} \geq \lambda$$

$$0.25 + 47.5 - h_1 \geq 0.25\lambda$$

$$h_1 + 0.25\lambda \qquad \leq 48$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.19 \\ 1 - \frac{0.2 - h_2}{0.01}, & 0.19 \leq h_2 \leq 0.2 \\ 1 - \frac{h_2 - 0.2}{0.01}, & 0.2 \leq h_2 \leq 0.21 \\ 0, & h_2 \geq 0.21 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre;

$$1-\frac{0.2-h_2}{0.01}\geq\lambda$$

$$0.01-0.2+h_2\geq 0.01\lambda$$

$$h_2-0.01\lambda \qquad \geq 0.19$$

ve

$$1-\frac{h_2-0.2}{0.01}\geq\lambda$$

$$0.01+0.2-h_2\geq 0.01\lambda$$

$$h_2+0.01\lambda \qquad \leq 0.21$$

- ***Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_3}}=f(x)=\begin{cases} 0, & h_3\leq 85.54 \\ 1-\dfrac{86.24-h_3}{0.7}, & 85.54\leq h_3\leq 86.24 \\ 1-\dfrac{h_3-86.24}{0.7}, & 86.24\leq h_3\leq 86.94 \\ 0, & h_3\geq 86.94 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre;

$$1-\frac{86.24-h_3}{0.7}\geq\lambda$$

$$0.7-86.24+h_3\geq 0.7\lambda$$

$$h_3-0.7\lambda \qquad \geq 85.54$$

ve

$$1-\frac{h_3-86.24}{0.7}\geq\lambda$$

$$0.7+86.24-h_3\geq 0.7\lambda$$

$$h_3+0.7\lambda \qquad \leq 86.94$$

4.5.1.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış, sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_1 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_1 \leq 2.95 \\ 1 - \dfrac{3 - x_1}{0.05}, & 2.95 \leq x_1 \leq 3 \\ 1 - \dfrac{x_1 - 3}{0.05}, & 3 \leq x_1 \leq 3.05 \\ 0, & x_1 \geq 3.05 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$1 - \frac{3 - x_1}{0.05} \geq \lambda$$

$$0.05 + x_1 - 3 \geq 0.05\lambda$$

$$x_1 - 0.05\lambda \geq 2.95$$

ve

$$1 - \frac{x_1 - 3}{0.05} \geq \lambda$$

$$0.05 - x_1 + 3 \geq 0.05\lambda$$

$$x_1 + 0.05\lambda \leq 3.05$$

- **x_2 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 0.914 \\ 1 - \dfrac{1 - x_2}{0.086}, & 0.914 \leq x_2 \leq 1 \\ 1 - \dfrac{x_2 - 1}{0.086}, & 1 \leq x_2 \leq 1.086 \\ 0, & x_2 \geq 1.086 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{1-x_2}{0.086}\geq\lambda$$

$$0.086-1+x_2\geq 0.086\lambda$$

$$x_2-0.086\lambda\geq 0.914$$

ve

$$1-\frac{x_2-1}{0.086}\geq\lambda$$

$$0.086+1-x_2\geq 0.086\lambda$$

$$x_2+0.086\lambda\leq 1.086$$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_5}=f(x)=\begin{cases}0, & x_5\leq 6.979\\ 1-\dfrac{7-x_5}{0.021}, & 6.979\leq x_5\leq 7\\ 1-\dfrac{x_5-7.9}{0.021}, & 7\leq x_5\leq 7.021\\ 0, & x_5\geq 7.021\end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{7-x_5}{0.021}\geq\lambda$$

$$0.021-7+x_5\geq 0.021\lambda$$

$$x_5-0.021\lambda\geq 6.979$$

ve

$$1-\frac{x_5-7}{0.021}\geq\lambda$$

$$0.021+7-x_5\geq 0.021\lambda$$

$$x_5+0.021\lambda\leq 7.021$$

- **x_7 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_7} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_7 \leq 1.9908 \\ 1 - \dfrac{2 - x_7}{0.0092}, & 1.9908 \leq x_7 \leq 2 \\ 1 - \dfrac{x_7 - 2}{0.0092}, & 2 \leq x_7 \leq 2.0092 \\ 0, & x_7 \geq 2.0092 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{2 - x_7}{0.0092} \geq \lambda$$

$$0.0092 - 2 + x_7 \geq 0.0092\lambda$$

$$x_7 - 0.0092\lambda \geq 1.9908$$

ve

$$1 - \frac{x_7 - 2}{0.0092} \geq \lambda$$

$$0.0092 - 2 + x_7 \geq 0.0092\lambda$$

$$x_7 + 0.0092\lambda \leq 2.0092$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{11}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.06 - x_{11}}{0.024} \geq \lambda$$

$$0.024 - 0.06 + \mathrm{x}_{11} \geq 0.024\lambda$$

$$x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$$

ve

$$1 - \frac{x_{11} - 0.06}{0.024} \geq \lambda$$

$$0.024 + 0.06 - \mathrm{x}_{11} \geq 0.024\lambda$$

$$x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$$

- **x_{13} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{13}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{13} \leq 0.41 \\ 1 - \dfrac{0.5 - x_{13}}{0.09}, & 0.41 \leq x_{13} \leq 0.5 \\ 1 - \dfrac{x_{13} - 0.61}{0.09}, & 0.5 \leq x_{13} < 0.59 \\ 1, & x_{13} \geq 0.59 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.5 - x_{13}}{0.09} \geq \lambda$$

$$0.09 - 0.5 + x_{13} \geq 0.09\lambda$$

$$x_{13} - 0.09\lambda \geq 0.41$$

ve

$$1 - \frac{x_{13} - 0.5}{0.09} \geq \lambda$$

$$0.09 + 0.5 - x_{13} \geq 0.09\lambda$$

$$x_{13} + 0.09\lambda \leq 0.59$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{17}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} < 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.55}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} < 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{0.2-x_{17}}{0.013}\geq\lambda$$

$$0.013-0.2+x_{17}\geq 0.013\lambda$$

$$x_{17}-0.013\lambda\geq 0.187$$

ve

$$1-\frac{x_{17}-0.2}{0.013}\geq\lambda$$

$$0.013+0.2-x_{17}\geq 0.013\lambda$$

$$x_{17}+0.013\lambda\leq 0.213$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{18}}}=f(x)=\begin{cases} 0, & x_{18}\leq 85.34 \\ 1-\dfrac{86.24-x_{18}}{0.9}, & 85.34\leq x_{18}<86.24 \\ 1-\dfrac{x_{18}-86.24}{0.9}, & 86.24\leq x_{18}<87.14 \\ 1, & x_{18}\geq 87.14 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{86.24-x_{18}}{0.9}\geq\lambda$$

$$0.9-86.24+x_{18}\geq 0.9\lambda$$

$$x_{18}-0.9\lambda\geq 85.34$$

ve

$$1-\frac{x_{18}-86.24}{0.9}\geq\lambda$$

$$0.9+86.24-x_{18}\geq 0.9\lambda$$

$x_{18} + 0.9\lambda \leq 87.14$

4.5.1.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$3.894x_1 + 4.063x_2 + 4.422x_5 + 0.25x_7 + 0.85x_{11} + 0.9x_{13} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} - 0.25\lambda \geq 47.75 - 0.25$$

$$3.894x_1 + 4.063x_2 + 4.422x_5 + 0.25x_7 + 0.85x_{11} + 0.9x_{13} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.25\lambda \leq 47.75 + 0.25$$

$x_{17} - 0.01\lambda \quad \geq 0.19$

$x_{17} + 0.01\lambda \quad \leq 0.21$

$x_{18} - 0.7\lambda \quad \geq 85.54$

$x_{18} + 0.7\lambda \quad \leq 86.94$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_1 - 0.05\lambda \geq 2.95$, $x_1 + 0.05\lambda \leq 3.05$, $x_2 - 0.086\lambda \geq 0.914$, $x_2 + 0.086\lambda \leq 1.086$, $x_5 - 0.021\lambda \geq 6.979$, $x_5 + 0.021\lambda \leq 7.021$, $x_7 - 0.0092\lambda \geq 1.9908$, $x_7 + 0.0092\lambda \leq 2.0092$, $x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$, $x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$, $x_{13} - 0.09\lambda \geq 0.41$, $x_{13} + 0.09\lambda \leq 0.59$, $x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$, $x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$, $x_{18} - 0.9\lambda \geq 85.34$, $x_{18} + 0.9\lambda \leq 87.14$,

$x_1 + x_2 + x_5 + x_7 + x_{11} + x_{13} + x_{17} + x_{18} = 100$

$\lambda \leq 1$

ve,

$x_1, x_2, x_5, x_7, x_{11}, x_{13}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 21 iterasyon adımıyla ulaşılmıştır.

Max $\lambda=0.4125$

$x_1=2.9706$, $x_2=0.9495$, $x_5=6.9877$, $x_7=1.9946$, $x_{11}=0.0459$, $x_{13}=0.4471$, $x_{17}=0.1941$ ve $x_{18}=86.4105$ olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlara göre, firma hedeflerine bu kısıtlar altında %41.25 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.5.2. A_2 Ürünü İçin Yang, Ignizio ve Kim Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt'lik bir üretim için firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.2, parfüm hedefi için 0.022 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.64 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır. Ayrıca hammaddelerin karışım oranlarında da belirli toleranslar mümkündür. ***Tablo 4.17.*** tolerans paylarını ifade etmektedir.

Tablo 4.17. *A_2 Ürünü Hammadde Tolerans Payları*

Hammaddeler	Tolerans Payları
x_2	0.086
x_3	0.033
x_5	0.021
x_7	0.0092
x_{11}	0.024
x_{17}	0.013
x_{18}	0. 9

4.5.2.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedef kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmalıdır

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 41 \\ 1 - \dfrac{41.2 - h_1}{0.2}, & 41 \leq h_1 \leq 41.2 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 41.2}{0.2}, & 41.2 \leq h_1 \leq 41.4 \\ 0, & h_1 \geq 41.4 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$1 - \frac{41.2 - h_1}{0.2} \geq \lambda$$

$$0.2 - 41.2 + h_1 \geq 0.2\lambda$$

$$h_1 - 0.2\lambda \qquad \geq 41$$

ve

$$1 - \frac{h_1 - 41.2}{0.2} \geq \lambda$$

$$0.2 + 41.2 - h_1 \geq 0.2\lambda$$

$$h_1 + 0.2\lambda \qquad \leq 41.4$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.178 \\ 1 - \dfrac{0.2 - h_2}{0.022}, & 0.178 < h_2 < 0.2 \\ 1 - \dfrac{h_2 - 0.2}{0.022}, & 0.2 < h_2 < 0.222 \\ 0, & h_2 \geq 0.222 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$1-\frac{0.2-h_2}{0.022}\geq\lambda$$

$$0.022-0.2+h_2\geq 0.022\lambda$$

$$h_2-0.022\lambda \qquad \geq 0.178$$

ve

$$1-\frac{h_2-0.2}{0.022}\geq\lambda$$

$$0.022+0.2-h_2\geq 0.022\lambda$$

$$h_2+0.022\lambda \qquad \leq 0.222$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\mu_{\underset{\sim}{h_3}}=f(x)=\begin{cases} 0, & h_3\leq 87.9\\ 1-\frac{88.54-h_3}{0.64}, & 87.9\leq h_3\leq 88.54\\ 1-\frac{h_3-88.54}{0.64}, & 88.54\leq h_3\leq 89.18\\ 0, & h_3\geq 89.18\end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$1-\frac{88.54-h_3}{0.64}\geq\lambda$$

$$0.64-88.54+h_3\geq 0.64\lambda$$

$$h_3-0.64\lambda \qquad \geq 87.9$$

ve

$$1-\frac{h_3-88.54}{0.64}\geq\lambda$$

$$0.64+88.54-h_3\geq 0.64\lambda$$

$$h_3+0.64\lambda \qquad \leq 89.18$$

4.5.2.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış, sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_2 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 0.914 \\ 1 - \dfrac{1 - x_2}{0.086}, & 0.914 \leq x_2 \leq 1 \\ 1 - \dfrac{x_2 - 1}{0.086}, & 1 \leq x_2 \leq 1.086 \\ 0, & x_2 \geq 1.086 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$1 - \frac{1 - x_2}{0.086} \geq \lambda$$

$$0.086 - 1 + x_2 \geq 0.086\lambda$$

$$x_2 - 0.086\lambda \geq 0.914$$

ve

$$1 - \frac{x_2 - 1}{0.086} \geq \lambda$$

$$0.086 + 1 - x_2 \geq 0.086\lambda$$

$$x_2 + 0.086\lambda \leq 1.086$$

- **x_3 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_3 \leq 0.157 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_3}{0.043}, & 0.157 \leq x_3 \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_3 - 0.2}{0.043}, & 0.2 \leq x_2 \leq 0.243 \\ 0, & x_2 \geq 0.243 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{0.2-x_3}{0.043}\geq \lambda$$

$$0.043-0.2+x_3\geq 0.043\lambda$$

$$x_3-0.043\lambda\geq 0.157$$

ve

$$1-\frac{x_3-0.2}{0.043}\geq \lambda$$

$$0.043+0.2-x_3\geq 0.043\lambda$$

$$x_3+0.043\lambda\leq 0.243$$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_5}}=f(x)=\begin{cases} 0, & x_5\leq 7.979 \\ 1-\dfrac{8-x_5}{0.021}, & 7.979\leq x_5\leq 8 \\ 1-\dfrac{x_5-8}{0.021}, & 8\leq x_5\leq 8.021 \\ 0, & x_5\geq 8.021 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{8-x_5}{0.021}\geq \lambda$$

$$0.021-8+x_5\geq 0.021\lambda$$

$$x_5-0.021\lambda\geq 7.979$$

ve

$$1-\frac{x_5-8}{0.021}\geq \lambda$$

$$0.021+8-x_5\geq 0.021\lambda$$

$x_5 + 0.021\lambda \leq 8.021$

- **x_7 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_7} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_7 \leq 1.9908 \\ 1 - \dfrac{2 - x_7}{0.0092}, & 1.9908 \leq x_7 \leq 2 \\ 1 - \dfrac{x_7 - 2}{0.0092}, & 2 \leq x_7 \leq 2.0092 \\ 0, & x_7 \geq 2.0092 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{2 - x_7}{0.0092} \geq \lambda$$

$$0.0092 - 2 + x_7 \geq 0.0092\lambda$$

$$x_7 - 0.0092\lambda \geq 1.9908$$

ve

$$1 - \frac{x_7 - 2}{0.0092} \geq \lambda$$

$$0.0092 + 2 - x_7 \geq 0.0092\lambda$$

$$x_7 + 0.0092\lambda \leq 2.0092$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{11}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.06 - x_{11}}{0.024} \geq \lambda$$

$$0.024 - 0.06 + x_{11} \geq 0.024\lambda$$

$x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$

ve

$$1 - \frac{x_{11} - 0.06}{0.024} \geq \lambda$$

$0.024 + 0.06 - x_{11} \geq 0.024\lambda$

$x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{17}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.55}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} \leq 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.2 - x_{17}}{0.013} \geq \lambda$$

$0.013 - 0.2 + x_{17} \geq 0.013\lambda$

$x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$

ve

$$1 - \frac{x_{17} - 0.2}{0.013} \geq \lambda$$

$0.013 + 0.2 - x_{17} \geq 0.013\lambda$

$x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{18}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 87.64 \\ 1 - \dfrac{88.54 - x_{18}}{0.9}, & 87.64 \leq x_{18} \leq 88.54 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 88.54}{0.9}, & 88.54 \leq x_{18} \leq 89.44 \\ 0, & x_{18} \geq 89.44 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{88.54 - x_{18}}{0.9} \geq \lambda$$

$$0.9 - 88.54 + x_{18} \geq 0.9\lambda$$

$$x_{18} - 0.9\lambda \geq 87.64$$

ve

$$1 - \frac{x_{18} - 88.54}{0.9} \geq \lambda$$

$$0.9 - 88.54 + x_{18} \geq 0.9\lambda$$

$$x_{18} + 0.9\lambda \leq 89.44$$

4.5.2.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$4.063x_2 + 4.425x_3 + 4.422x_5 + 0.25x_7 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} - 0.2\lambda \geq 41.2 - 0.2$$

$$4.063x_2 + 4.423x_3 + 4.422x_5 + 0.25x_7 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.2\lambda \leq 41.2 + 0.2$$

$x_{17} - 0.022\lambda \geq 0.178$

$x_{17} + 0.022\lambda \leq 0.222$

$x_{18} - 0.64\lambda \geq 87.9$

$x_{18} + 0.64\lambda \leq 89.18$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_2 - 0.086\lambda \geq 0.914$, $x_2 + 0.086\lambda \leq 1.086$, $x_3 - 0.043\lambda \geq 0.157$, $x_3 + 0.043\lambda \leq 0.243$, $x_5 - 0.021\lambda \geq 7.979$, $x_5 + 0.021\lambda \leq 8.021$, $x_7 - 0.0092\lambda \geq 1.9908$, $x_7 + 0.0092\lambda \leq 2.0092$, $x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$, $x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$, $x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$, $x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$, $x_{18} - 0.9\lambda \geq 87.64$, $x_{18} + 0.9\lambda \leq 89.44$

$x_2 + x_3 + x_5 + x_7 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$

$\lambda \leq 1$

ve,

$x_2, x_3, x_5, x_7, x_{11}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 21 iterasyon adımıyla ulaşılmaktadır.

Max $\lambda=0.6228$,

$x_2=0.9676$, $x_3=0.1838$, $x_5=7.9921$, $x_7=1.9965$, $x_{11}=0.0509$, $x_{17}=0.1951$ ve $x_{18}=88.614$ olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlara göre, firma hedeflerine bu kısıtlar altında %62.28 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi içinse; yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.5.3. A_3 Ürünü İçin Yang, Ignizio ve Kim Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.2, parfüm hedefi için 0.01 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.7 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır. Ayrıca hammaddelerin karışım oranlarında da belirli toleranslar mümkündür. ***Tablo 4.18.*** tolerans paylarını ifade etmektedir.

Tablo 4.18. *A_3 Ürünü Hammadde Tolerans Payları*

Hammaddeler	**Tolerans Payları**
x_8	0.065
x_{11}	0.02
x_{17}	0.013
x_{18}	0. 9

4.5.3.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedef ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Yani ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmuştur.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 29 \\ 1 - \dfrac{29.2 - h_1}{0.2}, & 29 \leq h_1 \leq 29.2 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 29.2}{0.2}, & 29.2 \leq h_1 \leq 29.4 \\ 0, & h_1 \geq 29.4 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$1-\frac{29.2-h_1}{0.2}\geq \lambda$$

$$0.2-29.2+h_1\geq 0.2\lambda$$

$$h_1-0.2\lambda \qquad \geq 29$$

ve

$$1-\frac{h_1-29.2}{0.2}\geq \lambda$$

$$0.2+29.2-h_1\geq 0.2\lambda$$

$$h_1+0.2\lambda \qquad \leq 29.4$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_2}}=f(x)=\begin{cases} 0, & h_2\leq 0.19\\ 1-\frac{0.2-h_2}{0.01}, & 0.19<h_2<0.2\\ 1-\frac{h_2-0.2}{0.01}, & 0.2<h_2<0.21\\ 0, & h_2\geq 0.21\end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$1-\frac{0.2-h_2}{0.01}\geq \lambda$$

$$0.01-0.2+h_2\geq 0.01\lambda$$

$$h_2-0.01\lambda \qquad \geq 0.19$$

ve

$$1-\frac{h_2-0.2}{0.01}\geq \lambda$$

$$0.01+0.2-h_2\geq 0.01\lambda$$

$$h_2+0.01\lambda \qquad \leq 0.21$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\underset{\sim}{\mu_{h_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \leq 94.04 \\ 1 - \frac{94.74 - h_3}{0.7}, & 94.04 \leq h_3 \leq 94.74 \\ 1 - \frac{h_3 - 94.72}{0.7}, & 94.74 \leq h_3 \leq 95.44 \\ 0, & h_3 \geq 95.44 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$1 - \frac{94.74 - h_3}{0.7} \geq \lambda$$

$$0.7 - 94.74 + h_3 \geq 0.7\lambda$$

$$h_3 - 07\lambda \quad \geq 94.04$$

ve

$$1 - \frac{h_3 - 94.74}{0.7} \geq \lambda$$

$$0.7 + 94.74 - h_3 \geq 07\lambda$$

$$h_3 + 07\lambda \quad \leq 95.44$$

4.5.3.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış, sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_8 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu_{x_8}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_8 \leq 4.935 \\ 1 - \frac{5 - x_8}{0.065}, & 4.935 \leq x_8 \leq 5 \\ 1 - \frac{x_8 - 5}{0.065}, & 5 \leq x_8 \leq 5.065 \\ 0, & x_8 \geq 5.065 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{5-x_8}{0.065}\geq\lambda$$

$$x_8-0.065\lambda\geq 4.935$$

ve

$$1-\frac{x_8-5}{0.065}\geq\lambda$$

$$x_8+0.065\lambda\leq 5.065$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{11}}}=f(x)=\begin{cases}0, & x_{11}\leq 0.036\\ 1-\dfrac{0.06-x_{11}}{0.024}, & 0.036\leq x_{11}\leq 0.06\\ 1-\dfrac{x_{11}-0.06}{0.024}, & 0.06\leq x_{11}\leq 0.084\\ 0, & x_{11}\geq 0.084\end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{0.06-x_{11}}{0.024}\geq\lambda$$

$$x_{11}-0.024\lambda\geq 0.036$$

ve

$$1-\frac{x_{11}-0.06}{0.024}\geq\lambda$$

$$x_{11}+0.024\lambda\leq 0.084$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{17}}}=f(x)=\begin{cases}0, & x_{17}\leq 0.187\\ 1-\dfrac{0.2-x_{17}}{0.013}, & 0.187\leq x_{17}\leq 0.2\\ 1-\dfrac{x_{17}-0.55}{0.013}, & 0.2\leq x_{17}\leq 0.213\\ 0, & x_{17}\geq 0.213\end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.2 - x_{17}}{0.013} \geq \lambda$$

$$x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$$

ve

$$1 - \frac{x_{17} - 0.2}{0.013} \geq \lambda$$

$$x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{18}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 93.84 \\ 1 - \dfrac{94.74 - x_{18}}{0.9}, & 93.84 \leq x_{18} \leq 94.74 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 94.74}{0.9}, & 94.74 \leq x_{18} \leq 95.64 \\ 0, & x_{18} \geq 95.64 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{94.74 - x_{18}}{0.9} \geq \lambda$$

$$x_{18} - 0.9\lambda \geq 93.84$$

ve

$$1 - \frac{x_{18} - 94.74}{0.9} \geq \lambda$$

$$x_{18} + 0.9\lambda \leq 95.64$$

4.5.3.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$5.736x_8 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} - 0.2\lambda \geq 29.2 - 0.2$$

$$5.736x_8 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.2\lambda \leq 29.2 + 0.2$$

$$x_{17} - 0.01\lambda \geq 0.19$$
$$x_{17} + 0.01\lambda \leq 0.21$$

$$x_{18} - 0.7\lambda \geq 94.04$$
$$x_{18} + 0.7\lambda \leq 95.44$$

$$x_8 - 0.065\lambda \geq 4.935$$
$$x_8 + 0.065\lambda \leq 5.065$$

$$x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$$
$$x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$$

$$x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$$
$$x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$$

$$x_{18} - 0.9\lambda \geq 93.84$$
$$x_{18} + 0.9\lambda \leq 95.64$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$$x_8 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$$

$$\lambda \leq 1$$

ve,

x_8, x_{11}, x_{17}, x_{18}, $\lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 13 iterasyon adımdan sonra ulaşılmıştır.

Max $\lambda=0.6259$

$x_8=4.9657$, $x_{11}=0.051$, $x_{17}=0.1963$ ve $x_{18}=94.777$ olarak elde edilir.

Bu sonuçlara göre, firma hedeflerine bu kısıtlar altında %62.59 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.5.4. A_4 Ürünü İçin Yang, Ignizio ve Kim Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt'lik bir üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.2, parfüm hedefi için 0.04 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.5 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır. Ayrıca hammaddelerin karışım oranlarında da belirli toleranslar mümkündür. Aşağıda ki tablo tolerans paylarını ifade etmektedir.

Tablo 4.19. *A_4 Ürünü Hammadde Tolerans Payları*

Hammaddeler	Tolerans Payları
x_1	0.05
x_9	0.048
x_{11}	0.024
x_{15}	0.072
x_{16}	0.037
x_{17}	0.013
x_{18}	0. 9

4.5.4.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedef kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Yani ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmış ve tolerans payları bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmuştur.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 35.2 \\ 1 - \dfrac{35.4 - h_1}{0.2}, & 35.2 \leq h_1 \leq 35.4 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 35.4}{0.2}, & 35.4 \leq h_1 \leq 35.6 \\ 0, & h_1 \geq 35.6 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1 - \frac{35.4 - h_1}{0.2} \geq \lambda$$

$$0.2 - 35.4 + h_1 \geq 0.2\lambda$$

$$h_1 - 0.2\lambda \qquad \geq 35.2$$

ve

$$1 - \frac{h_1 - 35.4}{0.2} \geq \lambda$$

$$0.2 + 35.4 - h_1 \geq 0.2\lambda$$

$$h_1 + 0.2\lambda \qquad \leq 35.6$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.16 \\ 1 - \dfrac{0.2 - h_2}{0.04}, & 0.16 < h_2 < 0.2 \\ 1 - \dfrac{h_2 - 0.2}{0.04}, & 0.2 < h_2 < 0.24 \\ 0, & h_2 \geq 0.24 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1-\frac{0.2-h_2}{0.04}\geq\lambda$$

$$0.04-0.2+h_2\geq 0.04\lambda$$

$$h_2-0.04\lambda \qquad \geq 0.16$$

ve

$$1-\frac{h_2-0.2}{0.04}\geq\lambda$$

$$0.04+0.2-h_2\geq 0.04\lambda$$

$$h_2+0.04\lambda \qquad \leq 0.24$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\mu_{\underset{\sim}{h_3}}=f(x)=\begin{cases} 0, & h_3\leq 88.74 \\ 1-\frac{89.24-h_3}{0.5}, & 88.74\leq h_3\leq 89.24 \\ 1-\frac{h_3-89.24}{0.5}, & 89.24\leq h_3\leq 89.74 \\ 0, & h_3\geq 89.74 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1-\frac{89.24-h_3}{0.5}\geq\lambda$$

$$0.5-89.24+h_3\geq 0.5\lambda$$

$$h_3-0.5\lambda \qquad \geq 88.74$$

ve

$$1-\frac{h_3-89.24}{0.5}\geq\lambda$$

$$0.5+88.24-h_3\geq 0.5\lambda$$

$$h_3+0.5\lambda \qquad \leq 89.74$$

4.5.4.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış, sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_1 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_1} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_1 \leq 4.95 \\ 1 - \dfrac{5 - x_1}{0.05}, & 4.95 \leq x_1 \leq 5 \\ 1 - \dfrac{x_1 - 5}{0.05}, & 5 \leq x_1 \leq 5.05 \\ 0, & x_1 \geq 5.05 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$1 - \frac{5 - x_1}{0.05} \geq \lambda$$

$$x_1 - 0.05\lambda \geq 4.95$$

ve

$$1 - \frac{x_1 - 5}{0.05} \geq \lambda$$

$$x_1 + 0.05\lambda \leq 5.05$$

- **x_9 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_9} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_9 \leq 0.152 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_9}{0.048}, & 0.152 \leq x_9 \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_9 - 0.2}{0.048}, & 0.2 \leq x_9 \leq 0.248 \\ 0, & x_9 \geq 0.248 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - -\frac{0.2 - x_9}{0.048} \geq \lambda$$

$x_9 - 0.048\lambda \geq 0.152$

ve

$$1 - \frac{x_9 - 0.2}{0.048} \geq \lambda$$

$x_9 + 0.048\lambda \leq 0.248$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{11}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.06 - x_{11}}{0.024} \geq \lambda$$

$x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$

ve

$$1 - \frac{x_{11} - 0.06}{0.024} \geq \lambda$$

$x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$

- **x_{15} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{15}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{15} \leq 0.428 \\ 1 - \dfrac{0.5 - x_{15}}{0.072}, & 0.428 \leq x_{15} \leq 0.5 \\ 1 - \dfrac{x_{15} - 0.06}{0.072}, & 0.5 \leq x_{15} \leq 0.572 \\ 0, & x_{15} \geq 0.572 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.5 - x_{15}}{0.072} \geq \lambda$$

$$x_{15} - 0.072\lambda \geq 0.428$$

ve

$$1 - \frac{x_{15} - 0.06}{0.072} \geq \lambda$$

$$x_{15} + 0.072\lambda \leq 0.572$$

- **x_{16} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{16}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{16} \leq 4.763 \\ 1 - \dfrac{4.8 - x_{16}}{0.037}, & 4.7633 \leq x_{16} \leq 4.8 \\ 1 - \dfrac{x_{16} - 4.8}{0.037}, & 4.8 \leq x_{16} \leq 4.837 \\ 0, & x_{16} \geq 4.837 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{4.8 - x_{16}}{0.037} \geq \lambda$$

$$x_{16} - 0.037\lambda \geq 4.763$$

ve

$$1 - \frac{x_{16} - 4.8}{0.037} \geq \lambda$$

$$x_{16} + 0.037\lambda \leq 4.837$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{17}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.2}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} \leq 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.2 - x_{17}}{0.013} \geq \lambda$$

$$x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$$

ve

$$1 - \frac{x_{17} - 0.2}{0.013} \geq \lambda$$

$$x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{18}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 88.34 \\ 1 - \dfrac{89.24 - x_{18}}{0.9}, & 88.34 \leq x_{18} \leq 89.24 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 89.24}{0.9}, & 89.24 \leq x_{18} \leq 90.14 \\ 0, & x_{18} \geq 90.14 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{89.24 - x_{18}}{0.9} \geq \lambda$$

$$x_{18} - 0.9\lambda \geq 88.34$$

ve

$$1 - \frac{x_{18} - 89.24}{0.9} \geq \lambda$$

$$x_{18} + 0.9\lambda \leq 90.14$$

4.5.4.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$3.894x_1 + 7.08x_9 + 0.85x_{11} + 0.75x_{15} + 2.868x_{16} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} - 0.2\lambda \geq 35.4 - 0.2$$

$$3.894x_1 + 7.08x_9 + 0.85x_{11} + 0.75x_{15} + 2.868x_{16} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.2\lambda \leq 35.4 + 0.2$$

$$x_{17} - 0.04\lambda \geq 0.16$$

$$x_{17} + 0.04\lambda \leq 0.24$$

$$x_{18} - 0.5\lambda \geq 88.74$$
$$x_{18} + 0.5\lambda \leq 89.74$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_1 - 0.05\lambda \geq 4.95$, $x_1 + 0.05\lambda \leq 5.05$, $x_9 - 0.048\lambda \geq 0.152$, $x_9 + 0.048\lambda \leq 0.248$, $x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$, $x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$, $x_{15} - 0.072\lambda \geq 0.428$, $x_{15} + 0.072\lambda \leq 0.572$, $x_{16} - 0.037\lambda \geq 4.763$, $x_{16} + 0.037\lambda \leq 4.837$, $x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$, $x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$, $x_{18} - 0.9\lambda \geq 88.34$, $x_{18} + 0.9\lambda \leq 90.14$

$$x_1 + x_9 + x_{11} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} = 100$$

$$\lambda \leq 1$$

ve,

x_1, x_9, x_{11},x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, $\lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 20 iterasyon adımı sonrasında ulaşılmaktadır.

Max $\lambda=0.6382$,

$x_1=4.9819$, $x_9=0.1826$, $x_{11}=0.0513$, $x_{15}=0.474$, $x_{16}=4.7866$, $x_{17}=0.1953$ ve $x_{18}=89.3283$ analiz sonuçlarıdır.

Bu sonuçlara göre, bu kısıtlar altında firma hedeflerine %63.82 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.5.5. A_7 Ürünü İçin Yang, Ignizio ve Kim Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt'lik bir üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.25, parfüm hedefi için 0.05 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.6 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır. Ayrıca hammaddelerin karışım oranlarında da belirli toleranslar mümkündür. ***Tablo 4.20.*** tolerans paylarını ifade etmektedir.

Tablo 4.20. *A_7 Ürünü Hammadde Tolerans Payları*

Hammaddeler	Tolerans Payları
x_4	0.045
x_5	0.021
x_6	0.23
x_{10}	0.45
x_{11}	0.024
x_{17}	0.013
x_{18}	0. 9

4.5.5.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedefler kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıda ki bulanıklaştırılmıştır. Bu işlemde bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınır.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 36.75 \\ 1-\frac{37-h_1}{0.25}, & 36.75 \leq h_1 \leq 37 \\ 1-\frac{h_1-37}{0.25}, & 37 \leq h_1 \leq 37.25 \\ 0, & h_1 \geq 37.25 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1 - -\frac{37-h_1}{0.25} \geq \lambda$$

$$0.25 - 37 + h_1 \geq 0.25\lambda$$

$$h_1 - 0.25\lambda \qquad \geq 36.75$$

ve

$$1 - \frac{h_1 - 37}{0.25} \geq \lambda$$

$$0.25 + 37 - h_1 \geq 0.25\lambda$$

$$h_1 + 0.25\lambda \qquad \leq 37.25$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.15 \\ 1-\frac{0.2-h_2}{0.05}, & 0.15 < h_2 < 0.2 \\ 1-\frac{h_2-0.2}{0.05}, & 0.2 < h_2 < 0.25 \\ 0, & h_2 \geq 0.25 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1-\frac{0.2-h_2}{0.05}\geq\lambda$$

$$0.05-0.2+h_2\geq 0.05\lambda$$

$$h_2-0.05\lambda \qquad \geq 0.15$$

ve

$$1-\frac{h_2-0.2}{0.05}\geq\lambda$$

$$0.05+0.2-h_2\geq 0.05\lambda$$

$$h_2+0.05\lambda \qquad \leq 0.25$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\mu_{\underset{\sim}{h_3}}=f(x)=\begin{cases} 0, & h_3\leq 89.54\\ 1-\dfrac{90.14-h_3}{0.6}, & 89.54\leq h_3\leq 90.14\\ 1-\dfrac{h_3-90.14}{0.6}, & 90.14\leq h_3\leq 90.74\\ 0, & h_3\geq 90.74\end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1-\frac{90.14-h_3}{0.6}\geq\lambda$$

$$0.6-90.14+h_3\geq 0.6\lambda$$

$$h_3-0.6\lambda \qquad \geq 89.54$$

ve

$$1-\frac{h_3-90.14}{0.6}\geq\lambda$$

$$0.6+90.14-h_3\geq 0.6\lambda$$

$$h_3+0.6\lambda \qquad \leq 90.74$$

4.5.5.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış, sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_4 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_4} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_4 \leq 0.0555 \\ 1 - \dfrac{0.6 - x_4}{0.045}, & 0.0555 \leq x_4 \leq 0.6 \\ 1 - \dfrac{x_4 - 0.6}{0.045}, & 0.6 \leq x_4 \leq 0.645 \\ 0, & x_4 \geq 0.645 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$1 - \frac{0.6 - x_4}{0.045} \geq \lambda$$

$$x_4 - 0.045\lambda \geq 0.555$$

ve

$$1 - \frac{x_4 - 0.6}{0.045} \geq \lambda$$

$$x_4 + 0.045\lambda \leq 0.645$$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_5} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_5 \leq 3.979 \\ 1 - \dfrac{4 - x_5}{0.021}, & 3.979 \leq x_5 \leq 4 \\ 1 - \dfrac{x_5 - 4}{0.021}, & 4 \leq x_5 \leq 4.021 \\ 0, & x_5 \geq 4.021 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - -\frac{4 - x_5}{0.021} \geq \lambda$$

$$x_5 - 0.021\lambda \geq 3.979$$

ve

$$1-\frac{x_5-4}{0.021}\geq\lambda$$

$$x_5+0.021\lambda\leq 4.021$$

- **x_6 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_6}=f(x)=\begin{cases}0, & x_6\leq 1.77\\ 1-\dfrac{2-x_6}{0.23}, & 1.77\leq x_6\leq 2\\ 1-\dfrac{x_6-2}{0.23}, & 2\leq x_6\leq 2.23\\ 0, & x_6\geq 2.23\end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{2-x_6}{0.23}\geq\lambda$$

$$x_6-0.23\lambda\geq 1.77$$

ve

$$1-\frac{x_6-2}{0.23}\geq\lambda$$

$$x_6+0.23\lambda\leq 2.23$$

- **x_{10} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{10}}=f(x)=\begin{cases}0, & x_{10}\leq 2.55\\ 1-\dfrac{3-x_{10}}{0.45}, & 2.55\leq x_{10}\leq 3\\ 1-\dfrac{x_{10}-3}{0.45}, & 3\leq x_{10}\leq 3.45\\ 0, & x_{10}\geq 3.45\end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{3-x_{10}}{0.45}\geq\lambda$$

$$x_{10}-0.45\lambda\geq 2.55$$

ve

$$1-\frac{x_{10}-3}{0.45}\geq\lambda$$

$$x_{10}+0.45\lambda\leq 3.45$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{11}}}=f(x)=\begin{cases} 0, & x_{11}\leq 0.036 \\ 1-\dfrac{0.06-x_{11}}{0.024}, & 0.036\leq x_{11}\leq 0.06 \\ 1-\dfrac{x_{11}-0.06}{0.024}, & 0.06\leq x_{11}\leq 0.084 \\ 0, & x_{11}\geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{0.06-x_{11}}{0.024}\geq\lambda$$

$$x_{11}-0.024\lambda\geq 0.036$$

ve

$$1-\frac{x_{11}-0.06}{0.024}\geq\lambda$$

$$x_{11}+0.024\lambda\leq 0.084$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{17}}}=f(x)=\begin{cases} 0, & x_{17}\leq 0.187 \\ 1-\dfrac{0.2-x_{17}}{0.013}, & 0.187\leq x_{17}\leq 0.2 \\ 1-\dfrac{x_{17}-0.55}{0.013}, & 0.2\leq x_{17}\leq 0.213 \\ 0, & x_{17}\geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{0.2-x_{17}}{0.013}\geq\lambda$$

$x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$

ve

$$1 - \frac{x_{17} - 0.2}{0.013} \geq \lambda$$

$x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{18}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 89.24 \\ 1 - \dfrac{90.14 - x_{18}}{0.9}, & 89.24 \leq x_{18} \leq 90.14 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 90.14}{0.9}, & 90.14 \leq x_{18} \leq 91.04 \\ 0, & x_{18} \geq 91.04 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{90.14 - x_{18}}{0.9} \geq \lambda$$

$x_{18} - 0.9\lambda \geq 89.24$

ve

$$1 - \frac{x_{18} - 90.14}{0.9} \geq \lambda$$

$x_{18} + 0.9\lambda \leq 91.04$

4.5.5.3.Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$2.124x_4 + 4.422x_5 + 3.186x_6 + 3.894x_{10} + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} - 0.25\lambda \geq 37 - 0.25$$

$$2.124x_4 + 4.422x_5 + 3.186x_6 + 3.894x_{10} + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.25\lambda \leq 37 + 0.25$$

$$x_{17} - 0.05\lambda \geq 0.15$$
$$x_{17} + 0.05\lambda \leq 0.25$$
$$x_{18} - 0.6\lambda \geq 89.54$$
$$x_{18} + 0.6\lambda \leq 90.74$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_4 - 0.045\lambda \geq 0.555$, $x_4 + 0.045\lambda \leq 0.645$, $x_5 - 0.021\lambda \geq 3.979$, $x_5 + 0.021\lambda \leq 4.021$, $x_6 - 0.23\lambda \geq 1.77$, $x_6 + 0.23\lambda \leq 2.23$, $x_{10} - 0.45\lambda \geq 2.55$, $x_{10} + 0.45\lambda \leq 3.45$, $x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$, $x_{11} + 0.024\lambda \leq 0.084$, $x_{17} - 0.013\lambda \geq 0.187$, $x_{17} + 0.013\lambda \leq 0.213$, $x_{18} - 0.9\lambda \geq 89.24$, $x_{18} + 0.9\lambda \leq 91.04$

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$$

$$\lambda \leq 1$$

ve,

$x_4, x_5, x_6, x_{10}, x_{11}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 21 iterasyon adımıyla ulaşılmaktadır.

Max $\lambda=0.7254$,

$x_4=0.6124$, $x_5=3.9942$, $x_6=1.9421$, $x_{10}=2.8764$, $x_{11}=0.0666$, $x_{17}=0.2036$ ve $x_{18}=90.3047$ analiz sonuçlarıdır.

Bu sonuçlara göre, bu kısıtlar altında firma hedeflerine %72.54 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.5.6. A_{14} Ürünü İçin Yang, Ignizio ve Kim Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt'lik bir üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺ 0.3, parfüm hedefi için 0.068 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.6 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır. Ayrıca hammaddelerin karışım oranlarında da belirli toleranslar mümkündür. ***Tablo 4.21.*** tolerans paylarını ifade etmektedir.

Tablo 4.21. *A_{14} Ürünü Hammadde Tolerans Payları*

Hammaddeler	**Tolerans Payları**
x_2	0.086
x_4	0.04
x_5	0.021
x_{11}	0.024
x_{17}	0.013
x_{18}	0. 9

4.5.6.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedef kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Bunun anlamı ürün karışımları için ideal ortalamanın esas alınması ve tolerans paylarının bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmasıdır.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 50.45 \\ 1 - \dfrac{50.75 - h_1}{0.3}, & 50.45 \leq h_1 \leq 50.75 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 50.75}{0.3}, & 50.75 \leq h_1 \leq 51.05 \\ 0, & h_1 \geq 51.5 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1 - -\frac{50.75 - h_1}{0.3} \geq \lambda$$

$$0.3 - 50.75 + h_1 \geq 0.3\lambda$$

$$h_1 - 0.3\lambda \qquad \geq 50.45$$

ve

$$1 - \frac{h_1 - 50.75}{0.3} \geq \lambda$$

$$0.3 + 50.75 - h_1 \geq 0.3\lambda$$

$$h_1 + 0.3\lambda \qquad \leq 51.05$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.732 \\ 1 - \dfrac{0.8 - h_2}{0.068}, & 0.732 < h_2 < 0.8 \\ 1 - \dfrac{h_2 - 0.8}{0.068}, & 0.8 < h_2 < 0.868 \\ 0, & h_2 \geq 0.868 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1 - \frac{0.8 - h_2}{0.068} \geq \lambda$$

$$0.068 - 0.8 + h_2 \geq 0.068\lambda$$

$$h_2 - 0.068\lambda \qquad \geq 0.732$$

ve

$$1 - \frac{h_2 - 0.8}{0.068} \geq \lambda$$

$$0.068 + 0.8 - h_2 \geq 0.068\lambda$$

$$h_2 + 0.068\lambda \qquad \leq 0.868$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\underset{\sim}{\mu_{h_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \leq 86.54 \\ 1 - \dfrac{87.14 - h_3}{0.6}, & 86.54 \leq h_3 \leq 87.14 \\ 1 - \dfrac{h_3 - 87.14}{0.6}, & 87.14 \leq h_3 \leq 87.74 \\ 0, & h_3 \geq 87.74 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$1 - \frac{87.14 - h_3}{0.6} \geq \lambda$$

$$0.6 - 87.14 + h_3 \geq 0.6\lambda$$

$$h_3 - 0.6\lambda \qquad \geq 86.54$$

ve

$$1 - \frac{h_3 - 87.14}{0.6} \geq \lambda$$

$$0.6 + 87.14 - h_3 \geq 0.6\lambda$$

$$h_3 + 0.6\lambda \qquad \leq 87.74$$

4.5.6.2.Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış, sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_2 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_2} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 0.914 \\ 1 - \dfrac{1 - x_2}{0.086}, & 0.914 \leq x_2 \leq 1 \\ 1 - \dfrac{x_2 - 1}{0.086}, & 1 \leq x_2 \leq 1.086 \\ 0, & x_2 \geq 1.086 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{1 - x_2}{0.086} \geq \lambda$$

$$x_2 - 0.086\lambda \geq 0.914$$

ve

$$1 - \frac{x_2 - 1}{0.086} \geq \lambda$$

$$x_2 + 0.086\lambda \leq 1.086$$

- **x_4 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_4} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_4 \leq 0.0955 \\ 1 - \dfrac{1 - x_4}{0.045}, & 0.0955 \leq x_4 \leq 1 \\ 1 - \dfrac{x_4 - 1}{0.045}, & 1 \leq x_4 \leq 1.045 \\ 0, & x_4 \geq 1.045 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$1 - \frac{1 - x_4}{0.045} \geq \lambda$$

$$x_4 - 0.045\lambda \geq 0.955$$

ve

$$1 - \frac{x_4 - 1}{0.045} \geq \lambda$$

$x_4 + 0.045\lambda \leq 1.045$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_5}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_5 \leq 9.979 \\ 1 - \dfrac{10 - x_5}{0.021}, & 9.979 \leq x_5 \leq 10 \\ 1 - \dfrac{x_5 - 10}{0.021}, & 10 \leq x_5 \leq 10.021 \\ 0, & x_5 \geq 10.021 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - -\frac{10 - x_5}{0.021} \geq \lambda$$

$x_5 - 0.021\lambda \geq 9.979$

ve

$$1 - \frac{x_5 - 10}{0.021} \geq \lambda$$

$x_5 + 0.021\lambda \leq 10.021$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{11}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$1 - \frac{0.06 - x_{11}}{0.024} \geq \lambda$$

$x_{11} - 0.024\lambda \geq 0.036$

ve

$$1-\frac{x_{11}-0.06}{0.024}\geq\lambda$$

$$x_{11}+0.024\lambda\leq 0.084$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{17}}=f(x)=\begin{cases}0, & x_{17}\leq 0.787\\ 1-\dfrac{0.8-x_{17}}{0.013}, & 0.787\leq x_{17}\leq 0.8\\ 1-\dfrac{x_{17}-0.8}{0.013}, & 0.8\leq x_{17}\leq 0.813\\ 0, & x_{17}\geq 0.813\end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{0.8-x_{17}}{0.013}\geq\lambda$$

$$x_{17}-0.013\lambda\geq 0.787$$

ve

$$1-\frac{x_{17}-0.8}{0.013}\geq\lambda$$

$$x_{17}+0.013\lambda\leq 0.813$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{18}}=f(x)=\begin{cases}0, & x_{18}\leq 86.54\\ 1-\dfrac{87.14-x_{18}}{0.9}, & 86.54\leq x_{18}\leq 87.14\\ 1-\dfrac{x_{18}-87.14}{0.9}, & 87.14\leq x_{18}\leq 87.74\\ 0, & x_{18}\geq 87.74\end{cases}$$

Buradan,

$$1-\frac{87.14-x_{18}}{0.9}\geq\lambda$$

$$x_{18}-0.9\lambda\geq 86.24$$

ve

$$1-\frac{x_{18}-87.14}{0.9}\geq \lambda$$

$$x_{18}+0.9\lambda \leq 88.04$$

4.5.6.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$4.063x_2+2.124x_4+4.422x_5+0.85x_{11}+0.14x_{17}+0.007x_{18}-0.3\lambda \geq 57.75-0.3$$

$$4.063x_2+2.124x_4+4.422x_5+0.85x_{11}+0.14x_{17}+0.007x_{18}+0.3\lambda \geq 57.75+0.3$$

$$x_{17}-0.068\lambda \geq 0.732$$
$$x_{17}+0.068\lambda \leq 0.868$$
$$x_{18}-0.6\lambda \geq 86.54$$
$$x_{18}+0.6\lambda \leq 87.74$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_2-0.086\lambda \geq 0.914$, $x_2+0.086\lambda \leq 1.086$, $x_4-0.045\lambda \geq 0.955$, $x_4+0.045\lambda \leq 1.045$, $x_5-0.021\lambda \geq 9.979$, $x_5+0.021\lambda \leq 10.021$, $x_{11}-0.024\lambda \geq 0.036$, $x_{11}+0.024\lambda \leq 0.084$, $x_{17}-0.013\lambda \geq 0.787$, $x_{17}+0.013\lambda \leq 0.813$, $x_{18}-0.9\lambda \geq 86.24$, $x_{18}+0.9\lambda \leq 88.04$

$x_2 + x_4 + x_5 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$

$\lambda \leq 1$

ve,

$x_2, x_4, x_5, x_{11}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 18 iterasyon adımıyla ulaşılmaktadır.

Max $\lambda=0.4993$,

$x_2=0.9569$, $x_4=0.9775$, $x_5=9.9895$, $x_{11}=0.048$, $x_{17}=0.7935$ ve $x_{18}=87.2346$

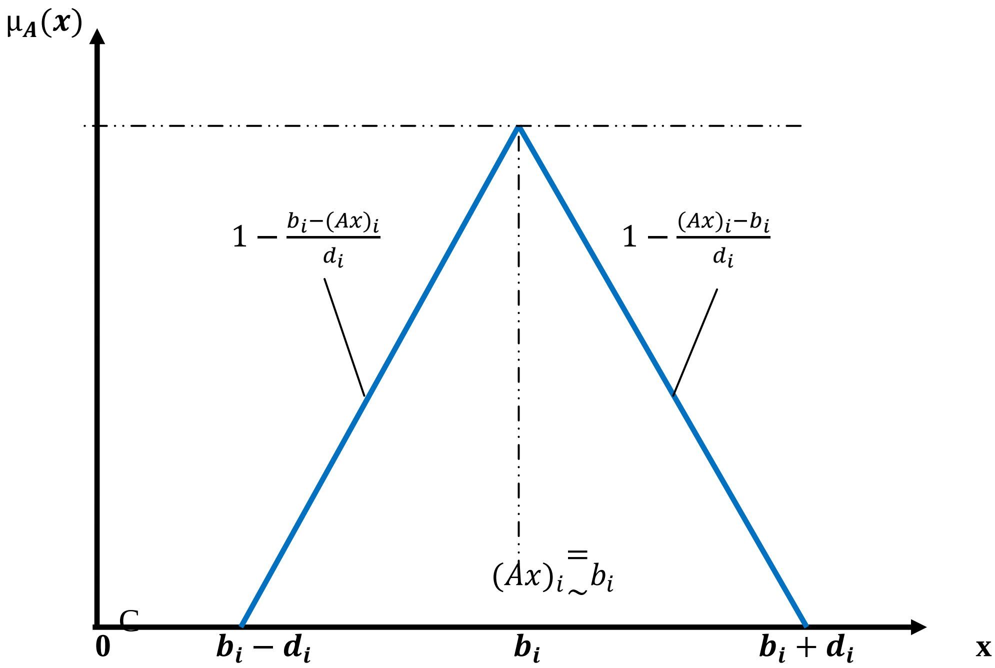
Bu sonuçlara göre, bu kısıtlar altında firma hedeflerine %49.93 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.6. HANNAN MODELİ KULLANILARAK BHP UYGULAMASININ DENEMESİ

Karar vericinin bulanık hedefleri BHP modeliyle çözümlemesinde üçgen tipli ve simetrik fonksiyona sahip hedef ve kısıtlar için Narasimhan yaklaşımına eşdeğer sonuçlar veren ve işlem yükünü azaltan alternatif çözüm modellerinden birisi de Hannan tarafından geliştirilmiştir (Özkan, 2003: 189).

Geliştirilen model Narasimhan yaklaşımına göre çok daha az işlem yüküyle aynı sonuçların alınmasını sağlamaktadır. Uygulamamızda, Hannan'ın geliştirdiği üçgen tipli üyelik fonksiyonuyla daha YIK modelinin tutarlılığını test etmek amaçlanmıştır.

Hannan yaklaşımı çözüm modelinde üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi tıpkı Narasimhan yaklaşımında olduğu gibidir. Üyelik fonksiyonunu artan ve azalan parçalar olarak değerlendiren Narasimhan, modelin DP'ye dönüştürülmesinde fonksiyonun artan kısmında ve azalan kısmında aşağıdaki gibi bir yol izlemiştir.



Şekil 4.1. *Hannan Modeli İçin Üçgensel Üyelik Fonksiyonu (**Kaynak:** Özkan, 2003: 189)*

Burada, doğrusal üyelik fonksiyonu aşağıda ki gibi ifade edilir (Hannan, 1981: 523-524);

$$\mu_i(Ax) = \begin{cases} 0, & (Ax)_i \leq b_i - d_i \\ \dfrac{(Ax)_i - (b_i - d_i)}{d_i}, & b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \\ \dfrac{b_i + d_i - (Ax)_i}{d_i}, & b_i \leq (Ax)_i \leq b_i - d_i \\ 0, & (Ax)_i \geq b_i + d_i \end{cases}$$

Hannan'ın (1981), Narasimhan'ın model yaklaşımıyla eşdeğer sonuçlar elde eden modeli, aşağıdaki yaklaşımıyla tek bir probleme dönüştürülmüştür.

$$\lambda^* = Max\ \lambda_j$$

$$j = 1, 2, \dots, 2^k$$

Burada, λ_j j'nin altında anılan alt problemin optimal çözümüdür. λ^* Narasimhan'ın 2^k alt problemleri yardımıyla çözülen BHP modeli optimal çözümüdür. Modelin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Hannan, 1981:524).

Amaç,

$Max\ \lambda$

Kısıtlar,

$$\frac{(Ax)_i}{d_i} + n_i - p_i = \frac{b_i}{d_i} \qquad i = 1, \dots, k$$

$$\lambda + n_i - p_i \leq 1 \qquad i = 1, \dots, k$$

$$x_\lambda \geq 0 \qquad i = 1, \dots, n$$

$$\lambda, n_i, p_i \geq 0 \qquad i = 1, \dots, k$$

Burada, $\lambda^* = \lambda_j$ olarak optimal çözümü verdiği ve j. alt problemin bu optimal çözümü verdiği eşitlik olarak varsayılsın. Burada bahsedilen optimal çözüm için görülen üyelik fonksiyonu formu aşağıdaki gibi gösterilir (Hannan, 1981: 524-525);

$$\lambda_j \leq \frac{b_i + d_i - (Ax)_i}{d_i} \qquad i = 1, \dots, i$$

$$b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \qquad i = 1, \dots, i$$

$$\lambda_j \leq \frac{(Ax)_i - (b_i - d_i)}{d_i} \qquad i = i + 1, \dots, k$$

$$b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \qquad i = i + 1, \dots, k$$

Burada, her bir alt problem aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\lambda_j \leq 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i}$$

Üçgensel üyelik fonksiyonunda artan kısmını ifade eden, $b_i \leq (Ax)_i$ eşitsizliği de tolerans miktarlarına bölünürse ve eşitsizliğe negatif sapma değişkeni eklenirse,

$$\frac{b_i}{d_i} + s_i^- = \frac{(Ax)_i}{d_i}$$

şeklini alır. Burada negatif sapma değişkenine göre eşitlik yeniden düzenlenirse, $s_i^- = \frac{(Ax)_i}{d_i} - \frac{b_i}{d_i}$

ifadesi elde edilir. Bu ifade yukarıdaki eşitsizliğe bölünürse,

$\lambda + s_i^- \leq 1$ kısıtlayıcısı elde edilir. Aynı işlemler artan kısım içinde gerçekleştirilirse;

$$s_i^+ = \frac{(Ax)_i}{d_i} - \frac{b_i}{d_i}$$

ve $\lambda + s_i^+ \leq 1$ kısıtlayıcısı elde edilir. Tüm alt problemler bu sistematikle değerlendirilirse aşağıdaki genel ifadeye ulaşılabilir (Özkan; 2003: 191)

$$Max\ \lambda$$

$$Kısıtlayıcılar,$$

$$\frac{(Ax)_i}{d_i} + s_i^- - s_i^+ = \frac{b_i}{d_i}$$

$$\lambda + s_i^- + s_i^+ \leq 1$$

$$s_i^- * s_i^+ = 0$$

$$x_j, \lambda, s_i^-, s_i^+ \geq 0$$

$i = 1, \dots, m$

$j = 1, \dots, n$

Burada hedeflerin doyurulması için λ 1'e eşit olmalı yâda sapma değişkenleri 0 olmalıdır.

Çalışmanın bu kısmında, YIK BHP modelinin doğru sonuçlar verip vermediğinin kıyaslanması ve tutarlılığının test edilmesi amacıyla, Zimmermann BHP çözüm modelini tek bir problemle çözüme ulaştıran Hannan yaklaşımı uygulanacak ve uygulamalar tekrarlanacaktır.

Model çözümlerinde, n_i negatif sapma değişkenlerini ve p_i pozitif sapma değişkenlerini ifade etmektedir.

4.6.1. A_1 Ürünü İçin Hannan Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt^'lik bir üretim için firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.25, parfüm hedefi için 0.01 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.7 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır.

4.6.1.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedefler kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları da bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmalıdır.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

Artan Parça;

$$\underset{\sim}{\mu_{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 47.5 \\ 1 - \frac{47.75 - h_1}{0.25}, & 47.5 \leq h_1 \leq 47.75 \\ 1, & 47.75 \geq h_1 \end{cases}$$

Azalan Parça

$$\underset{\sim}{\mu_{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 1, & h_1 \leq 47.5 \\ 1 - \frac{47.75 - h_1}{0.25}, & 47.75 \leq h_1 \leq 48 \\ 0, & 48 \geq h_1 \end{cases}$$

Üyelik fonksiyonlarının gösterimi yukarıdaki gibi elde edilebilirken aşağıdaki gibi de gösterilebilir ve yine aynı sonuçlar elde edilir. İşlemler aşağıdaki ifade şekliyle devam ettirilmiştir;

$$\underset{\sim}{\mu_{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 47.5 \\ 1 - \frac{47.75 - h_1}{0.25}, & 47.5 \leq h_1 \leq 47.75 \\ 1 - \frac{47.75 - h_1}{0.25}, & 47.75 \leq h_1 \leq 48 \\ 0, & h_2 \geq 48 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_1}{0.25} + n_1 - p_1 = \frac{47.75}{0.25}$$

$$h_1 + 0.25n_1 - 0.25p_1 = 47.75$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.19 \\ 1 - \frac{0.2 - h_2}{0.01}, & 0.19 \leq h_2 \leq 0.2 \\ 1 - \frac{h_2 - 0.2}{0.01}, & 0.2 \leq h_2 \leq 0.21 \\ 0, & h_2 \geq 0.21 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_2}{0.01} + n_2 - p_2 = \frac{0.2}{0.01}$$

$$h_2 + 0.01n_2 - 0.01p_2 = 0.2$$

- ***Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);***

$$\mu_{\tilde{h}_3} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \leq 85.54 \\ 1 - \frac{86.24 - h_3}{0.7}, & 85.54 \leq h_3 \leq 86.24 \\ 1 - \frac{h_3 - 86.24}{0.7}, & 86.24 \leq h_3 \leq 86.94 \\ 0, & h_3 \geq 86.94 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_3}{0.7} + s_3^- - s_3^+ = \frac{86.24}{0.7}$$

$$h_3 + 0.7s_3^- - 0.7s_3^+ = 86.24$$

4.6.1.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_1 hammaddesi için,**

$$\mu_{\tilde{x}_1} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_1 \leq 2.95 \\ 1 - \frac{3 - x_1}{0.05}, & 2.95 \leq x_1 \leq 3 \\ 1 - \frac{x_1 - 3}{0.05}, & 3 \leq x_1 \leq 3.05 \\ 0, & x_1 \geq 3.05 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$\frac{x_1}{0.05} + n_4 - p_4 = \frac{3}{0.05}$$

$$x_1 + 0.05n_4 - 0.05p_4 = 3$$

- **x_2 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_2} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_2 \le 0.914 \\ 1 - \dfrac{1 - x_2}{0.086}, & 0.914 \le x_2 \le 1 \\ 1 - \dfrac{x_2 - 1}{0.086}, & 1 \le x_2 \le 1.086 \\ 0, & x_2 \ge 1.086 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_2}{0.086} + n_5 - p_5 = \frac{1}{0.086}$$

$$x_2 + 0.086n_5 - 0.086p_5 = 1$$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_5} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_5 \le 6.979 \\ 1 - \dfrac{7 - x_5}{0.021}, & 6.979 \le x_5 \le 7 \\ 1 - \dfrac{x_5 - 7.9}{0.021}, & 7 \le x_5 \le 7.021 \\ 0, & x_5 \ge 7.021 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_5}{0.021} + n_6 - p_6 = \frac{7}{0.021}$$

$$x_5 + 0.021n_6 - 0.021p_6 = 7$$

- **x_7 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_7} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_7 \le 1.9908 \\ 1 - \dfrac{2 - x_7}{0.0092}, & 1.9908 \le x_7 \le 2 \\ 1 - \dfrac{x_7 - 2}{0.0092}, & 2 \le x_7 \le 2.0092 \\ 0, & x_7 \ge 2.0092 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_7}{0.0092} + n_7 - p_7 = \frac{2}{0.0092}$$

$x_7 + 0.0092n_7 - 0.086p_7 = 2$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{11}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

$$\frac{x_{11}}{0.024} + n_8 - p_8 = \frac{0.06}{0.024}$$

$x_{11} + 0.024n_8 - 0.024p_8 = 0.06$

- **x_{13} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{13}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{13} \leq 0.41 \\ 1 - \dfrac{0.5 - x_{13}}{0.09}, & 0.41 \leq x_{13} \leq 0.5 \\ 1 - \dfrac{x_{13} - 0.61}{0.09}, & 0.5 \leq x_{13} < 0.59 \\ 1, & x_{13} \geq 0.59 \end{cases}$$

$$\frac{x_{13}}{0.09} + n_9 - p_9 = \frac{0.5}{0.09}$$

$x_{13} + 0.09n_9 - 0.09p_9 = 0.5$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{17}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} < 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.55}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} < 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{17}}{0.013} + n_{10} - p_{10} = \frac{0.2}{0.013}$$

$x_{17} + 0.013n_{10} - 0.013p_{10} = 0.2$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{18}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 85.34 \\ 1 - \dfrac{86.24 - x_{18}}{0.9}, & 85.34 \leq x_{18} < 86.24 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 86.24}{0.9}, & 86.24 \leq x_{18} < 87.14 \\ 1, & x_{18} \geq 87.14 \end{cases}$$

$$\frac{x_{18}}{0.9} + n_{11} - p_{11} = \frac{86.24}{0.9}$$

$$x_{18} + 0.9n_{11} - 0.9p_{11} = 86.24$$

4.6.1.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$3.894x_1 + 4.063x_2 + 4.422x_5 + 0.25x_7 + 0.85x_{11} + 0.9x_{13} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.25n_1 - 0.25p_1 = 47.75$$

$$x_{17} + 0.01n_2 - 0.25p_2 = 0.2$$

$$x_{18} + 0.7n_3 - 0.7p_3 = 86.24$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_1 + 0.05n_4 - 0.05p_4 = 3$, $x_2 + 0.086n_5 - 0.086p_5 = 1$, $x_5 + 0.021n_6 - 0.021p_6 = 7$, $x_7 + 0.0092n_7 - 0.086p_7 = 2$, $x_{11} + 0.024n_8 - 0.024p_8 = 0.06$, $x_{13} + 0.09n_9 - 0.09p_9 = 0.5$, $x_{17} + 0.013n_{10} - 0.013p_{10} = 0.2$, $x_{18} + 0.9n_{11} - 0.9p_{11} = 86.24$,

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_7 + x_{11} + x_{13} + x_{17} + x_{18} = 100$$

$\lambda \leq 1$

$\lambda + n_1 + p_1 \leq 1,\ \lambda + n_2 + p_2 \leq 1,\ \lambda + n_3 + p_3 \leq 1,\ \lambda + n_4 + p_4 \leq 1,\ \lambda + n_5 + p_5 \leq 1,\ \lambda + n_6 + p_6 \leq 1,\ \lambda + n_7 + p_7 \leq 1,\ \lambda + n_8 + p_8 \leq 1,\ \lambda + n_9 + p_9 \leq 1,\ \lambda + n_{10} + p_{10} \leq 1,\ \lambda + n_{11} + p_{11} \leq 1,\ n_1 * p_1 = 0,\ n_2 * p_2 = 0,\ n_3 * p_3 = 0,\ n_4 * p_4 = 0,\ n_5 * p_5 = 0,\ n_6 * p_6 = 0,\ n_7 * p_7 = 0,\ n_8 * p_8 = 0,\ n_9 * p_9 = 0,\ n_{10} * p_{10} = 0, n_{11} * p_{11} = 0$

ve,

$x_1, x_2, x_5, x_7, x_{11}, x_{13}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve YIK modeli sonuçlarına eşdeğer sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 24 iterasyon adımı sonrasında ulaşılmıştır.

Max $\lambda=0.4125$

$x_1=2.9706$, $x_2=0.9495$, $x_5=6.9877$, $x_7=1.9946$, $x_{11}=0.0459$, $x_{13}=0.4471$, $x_{17}=0.1941$ ve $x_{18}=86.4105$ olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlara göre, firma hedeflerine bu kısıtlar altında %41.25 düzeyinde ulaşabilmektedir. YIK yaklaşımıyla elde edilen sonuçların aynısı Hannan yaklaşımıyla da elde edilmiştir.

4.6.2. A_2 Ürünü İçin Hannan Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

4.6.2.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedef kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları da bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmalıdır.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 41 \\ 1 - \dfrac{41.2 - h_1}{0.2}, & 41 \leq h_1 \leq 41.2 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 41.2}{0.2}, & 41.2 \leq h_1 \leq 41.4 \\ 0, & h_1 \geq 41.4 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_1}{0.2} + n_1 - p_1 = \frac{41.2}{0.2}$$

$$h_1 + 0.2n_1 - 0.2p_1 = 41.2$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.178 \\ 1 - \dfrac{0.2 - h_2}{0.022}, & 0.178 < h_2 < 0.2 \\ 1 - \dfrac{h_2 - 0.2}{0.022}, & 0.2 < h_2 < 0.222 \\ 0, & h_2 \geq 0.222 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_2}{0.022} + n_2 - p_2 = \frac{0.2}{0.022}$$

$$h_2 + 0.022n_2 - 0.022p_1 = 0.2$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\underset{\sim}{\mu_{h_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \leq 87.9 \\ 1 - \dfrac{88.54 - h_3}{0.64}, & 87.9 \leq h_3 \leq 88.54 \\ 1 - \dfrac{h_3 - 88.54}{0.64}, & 88.54 \leq h_3 \leq 89.18 \\ 0, & h_3 \geq 89.18 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_3}{0.64} + n_3 - p_3 = \frac{88.54}{0.64}$$
$$h_3 + 0.64n_3 - 0.64p_3 = 88.54$$

4.6.2.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_2 hammaddesi için,**

$$\mu_{\tilde{x}_2} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 0.914 \\ 1 - \dfrac{1 - x_2}{0.086}, & 0.914 \leq x_2 \leq 1 \\ 1 - \dfrac{x_2 - 1}{0.086}, & 1 \leq x_2 \leq 1.086 \\ 0, & x_2 \geq 1.086 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$\frac{x_2}{0.086} + n_4 - p_4 = \frac{1}{0.086}$$
$$x_2 + 0.086n_4 - 0.64p_4 = 1$$

- **x_3 hammaddesi için,**

$$\mu_{\tilde{x}_3} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_3 \leq 0.157 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_3}{0.043}, & 0.157 \leq x_3 \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_3 - 0.2}{0.043}, & 0.2 \leq x_2 \leq 0.243 \\ 0, & x_2 \geq 0.243 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_3}{0.043} + n_5 - p_5 = \frac{0.2}{0.043}$$
$$x_3 + 0.043n_5 - 0.043p_5 = 0.2$$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_5} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_5 \leq 7.979 \\ 1 - \dfrac{8 - x_5}{0.021}, & 7.979 \leq x_5 \leq 8 \\ 1 - \dfrac{x_5 - 8}{0.021}, & 8 \leq x_5 \leq 8.021 \\ 0, & x_5 \geq 8.021 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_5}{0.021} + n_6 - p_6 = \frac{8}{0.021}$$

$$x_5 + 0.021n_6 - 0.021p_6 = 8$$

- **x_7 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_7} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_7 \leq 1.9908 \\ 1 - \dfrac{2 - x_7}{0.0092}, & 1.9908 \leq x_7 \leq 2 \\ 1 - \dfrac{x_7 - 2}{0.0092}, & 2 \leq x_7 \leq 2.0092 \\ 0, & x_7 \geq 2.0092 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_7}{0.0092} + n_7 - p_7 = \frac{2}{0.0092}$$

$$x_7 + 0.0092n_7 - 0.092p_7 = 2$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{11}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{11}}{0.024} + n_8 - p_8 = \frac{0.06}{0.024}$$

$$x_{11} + 0.024n_8 - 0.024p_8 = 0.06$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\mu \underset{\sim}{x_{17}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.55}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} \leq 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{17}}{0.013} + n_9 - p_9 = \frac{0.2}{0.013}$$

$$x_{17} + 0.013n_9 - 0.013p_9 = 0.2$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\mu \underset{\sim}{x_{18}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 87.64 \\ 1 - \dfrac{88.54 - x_{18}}{0.9}, & 87.64 \leq x_{18} \leq 88.54 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 88.54}{0.9}, & 88.54 \leq x_{18} \leq 89.44 \\ 0, & x_{18} \geq 89.44 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{18}}{0.9} + n_9 - p_9 = \frac{88.54}{0.9}$$

$$x_{18} + 0.9n_{10} - 0.9p_{10} = 88.54$$

4.6.2.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$4.063x_2 + 4.425x_3 + 4.422x_5 + 0.25x_7 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.2n_1 - 0.2p_1 = 41.2$$

$$x_{17}0.022n_2 - 0.022p_1 = 0.2$$

$$x_{18} + 0.64n_3 - 0.64p_3 = 88.54$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_2 + 0.086n_4 - 0.64p_4 = 1,\quad x_3 + 0.043n_5 - 0.043p_5 = 0.2,\quad x_5 + 0.021n_6 - 0.021p_6 = 8,\quad x_7 + 0.0092n_7 - 0.092p_7 = 2,\quad x_{11} + 0.024n_8 - 0.024p_8 = 0.06,$ $x_{17} + 0.013n_9 - 0.013p_9 = 0.2, x_{18} + 0.9n_{10} - 0.9p_{10} = 88.54,$

$$x_2 + x_3 + x_5 + x_7 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$$

$$\lambda \leq 1$$

$\lambda + n_1 + p_1 \leq 1,\ \lambda + n_2 + p_2 \leq 1,\ \lambda + n_3 + p_3 \leq 1,\ \lambda + n_4 + p_4 \leq 1,\ \lambda + n_5 + p_5 \leq 1,\ \lambda + n_6 + p_6 \leq 1,\ \lambda + n_7 + p_7 \leq 1,\ \lambda + n_8 + p_8 \leq 1,\ \lambda + n_9 + p_9 \leq 1,$ $\lambda + n_{10} + p_{10} \leq 1, n_1 * p_1 = 0, n_2 * p_2 = 0, n_3 * p_3 = 0, n_4 * p_4 = 0, n_5 * p_5 = 0,$ $n_6 * p_6 = 0, n_7 * p_7 = 0, n_8 * p_8 = 0, n_9 * p_9 = 0, n_{10} * p_{10} = 0$

ve,

$x_2, x_3, x_5, x_7, x_{11}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve YIK modeli sonuçlarına eşdeğer sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 21 iterasyon adımı sonrasında ulaşılmıştır.

Max $\lambda=0.6228$,

$x_2=0.9676$, $x_3=0.1838$, $x_5=7.9921$, $x_7=1.9965$, $x_{11}=0.0509$, $x_{17}=0.1951$ ve $x_{18}=88.614$ olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlara göre, firma hedeflerine bu kısıtlar altında %62.28 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi içinse; yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.6.3. A_3 Ürünü İçin Hannan Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.2, parfüm hedefi için 0.01 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.7 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır.

4.6.3.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedefler kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Yani ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmalıdır.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 29 \\ 1 - \dfrac{29.2 - h_1}{0.2}, & 29 \leq h_1 \leq 29.2 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 29.2}{0.2}, & 29.2 \leq h_1 \leq 29.4 \\ 0, & h_1 \geq 29.4 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_1}{0.2} + n_1 - p_1 = \frac{29.2}{0.2}$$

$$h_1 + 0.2n_1 - 0.2p_1 = 29.2$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.19 \\ 1 - \dfrac{0.2 - h_2}{0.01}, & 0.19 < h_2 < 0.2 \\ 1 - \dfrac{h_2 - 0.2}{0.01}, & 0.2 < h_2 < 0.21 \\ 0, & h_2 \geq 0.21 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_2}{0.01} + n_2 - p_2 = \frac{0.2}{0.01}$$

$$h_2 + 0.01n_2 - 0.01p_2 = 0.2$$

-***Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \leq 94.04 \\ 1 - \dfrac{94.74 - h_3}{0.7}, & 94.04 \leq h_3 \leq 94.74 \\ 1 - \dfrac{h_3 - 94.74}{0.7}, & 94.74 \leq h_3 \leq 95.44 \\ 0, & h_3 \geq 95.44 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir. Buna göre,

$$\frac{h_3}{0.7} + n_3 - p_3 = \frac{94.74}{0.7}$$

$$h_3 + 0.7n_3 - 0.7p_3 = 94.74$$

4.6.3.2.Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_8 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_8}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_8 \leq 4.935 \\ 1 - \dfrac{5 - x_8}{0.065}, & 4.935 \leq x_8 \leq 5 \\ 1 - \dfrac{x_8 - 5}{0.065}, & 5 \leq x_8 \leq 5.065 \\ 0, & x_8 \geq 5.065 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_8}{0.065} + n_4 - p_4 = \frac{5}{0.065}$$

$$x_8 + 0.065n_4 - 0.065p_4 = 5$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{11}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{11}}{0.024} + n_5 - p_5 = \frac{0.06}{0.024}$$

$$x_{11} + 0.024n_5 - 0.024p_5 = 0.06$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{17}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.55}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} \leq 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{17}}{0.013} + n_6 - p_6 = \frac{0.2}{0.013}$$
$$x_{17} + 0.013n_6 - 0.013p_6 = 0.2$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\mu_{\tilde{x}_{18}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 93.84 \\ 1 - \dfrac{94.74 - x_{18}}{0.9}, & 93.84 \leq x_{18} \leq 94.74 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 94.72}{0.9}, & 94.74 \leq x_{18} \leq 95.64 \\ 0, & x_{18} \geq 95.64 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{18}}{0.9} + n_7 - p_7 = \frac{94.74}{0.9}$$
$$x_{18} + 0.9n_7 - 0.9p_7 = 94.74$$

4.6.3.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$5.736x_8 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.2n_1 - 0.2p_1 = 29.2$$

$$x_{17} + 0.01n_2 - 0.01p_2 \quad = 0.2$$

$$x_{18} + 0.7n_3 - 0.7p_3 \quad = 94.74$$

$$x_8 + 0.065n_4 - 0.065p_4 \quad = 5$$

$x_{11} + 0.024n_5 - 0.024p_5 \quad = 0.06$

$x_{17} + 0.013n_6 - 0.013p_6 \quad = 0.2$

$x_{18} + 0.9n_7 - 0.9p_7 \quad = 94.74$

$x_8 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$

$\lambda \leq 1$

$\lambda + n_1 + p_1 \leq 1,\ \lambda + n_2 + p_2 \leq 1,\ \lambda + n_3 + p_3 \leq 1,\ \lambda + n_4 + p_4 \leq 1,\ \lambda + n_5 + p_5 \leq 1,\ \lambda + n_6 + p_6 \leq 1,\ \lambda + n_7 + p_7 \leq 1,\ n_1 * p_1 = 0,\ n_2 * p_2 = 0,\ n_3 * p_3 = 0,\ n_4 * p_4 = 0, n_5 * p_5 = 0, n_6 * p_6 = 0, n_7 * p_7 = 0$

ve,

$x_8, x_{11}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve YIK modeli sonuçlarına eşdeğer sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 16 iterasyon adımı sonrasında ulaşılmıştır.

Max $\lambda=0.6259$

$x_8=4.9747$, $x_{11}=0.051$, $x_{17}=0.1963$ ve $x_{18}=94.777$ olarak elde edilir.

Bu sonuçlara göre, firma hedeflerine bu kısıtlar altında %49.15 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi içinse yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.6.4. A_4 Ürünü İçin Hannan Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt’lik bir üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.2, parfüm hedefi için 0.04 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.5 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır.

4.6.4.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedefler kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıda ki bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesi ile hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmalıdır.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 35.2 \\ 1 - \dfrac{35.4 - h_1}{0.2}, & 35.2 \leq h_1 \leq 35.4 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 35.4}{0.2}, & 35.4 \leq h_1 \leq 35.6 \\ 0, & h_1 \geq 35.6 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_1}{0.2} + n_1 - p_1 = \frac{35.4}{0.2}$$

$$h_1 + 0.2n_1 - 0.2p_1 = 35.4$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.16 \\ 1 - \dfrac{0.2 - h_2}{0.04}, & 0.16 < h_2 < 0.2 \\ 1 - \dfrac{h_2 - 0.2}{0.04}, & 0.2 < h_2 < 0.24 \\ 0, & h_2 \geq 0.24 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_2}{0.04} + n_2 - p_2 = \frac{0.2}{0.04}$$

$$h_2 + 0.04n_2 - 0.04p_2 = 0.2$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\underset{\sim}{\mu_{h_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \le 88.74 \\ 1 - \dfrac{89.24 - h_3}{0.5}, & 88.74 \le h_3 \le 89.24 \\ 1 - \dfrac{h_3 - 89.24}{0.5}, & 89.24 \le h_3 \le 89.74 \\ 0, & h_3 \ge 89.74 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_3}{0.5} + n_3 - p_3 = \frac{89.24}{0.5}$$

$$h_3 + 0.5n_3 - 0.5p_3 = 89.24$$

4.6.4.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_1 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu_{x_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_1 \le 4.95 \\ 1 - \dfrac{5 - x_1}{0.05}, & 4.95 \le x_1 \le 5 \\ 1 - \dfrac{x_1 - 5}{0.05}, & 5 \le x_1 \le 5.05 \\ 0, & x_1 \ge 5.05 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$\frac{x_1}{0.05} + n_4 - p_4 = \frac{5}{0.05}$$

$$x_1 + 0.05n_4 - 0.05p_4 = 5$$

- **x_9 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu_{x_9}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_9 \le 0.152 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_9}{0.048}, & 0.152 \le x_9 \le 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_9 - 0.2}{0.048}, & 0.2 \le x_9 \le 0.248 \\ 0, & x_9 \ge 0.248 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_9}{0.048} + n_5 - p_5 = \frac{0.2}{0.048}$$
$$x_9 + 0.048n_5 - 0.048p_5 = 0.2$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{11}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{11}}{0.024} + n_6 - p_6 = \frac{0.06}{0.024}$$
$$x_{11} + 0.024n_6 - 0.024p_6 = 0.06$$

- **x_{15} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{15}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{15} \leq 0.428 \\ 1 - \dfrac{0.5 - x_{15}}{0.072}, & 0.428 \leq x_{15} \leq 0.5 \\ 1 - \dfrac{x_{15} - 0.06}{0.072}, & 0.5 \leq x_{15} \leq 0.572 \\ 0, & x_{15} \geq 0.572 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{15}}{0.072} + n_7 - p_7 = \frac{0.5}{0.072}$$
$$x_{15} + 0.072n_7 - 0.072p_7 = 0.5$$

- **x_{16} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{16}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{16} \leq 4.43 \\ 1 - \dfrac{4.8 - x_{16}}{0.037}, & 4.43 \leq x_{16} \leq 4.8 \\ 1 - \dfrac{x_{16} - 4.8}{0.037}, & 4.8 \leq x_{16} \leq 5.17 \\ 0, & x_{16} \geq 5.17 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{16}}{0.037} + n_8 - p_8 = \frac{4.8}{0.037}$$
$$x_{16} + 0.037n_8 - 0.037p_8 = 4.8$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{17}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.2}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} \leq 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{17}}{0.013} + n_9 - p_9 = \frac{0.2}{0.013}$$
$$x_{17} + 0.013n_9 - 0.013p_9 = 0.2$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{18}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 88.34 \\ 1 - \dfrac{89.24 - x_{18}}{0.9}, & 88.34 \leq x_{18} \leq 89.24 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 89.24}{0.9}, & 89.24 \leq x_{18} \leq 89.44 \\ 0, & x_{18} \geq 90.14 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{18}}{0.9} + n_{10} - p_{10} = \frac{89.24}{0.9}$$
$$x_{18} + 0.9n_{10} - 0.9p_{10} = 89.24$$

4.6.4.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$3.894x_1 + 7.08x_9 + 0.85x_{11} + 0.75x_{15} + 2.868x_{16} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.2n_1 - 0.2p_1 = 35.4$$

$$x_{17} + 0.04n_2 - 0.04p_2 \quad = 0.2$$

$$x_{18} + 0.5n_3 - 0.5p_3 \quad = 89.24$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_1 + 0.05n_4 - 0.05p_4 \quad = 5,\quad x_9 + 0.048n_5 - 0.048p_5 \quad = 0.2,\quad x_{11} + 0.024n_6 - 0.024p_6 \quad = 0.06,\ x_{15} + 0.072n_7 - 0.072p_7 \quad = 0.5,\ x_{16} + 0.037n_8 - 0.037p_8 \quad = 4.8,\ x_{17} + 0.013n_9 - 0.013p_9 \quad = 0.2,\ x_{18} + 0.9n_{10} - 0.9p_{10} \quad = 89.24,$

$$x_1 + x_9 + x_{11} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} = 100$$

$$\lambda \leq 1$$

$\lambda + n_1 + p_1 \leq 1,\ \lambda + n_2 + p_2 \leq 1,\ \lambda + n_3 + p_3 \leq 1,\ \lambda + n_4 + p_4 \leq 1,\ \lambda + n_5 + p_5 \leq 1,\ \lambda + n_6 + p_6 \leq 1,\ \lambda + n_7 + p_7 \leq 1,\ \lambda + n_8 + p_8 \leq 1,\ \lambda + n_9 + p_9 \leq 1,\ \lambda + n_{10} + p_{10} \leq 1, n_1 * p_1 = 0, n_2 * p_2 = 0, n_3 * p_3 = 0, n_4 * p_4 = 0, n_5 * p_5 = 0, n_6 * p_6 = 0, n_7 * p_7 = 0, n_8 * p_8 = 0, n_9 * p_9 = 0, n_{10} * p_{10} = 0$

ve,

x_1, x_9, x_{11},x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, $\lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 22 iterasyon adımı sonrasında ulaşılmaktadır.

Max $\lambda=0.6382$

$x_1=4.9819$, $x_9=0.1826$, $x_{11}=0.0513$, $x_{15}=0.474$, $x_{16}=4.7866$, $x_{17}=0.1953$ ve $x_{18}=89.3283$ analiz sonuçlarıdır.

Bu sonuçlara göre, bu kısıtlar altında firma hedeflerine %63.82 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.6.5. A$_7$ Ürünü İçin Hannan Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺0.25, parfüm hedefi için 0.05 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.6 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır.

4.6.5.1. Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedefler kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıda ki bulanıklaştırılmıştır. Bu işlemde bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınır.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 36.75 \\ 1-\dfrac{37-h_1}{0.25}, & 36.75 \leq h_1 \leq 37 \\ 1-\dfrac{h_1-37}{0.25}, & 37 \leq h_1 \leq 37.25 \\ 0, & h_1 \geq 37.25 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_1}{0.25} + n_1 - p_1 = \frac{37}{0.25}$$

$$h_1 + 0.25n_1 - 0.25p_1 = 37$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\underset{\sim}{\mu_{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.15 \\ 1 - \frac{0.2 - h_2}{0.05}, & 0.15 < h_2 < 0.2 \\ 1 - \frac{h_2 - 0.2}{0.05}, & 0.2 < h_2 < 0.25 \\ 0, & h_2 \geq 0.25 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_2}{0.05} + n_2 - p_2 = \frac{0.2}{0.05}$$

$$h_2 + 0.05n_2 - 0.05p_2 = 0.2$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\underset{\sim}{\mu_{h_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \leq 89.54 \\ 1 - \frac{90.14 - h_3}{0.6}, & 89.54 \leq h_3 \leq 90.14 \\ 1 - \frac{h_3 - 90.14}{0.6}, & 90.14 \leq h_3 \leq 90.74 \\ 0, & h_3 \geq 90.74 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_3}{0.6} + n_3 - p_3 = \frac{90.14}{0.6}$$

$$h_3 + 0.6n_3 - 0.6p_3 = 90.14$$

4.6.5.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_4 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_4}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_4 \leq 0.0555 \\ 1 - \dfrac{0.6 - x_4}{0.045}, & 0.0555 \leq x_4 \leq 0.6 \\ 1 - \dfrac{x_4 - 0.6}{0.045}, & 0.6 \leq x_4 \leq 0.645 \\ 0, & x_4 \geq 0.645 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$\frac{x_4}{0.045} + n_4 - p_4 = \frac{0.06}{0.045}$$

$$x_4 + 0.045n_4 - 0.045p_4 = 0.06$$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_5}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_5 \leq 3.979 \\ 1 - \dfrac{4 - x_5}{0.021}, & 3.979 \leq x_5 \leq 4 \\ 1 - \dfrac{x_5 - 4}{0.021}, & 4 \leq x_5 \leq 4.021 \\ 0, & x_5 \geq 4.021 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_5}{0.021} + n_5 - p_5 = \frac{4}{0.021}$$

$$x_5 + 0.021n_5 - 0.021p_5 = 4$$

- **x_6 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_6}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_6 \leq 1.77 \\ 1 - \dfrac{2 - x_6}{0.23}, & 1.77 \leq x_6 \leq 2 \\ 1 - \dfrac{x_6 - 2}{0.23}, & 2 \leq x_6 \leq 2.23 \\ 0, & x_6 \geq 2.23 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_6}{0.23} + n_6 - p_6 = \frac{2}{0.23}$$

$$x_6 + 0.23n_6 - 0.23p_6 = 2$$

- **x_{10} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{10}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{10} \leq 2.55 \\ 1 - \dfrac{3 - x_{10}}{0.45}, & 2.55 \leq x_{10} \leq 3 \\ 1 - \dfrac{x_{10} - 3}{0.45}, & 3 \leq x_{10} \leq 3.45 \\ 0, & x_{10} \geq 3.45 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{10}}{0.45} + n_7 - p_7 = \frac{3}{0.45}$$

$$x_{10} + 0.45n_7 - 0.45p_7 = 3$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{11}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{11}}{0.024} + n_8 - p_8 = \frac{0.06}{0.024}$$

$$x_{11} + 0.024n_8 - 0.024p_8 = 0.06$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{17}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.187 \\ 1 - \dfrac{0.2 - x_{17}}{0.013}, & 0.187 \leq x_{17} \leq 0.2 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.55}{0.013}, & 0.2 \leq x_{17} \leq 0.213 \\ 0, & x_{17} \geq 0.213 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{17}}{0.013} + n_9 - p_9 = \frac{0.2}{0.013}$$

$$x_{17} + 0.013n_9 - 0.013p_9 = 0.2$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{18}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \leq 89.24 \\ 1 - \dfrac{90.14 - x_{18}}{0.9}, & 89.24 \leq x_{18} \leq 90.14 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 90.14}{0.9}, & 90.14 \leq x_{18} \leq 91.04 \\ 0, & x_{18} \geq 91.04 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{18}}{0.9} + n_{10} - p_{10} = \frac{90.14}{0.9}$$

$$x_{18} + 0.9n_{10} - 0.9p_{10} = 90.14$$

4.6.5.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$2.124x_4 + 4.422x_5 + 3.186x_6 + 3.894x_{10} + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.25n_1 - 0.25p_1 = 37$$

$$x_{17} + 0.05n_2 - 0.05p_2 = 0.2$$

$$x_{18} + 0.6n_3 - 0.6p_3 = 90.14$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_4 + 0.045n_4 - 0.045p_4 = 0.6$, $x_5 + 0.021n_5 - 0.021p_5 = 4$, $x_6 + 0.23n_6 - 0.23p_6 = 2$, $x_{10} + 0.45n_7 - 0.45p_7 = 3$, $x_{11} + 0.024n_8 - 0.024p_8 = 0.06$, $x_{17} + 0.013n_9 - 0.013p_9 = 0.2$, $x_{18} + 0.9n_{10} - 0.9p_{10} = 90.14$,

$x_4 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$

$\lambda \leq 1$

$\lambda + n_1 + p_1 \leq 1, \quad \lambda + n_2 + p_2 \leq 1, \quad \lambda + n_3 + p_3 \leq 1, \quad \lambda + n_4 + p_4 \leq 1,$
$\lambda + n_5 + p_5 \leq 1, \quad \lambda + n_6 + p_6 \leq 1, \quad \lambda + n_7 + p_7 \leq 1, \quad \lambda + n_8 + p_8 \leq 1,$
$\lambda + n_9 + p_9 \leq 1, \quad \lambda + n_{10} + p_{10} \leq 1, \quad n_1 * p_1 = 0, \quad n_2 * p_2 = 0, \quad n_3 * p_3 = 0,$
$n_4 * p_4 = 0, \quad n_5 * p_5 = 0, \quad n_6 * p_6 = 0, \quad n_7 * p_7 = 0, \quad n_8 * p_8 = 0, \quad n_9 * p_9 = 0,$
$n_{10} * p_{10} = 0$

ve,

$x_4, x_5, x_6, x_{10}, x_{11}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 24 iterasyon adımı sonrasında ulaşılmaktadır.

Max $\lambda=0.7254$,

$x_4=0.6124$, $x_5=3.9942$, $x_6=1.9421$, $x_{10}=2.8764$, $x_{11}=0.0666$, $x_{17}=0.2036$ ve $x_{18}=90.3047$ analiz sonuçlarıdır.

Bu sonuçlara göre, bu kısıtlar altında firma hedeflerine %72.54 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.6.6. A_{14} Ürünü İ İçin Hannan Modeliyle Bulanık Hedef Programlama Uygulaması

100 lt'lik bir üretim için, firma bu ürünün maliyet hedefinde yaklaşık olarak ₺ 0.3, parfüm hedefi için 0.068 lt ve karışımın su miktarı ile ilgili hedef için ise 0.6 lt düzeyinde tolerans payları bulunmaktadır.

4.6.6.1.Hedef Kısıtlayıcılarının Bulanıklaştırılması

Verilen bilgiler ışığında hedefler kısıtlayıcıları ve diğer tüm kısıtlayıcılar aşağıda ki bulanıklaştırılmıştır. Bu işlem de bulanık bir eşitliğin, zıt yönlü iki bulanık eşitsizlik olarak ifade edilebilmesinden hareket edilmiştir. Ayrıca modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmıştır. Yani ürün karışımları için ideal ortalama esas alınmalı ve tolerans payları bu değerler üzerinden işleme tabi tutulmuştur.

- ***Maliyet hedefi kısıtlayıcısı(h_1);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_1}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_1 \leq 50.45 \\ 1 - \dfrac{50.75 - h_1}{0.3}, & 50.45 \leq h_1 \leq 50.75 \\ 1 - \dfrac{h_1 - 50.75}{0.3}, & 50.75 \leq h_1 \leq 51.05 \\ 0, & h_1 \geq 51.5 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_1}{0.3} + n_1 - p_1 = \frac{50.75}{0.3}$$

$$h_1 + 0.3n_1 - 0.3p_1 = 50.75$$

- ***Parfüm hedefi kısıtlayıcısı(h_2);***

$$\mu_{\underset{\sim}{h_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_2 \leq 0.732 \\ 1 - \dfrac{0.8 - h_2}{0.068}, & 0.732 < h_2 < 0.8 \\ 1 - \dfrac{h_2 - 0.8}{0.068}, & 0.8 < h_2 < 0.868 \\ 0, & h_2 \geq 0.868 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_2}{0.068} + n_2 - p_2 = \frac{0.8}{0.068}$$

$$h_2 + 0.068n_2 - 0.068p_2 = 0.8$$

-Su hedefi kısıtlayıcısı(h_3);

$$\mu_{\underset{\sim}{h_3}} = f(x) = \begin{cases} 0, & h_3 \leq 86.54 \\ 1 - \dfrac{87.14 - h_3}{0.6}, & 86.54 \leq h_3 \leq 87.14 \\ 1 - \dfrac{h_3 - 87.14}{0.6}, & 87.14 \leq h_3 \leq 87.74 \\ 0, & h_3 \geq 87.74 \end{cases}$$

Bu değerlerin λ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\frac{h_3}{0.6} + n_3 - p_3 = \frac{87.14}{0.6}$$

$$h_3 + 0.6n_3 - 0.6p_3 = 87.14$$

4.6.6.2. Teknolojik Kısıtlayıcıların Bulanıklaştırılması

Modelin bulanıklaştırılmasında ortalamaya yakın bir değer arandığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple öncelikle alt ve üst sınırların ortalaması alınmış sonrasında bulanıklaştırılma gerçekleştirilmiştir.

- **x_2 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_2}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_2 \leq 0.914 \\ 1 - \dfrac{1 - x_2}{0.086}, & 0.914 \leq x_2 \leq 1 \\ 1 - \dfrac{x_2 - 1}{0.086}, & 1 \leq x_2 \leq 1.086 \\ 0, & x_2 \geq 1.086 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_2}{0.086} + n_4 - p_4 = \frac{1}{0.086}$$

$$x_2 + 0.086n_4 - 0.086p_4 = 1$$

- **x_4 hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_4}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_4 \leq 0.0955 \\ 1 - \dfrac{1 - x_4}{0.045}, & 0.0955 \leq x_4 \leq 1 \\ 1 - \dfrac{x_4 - 1}{0.045}, & 1 \leq x_4 \leq 1.045 \\ 0, & x_4 \geq 1.045 \end{cases}$$

Teknolojik kısıtlayıcıların da yine λ değerinden büyük olması istenir.

$$\frac{x_4}{0.045} + n_5 - p_5 = \frac{1}{0.045}$$

$$x_4 + 0.045n_5 - 0.045p_5 = 1$$

- **x_5 hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_5} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_5 \leq 9.979 \\ 1 - \dfrac{10 - x_5}{0.021}, & 9.979 \leq x_5 \leq 10 \\ 1 - \dfrac{x_5 - 10}{0.021}, & 10 \leq x_5 \leq 10.021 \\ 0, & x_5 \geq 10.021 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_5}{0.021} + n_6 - p_6 = \frac{10}{0.021}$$

$$x_5 + 0.021n_6 - 0.021p_6 = 10$$

- **x_{11} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{11}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{11} \leq 0.036 \\ 1 - \dfrac{0.06 - x_{11}}{0.024}, & 0.036 \leq x_{11} \leq 0.06 \\ 1 - \dfrac{x_{11} - 0.06}{0.024}, & 0.06 \leq x_{11} \leq 0.084 \\ 0, & x_{11} \geq 0.084 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{11}}{0.024} + n_7 - p_7 = \frac{0.06}{0.024}$$

$$x_{11} + 0.024n_7 - 0.024p_7 = 0.06$$

- **x_{17} hammaddesi için,**

$$\underset{\sim}{\mu x_{17}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{17} \leq 0.787 \\ 1 - \dfrac{0.8 - x_{17}}{0.013}, & 0.787 \leq x_{17} \leq 0.8 \\ 1 - \dfrac{x_{17} - 0.8}{0.013}, & 0.8 \leq x_{17} \leq 0.813 \\ 0, & x_{17} \geq 0.813 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{17}}{0.013} + n_8 - p_8 = \frac{0.8}{0.013}$$

$$x_{17} + 0.013n_8 - 0.013p_8 = 0.8$$

- **x_{18} hammaddesi için,**

$$\mu_{\underset{\sim}{x_{18}}} = f(x) = \begin{cases} 0, & x_{18} \le 86.54 \\ 1 - \dfrac{87.14 - x_{18}}{0.9}, & 86.54 \le x_{18} \le 87.14 \\ 1 - \dfrac{x_{18} - 87.14}{0.9}, & 87.14 \le x_{18} \le 87.74 \\ 0, & x_{18} \ge 87.74 \end{cases}$$

Buradan,

$$\frac{x_{18}}{0.9} + n_9 - p_9 = \frac{87.14}{0.9}$$

$$x_{18} + 0.9n_9 - 0.9p_9 = 87.14$$

4.6.6.3. Modelin Kurulması ve Sonuçlar

Amaç Fonksiyonu

$Max\ \lambda$

Kısıtlayıcılar;

-Hedef kısıtlayıcıları

$$4.063x_2 + 2.124x_4 + 4.422x_5 + 0.85x_{11} + 0.14x_{17} + 0.007x_{18} + 0.3n_1 - 0.3p_1 = 50.75$$

$$x_{17} + 0.068n_2 - 0.068p_2 = 0.8$$

$$x_{18} + 0.6n_3 - 0.6p_3 = 87.14$$

-Diğer Tüm Kısıtlayıcılar

$x_2 + 0.086n_4 - 0.086p_4 = 1,\quad x_4 + 0.045n_5 - 0.045p_5 = 1,\quad x_5 + 0.021n_6 - 0.021p_6 = 10,\ x_{11} + 0.024n_7 - 0.024p_7 = 0.06,\ x_{17} + 0.013n_8 - 0.013p_8 = 0.8,$
$x_{18} + 0.9n_9 - 0.9p_9 = 87.14,$

$x_2 + x_4 + x_5 + x_{11} + x_{17} + x_{18} = 100$

$\lambda \leq 1$

$\lambda + n_1 + p_1 \leq 1,\quad \lambda + n_2 + p_2 \leq 1,\quad \lambda + n_3 + p_3 \leq 1,\quad \lambda + n_4 + p_4 \leq 1,$
$\lambda + n_5 + p_5 \leq 1,\quad \lambda + n_6 + p_6 \leq 1,\quad \lambda + n_7 + p_7 \leq 1,\quad \lambda + n_8 + p_8 \leq 1,$
$\lambda + n_9 + p_9 \leq 1,\ n_1 * p_1 = 0,\ n_2 * p_2 = 0,\ n_3 * p_3 = 0,\ n_4 * p_4 = 0,\ n_5 * p_5 = 0,$
$n_6 * p_6 = 0, n_7 * p_7 = 0, n_8 * p_8 = 0, n_9 * p_9 = 0,$

ve,

$x_2, x_4, x_5, x_{11}, x_{17}, x_{18}, \lambda \geq 0$

Model WinQSB paket programı ile analize tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. BHP probleminin WinQSB paket programı ile çözümüne 19 iterasyon adımı sonrasında ulaşılmaktadır.

Max $\lambda=0.4993$,

$x_2=0.9569$, $x_4=0.9775$, $x_5=9.9895$, $x_{11}=0.048$, $x_{17}=0.7935$ ve $x_{18}=87.2346$

Bu sonuçlara göre, bu kısıtlar altında firma hedeflerine %49.93 düzeyinde ulaşabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için yukarıda bulunan hammadde kısıtlarını kullanması gerekmektedir.

4.7. KLASİK HEDEF PROGRAMLAMA VE BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA SONUÇLARI

Uygulama sonucunda elde edilen çıktıların birbirlerinden farklı sonuçlar içermesi, bulanık mantık felsefesiyle gerçekleştirilen HP analizinde tolerans paylarından kaynaklanmaktadır. Bu şekilde elde edilen çıktıların daha hassas ve uygulayıcının hassasiyetlerini içerdiği unutulmamalıdır.

Her iki tipte çözüm için WinQSB paket programı kullanılmıştır. Aşağıda ki tablolarda elde edilen çıktıların oluşturulmasında ortaya çıkan hammadde kullanım farklılıkları karşılıklı olarak özetlenmiştir.

Tablo 4.22. *Klasik HP ve BHP (YIK ve Hannan) Yöntemleriyle Optimal Üretim İçin Gerekli Hammadde Karışım Miktarları*

Analiz Yöntemi	**Mevcut Üretim Formülü**	**Klasik HP**	**BHP**	**Mevcut Üretim Formülü**	**Klasik HP**	**BHP**	**Mevcut Üretim Formülü**	**Klasik HP**	**BHP**	**Mevcut Üretim Formülü**	**Klasik HP**	**BHP**	**Mevcut Üretim Formülü**	**Klasik HP**	**BHP**	**Mevcut Üretim Formülü**	**Klasik HP**	**BHP**
Hammaddeler	**A_1**			**A_2**			**A_3**			**A_4**			**A_7**			**A_{14}**		
x_1	3	1.6849	2.9706	-	-	-	-	-	-	5	5.1185	4.9819	-	-	-	-	-	-
x_2	1	1.1	0.9495	1	0.4	0.9676	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.465	0.9569
x_3	-	-	-	0.2	0.285	0.1838	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.98	0.6124	1	1.77	0.9775
x_5	7	7.9	6.9877	8	8.3946	7.9921	-	-	-	-	-	-	4	1.75	3.9942	10	7.8396	9.9895
x_6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3.5	1.9421	-	-	-
x_7	2	2.2	1.9946	2	2.1804	1.9965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x_8	-	-	-	-	-	-	5	4.9553	4.9757	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x_9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.15	0.1826	-	-	-	-	-	-
x_{10}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2.4511	2.8764	-	-	-
x_{11}	0.06	0.066	0.0459	0.06	0	0.0509	0.06	0.1	0.051	0.06	0.075	0.0513	0.06	0.1	0.0666	0.06	0.09	0.048
x_{12}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x_{13}	0.5	0.2	0.4471	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x_{14}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x_{15}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.6	0.474	-	-	-	-	-	-
x_{16}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8	4.6165	4.7866	-	-	-	-	-	-
x_{17}	0.2	0.2	0.1941	0.2	0.2	0.1951	0.2	0.2	0.1963	0.2	0.2	0.1953	0.2	0.2	0.2036	0.8	0.8	0.7935
x_{18}	86.24	86.24	86.4105	86.77	88.54	88.614	94.74	94.7447	94.777	89.24	89.24	89.3283	90.14	91.0189	90.3047	87.14	88.0354	87.2346
Min Z	**-**	**0**	**-**	**-**	**0**	**-**	**-**	**0.0047**	**-**	**-**	**0**	**-**	**-**	**0.8789**		**-**	**0.8954**	**-**
Max λ	**-**	**-**	***0.4125***	**-**	**-**	***0.6228***	**-**	**-**	***0.6259***	**-**	**-**	***0.6382***	**-**	**-**	***0.7254***	**-**	**-**	***0.4993***
Maliyet (₺)	*48.3317*	*47.75*	*47.8971*	*41.5228*	*41.2*	*42.375*	*29.422*	*29.1999*	*29.2749*	*35.7311*	*35.4*	*35.472*	*37.7264*	*37*	*37.0686*	*51.18*	*50.7*	*50.9002*
Parfüm Miktarı (lt)	-	*0.2*	*0.1941*	-	*0.2*	*0.1951*	-	*0.2*	*0.1963*	-	*0.2*	*0.1953*	-	*0.2*	*0.2036*	-	*0.8*	*0.7935*
Su Miktarı (lt)	-	*86.24*	*86.4105*	-	*88.54*	*88.614*	-	*94.7447*	*94.777*	-	*89.24*	*89.3283*	-	*90.14*	*90.3047*	-	*87.14*	*87.2346*

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizde, endüstriyel alanda son yıllarda büyük ilerlemeler kaydedilmektedir. Gelişmiş ülkeler kategorisinde olma yolunda hızlı adımlar atan ülkemize paralel olarak, birçok sanayi kolunda faaliyette bulunan işletmelerimiz de aynı yönde atılımlar yapmaktadırlar. Büyük atılımlar da büyük problemler doğurmaktadır.

Karar verme tekniklerinin kriminolojisi incelendiğinde, karşılaşılan problemlerin çoğunlukla birden çok olduğu görülmektedir. Bu amaçla, işletme yönetimi, üretim yönetimi, süreç yönetimi vb. birçok problemin çözümünde çok amaçlı karar verme tekniklerinden olan HP teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Klasik HP modelleri hedeflerin doyumu için kısıtlar arasında amaca göre minimum işlemcisi kullanmaktadır. Ancak bu doyum için standart kısıtlayıcılar içerisinde en uygun değerleri vermesine rağmen, insan doğası ve mantığına uygun bir yaklaşım sergilememektedir. Bu cümleden, HP modellerinin BHP modellerinden tam olarak eksik olduğu yargısını çıkarmamak gerekmektedir. Herhangi bir BHP modeliyle elde edilen çıktıların, diğer klasik tekniklerle de elde edilebileceği unutulmamalıdır. Ancak bulanık mantığın kullanılmasının sebeplerinin başında sözel ifadelerin ve tecrübelerin sayısal değerlendirmelerde kullanımını mümkün kılması, bunlara ek olarak işlem kolaylığı, zaman tasarrufu ve tolerans yaklaşımlarıyla insan mantığına daha yatkın bir şekilde problemlere yaklaşmasıdır. Diğer klasik tekniklerle de aynı sonuçlar elde edilebilmesine rağmen özellikle her aşamada yeniden düzenlemeler ve hedef kısıtların sürekli mantığa yatkın hale getirilmesi için ekstra işlemler gerekmektedir.

Yapılan çalışmada, HP problemlerinin, son yıllarda popülaritesi artan bulanık mantıkla harmanlanarak, temizlik ürünleri üreten bir firmanın, ürün yelpazesinde bulunan bazı ürünlere ait, firma yöneticileri tarafından saptanan çeşitli hedeflere doyumlar sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla oluşturulan soru modellerinde, üçgensel üyelik fonksiyonu ve YIK yaklaşımı kullanılmıştır. Çeşitli uygulama modelleri olan BHP modellerinden özellikle YIK yaklaşımının tercih edilme nedeni, oluşturulan modellemede uygulayıcıya sınırlar simetrik olsa da olmasa da üyelik fonksiyonlarının kolaylıkla oluşturulmasını sağlaması ve bulanık bir eşitliği iki eşitsizlik halinde göstererek uygulayıcıya farklı bir bakış açısı kazandırmasıdır. Narasimhan ve Hannan yaklaşımlarına göre daha az işlem döngüsüyle aynı sonuçların elde edildiği bu yaklaşım, eşit öncelikli BHP modellerinde kullanımı kolay ve eşdeğer çıktıların alınmasını sağlamaktadır.

Birçok kimyasal üretim firmasının yılların birikimi ve temel kimya bilgisiyle standart bir ürün reçetesi bulunmaktadır. Ancak tepkimelerin veya etkinliğin çok hassas bir karışımla tetikleneceği fikri birçok ürün için geçerli değildir.

Yanlış olgulardan birisi de her seferinde hep aynı ürünün elde edildiği standart bir endüstrinin olduğu yanılgısıdır. Aslında, standart ve hassas karışımların söz konusu olduğu birçok işletmede dahi ne kadar dikkat edilirse edilsin, her seferinde aynı ürünün elde edilmediği kimyagerler yada uzmanlar tarafından bilinmektedir. Bunun için yüzlerce örnek sıralanabilir. Mesela, hiçbir zaman üretim kazanından ilk paketlenen ürünle kazanın ortasında ve en altından paketlenen ürün %100 aynı değildir. Bunun dışında, aynı seri numarasına sahip olsa bile araba boyaları her zaman tam olarak aynı rengi yakalayamayabilir. Bu sebeple genelde araçlar için, ihtiyaç halinde komple boya tavsiye edilir. Yine aynı marka ve cins tütün ürünleri de her zaman bire bir aynı değildir. Bunların dışında tam olarak aynı kabul edilebilecek ürünler bile, iklim şartları, nem ve zamana bağlı olarak farklı sürelerde bozulmakta veya dayanıklılık süreleri değişmektedir.

Bu çalışmada, firmanın standart reçetesi dikkate alınarak, ürettiği ürünlerde insan algısınca fark edilebilir bir değişikliğe neden olmadan, belli tolerans payları dikkate alınarak belirtilen amaca ne derece ulaşabileceği değerlendirilmiştir. Bahsi geçen tolerans payları firmanın üretim uzmanları ve kimyagerlerinin kendi tecrübeleri sonucunda ortaya çıkan değerlendirmelerdir. Bu sebeple, sadece çalışmaya konu olan firma ve ilgili ürünleri için geçerlidir. Firma, maliyeti belirli bir değere indirgemeyi hedeflerken, bunun yanında karışımın yoğunluğunun ve parfüm kokusunun da belirli bir değerde olmasını hedeflemektedir. İlgili veriler, firma yöneticileri ile koordineli olarak elde edilmiştir. Çalışma, firmanın bazı ürünlerde etkinliğin (daha az girdi kullanarak aynı değerde çıktı elde etmek) ve ürün kıvamının değişmemesini istediği, yoğunluğunun ve parfüm miktarının da tüketici tarafından algıda farklılık oluşturmaması amaçlanan 6 tip ürünü maliyet, yoğunluk ve parfüm kokusu hedeflerine eş anlı ulaşması üzerine gerçekleştirilmiştir. Firma yöneticileri, ürün elde edilmesi için reçetesi çok hassas olmayan 6 tip ürününde değişikliğe gitmeyi amaçlamış ve bu ürünler için belirli hedefler koymuştur.

Bu amaçla firmadan elde edilmiş olan ürün cetveli dikkate alınarak A_1, A_2, A_3, A_4, A_7 ve A_{14} kodlu ürünleri için, önce HP ve ardından YIK yaklaşımlı BHP modeli ve kontrol modeli olarak Hannan yaklaşımlı BHP modeli ile analizler gerçekleştirilmiştir.

BHP uygulaması sonucunda çeşitli bulgular elde edilmiştir. A_1 ürünü için yapılan uygulama sonucunda, Max λ değeri 0.4125 olarak elde edilmiştir. Hedeflere eş anlı olarak ulaşma amacıyla kurulan BHP modeliyle, ilgili ürünün 100 lt'yi için maliyet hedefi ₺47.75 iken ₺47.8969, parfüm kokusunun karışımda kullanım hedefi 0.2 lt iken 0.1941 lt ve su miktarı hedefi 86.24 lt iken 86.4105 lt sonuçları elde edilmiştir ve eş anlı olarak bu hedeflere ulaşılması %41.25 düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Aynı ürün için HP ile hedef sapmaları 0'dır. Yani hedeflere ulaşım %100 olarak gerçekleşmiştir. Ancak daha önce de ifade edildiği gibi aynı ürün muhafaza edilememiş ve sonuçta ortaya, aynı tepkiyi vermesi mümkün olmayan yepyeni bir ürün çıkmıştır. Deneme üretiminde, yeni karışımın aynı tepkimeyi vermediği ve daha önceki A_1 ürünü ile örtüşmediği belirlenmiştir.

A_2 ürünü için yapılan uygulama sonucunda, Max λ değeri 0.6228 olarak elde edilmiştir. Hedeflere eş anlı olarak ulaşma amacıyla kurulan BHP modeliyle, ilgili ürünün 100 lt için maliyet hedefi ₺41.2 iken ₺41.2755, parfüm kokusunun karışımda kullanım hedefi 0.2 lt iken 0.1951 lt ve su miktarı hedefi 88.54 lt iken 88.614 lt sonuçları elde edilmiştir. Yani hedeflere %62.28 düzeyinde ulaşılmıştır. Yine aynı ürün için HP uygulaması sonucunda hedeflerin doyumu için minimize olması gereken sapma değerleri 0 olarak elde edilmiş yani hedeflere %100 düzeyinde gerçekleşmiş ancak yeni bir ürün formülü ortaya çıkmıştır. Deneme üretiminde istenilen sonuç elde edilememiş ve aynı ürün tepkimesini veren bir ürün ortaya çıkamamıştır.

A_3 ürünü için yapılan uygulama sonucunda, Max λ değeri 0.4553 olarak elde edilmiştir. Hedeflere eş anlı olarak ulaşma amacıyla kurulan BHP modeliyle, ilgili ürünün 100 lt için maliyet hedefi ₺28.3 iken ₺28.4101, parfüm kokusunun karışımda kullanım hedefi 0.2 lt iken 0.1946 lt ve su miktarı hedefi 94.72 lt iken 94.3387 lt sonuçları elde edilmiştir. Yani hedeflere %45.53 düzeyinde ulaşılmıştır. İlgili ürün için HP uygulaması sonucunda hedeflerin doyumu için minimize edilmesi gereken sapma değerlerini toplamı 0.0439 olarak elde edilmiştir. Sapmanın nedeni olarak su miktarı (94.72 lt) etken olmuştur. Ancak yine tolerans paylarından büyük ölçüde sapmalar gerçekleştiği görülmüştür. Yani ortaya yeni bir ürün formülü ortaya çıkmıştır.

A_4 ürünü için yapılan uygulama sonucunda, Max λ değeri 0.6382 olarak elde edilmiştir. Hedeflere eş anlı olarak ulaşma amacıyla kurulan BHP modeliyle, ilgili ürünün 100 lt için maliyet hedefi ₺35.4 iken ₺35.472, parfüm kokusunun karışımda kullanım hedefi 0.2 lt iken 0.1953 lt ve su miktarı hedefi 89.24 lt iken 89.3283 lt sonuçları elde edilmiştir. Yani hedeflere %63.82 düzeyinde ulaşılmıştır. HP ile sapma miktarları 0 olarak elde edilmiştir. Ancak, eski ürün özellikleri tamamen ortadan kalkmış, tepkime sonucunda etkinliğinin ne olacağı test edilmemiş yeni bir ürün formülü elde edilmiştir.

A_7 ürünü için yapılan uygulama sonucunda, Max λ değeri 0.7254 olarak elde edilmiştir. Hedeflere eş anlı olarak ulaşma amacıyla kurulan BHP modeliyle, ilgili ürünün 100 lt için maliyet hedefi ₺37 iken ₺37.0687, parfüm kokusunun karışımda kullanım hedefi 0.2 lt iken 0.2036 lt ve su miktarı hedefi 90.14 lt iken 90.3047 lt sonuçları elde edilmiştir. Hedeflere ise %72.54 düzeyinde ulaşılmıştır. HP ile Min Z 0.8789 olarak elde edilmiştir. Su hedefine ulaşılabilmekte ancak maliyet hedefi gerçekleştirilememektedir ve yine hammadde karışım değerleri incelendiğinde farklı bir ürün formülü elde edildiği görülmektedir.

A_{14} ürünü için yapılan uygulama sonucunda, Max λ değeri 0.4993 olarak elde edilmiştir. Hedeflere eş anlı olarak ulaşma amacıyla kurulan BHP modeliyle, ilgili ürünün 100 lt için maliyet hedefi ₺50.75 iken ₺50.9002, parfüm kokusunun karışımda kullanım hedefi 0.8 lt iken 0.7935 lt ve su miktarı hedefi 87.14 lt iken 87.2346 lt sonuçları elde edilmiştir. Hedeflere ise %49.93 düzeyinde ulaşılmıştır. HP ile Min Z değeri 0.8954 olarak elde edilmiş, su ve parfüm hedefleri yakalanabilmişken maliyet hedefinden kaynaklanan sapma söz konusu olduğu görülmüştür. Ancak, yine eski ürün özellikleri tamamen ortadan kalkmış yeni bir ürün formülü elde edilmiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler dikkate alındığında firmanın hangi ürünlerde seri üretim yapacağı bilinmemesine rağmen, HP modellerinde sapmasız veya minimum sapma söz konusu olan sonuçlar tercih edilmektedir. BHP modellerinde ise hedeflere %50'nin üzerinde ulaşılmış ürünler tercih edilebilir. Bu yaklaşım üzerinden değerlendirme yapıldığında, HP modeli ne göre, A_1, A_2, ve A_4 ürünleri deneme üretimine alınması gerekirken BHP modeli incelendiğinde ise A_2, A_4, A_7 ve eğer % 49.93 lük değer % 50 olarak değerlendirilirse A_{14} ürünü deneme üretimine sokulmalıdır. Görüldüğü gibi sadece bir üründe hem HP ve BHP yöntemlerince ortak karara varılmıştır. Ancak hammadde karışım değerleri incelendiğinde aslında aynı kararın verilmesini tetikleseler bile aynı üründen bahsedilmemektedir. Ayrıca, BHP modelleriyle elde edilen sonuçlar dikkate alındığında A_1 ürünü aylık asgari ₺ 13038 ve azami ₺ 21730, A_3 ürünü asgari ₺ 1325.7 ve azami ₺ 2209.5, A_4 ürünü asgari ₺ 3886.5 ve azami ₺ 10364, A_7 ürünü asgari ₺ 9867 ve azami ₺ 26312, A_{14} ürünü asgari ₺ 4199.7 ve azami ₺ 11199.2 aralığında maliyetlerini azaltmış olmaktadırlar. Yalnızca A_2 ürününde asgari ₺ 17044 ve azami ₺ 34088 aralığında maliyet artışı olmuştur.

Analiz yapılırken HP ve BHP uygulamalarının karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Rakamsal olarak değerlendirildiğinde, HP modeliyle elde edilen bulgular daha iyimser ve başarı oranı daha yüksekken, aynı başarı BHP için geçerli görünmemektedir. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken husus ve algıda hataya sebep olan nokta HP modeli sonucu ortaya çıkan değerler ve bu değerlerle oluşturulacak ürünlerin, orijinal üründen tamamen farklı olduğudur. HP modellerinde, önemli olan hedeflere olabildiğince ulaşarak doyum elde etmektir. Ancak bu doyum elde edilirken, oluşum sürecinde kullanılan girdilerin ve bunun sonucunda elde edilen çıktının ne denli değiştiği dikkate alınmamaktadır. Buradaki etkileşimin, ürünü değiştirmeden yapılabilmesi için sözel değişkenler ve tecrübeler sonucunda belirlenen tolerans paylarının dikkate alınması gerekmektedir. Bu sebeple, BHP modelleri bu tip uygulamalar için daha etkin ve daha kullanışlı bir hal almaktadırlar.

HP modellerinde, hedeflerin optimizasyonu için modelde bulunan kısıtların alt ve üst sınırlar arasında tercih için eşit bir yaklaşım bulunmaktadır. Yani alt sınırın uç noktası veya üst sınırın uç noktasının tercihinde model eşit duyarlılıkla sonuca ulaşır. Böyle bir sistematiğin olmasının nedeni, HP modellerinin klasik mantık sistemiyle hareket etmesindendir. BHP modellerinin, gerçek hayattaki problemlere ve karar süreçlerine daha gerçekçi çözümler sunmasının altında bulanık küme ve bulanık mantık felsefesi yatmaktadır. Çünkü bulanık kümelerde daha önce de belirtildiği üzere, bir kümenin her elemanı ilgili kümeye eşit derecede üye değildir. Kümenin sınırları içindeki bir eleman, küme sınırlarından uzaklaştıkça, küme için üyelik fonksiyonu artmaya başlar. Bu sebepledir ki; alt ve üst sınırlarda ki elemanların (veya değerlerin) kümeye üye olabilmek için gerekli özellikleri daha az ancak küme sınırının ortasındaki (veya ortalamaya sakın değer) elemanların ise daha fazladır.

Günümüz iş dünyasında, karar verme tekniklerinin daha kapsamlı olarak kullanılmasıyla kaynakların da daha verimli kullanılması mümkündür. Bu sebeple çalışmamız ülke ekonomilerinin lokomotifleri konumunda olan işletmelerin çok amaçlı hedeflerine ulaşmalarında ve verimliliklerini artırmalarında kendilerine daha gerçekçi çözümler elde etmeleri için bir öngörü modeli olarak kullanılabilir. BHP modellerinin ve özellikle YIK yaklaşımının, gerçekçi ve işlem yükünün diğer karar verme tekniklerine göre daha az olması yöntemin büyük bir avantajıdır. Her türlü planlama ve eylem yönetiminde, yüksek maliyet, zaman ve pahalı danışman ekiplerine ihtiyaç duyulmadan gerçekçi planlamaların oluşturulmasını mümkün kılan bu teknik/teknikler hayatımızda yer aldıkça katma değerleri zamanla çokça hissedilecektir.

KAYNAKÇA

Akdeniz, A., Aras, S. (2010). *İzmir'de Kurulu Bir Plastik İşletmesinde Karar Vericinin Optimal Hedeflerine Odaklanmasında Toplamsal Model Tabanlı Bulanık Hedef Programlama.* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. Cilt: 12. Sayı:3. S.s: 7- 19.

Akın, H. S. (2011). *Fuzzy Hedef Programlama ve Uygulamaları.* Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Matematik Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisan Tezi.

Akman, G. (2009). *Bulanık Hedef Programlama Modeli ve Bir Uygulama Denemesi.* İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstatistik Ana Bilim Dalı. İstatistik Programı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Altaş, İ. H. (1999) *Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı*. İstanbul: Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, S:62, s.s., 80-85.

Aouni, B., Hassaine A. ve Martel J.M. (2009). *Decision-maker's Preferences Modelling within the Goal-Programming Model: A New Typology*. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. Vol: 16. p.p.: 163-178.

Aouni, B. A., Martel, J. M. ve Hassaine, A. (2009). *Fuzzy Goal Programming Model: An Overview of the Current State of the Art*. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. Vol: 16. p.p 149-161.

Arıkan, F. ve Göngör, Z. (2001). *An Application of Fuzy Goal Programming to A Multiobjective Project Network Problem.* Fuzzy Sets and Systems. Vol: 119. p.p.: 49-58.

Aydın, N. (2007). *Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama İçin Bulanık Doğrusal Programlama Yaklaşımı.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Azeem, M. F. (2012). *Fuzzy Inference System – Theory and Applications.* Rejika: Published by InTech.

Baykal, N., Beyan, T.(2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri,* Ankara: Bıçaklar Kitabevi.

Bingöl, D. (2006). *İnsan Kaynakları Yönetimi.* İstanbul: Arıkan Basım Yayın Dağıtım. Ltd. Şti. 6. Baskı.

Bojadziev, G., Bojadziev, M. (2007). *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management(2nd.* Edition). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Can, H. (2005). *Organizasyon ve Yönetim.* Ankara: Siyasal Kitabevi. 7. Baskı.

Chen, L.H. ve Tsai F.C.(2001). *Fuzzy Goal Programming With Different Importance and Priorities.* European Journal of Operational Research. Vol:133. p.p.:548-556.

Chiang, A.C., Wainwright K. (2005). *Matematiksel İktisadın Temel Yöntemleri* (4. Baskı, M. Sarımeşeli ve Ş. Açıkgöz, Çev.)Ankara: Gazi Kitabevi.

Coşkunırmak, Y. (2010). *Bulanık Doğrusal programlama ve Yerel Yönetimlerde Bir Bulanık Hedef Programlama Uygulaması.* Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Çevik, O. ve Yıldırım, Y. (2010*). Bulanık Doğrusal Programlama ile Süt Ürünleri İşletmesinde Bir Uygulama.* Karaman: KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi Sayı: 12, Cilt: 18, Sayfa: 15-26.

Dadios, E.P. (2012). *Fuzzy Logic – Algorithms, Techniques and Implementations.* Rijeka: Published by InTech.

Demir, M., Gümüşoğlu, Ş. (2009). *Üretim Yönetimi- İşlemler Yönetimi.* İstanbul: Beta Basım A.Ş. 7. Baskı.

Dinler, Z.(2009). *İktisada Giriş.* (Gözden Geçirilmiş 15. Baskı). Ekin Basım Yayın Dağıtım. Bursa.

Dizdaroğlu, B. (1998). *Örneklenmiş İşaret için Bulanık mantığa Dayalı Ara Değerlendirme Algoritması.* Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Dubois, D., Prade, H. (1980). *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications.* Boston: Academic Press Mathematics in Science and Engineering, Vol: 144.

Ediz, A., Yağdıran, Y.(2009). *Hedef Programlama Tekniğiyle Hedef Programlama Tekniğiyle Menü Planlaması.* Ankara: Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Cilt: 11 Sayı:1. s.s.: 45-74.

Eleren, A. (2007). *İMKB'ye Kayıtlı Çimento İşletmelerin Finansal Tablolarının Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi.* Afyon Kocatepe Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimlerr Fakültesi Dergisi. Cilt: 9 Sayı: 1. s.s.:141-153.

Elmas Ç. (2003). *Bulanık Mantık Denetleyiciler.* Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Encheva, S. ve Tumin, S. (2009). *Problem Identification Based on Fuzzy Functions.* WSEAS Trnascations on Advances in Engineering Education. p.p.:111-120.

Eranıl, B. (2008). *Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ve Tedarikçi Seçimi Problemlerine Uygulanması.* Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Erdin, C. (2007). *Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Ergün, D. (2006). *Hedef Programlama ile Üretim Planlaması.* Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstatistik Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Erpolat, S. (2010). *Üretim Planlamasında Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması.* İstanbul: Sosyal Bilimler Enstitüsü Öneri Dergisi. Cilt: 9. Sayı: 34. S.s.: 233-246.

Ertuğrul, İ. (2006). *Akademik Performans Değerlendirmede Bulanık Mantık.* Erzurum: Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. Cilt:20. Sayı:1. S.s.: 155-175.

Gülenç, İ. F., Karabuılut, B. (2005). *Doğrusal Hedef Programlama ile Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü.* Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. Cilt:9. Sayı: 1 S.s: 55-68.

Güneş, T. (2006). *Bulanık Veri Zarflama Analizi.* Ankara: Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstatistik Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Göksu, A. ve Güngör, İ. (2008). *Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması.* Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. C: 13, S: 3, s.s.: 1-26.

Halaç, O. (2001). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması).* İstanbul: Alfa Basın Yayın Dağıtım. 5. Baskı.

Hannan, E. L., (1981). *On Fuzzy Goal Programming.* Decision Science. Vol: 12. No: 3. p.p.: 522-531.

http://fdegirmencioglu.wordpress.com/2011/02/21/mantik%E2%80%94-mantik-ilkeleri (Erişim Tarihi: 13.12.12)

http://www.felsefe.net/mantik/627-mantik-nedir.html (Erişim Tarihi: 13.12.12).

http://tr.wikipedia.org/wiki/Boolean_Matemati%C4%9Fi (Erişim Tarihi: 21.12.12).

http://en.wikipedia.org/wiki/Goal_programming#History (Erişim Tarihi: 19.01.13).

http://tr.wikipedia.org/wiki/Mant%C4%B1k (Erişim Tarihi: 5.12.2013).

http://www.iski.gov.tr/web/statik.aspx?KID=1000484 (Erişim Tarihi: 06.02.13)

Jones, D., Tamiz, M. (2010). *Practical Goal Programming.* New York: Springer Science +Business Media.

Ignizio, J. P. (1978). *A Review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective Alaysis.A Review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective Analysis.* The Journal of the Operational Research Society. Vol: 29. No: 11. Pp:1109-1119.

Işıklı, Ş. (2008). *Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler*. Ankara: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi. Cilt: 19. Sayfa: 105-126.

İşbilen Yücel, L. (2005). *Bulanık Regresyon: Türkiye'de 1980-2004 Döneminde Kayıt Dışı Ekonominin Bulanık Yöntemlerle Tahminine İlişkin Bir Uygulama.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Kağnıcıoğlu, C.K.(2006). *Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Arasındaki İlişki.* Ankara: Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Cilt 7. Sayı 2. S.s: 17-38.

Kaplan, S. ve Arıkan, F. (2012). *Hava Savunma Sektörü Tezgâh Yatırım Projelerinin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Değerlendirilmesi.* Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi. Cilt: 5. Sayı: 3. Sayfa: 23-33.

Karakaşoğlu, N. (2008). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama.* Denizli: Pamukkale Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İşletme Anabilim Dalı. Sayısal Yöntemler Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Kaya, Ö.O. (2010). *Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ile Tedarik Seçimi.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Sistem Mühendisliği Programı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Kıyak, E., Kahvecioğlu, A.(2003). *Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemlerine Uygulanması. Havacılık ve Uzay* Teknolojileri *Dergisi*, Cilt:2, Sayı:4, Sayfa 15-22.

Kocatürk, Y. (2007). *Bulanık Değişkenler ve Bulanık Yenileme Süreçler.* Ankara: Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstatistik Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Koç, M.L. (2002). *Taş Dolgu Dalgakıranlarının Yapay Sinr Ağları, Bulanık Mantık Sistemleri ve Genetik Algoritma ile Ön Tasarımı ve Güvenilirlik Analizi.* Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Koçel, T. (2007). *İşletme Yöneticiliği.* İstanbul: Beta Yayımları. 11. Baskı.

Körpeli, S., Şahin, B. ve Eren T. (2012). *Hedef Programlama ile Menü Planlaması: Bir Örnek Uygulama.* Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. Cilt: 2. Sayı:1. s.s.:121-142.

Köse, Y. (2012). *Merkezi Olmayan İki Seviyeli Çok Amaçlı Kesirli Programlama Problemi için Jacobian Matrisi Tabanlı Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı.* Kayseri: Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Kumar, M., Vrat, P. Ve Shankar, R. (2004). *A Fuzzy Goal Programming Approach for Vendor Selection Problem in a Supply Chain.* Computers and Industrial Engeering. Vol: 46. No: 1. P.p.: 69-85.

Li, H. L. ve Yu, C. S.(1999). *Comments on "Fuzzy programming with nonlinear membership functions...".* Fuzzy Sets and Systems. Vol: 101. p.p.: 109-113.

Lin, C. C. ve Chen, A.P.(2002). *Generalization of Yang et al.'s method for fuzzy programming with piecewise linear membership functions*. Fuzzy Sets and Systems. Vol: 132. p.p.: 347-352.

Lohgaonkar, M. H., Bajaj, V. H. ve Jadhav, V. A. (2010). *Additive fuzzy multiple goal programming model for unbalanced multi- objective transportation problem*. International Journal of Machine Intelligence. Vol:1. No:2. p.p.: 29-34.

Mamdami, E. H. (1977). *Application of Fuzzy Logic to Approximate Reasoning Using Linguistic Synthesis*. IEEE Transactions on Computers. Vol:26. No: 12. p.p.: 1182-1191.

Mezghani, M., Loukil, T. Ve Aouni, B. (2012). *Aggregate Planning Through The Imprecise Goal Programming Model: Integration of THe Manager's Preferences.* International Transactions in Operational Research. Vol: 19, p.p.: 581-597.

Özdemir, A.İ., Seçme, G. (2009). *Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına Bulanık Ulaştırma Modeli Yaklaşımı.* Kayseri: Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Sayı: 32, s.s.:219-237.

Özdemir, M. (2010). *A Robabilistic Schedule Delay Analysis in Consruction Projects by Using Fuzzy Logic Incorporated with Relative Importance Index (RII) Method.* Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Özkan, M. (2010). *Şebeke Analizi ve Bir İşletme Üzerinde Uygulama.* Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Özkan, M. M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama.* Bursa: Ekin Kitabevi.

Öztürk, A. (2009). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Yayınevi. 12. Baskı.

Öztürk, M., U. (2007). *Üretim Planlamasında Çok Hedefli Doğrusal Hedef Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama.* Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı, Üretim- Pazarlama Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Palaniappan, N. (2005). *Fuzzy Topology (Second Edition).* Horrow: Alpha Science International Ltd.

Pasha, A. (2006). *Mophological Image Processing With Fuzzy Logic*. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi. C: 2, S: 3, S.S:27-34.

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

Schniederjans, M. J. (1995). *Goal Programming Methodology and Applications.* Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

Sivanandam, S.N., Sumathi, S. ve Deepa, S.N. (2007). *Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB*. Berlin: Springer Puslishers.

Şen, Z. (2002). *Bilimsel Düşünce ve Matematik Modelleme İlkeleri*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

Şen, Z.(2009). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri Geliştirilmiş*. 3. Baskı, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

Şimşek, M. (2009). *Dengeleme Problemine Hedef Programlama Yaklaşımı.* Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.

Taha, H.(2007). *Yöneylem Araştırması.* İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Tomsovic, K. (1992). *A Fuzzy Linear Programming Approach To The Reactive Power/Voltace Control Problem.* Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 1.

Tuna, B. (1994). *Bulanık Olasılıklar ve Bir Uygulama*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Ana Bilim Dalı, İstatistik Bilim Dalı. Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Tuş, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulama Örneği.* Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Tütek, H. H., Gümüşoğlu, Ş. ve Özdemir, A. (2012). *Sayısal Yöntemler.* İstanbul: Beta Basım A.Ş. Yenilenmiş 3. Baskı.

Türe, H. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Uygulama.* Ankara: Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Ulucan, A. (2007). *Yöneylem Araştırması.* Ankara: Siyasal Kitabevi. 2. Baskı.

Umarusman, N. Ve Güneş, M. (2013). *Belirsiz Kümeler Tanımına Bağlı Olarak Doğrusal Hedef Programlama ve Bir işletme Uygulaması*. Muğla: 12. Ulusal İşletmecilik Kongresi. Sayfa: 1-9.

Uygunoğlu, T., Ünal, O. (2004). *Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı*. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 1, Sayfa: 13-20. /www.teknolojikarastirmalar.com/

Vatansever, R. (2008). *Proje Planlamasında Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı.* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalı. İşletme Mühendisliği Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Wang, L. X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control.* New Jersey: Prentice Hall.

Yakıcı Ayan, T. (2009). *Toplam Üretim planlaması Problemleri İçin Bir Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı.* Kayseri: Erciyes Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi. Sayı: 34. Sayfa: 69-90.

Yakupoğlu, T., Özdemir, N. ve Ekberli, İ. (2008). *Toprak Erozyonu Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulamaları*. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 23, Sayı:2, Sayfa: 121-130.

Yalçın Seçme, N. (2005). *Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği.* Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Yang, T., Ignizio J. ve Kim H.J.(1991). *Fuzzy Programming with Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation.* Fuzzy Sets and Systems. Vol: 41. p.p.:39-53.

Yapıcı, N. (2000). *Bulanık Doğrusal Programlamaya Sinir Ağları Yaklaşımı.* Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Yen, J. ve Langeri, R.(1999). *Fuzzy Logic Intelligence, Control and Information.* Prentice Hall, New Jersey.

Yenilmez, K. (2001). *Bulanık Doğrusal Programlama Problemleri İçin Yeni Çözüm Yaklaşımları ve Duyarlılık Analizi.* Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Uygulamalı Matematik Bilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Yıldırım, M. (1998). *Bulanık Mantıklı Yapay Sinir Ağı ile Doğrusal Olmayan Sistem Modelleme.* Sakarya: Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Yüzgeç, U. (1999). *Bulanık Mantık ile Yangın Algılama.* Sakarya: Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control , 8,* 338-353.

Zadeh, L.A. (1979). *Fuzzy Sets and Information Granularity,* in: M. Gupta, R. Ragade, R. Yager (Eds.), Advances in Fuzzy Set Theory and Applications, North-Holland, Amsterdam, 3-18.

Zimmermann, H.J. (1993). *Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems.* Boston: Kluwer Academic Publishers.

EKLER

Ek-1: A_1 Ürünü İçin HP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x1	x2	x5	x7	x11	x13	x17	x18	n1	p1	n2	p2	n3	p3	Direction	R. H. S.
Min:G1									1	1	1	1	1	1		
C1	3.894	4.063	4.422	0.25	0.85	0.9	0.14	0.007	1	-1					=	47.75
C2							1				1	-1			=	0.2
C3								1					1	-1	=	86.24
C4	1														>=	1.5
C5	1														<=	4.5
C6		1													>=	0.9
C7		1													<=	1.1
C8			1												>=	6.1
C9			1												<=	7.9
C10				1											>=	1.8
C11				1											<=	2.2
C12					1										>=	0.054
C13					1										<=	0.066
C14						1									>=	0.39
C15						1									<=	0.61
C16							1								>=	0.13
C17							1								<=	0.27
C18								1							>=	82.24
C19								1							<=	90.24
C20	1	1	1	1	1	1	1	1							=	100
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x1	1,6849	0	0	0	0	0
2	G1	x2	1,1000	0	0	0	-M	0
3	G1	x5	7,9000	0	0	0	-M	0
4	G1	x7	2,2000	0	0	0	-M	0
5	G1	x11	0,0660	0	0	0	-M	0
6	G1	x13	0,6091	0	0	0	0	0
7	G1	x17	0,2000	0	0	0	-1,0000	1,0000
8	G1	x18	86,2400	0	0	0	-1,0000	1,0000
9	G1	n1	0	1,0000	0	1,0000	0	M
10	G1	p1	0	1,0000	0	1,0000	0	M
11	G1	n2	0	1,0000	0	1,0000	0	M
12	G1	p2	0	1,0000	0	1,0000	0	M
13	G1	n3	0	1,0000	0	1,0000	0	M
14	G1	p3	0	1,0000	0	1,0000	0	M
	G1	Goal	Value	(Min.) =	0			

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	47,7500	=	47,7500	0	47,7474	48,4061	0
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0,1993	0,2700	0
3	C3	86,2400	=	86,2400	0	86,2393	86,4088	0
4	C4	1,6849	>=	1,5000	0,1849	-M	1,6849	0
5	C5	1,6849	<=	4,5000	2,8151	1,6849	M	0
6	C6	1,1000	>=	0,9000	0,2000	-M	1,1000	0
7	C7	1,1000	<=	1,1000	0	0,9000	1,1155	0
8	C8	7,9000	>=	6,1000	1,8000	-M	7,9000	0
9	C9	7,9000	<=	7,9000	0	6,6575	7,9050	0
10	C10	2,2000	>=	1,8000	0,4000	-M	2,2000	0
11	C11	2,2000	<=	2,2000	0	2,1993	2,3800	0
12	C12	0,0660	>=	0,0540	0,0120	-M	0,0660	0
13	C13	0,0660	<=	0,0660	0	0,0651	0,2815	0
14	C14	0,6091	>=	0,3900	0,2191	-M	0,6091	0
15	C15	0,6091	<=	0,6100	0,0009	0,6091	M	0
16	C16	0,2000	>=	0,1300	0,0700	-M	0,2000	0
17	C17	0,2000	<=	0,2700	0,0700	0,2000	M	0
18	C18	86,2400	>=	82,2400	4,0000	-M	86,2400	0
19	C19	86,2400	<=	90,2400	4,0000	86,2400	M	0
20	C20	100,0000	=	100,0000	0	99,8315	100,0007	0

Ek-2: A_2 Ürünü İçin HP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x7	x11	x17	x18	n1	p1	n2	p2	n3	p3	Direction	R. H. S.
Min:G1					1	1	1	1	1	1		
C1	0.25	0.85	0.14	0.007	1	-1					=	41.2
C2			1				1	-1			=	0.2
C3				1					1	-1	=	88.54
C4											>=	0.4
C5											<=	1.6
C6											>=	0.115
C7											<=	0.285
C8											>=	5.4
C9											<=	10.6
C10	1										>=	1.1
C11	1										<=	2.9
C12		1									>=	0
C13		1									<=	0.16
C14			1								>=	0
C15			1								<=	0.4
C16				1							>=	86.77
C17				1							<=	90.31
C18	1	1	1	1							=	100
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x1	0,4000	0	0	0	0	M
2	G1	x2	0,2850	0	0	0	-M	0
3	G1	x5	8,3946	0	0	0	0	0
4	G1	x7	2,1804	0	0	0	-0,9450	0
5	G1	x11	0	0	0	0	0	M
6	G1	x17	0,2000	0	0	0	-1,0000	1,0000
7	G1	x18	88,5400	0	0	0	-1,0000	1,0000
8	G1	n1	0	1,0000	0	1,0000	0	M
9	G1	p1	0	1,0000	0	1,0000	0	M
10	G1	n2	0	1,0000	0	1,0000	0	M
11	G1	p2	0	1,0000	0	1,0000	0	M
12	G1	n3	0	1,0000	0	1,0000	0	M
13	G1	p3	0	1,0000	0	1,0000	0	M
	G1	Goal	Value	(Min.) =	0	(Alternate	Solution	Exists!!)

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	41,2000	=	41,2000	0	38,1979	45,7076	0
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0	0,4000	0
3	C3	88,5400	=	88,5400	0	87,8600	89,5610	0
4	C4	0,4000	>=	0,4000	0	0	1,6000	0
5	C5	0,4000	<=	1,6000	1,2000	0,4000	M	0
6	C6	0,2850	>=	0,1150	0,1700	-M	0,2850	0
7	C7	0,2850	<=	0,2850	0	0,1150	3,2774	0
8	C8	8,3946	>=	5,4000	2,9946	-M	8,3946	0
9	C9	8,3946	<=	10,6000	2,2054	8,3946	M	0
10	C10	2,1804	>=	1,1000	1,0804	-M	2,1804	0
11	C11	2,1804	<=	2,9000	0,7196	2,1804	M	0
12	C12	0	>=	0	0	-M	0	0
13	C13	0	<=	0,1600	0,1600	0	M	0
14	C14	0,2000	>=	0	0,2000	-M	0,2000	0
15	C15	0,2000	<=	0,4000	0,2000	0,2000	M	0
16	C16	88,5400	>=	86,7700	1,7700	-M	88,5400	0
17	C17	88,5400	<=	90,3100	1,7700	88,5400	M	0
18	C18	100,0000	=	100,0000	0	98,9807	100,6789	0

Ek-3: A_3 Ürünü İçin HP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x8	x11	x17	x18	n1	p1	n2	p2	n3	p3	Direction	R. H. S.
Min:G1					1	1	1	1	1	1		
C1	5.736	0.85	0.14	0.007	1	-1					=	29.2
C2			1				1	-1			=	0.2
C3				1					1	-1	=	94.74
C4	1										>=	3.25
C5	1										<=	6.75
C6		1									>=	0.02
C7		1									<=	0.1
C8			1								>=	0.1
C9			1								<=	0.3
C10				1							>=	92
C11				1							<=	97.48
C12	1	1	1	1							=	100
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x8	4,9553	0	0	0	-4,7290	1,0000
2	G1	x11	0,1000	0	0	0	-M	0,8529
3	G1	x17	0,2000	0	0	0	-0,0232	1,9768
4	G1	x18	94,7447	0	0	0	-1,0000	0,0238
5	G1	n1	0	1,0000	0	1,1746	-0,1746	M
6	G1	p1	0	1,0000	0	0,8254	0,1746	M
7	G1	n2	0	1,0000	0	1,9768	-0,9768	M
8	G1	p2	0	1,0000	0	0,0232	0,9768	M
9	G1	n3	0	1,0000	0	2,0000	-1,0000	M
10	G1	p3	0,0047	1,0000	0,0047	0	0	1,0238
	G1	Goal	Value	(Min.) =	0,0047			
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	29,2000	=	29,2000	0	19,4301	29,2268	-0,1746
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0,1000	0,2048	-0,9768
3	C3	94,7400	=	94,7400	0	-M	94,7447	-1,0000
4	C4	4,9553	>=	3,2500	1,7053	-M	4,9553	0
5	C5	4,9553	<=	6,7500	1,7947	4,9553	M	0
6	C6	0,1000	>=	0,0200	0,0800	-M	0,1000	0
7	C7	0,1000	<=	0,1000	0	0,0200	0,1055	-0,8529
8	C8	0,2000	>=	0,1000	0,1000	-M	0,2000	0
9	C9	0,2000	<=	0,3000	0,1000	0,2000	M	0
10	C10	94,7447	>=	92,0000	2,7447	-M	94,7447	0
11	C11	94,7447	<=	97,4800	2,7353	94,7447	M	0
12	C12	100,0000	=	100,0000	0	99,9953	102,7320	1,0012

Ek-4: A_4 Ürünü İçin HP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x1	x9	x11	x15	x16	x17	x18	n1	p1	n2	p2	n3	p3	Direction	R. H. S.
Min:G1								1	1	1	1	1	1		
C1	3.894	7.08	0.85	0.75	2.868	0.14	0.007	1	-1					=	35.4
C2						1				1	-1			=	0.2
C3							1					1	-1	=	89.24
C4	1													>=	0
C5	1													<=	10
C6		1												>=	0.15
C7		1												<=	0.25
C8			1											>=	0.045
C9			1											<=	0.075
C10				1										>=	0.4
C11				1										<=	0.6
C12					1									>=	2.453
C13					1									<=	7.147
C14						1								>=	0.1
C15						1								<=	0.3
C16							1							>=	86.35
C17							1							<=	92.13
C18	1	1	1	1	1	1	1							=	100
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x1	5,1185	0	0	0	-0,3586	0
2	G1	x9	0,1500	0	0	0	0	M
3	G1	x11	0,0750	0	0	0	-M	0
4	G1	x15	0,6000	0	0	0	-M	0
5	G1	x16	4,6165	0	0	0	0	0,2640
6	G1	x17	0,2000	0	0	0	-1,0000	1,0000
7	G1	x18	89,2400	0	0	0	-1,0000	1,0000
8	G1	n1	0	1,0000	0	1,0000	0	M
9	G1	p1	0	1,0000	0	1,0000	0	M
10	G1	n2	0	1,0000	0	1,0000	0	M
11	G1	p2	0	1,0000	0	1,0000	0	M
12	G1	n3	0	1,0000	0	1,0000	0	M
13	G1	p3	0	1,0000	0	1,0000	0	M
	G1	Goal	Value	(Min.) =	0			
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	35,4000	=	35,4000	0	32,8037	37,6198	0
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0,1000	0,3000	0
3	C3	89,2400	=	89,2400	0	88,5721	89,8111	0
4	C4	5,1185	>=	0	5,1185	-M	5,1185	0
5	C5	5,1185	<=	10,0000	4,8815	5,1185	M	0
6	C6	0,1500	>=	0,1500	0	0	0,2500	0
7	C7	0,1500	<=	0,2500	0,1000	0,1500	M	0
8	C8	0,0750	>=	0,0450	0,0300	-M	0,0750	0
9	C9	0,0750	<=	0,0750	0	0,0450	0,8042	0
10	C10	0,6000	>=	0,4000	0,2000	-M	0,6000	0
11	C11	0,6000	<=	0,6000	0	0,4000	1,3060	0
12	C12	4,6165	>=	2,4530	2,1635	-M	4,6165	0
13	C13	4,6165	<=	7,1470	2,5305	4,6165	M	0
14	C14	0,2000	>=	0,1000	0,1000	-M	0,2000	0
15	C15	0,2000	<=	0,3000	0,1000	0,2000	M	0
16	C16	89,2400	>=	86,3500	2,8900	-M	89,2400	0
17	C17	89,2400	<=	92,1300	2,8900	89,2400	M	0
18	C18	100,0000	=	100,0000	0	99,4300	100,6667	0

Ek-5: A_7 Ürünü İçin HP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x4	x5	x6	x10	x11	x17	x18	n1	p1	n2	p2	n3	p3	Direction	R. H. S.
Min:G1								1	1	1	1	1	1		
C1	2.124	4.422	3.186	3.894	0.85	0.14	0.07	1	-1					=	37.4
C2						1				1	-1			=	0.2
C3							1					1	-1	=	90.14
C4	1													>=	0.22
C5	1													<=	0.98
C6		1												>=	1.75
C7		1												<=	6.25
C8			1											>=	0.5
C9			1											<=	3.5
C10				1										>=	2.13
C11				1										<=	3.87
C12					1									>=	0.02
C13					1									<=	0.1
C14						1								>=	0
C15						1								<=	0.4
C16							1							>=	86.17
C17							1							<=	94.11
C18	1	1	1	1	1	1	1							=	100
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x4	0,9800	0	0	0	-M	0,4629
2	G1	x5	1,7500	0	0	0	-0,1381	M
3	G1	x6	3,5000	0	0	0	-M	0,1851
4	G1	x10	2,5557	0	0	0	-0,2272	0,1213
5	G1	x11	0,1000	0	0	0	-M	0,7960
6	G1	x17	0,2000	0	0	0	-0,0183	1,9817
7	G1	x18	90,9143	0	0	0	-1,0000	0,0186
8	G1	n1	0	1,0000	0	1,2615	-0,2615	M
9	G1	p1	0	1,0000	0	0,7385	0,2615	M
10	G1	n2	0	1,0000	0	1,9817	-0,9817	M
11	G1	p2	0	1,0000	0	0,0183	0,9817	M
12	G1	n3	0	1,0000	0	2,0000	-1,0000	M
13	G1	p3	0,7743	1,0000	0,7743	0	0	1,0186
	G1	Goal	Value	(Min.) =	0,7743			

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	37,4000	=	37,4000	0	35,7720	40,3608	-0,2615
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0	0,4000	-0,9817
3	C3	90,1400	=	90,1400	0	-M	90,9143	-1,0000
4	C4	0,9800	>=	0,2200	0,7600	-M	0,9800	0
5	C5	0,9800	<=	0,9800	0	0,2200	1,7726	-0,4629
6	C6	1,7500	>=	1,7500	0	0,5952	2,1241	0,1381
7	C7	1,7500	<=	6,2500	4,5000	1,7500	M	0
8	C8	3,5000	>=	0,5000	3,0000	-M	3,5000	0
9	C9	3,5000	<=	3,5000	0	1,8871	4,0225	-0,1851
10	C10	2,5557	>=	2,1300	0,4257	-M	2,5557	0
11	C11	2,5557	<=	3,8700	1,3143	2,5557	M	0
12	C12	0,1000	>=	0,0200	0,0800	-M	0,1000	0
14	C14	0,2000	>=	0	0,2000	-M	0,2000	0
15	C15	0,2000	<=	0,4000	0,2000	0,2000	M	0
16	C16	90,9143	>=	86,1700	4,7443	-M	90,9143	0
17	C17	90,9143	<=	94,1100	3,1957	90,9143	M	0
18	C18	100,0000	=	100,0000	0	99,2396	103,1383	1,0183

Ek-6: A_{14} Ürünü İçin HP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x2	x4	x5	x11	x17	x18	n1	p1	n2	p2	n3	p3	Direction	R. H. S.
Min:G1							1	1	1	1	1	1		
C1	4.043	2.124	4.422	0.85	0.14	0.07	1	-1					=	50.7
C2					1				1	-1			=	0.8
C3						1					1	-1	=	87.14
C4	1												>=	0.535
C5	1												<=	1.465
C6		1											>=	0.23
C7		1											<=	1.77
C8			1										>=	7
C9			1										<=	13
C10				1									>=	0.03
C11				1									<=	0.09
C12					1								>=	0.3
C13					1								<=	1.3
C14						1							>=	85.56
C15						1							<=	88.72
C16	1	1	1	1	1	1							=	100
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x2	1,4650	0	0	0	-M	0,0871
2	G1	x4	1,7700	0	0	0	-M	0,5280
3	G1	x5	7,8396	0	0	0	-0,0954	1,0000
4	G1	x11	0,0900	0	0	0	-M	0,8208
5	G1	x17	0,8000	0	0	0	-0,0161	1,9839
6	G1	x18	88,0354	0	0	0	-1,0000	0,0163
7	G1	n1	0	1,0000	0	1,2298	-0,2298	M
8	G1	p1	0	1,0000	0	0,7702	0,2298	M
9	G1	n2	0	1,0000	0	1,9839	-0,9839	M
10	G1	p2	0	1,0000	0	0,0161	0,9839	M
11	G1	n3	0	1,0000	0	2,0000	-1,0000	M
12	G1	p3	0,8954	1,0000	0,8954	0	0	1,0163
	G1	Goal	Value	(Min.) =	0,8954			
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	50,7000	=	50,7000	0	47,7208	54,5969	-0,2298
2	C2	0,8000	=	0,8000	0	0,3000	1,3000	-0,9839
3	C3	87,1400	=	87,1400	0	-M	88,0354	-1,0000
4	C4	1,4650	>=	0,5350	0,9300	-M	1,4650	0
5	C5	1,4650	<=	1,4650	0	0,5350	2,3847	-0,0871
6	C6	1,7700	>=	0,2300	1,5400	-M	1,7700	0
7	C7	1,7700	<=	1,7700	0	0,4736	3,4658	-0,5280
8	C8	7,8396	>=	7,0000	0,8396	-M	7,8396	0
9	C9	7,8396	<=	13,0000	5,1604	7,8396	M	0
10	C10	0,0900	>=	0,0300	0,0600	-M	0,0900	0
11	C11	0,0900	<=	0,0900	0	0,0300	1,1810	-0,8208
12	C12	0,8000	>=	0,3000	0,5000	-M	0,8000	0
13	C13	0,8000	<=	1,3000	0,5000	0,8000	M	0
14	C14	88,0354	>=	85,5600	2,4754	-M	88,0354	0
15	C15	88,0354	<=	88,7200	0,6846	88,0354	M	0
16	C16	100,0000	=	100,0000	0	99,1187	100,6737	1,0161

Ek-7: A_1 Ürünü İçin YIK Yaklaşımıyla BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x1	x2	x5	x7	x11	x13	x17	x18	lambda	Direction	R. H. S.
Max:G1									1		
C1	3.894	4.063	4.422	0.25	0.85	0.9	0.14	0.007	-0.25	>=	47.5
C2	3.894	4.063	4.422	0.25	0.85	0.9	0.14	0.007	0.25	<=	48
C3							1		-0.01	>=	0.19
C4							1		0.01	<=	0.21
C5								1	-0.7	>=	85.54
C6								1	0.7	<=	86.94
C7	1								-0.05	>=	2.95
C8	1								0.05	<=	3.05
C9		1							-0.086	>=	0.914
C10		1							0.086	<=	1.086
C11			1						-0.021	>=	6.979
C12			1						0.021	<=	7.021
C13				1					-0.0092	>=	1.9908
C14				1					0.0092	<=	2.0092
C15					1				-0.024	>=	0.036
C16					1				0.024	<=	0.084
C17						1			-0.09	>=	0.41
C18						1			0.09	<=	0.59
C19							1		-0.013	>=	0.187
C20							1		0.013	<=	0.213
C21								1	-0.9	>=	85.34
C22								1	0.9	<=	87.14
C23	1	1	1	1	1	1	1	1		=	100
C24									1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x1	2,9706	0	0	0	-20,0000	4,8850
2	G1	x2	0,9495	0	0	0	-11,6279	6,3253
3	G1	x5	6,9877	0	0	0	-47,6190	4,9201
4	G1	x7	1,9946	0	0	0	-108,6956	0,2460
5	G1	x11	0,0459	0	0	0	-41,6667	0,8692
6	G1	x13	0,4471	0	0	0	-11,1111	0,9817
7	G1	x17	0,1941	0	0	0	-100,0000	0,1345
8	G1	x18	86,4105	0	0	0	-0,1398	3,4459
9	G1	lambda	0,4125	1,0000	0,4125	0	0	M
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,4125			

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	47,7938	>=	47,5000	0,2938	-M	47,7938	0
2	C2	48,0000	<=	48,0000	0	47,5916	48,5817	1,0101
3	C3	0,1900	>=	0,1900	0	0,1882	0,2018	-0,1343
4	C4	0,1982	<=	0,2100	0,0118	0,1982	M	0
5	C5	86,1218	>=	85,5400	0,5818	-M	86,1218	0
6	C6	86,6992	<=	86,9400	0,2408	86,6992	M	0
7	C7	2,9500	>=	2,9500	0	2,8577	3,0467	-3,9261
8	C8	2,9912	<=	3,0500	0,0588	2,9912	M	0
9	C9	0,9140	>=	0,9140	0	0,8241	1,0147	-4,0968
10	C10	0,9849	<=	1,0860	0,1011	0,9849	M	0
11	C11	6,9790	>=	6,9790	0	6,8938	7,0094	-4,4594
12	C12	6,9963	<=	7,0210	0,0247	6,9963	M	0
13	C13	1,9908	>=	1,9908	0	1,7720	2,0017	-0,2454
14	C14	1,9984	<=	2,0092	0,0108	1,9984	M	0
15	C15	0,0360	>=	0,0360	0	-0,0109	0,0654	-0,8515
16	C16	0,0558	<=	0,0840	0,0282	0,0558	M	0
17	C17	0,4100	>=	0,4100	0	0,2342	0,5363	-0,9020
18	C18	0,4842	<=	0,5900	0,1058	0,4842	M	0
19	C19	0,1888	>=	0,1870	0,0018	-M	0,1888	0
20	C20	0,1995	<=	0,2130	0,0135	0,1995	M	0
21	C21	86,0393	>=	85,3400	0,6993	-M	86,0393	0
22	C22	86,7817	<=	87,1400	0,3583	86,7817	M	0
23	C23	100,0000	=	100,0000	0	99,4223	100,2415	-0,0071
24	C24	0,4125	<=	1,0000	0,5875	0,4125	M	0

Ek-8: A_2 Ürünü İçin YIK Yaklaşımıyla BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x2	x3	x5	x7	x11	x17	x18	lambda	Direction	R. H. S.
Max:G1								1		
C1	4.063	4.425	4.422	0.25	0.85	0.14	0.007	-0.2	>=	41
C2	4.063	4.425	4.422	0.25	0.85	0.14	0.007	0.2	<=	41.4
C3						1		-0.022	>=	0.178
C4						1		0.022	<=	0.222
C5							1	-0.64	>=	87.9
C6							1	0.64	<=	89.18
C7	1							-0.086	>=	0.914
C8	1							0.086	<=	1.086
C9		1						-0.043	>=	0.157
C10		1						0.043	<=	0.233
C11			1					-0.021	>=	7.979
C12			1					0.021	<=	8.021
C13				1				-0.0092	>=	1.9908
C14				1				0.0092	<=	2.0092
C15					1			-0.024	>=	0.036
C16					1			0.024	<=	0.084
C17						1		-0.013	>=	0.187
C18						1		0.013	<=	0.213
C19							1	-0.9	>=	87.64
C20							1	0.9	<=	89.44
C21	1	1	1	1	1	1	1		=	100
C22								1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x2	0,9676	0	0	0	-11,6279	8,0018
2	G1	x3	0,1838	0	0	0	-23,2558	6,6363
3	G1	x5	7,9921	0	0	0	-47,6190	5,7865
4	G1	x7	1,9965	0	0	0	-108,6956	0,2847
5	G1	x11	0,0509	0	0	0	-41,6667	1,0090
6	G1	x17	0,1951	0	0	0	-76,9231	0,1557
7	G1	x18	88,6140	0	0	0	-0,1603	5,0968
8	G1	lambda	0,6228	1,0000	0,6228	0	0	M
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,6228			
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	41,1509	>=	41,0000	0,1509	-M	41,1509	0
2	C2	41,4000	<=	41,4000	0	41,1167	41,6233	1,1686
3	C3	0,1814	>=	0,1780	0,0034	-M	0,1814	0
4	C4	0,2088	<=	0,2220	0,0132	0,2088	M	0
5	C5	88,2154	>=	87,9000	0,3154	-M	88,2154	0
6	C6	89,0126	<=	89,1800	0,1674	89,0126	M	0
7	C7	0,9140	>=	0,9140	0	0,8601	1,0454	-4,7400
8	C8	1,0211	<=	1,0860	0,0649	1,0211	M	0
9	C9	0,1570	>=	0,1570	0	0,1061	0,1974	-5,1630
10	C10	0,2106	<=	0,2330	0,0224	0,2106	M	0
11	C11	7,9790	>=	7,9790	0	7,9284	7,9992	-5,1595
12	C12	8,0052	<=	8,0210	0,0158	8,0052	M	0
13	C13	1,9908	>=	1,9908	0	1,8421	1,9978	-0,2840
14	C14	2,0023	<=	2,0092	0,0069	2,0023	M	0
15	C15	0,0360	>=	0,0360	0	-0,0162	0,0550	-0,9852
16	C16	0,0659	<=	0,0840	0,0181	0,0659	M	0
17	C17	0,1870	>=	0,1870	0	0,1836	0,1968	-0,1554
18	C18	0,2032	<=	0,2130	0,0098	0,2032	M	0
19	C19	88,0535	>=	87,6400	0,4135	-M	88,0535	0
20	C20	89,1745	<=	89,4400	0,2655	89,1745	M	0
21	C21	100,0000	=	100,0000	0	99,6867	100,1680	-0,0082
22	C22	0,6228	<=	1,0000	0,3772	0,6228	M	0

Ek-9: A_3 Ürünü İçin YIK Yaklaşımıyla BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x8	x11	x17	x18	lambda	Direction	R. H. S.
Max:G1					1		
C1	5.736	0.85	0.14	0.007	-0.2	>=	29
C2	5.736	0.85	0.14	0.007	0.2	<=	29.4
C3			1		-0.01	>=	0.19
C4			1		0.01	<=	0.21
C5				1	-0.7	>=	94.04
C6				1	0.7	<=	95.44
C7	1				-0.065	>=	4.935
C8	1				0.065	<=	5.065
C9		1			-0.024	>=	0.036
C10		1			0.024	<=	0.084
C11			1		-0.013	>=	0.187
C12			1		0.013	<=	0.213
C13				1	-0.9	>=	93.84
C14				1	0.9	<=	95.64
C15	1	1	1	1		=	100
C16					1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x8	4,9757	0	0	0	-15,3846	25,8573
2	G1	x11	0,0510	0	0	0	-41,6667	1,4694
3	G1	x17	0,1963	0	0	0	-100,0000	0,2244
4	G1	x18	94,7770	0	0	0	-0,2290	10,1010
5	G1	lambda	0,6259	1,0000	0,6259	0	0	M
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,6259			
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	29,1496	>=	29,0000	0,1496	-M	29,1496	0
2	C2	29,4000	<=	29,4000	0	29,0282	29,6222	1,6837
3	C3	0,1900	>=	0,1900	0	0,1889	0,1975	-0,2239
4	C4	0,2025	<=	0,2100	0,0075	0,2025	M	0
5	C5	94,3389	>=	94,0400	0,2989	-M	94,3389	0
6	C6	95,2152	<=	95,4400	0,2248	95,2152	M	0
7	C7	4,9350	>=	4,9350	0	4,9019	4,9999	-9,6456
8	C8	5,0164	<=	5,0650	0,0486	5,0164	M	0
9	C9	0,0360	>=	0,0360	0	-0,0168	0,0553	-1,4193
10	C10	0,0660	<=	0,0840	0,0180	0,0660	M	0
11	C11	0,1881	>=	0,1870	0,0011	-M	0,1881	0
12	C12	0,2044	<=	0,2130	0,0086	0,2044	M	0
13	C13	94,2137	>=	93,8400	0,3737	-M	94,2137	0
14	C14	95,3404	<=	95,6400	0,2996	95,3404	M	0
15	C15	100,0000	=	100,0000	0	99,7039	100,2264	-0,0118
16	C16	0,6259	<=	1,0000	0,3741	0,6259	M	0

Ek-10: A_4 Ürünü İçin YIK Yaklaşımıyla BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x1	x9	x11	x15	x16	x17	x18	lambda	Direction	R. H. S.
Max:G1								1		
C1	3.894	7.08	0.85	0.75	2.868	0.14	0.007	-0.2	>=	35.2
C2	3.894	7.08	0.85	0.75	2.868	0.14	0.007	0.2	<=	35.6
C3						1		-0.04	>=	0.16
C4						1		0.04	<=	0.24
C5							1	-0.5	>=	88.74
C6							1	0.5	<=	89.74
C7	1							-0.05	>=	4.95
C8	1							0.05	<=	5.05
C9		1						-0.048	>=	0.152
C10		1						0.048	<=	0.248
C11			1					-0.024	>=	0.036
C12			1					0.024	<=	0.084
C13				1				-0.072	>=	0.428
C14				1				0.072	<=	0.572
C15					1			-0.037	>=	4.763
C16					1			0.037	<=	4.837
C17						1		-0.013	>=	0.187
C18						1		0.013	<=	0.213
C19							1	-0.9	>=	88.34
C20							1	0.9	<=	90.14
C21	1	1	1	1	1	1	1		=	100
C22								1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x1	4,9819	0	0	0	-20,0000	5,3925
2	G1	x9	0,1826	0	0	0	-20,8333	12,2867
3	G1	x11	0,0513	0	0	0	-41,6667	0,9420
4	G1	x15	0,4740	0	0	0	-13,8889	0,8623
5	G1	x16	4,7866	0	0	0	-27,0270	3,5351
6	G1	x17	0,1953	0	0	0	-76,9231	0,1456
7	G1	x18	89,3283	0	0	0	-0,1507	4,0984
8	G1	lambda	0,6382	1,0000	0,6382	0	0	M
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,6382			

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	35,3447	>=	35,2000	0,1447	-M	35,3447	0
2	C2	35,6000	<=	35,6000	0	35,3429	35,9311	1,0927
3	C3	0,1698	>=	0,1600	0,0098	-M	0,1698	0
4	C4	0,2208	<=	0,2400	0,0192	0,2208	M	0
5	C5	89,0092	>=	88,7400	0,2692	-M	89,0092	0
6	C6	89,6474	<=	89,7400	0,0926	89,6474	M	0
7	C7	4,9500	>=	4,9500	0	4,9056	5,0129	-4,2473
8	C8	5,0138	<=	5,0500	0,0362	5,0138	M	0
9	C9	0,1520	>=	0,1520	0	0,1209	0,2346	-7,7286
10	C10	0,2133	<=	0,2480	0,0347	0,2133	M	0
11	C11	0,0360	>=	0,0360	0	-0,0165	0,0542	-0,9211
12	C12	0,0666	<=	0,0840	0,0174	0,0666	M	0
13	C13	0,4280	>=	0,4280	0	0,3513	0,4870	-0,8119
14	C14	0,5199	<=	0,5720	0,0521	0,5199	M	0
15	C15	4,7630	>=	4,7630	0	4,7116	4,7978	-3,1262
16	C16	4,8102	<=	4,8370	0,0268	4,8102	M	0
17	C17	0,1870	>=	0,1870	0	0,1773	0,1964	-0,1453
18	C18	0,2036	<=	0,2130	0,0094	0,2036	M	0
19	C19	88,7539	>=	88,3400	0,4139	-M	88,7539	0
20	C20	89,9027	<=	90,1400	0,2373	89,9027	M	0
21	C21	100,0000	=	100,0000	0	99,7324	100,0928	-0,0076
22	C22	0,6382	<=	1,0000	0,3618	0,6382	M	0

Ek-11: A_7 Ürünü İçin YIK Yaklaşımıyla BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x4	x5	x6	x10	x11	x17	x18	lambda	Direction	R. H. S.
Max:G1								1		
C1	2.124	4.422	3.186	3.894	0.85	0.14	0.007	-0.25	>=	36.75
C2	2.124	4.422	3.186	3.894	0.85	0.14	0.007	0.25	<=	37.25
C3						1		-0.05	>=	0.15
C4						1		0.05	<=	0.25
C5							1	-0.6	>=	89.54
C6							1	0.6	<=	90.74
C7	1							-0.045	>=	0.555
C8	1							0.045	<=	0.645
C9		1						-0.021	>=	3.979
C10		1						0.021	<=	4.021
C11			1					-0.23	>=	1.77
C12			1					0.23	<=	2.23
C13				1				-0.45	>=	2.55
C14				1				0.45	<=	3.45
C15					1			-0.024	>=	0.036
C16					1			0.024	<=	0.084
C17						1		-0.013	>=	0.187
C18						1		0.013	<=	0.213
C19							1	-0.9	>=	89.24
C20							1	0.9	<=	91.14
C21	1	1	1	1	1	1	1		=	100
C22								1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x4	0,6124	0	0	0	-0,4088	22,2222
2	G1	x5	3,9942	0	0	0	-47,6190	0,4719
3	G1	x6	1,9421	0	0	0	-0,2533	0,4386
4	G1	x10	2,8764	0	0	0	-2,2222	0,3043
5	G1	x11	0,0666	0	0	0	-0,9022	41,6667
6	G1	x17	0,2036	0	0	0	-1,1689	76,9231
7	G1	x18	90,3047	0	0	0	-4,3075	1,6667
8	G1	lambda	0,7254	1,0000	0,7254	0	0	M
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,7254			
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	36,8873	>=	36,7500	0,1373	-M	36,8873	0
2	C2	37,2500	<=	37,2500	0	37,0807	37,9764	0,3780
3	C3	0,1673	>=	0,1500	0,0173	-M	0,1673	0
4	C4	0,2398	<=	0,2500	0,0102	0,2398	M	0
5	C5	89,8695	>=	89,5400	0,3295	-M	89,8695	0
6	C6	90,7400	<=	90,7400	0	90,4824	90,7451	1,2017
7	C7	0,5797	>=	0,5550	0,0247	-M	0,5797	0
8	C8	0,6450	<=	0,6450	0	0,6194	0,6502	0,4015
9	C9	3,9790	>=	3,9790	0	3,8786	3,9843	-0,4672
10	C10	4,0095	<=	4,0210	0,0115	4,0095	M	0
11	C11	1,7752	>=	1,7700	0,0052	-M	1,7752	0
12	C12	2,1089	<=	2,2300	0,1211	2,1089	M	0
13	C13	2,5500	>=	2,5500	0	2,4417	2,5552	-0,2676
14	C14	3,2029	<=	3,4500	0,2471	3,2029	M	0
15	C15	0,0492	>=	0,0360	0,0132	-M	0,0492	0
16	C16	0,0840	<=	0,0840	0	0,0702	0,0891	0,8830
17	C17	0,1941	>=	0,1870	0,0071	-M	0,1941	0
18	C18	0,2130	<=	0,2130	0	0,2056	0,2181	1,1514
19	C19	89,6519	>=	89,2400	0,4119	-M	89,6519	0
20	C20	90,9576	<=	91,1400	0,1824	90,9576	M	0
21	C21	100,0000	=	100,0000	0	99,9949	100,2583	-1,2044
22	C22	0,7254	<=	1,0000	0,2746	0,7254	M	0

Ek-12: A_{14} Ürünü İçin YIK Yaklaşımıyla BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x2	x4	x5	x11	x17	x18	lambda	Direction	R. H. S.
Max:G1							1		
C1	4.063	2.124	4.422	0.85	0.14	0.007	-0.3	>=	50.45
C2	4.063	2.124	4.422	0.85	0.14	0.007	0.3	<=	51.05
C3					1		-0.068	>=	0.732
C4					1		0.068	<=	0.868
C5						1	-0.6	>=	86.54
C6						1	0.6	<=	87.74
C7	1						-0.086	>=	0.914
C8	1						0.086	<=	1.086
C9		1					-0.045	>=	0.955
C10		1					0.045	<=	1.045
C11			1				-0.021	>=	9.979
C12			1				0.021	<=	10.021
C13				1			-0.024	>=	0.036
C14				1			0.024	<=	0.084
C15					1		-0.013	>=	0.787
C16					1		0.013	<=	0.813
C17						1	-0.9	>=	86.24
C18						1	0.9	<=	88.04
C19	1	1	1	1	1	1		=	100
C20							1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x2	0,9569	0	0	0	-11,6279	7,9539
2	G1	x4	0,9775	0	0	0	-22,2222	2,7728
3	G1	x5	9,9895	0	0	0	-47,6190	5,7634
4	G1	x11	0,0480	0	0	0	-41,6667	1,0053
5	G1	x17	0,7935	0	0	0	-76,9231	0,1552
6	G1	x18	87,2346	0	0	0	-0,1595	5,2910
7	G1	lambda	0,4993	1,0000	0,4993	0	0	M
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,4993			

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	50,7504	>=	50,4500	0,3004	-M	50,7504	0
2	C2	51,0500	<=	51,0500	0	50,6212	51,4800	1,1645
3	C3	0,7595	>=	0,7320	0,0275	-M	0,7595	0
4	C4	0,8274	<=	0,8680	0,0406	0,8274	M	0
5	C5	86,9351	>=	86,5400	0,3951	-M	86,9351	0
6	C6	87,5342	<=	87,7400	0,2058	87,5342	M	0
7	C7	0,9140	>=	0,9140	0	0,8440	1,0197	-4,7231
8	C8	0,9999	<=	1,0860	0,0861	0,9999	M	0
9	C9	0,9550	>=	0,9550	0	0,8528	1,0129	-2,4652
10	C10	0,9999	<=	1,0450	0,0451	0,9999	M	0
11	C11	9,9790	>=	9,9790	0	9,9129	10,0058	-5,1412
12	C12	10,0000	<=	10,0210	0,0210	10,0000	M	0
13	C13	0,0360	>=	0,0360	0	-0,0131	0,0612	-0,9817
14	C14	0,0600	<=	0,0840	0,0240	0,0600	M	0
15	C15	0,7870	>=	0,7870	0	0,7597	0,8001	-0,1549
16	C16	0,8000	<=	0,8130	0,0130	0,8000	M	0
17	C17	86,7853	>=	86,2400	0,5453	-M	86,7853	0
18	C18	87,6840	<=	88,0400	0,3560	87,6840	M	0
19	C19	100,0000	=	100,0000	0	99,6075	100,2065	-0,0082
20	C20	0,4993	<=	1,0000	0,5007	0,4993	M	0

Ek-13: A_1 Ürünü İçin Hannan Modeli BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable	x1	x2	x5	x7	x11	x13	x17	x18	lambda	p1	n1	p2	n2	p3	n3	p4	n4	p5	n5	p6	n6	p7	n7	p8	n8	p9	n9	p10	n10	p11	n11	rectio	R. H.
Max:G1									1																								
C1	3.894	4.063	4.422	0.25	0.85	0.9	0.14	0.007		0.25	0.25																					=	47.75
C2							1					-0.01	0.01																			=	0.2
C3								1						-0.7	0.7																	=	86.24
C4	1															-0.05	0.05															=	3
C5		1																-0.086	0.086													=	1
C6			1																	-0.021	0.021											=	7
C7				1																		-0.0092	0.0092									=	2
C8					1																			-0.024	0.024							=	0.06
C9						1																				-0.09	0.09					=	0.5
C10							1																					-0.013	0.013			=	0.2
C11								1																						-0.9	0.9	=	86.24
C12	1	1	1	1	1	1	1	1																								=	100
C13									1	1	1																					<=	1
C14									1			1	1																			<=	1
C15									1					1	1																	<=	1
C16									1							1	1															<=	1
C17									1									1	1													<=	1
C18									1											1	1											<=	1
C19									1													1	1									<=	1
C20									1															1	1							<=	1
C21									1																	1	1					<=	1
C22									1																			1	1			<=	1
C23									1																					1	1	<=	1
C24									1																							<=	1
LowerBo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBo	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
Variable T	inuous	nuous	nuous	uous	ous	ous	ous	nuous	ontinuous	uous	ous	uous	ous	ous	ous	uous	uous	nuous	nuous	tinuous	nuous	tinuous	tinuous	tinuous	nuous	uous	uous	nuous	nuous	ous	ous		

	22:22:38		Tuesday	February	18	2014		
	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x1	2,9706	0	0	0	-20,0000	4,8850
2	G1	x2	0,9495	0	0	0	-11,6279	6,3253
3	G1	x5	6,9877	0	0	0	-47,6190	4,9201
4	G1	x7	1,9946	0	0	0	-108,6956	0,2460
5	G1	x11	0,0459	0	0	0	-41,6667	0,8692
6	G1	x13	0,4471	0	0	0	-11,1111	0,9817
7	G1	x17	0,1941	0	0	0	-100,0000	0,1345
8	G1	x18	86,4105	0	0	0	-0,1398	3,4459
9	G1	lambda	0,4125	1,0000	0,4125	0	0	M
10	G1	p1	0,5875	0	0	0	-0,3378	1,0000
11	G1	n1	0	0	0	-0,5050	-M	0,5050
12	G1	p2	0	0	0	-0,0027	-M	0,0027
13	G1	n2	0,5875	0	0	0	-0,0013	1,0000
14	G1	p3	0,2436	0	0	0	-0,0979	0
15	G1	n3	0	0	0	0	-M	0
16	G1	p4	0	0	0	-0,3926	-M	0,3926
17	G1	n4	0,5875	0	0	0	-0,2443	1,0000
18	G1	p5	0	0	0	-0,7046	-M	0,7046
19	G1	n5	0,5875	0	0	0	-0,5440	1,0000
20	G1	p6	0	0	0	-0,1873	-M	0,1873
21	G1	n6	0,5875	0	0	0	-0,1033	1,0000
22	G1	p7	0	0	0	-0,0045	-M	0,0045
23	G1	n7	0,5875	0	0	0	-0,0023	1,0000
24	G1	p8	0	0	0	-0,0409	-M	0,0409
25	G1	n8	0,5875	0	0	0	-0,0209	1,0000
26	G1	p9	0	0	0	-0,1624	-M	0,1624
27	G1	n9	0,5875	0	0	0	-0,0883	1,0000
28	G1	p10	0	0	0	0	-M	0
29	G1	n10	0,4519	0	0	0	-0,0017	0
30	G1	p11	0,1894	0	0	0	-0,1258	0
31	G1	n11	0	0	0	0	-M	0
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,4125	(Alternate	Solution	Exists!!)

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	47,7500	=	47,7500	0	47,3416	48,3317	1,0101
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0,1982	0,2059	-0,1343
3	C3	86,2400	=	86,2400	0	85,9992	86,4105	0
4	C4	3,0000	=	3,0000	0	2,9077	3,1051	-3,9261
5	C5	1,0000	=	1,0000	0	0,9101	1,1007	-4,0968
6	C6	7,0000	=	7,0000	0	6,9148	7,0925	-4,4594
7	C7	2,0000	=	2,0000	0	1,7812	2,1836	-0,2454
8	C8	0,0600	=	0,0600	0	0,0131	0,2865	-0,8515
9	C9	0,5000	=	0,5000	0	0,3242	0,7310	-0,9020
10	C10	0,2000	=	0,2000	0	0,1941	0,2018	0
11	C11	86,2400	=	86,2400	0	85,8817	86,4105	0
12	C12	100,0000	=	100,0000	0	99,8298	100,2415	-0,0071
13	C13	1,0000	<=	1,0000	0	0,2140	3,3267	0,2525
14	C14	1,0000	<=	1,0000	0	0,4117	1,1762	0,0013
15	C15	0,6560	<=	1,0000	0,3440	0,6560	M	0
16	C16	1,0000	<=	1,0000	0	0,2690	2,8457	0,1963
17	C17	1,0000	<=	1,0000	0	0,0929	2,0451	0,3523
18	C18	1,0000	<=	1,0000	0	0,3518	5,0549	0,0936
19	C19	1,0000	<=	1,0000	0	0,4111	24,7785	0,0023
20	C20	1,0000	<=	1,0000	0	0,4002	2,9524	0,0204
21	C21	1,0000	<=	1,0000	0	0,3606	2,9532	0,0812
22	C22	0,8644	<=	1,0000	0,1356	0,8644	M	0
23	C23	0,6019	<=	1,0000	0,3981	0,6019	M	0
24	C24	0,4125	<=	1,0000	0,5875	0,4125	M	0

Ek-14: A_2 Ürünü İçin Hannan Modeli BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x2	x3	x5	x7	x11	x17	x18	lambda	n1	p1	n2	p2	n3	p3	n4	p4	n5	p5	n6	p6	n7	p7	n8	p8	n9	p9	n10	p10	Direction	R. H. S.
Max:G1								1																						
C1	4.063	4.425	4.422	0.25	0.85	0.14	0.007		0.2	-0.2																			=	41.2
C2						1					0.022	-0.022																	=	0.2
C3							1						0.64	-0.64															=	88.54
C4	1														0.086	-0.086													=	1
C5		1															0.043	-0.043											=	0.2
C6			1																0.021	-0.021									=	8
C7				1																	0.0092	-0.0092							=	2
C8					1																		0.024	-0.024					=	0.06
C9						1																			0.013	-0.013			=	0.2
C10							1																				0.9	-0.9	=	88.54
C11	1	1	1	1	1	1	1																						=	100
C12								1																					<=	1
C13								1	1	1																			<=	1
C14								1			1	1																	<=	1
C15								1					1	1															<=	1
C16								1							1	1													<=	1
C17								1									1	1											<=	1
C18								1											1	1									<=	1
C19								1													1	1							<=	1
C20								1															1	1					<=	1
C21								1																	1	1			<=	1
C22								1																			1	1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableTyp	nuous	nuous	nuous	uous	uous	uous	inuous	tinuous	ous	uous	nuous	inuous	uous	uous	nuous	inuous	nuous	inuous	nuous	inuous	tinuous	tinuous	uous	inuous	nuous	tinuous	uous	uous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x2	0,9676	0	0	0	-11,6279	8,0018
2	G1	x3	0,1838	0	0	0	-23,2558	6,6363
3	G1	x5	7,9921	0	0	0	-47,6190	5,7865
4	G1	x7	1,9965	0	0	0	-108,6956	0,2847
5	G1	x11	0,0509	0	0	0	-41,6667	1,0090
6	G1	x17	0,1951	0	0	0	-76,9231	0,1557
7	G1	x18	88,6140	0	0	0	-0,1603	5,0968
8	G1	lambda	0,6228	1,0000	0,6228	0	0	M
9	G1	n1	0	0	0	-0,4675	-M	0,4675
10	G1	p1	0,3772	0	0	0	-0,3050	1,0000
11	G1	n2	0,2229	0	0	0	-0,0034	0
12	G1	p2	0	0	0	0	-M	0
13	G1	n3	0	0	0	0	-M	0
14	G1	p3	0,1156	0	0	0	-0,1026	0
15	G1	n4	0,3772	0	0	0	-0,6882	1,0000
16	G1	p4	0	0	0	-0,8153	-M	0,8153
17	G1	n5	0,3772	0	0	0	-0,2854	1,0000
18	G1	p5	0	0	0	-0,4440	-M	0,4440
19	G1	n6	0,3772	0	0	0	-0,1215	1,0000
20	G1	p6	0	0	0	-0,2167	-M	0,2167
21	G1	n7	0,3772	0	0	0	-0,0026	1,0000
22	G1	p7	0	0	0	-0,0052	-M	0,0052
23	G1	n8	0,3772	0	0	0	-0,0242	1,0000
24	G1	p8	0	0	0	-0,0473	-M	0,0473
25	G1	n9	0,3772	0	0	0	-0,0020	1,0000
26	G1	p9	0	0	0	-0,0040	-M	0,0040
27	G1	n10	0	0	0	0	-M	0
28	G1	p10	0,0822	0	0	0	-0,1443	0
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,6228	(Alternate	Solution	Exists!!)

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	41,2000	=	41,2000	0	40,6671	41,5228	1,1686
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0,1951	0,2034	0
3	C3	88,5400	=	88,5400	0	88,3726	88,6140	0
4	C4	1,0000	=	1,0000	0	0,9461	1,1314	-4,7400
5	C5	0,2000	=	0,2000	0	0,1491	0,3206	-5,1630
6	C6	8,0000	=	8,0000	0	7,9491	8,1207	-5,1595
7	C7	2,0000	=	2,0000	0	1,8513	2,0784	-0,2840
8	C8	0,0600	=	0,0600	0	0,0078	0,1517	-0,9852
9	C9	0,2000	=	0,2000	0	0,1966	0,2049	-0,1554
10	C10	88,5400	=	88,5400	0	88,2745	88,6140	0
11	C11	100,0000	=	100,0000	0	99,9261	100,1680	-0,0082
12	C12	0,6228	<=	1,0000	0,3772	0,6228	M	0
13	C13	1,0000	<=	1,0000	0	0,5077	2,6139	0,2337
14	C14	0,8457	<=	1,0000	0,1543	0,8457	M	0
15	C15	0,7384	<=	1,0000	0,2616	0,7384	M	0
16	C16	1,0000	<=	1,0000	0	0,3632	1,6272	0,4076
17	C17	1,0000	<=	1,0000	0	0,5151	2,1829	0,2220
18	C18	1,0000	<=	1,0000	0	0,5770	3,4232	0,1083
19	C19	1,0000	<=	1,0000	0	0,6218	17,1598	0,0026
20	C20	1,0000	<=	1,0000	0	0,6137	3,1742	0,0236
21	C21	1,0000	<=	1,0000	0	0,6220	1,2608	0,0020
22	C22	0,7050	<=	1,0000	0,2950	0,7050	M	0

Ek-15: A_3 Ürünü İçin Hannan Modeli BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x8	x11	x17	x18	lambda	n1	p1	n2	p2	n3	p3	n4	p4	n5	p5	n6	p6	n7	p7	Direction	R. H. S.
Max:G1					1																
C1	5.736	0.85	0.14	0.007		0.2	-0.2													=	29.2
C3			1					0.01	-0.01											=	0.2
C5				1						0.7	-0.7									=	94.74
C7	1											0.065	-0.065							=	5
C9		1												0.024	-0.024					=	0.06
C11			1													0.013	-0.013			=	0.2
C13				1														0.9	-0.9	=	94.72
C15	1	1	1	1																=	100
C16					1															<=	1
C10					1	1	1													<=	1
C11					1			1	1											<=	1
C12					1					1	1									<=	1
C13					1							1	1							<=	1
C14					1									1	1					<=	1
C15					1											1	1			<=	1
C16					1													1	1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	tinuous	tinuous	tinuous	ntinuous	ontinuous	ontinuous	ontinuous	ontinuous	ontinuous	ontinuous	ontinuous	ntinuous	ntinuous	ntinuous	tinuous	ontinuous	ontinuous	ontinuous	ntinuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x8	4,9757	0	0	0	-15,3846	25,8573
2	G1	x11	0,0510	0	0	0	-41,6667	1,4694
3	G1	x17	0,1963	0	0	0	-100,0000	0,2244
4	G1	x18	94,7770	0	0	0	-0,2290	10,1010
5	G1	lambda	0,6259	1,0000	0,6259	0	0	M
6	G1	n1	0	0	0	-0,6735	-M	0,6735
7	G1	p1	0,3741	0	0	0	-0,5077	1,0000
8	G1	n2	0,3741	0	0	0	-0,0022	1,0000
9	G1	p2	0	0	0	-0,0045	-M	0,0045
10	G1	n3	0	0	0	0	-M	0
11	G1	p3	0,0529	0	0	0	-0,1603	0
12	G1	n4	0,3741	0	0	0	-1,6807	1,0000
13	G1	p4	0	0	0	-1,2539	-M	1,2539
14	G1	n5	0,3741	0	0	0	-0,0353	1,0000
15	G1	p5	0	0	0	-0,0681	-M	0,0681
16	G1	n6	0,2877	0	0	0	-0,0029	0
17	G1	p6	0	0	0	0	-M	0
18	G1	n7	0	0	0	0	-M	0
19	G1	p7	0,0634	0	0	0	-0,2061	0
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,6259	(Alternate	Solution	Exists!!)
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	29,2000	=	29,2000	0	28,8282	29,4074	1,6837
2	C3	0,2000	=	0,2000	0	0,1989	0,2037	-0,2239
3	C5	94,7400	=	94,7400	0	94,5152	94,7770	0
4	C7	5,0000	=	5,0000	0	4,9680	5,0649	-9,6456
5	C9	0,0600	=	0,0600	0	0,0072	0,1031	-1,4193
6	C11	0,2000	=	0,2000	0	0,1963	0,2011	0
7	C13	94,7200	=	94,7200	0	94,4404	94,7770	0
8	C15	100,0000	=	100,0000	0	99,9630	100,2264	-0,0118
9	C16	0,6259	<=	1,0000	0,3741	0,6259	M	0
10	C10	1,0000	<=	1,0000	0	0,4360	2,0368	0,3367
11	C11	1,0000	<=	1,0000	0	0,6251	1,1121	0,0022
12	C12	0,6788	<=	1,0000	0,3212	0,6788	M	0
13	C13	1,0000	<=	1,0000	0	0,0017	1,4930	0,6270
14	C14	1,0000	<=	1,0000	0	0,6127	3,2009	0,0341
15	C15	0,9137	<=	1,0000	0,0863	0,9137	M	0
16	C16	0,6893	<=	1,0000	0,3107	0,6893	M	0

Ek-16: A_4 Ürünü İçin Hannan Modeli BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x1	x9	x11	x15	x16	x17	x18	lambda	n1	p1	n2	p2	n3	p3	n4	p4	n5	p5	n6	p6	n7	p7	n8	p8	n9	p9	n10	p10	Direction	R. H. S.
Max:G1								1																						
C1	3.894	7.08	0.85	0.75	2.868	0.14	0.007		0.2	-0.2																			=	35.4
C3						1					0.04	-0.04																	=	0.2
C5							1						0.5	-0.5															=	89.24
C7	1														0.05	-0.05													=	5
C9		1															0.048	-0.048											=	0.2
C11			1																0.024	-0.024									=	0.06
C13				1																	0.072	-0.072							=	0.5
C15					1																		0.037	-0.037					=	4.8
C17						1																			0.013	-0.013			=	0.2
C19							1																				0.9	-0.9	=	89.24
C21	1	1	1	1	1	1	1																						=	100
C22								1																					<=	1
C13								1	1	1																			<=	1
C14								1			1	1																	<=	1
C15								1					1	1															<=	1
C16								1							1	1													<=	1
C17								1									1	1											<=	1
C18								1											1	1									<=	1
C19								1													1	1							<=	1
C20								1															1	1					<=	1
C21								1																	1	1			<=	1
C22								1																			1	1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	nuous	uous	uous	uous	nuous	uous	nuous	itinuous	nuous	nuous	nuous	inuous	uous	uous	nuous	nuous	nuous	inuous	nuous	inuous	inuous	inuous	nuous	tinuous	nuous	inuous	nuous	nuous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x1	4,9819	0	0	0	-20,0000	5,3925
2	G1	x9	0,1826	0	0	0	-20,8333	12,2867
3	G1	x11	0,0513	0	0	0	-41,6667	0,9420
4	G1	x15	0,4740	0	0	0	-13,8889	0,8623
5	G1	x16	4,7866	0	0	0	-27,0270	3,5351
6	G1	x17	0,1953	0	0	0	-76,9231	0,1456
7	G1	x18	89,3283	0	0	0	-0,1507	4,0984
8	G1	lambda	0,6382	1,0000	0,6382	0	0	M
9	G1	n1	0	0	0	-0,4371	-M	0,4371
10	G1	p1	0,3618	0	0	0	-0,2797	1,0000
11	G1	n2	0,1176	0	0	0	-0,0058	0
12	G1	p2	0	0	0	0	-M	0
13	G1	n3	0	0	0	0	-M	0
14	G1	p3	0,1765	0	0	0	-0,0753	0
15	G1	n4	0,3618	0	0	0	-0,2696	1,0000
16	G1	p4	0	0	0	-0,4247	-M	0,4247
17	G1	n5	0,3618	0	0	0	-0,5898	1,0000
18	G1	p5	0	0	0	-0,7419	-M	0,7419
19	G1	n6	0,3618	0	0	0	-0,0226	1,0000
20	G1	p6	0	0	0	-0,0442	-M	0,0442
21	G1	n7	0,3618	0	0	0	-0,0621	1,0000
22	G1	p7	0	0	0	-0,1169	-M	0,1169
23	G1	n8	0,3618	0	0	0	-0,1308	1,0000
24	G1	p8	0	0	0	-0,2313	-M	0,2313
25	G1	n9	0,3618	0	0	0	-0,0019	1,0000
26	G1	p9	0	0	0	-0,0038	-M	0,0038
27	G1	n10	0	0	0	0	-M	0
28	G1	p10	0,0981	0	0	0	-0,1356	0
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,6382	(Alternate	Solution	Exists!!)
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	35,4000	=	35,4000	0	34,8159	35,7311	1,0927
2	C3	0,2000	=	0,2000	0	0,1953	0,2098	0
3	C5	89,2400	=	89,2400	0	89,1474	89,3283	0
4	C7	5,0000	=	5,0000	0	4,9556	5,1503	-4,2473
5	C9	0,2000	=	0,2000	0	0,1689	0,2826	-7,7286
6	C11	0,0600	=	0,0600	0	0,0075	0,1739	-0,9211
7	C13	0,5000	=	0,5000	0	0,4233	0,6101	-0,8119
8	C15	4,8000	=	4,8000	0	4,7486	5,0042	-3,1262
9	C17	0,2000	=	0,2000	0	0,1903	0,2047	-0,1453
10	C19	89,2400	=	89,2400	0	89,0027	89,3283	0
11	C21	100,0000	=	100,0000	0	99,9119	100,0928	-0,0076
12	C22	0,6382	<=	1,0000	0,3618	0,6382	M	0
13	C13	1,0000	<=	1,0000	0	0,5371	2,6554	0,2185
14	C14	0,7558	<=	1,0000	0,2442	0,7558	M	0
15	C15	0,8148	<=	1,0000	0,1852	0,8148	M	0
16	C16	1,0000	<=	1,0000	0	0,5407	1,8874	0,2124
17	C17	1,0000	<=	1,0000	0	0,4249	1,6478	0,3710
18	C18	1,0000	<=	1,0000	0	0,6301	3,1866	0,0221
19	C19	1,0000	<=	1,0000	0	0,6158	2,0649	0,0585
20	C20	1,0000	<=	1,0000	0	0,5909	2,3903	0,1157
21	C21	1,0000	<=	1,0000	0	0,6375	1,7484	0,0019
22	C22	0,7363	<=	1,0000	0,2637	0,7363	M	0

Ek-17: A_7 Ürünü İçin Hannan Modeli BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x4	x5	x6	x10	x11	x17	x18	Lambda	n1	p1	n2	p2	n3	p3	n4	p4	n5	p5	n6	p6	n7	p7	n8	p8	n9	p9	n10	p10	Direction	R. H. S.
Max:G1								1																						
C1	2.124	4.422	3.186	3.894	0.85	0.14	0.007		0.25	-0.25																			=	37
C2						1					0.05	-0.05																	=	0.2
C3							1						0.6	-0.6															=	90.14
C4	1														0.045	-0.045													=	0.6
C5		1															0.021	-0.021											=	4
C6			1																0.23	-0.23									=	2
C7				1																	0.45	-0.45							=	3
C8					1																		0.024	-0.024					=	0.06
C9						1																			0.013	-0.013			=	0.2
C10							1																				0.9	-0.9	=	90.14
C11	1	1	1	1	1	1	1																						=	100
C12								1																					<=	1
C13								1	1	1																			<=	1
C14								1			1	1																	<=	1
C15								1					1	1															<=	1
C16								1							1	1													<=	1
C17								1									1	1											<=	1
C18								1											1	1									<=	1
C19								1													1	1							<=	1
C20								1															1	1					<=	1
C21								1																	1	1			<=	1
C22								1																			1	1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	inuous	nuous	nuous	inuous	uous	uous	inuous	ontinuous	uous	uous	uous	uous	Jous	Jous	nuous	inuous	nuous	inuous	uous	uous	uous	nuous	nuous	inuous	inuous	tinuous	uous	Jous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x4	0,6124	0	0	0	-0,4088	22,2222
2	G1	x5	3,9942	0	0	0	-47,6190	0,4719
3	G1	x6	1,9421	0	0	0	-0,2533	0,4386
4	G1	x10	2,8764	0	0	0	-2,2222	0,3043
5	G1	x11	0,0666	0	0	0	-0,9022	41,6667
6	G1	x17	0,2036	0	0	0	-1,1689	76,9231
7	G1	x18	90,3047	0	0	0	-4,3075	1,6667
8	G1	Lambda	0,7254	1,0000	0,7254	0	0	M
9	G1	n1	0	0	0	-0,1890	-M	0,1890
10	G1	p1	0,2746	0	0	0	-0,1044	1,0000
11	G1	n2	0	0	0	0	-M	0
12	G1	p2	0,0714	0	0	0	-0,0584	0
13	G1	n3	0	0	0	-1,4420	-M	1,4420
14	G1	p3	0,2746	0	0	0	-2,5845	1,0000
15	G1	n4	0	0	0	-0,0361	-M	0,0361
16	G1	p4	0,2746	0	0	0	-0,0184	1,0000
17	G1	n5	0,2746	0	0	0	-0,0099	1,0000
18	G1	p5	0	0	0	-0,0196	-M	0,0196
19	G1	n6	0,2632	0	0	0	0	0,1101
20	G1	p6	0,0113	0	0	0	0	0,1833
21	G1	n7	0,2746	0	0	0	-0,1369	1,0000
22	G1	p7	0	0	0	-0,2409	-M	0,2409
23	G1	n8	0	0	0	-0,0424	-M	0,0424
24	G1	p8	0,2746	0	0	0	-0,0217	1,0000
25	G1	n9	0	0	0	-0,0299	-M	0,0299
26	G1	p9	0,2746	0	0	0	-0,0152	1,0000
27	G1	n10	0	0	0	0	-M	0
28	G1	p10	0,1831	0	0	0	-3,8768	0
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,7254	(Alternate	Solution	Exists!!)

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	37,0000	=	37,0000	0	35,0810	37,7264	0,3780
2	C2	0,2000	=	0,2000	0	0,1898	0,2036	0
3	C3	90,1400	=	90,1400	0	89,8824	90,1451	1,2017
4	C4	0,6000	=	0,6000	0	0,4529	0,6052	0,4015
5	C5	4,0000	=	4,0000	0	3,8996	4,0053	-0,4672
6	C6	2,0000	=	2,0000	0	1,8789	2,0052	0
7	C7	3,0000	=	3,0000	0	2,8917	3,0052	-0,2676
8	C8	0,0600	=	0,0600	0	-0,0080	0,0651	0,8830
9	C9	0,2000	=	0,2000	0	0,1964	0,2051	1,1514
10	C10	90,1400	=	90,1400	0	90,0576	90,3047	0
11	C11	100,0000	=	100,0000	0	99,9949	100,2583	-1,2044
12	C12	0,7254	<=	1,0000	0,2746	0,7254	M	0
13	C13	1,0000	<=	1,0000	0	0,6968	3,9055	0,0945
14	C14	0,7968	<=	1,0000	0,2032	0,7968	M	0
15	C15	1,0000	<=	1,0000	0	0,5706	1,0085	0,7210
16	C16	1,0000	<=	1,0000	0	0,7204	1,1151	0,0181
17	C17	1,0000	<=	1,0000	0	0,7493	5,7811	0,0098
18	C18	1,0000	<=	1,0000	0	0,9773	M	0
19	C19	1,0000	<=	1,0000	0	0,9883	1,2407	0,1204
20	C20	1,0000	<=	1,0000	0	0,7195	1,2138	0,0212
21	C21	1,0000	<=	1,0000	0	0,7212	1,3928	0,0150
22	C22	0,9085	<=	1,0000	0,0915	0,9085	M	0

Ek-18: A_{14} Ürünü İçin Hannan Modeli BHP WinQSB Veri Girişi ve Çözüm Tablosu

Variable -->	x4	x5	x6	x10	x11	x17	x18	Lambda	n1	p1	n2	p2	n3	p3	n4	p4	n5	p5	n6	p6	n7	p7	n8	p8	n9	p9	n10	p10	Direction	R. H. S.
Max:G1								1																						
C1	2.124	4.422	3.186	3.894	0.85	0.14	0.007		0.25	-0.25																			=	37
C2						1					0.05	-0.05																	=	0.2
C3							1						0.6	-0.6															=	90.14
C4	1														0.045	-0.045													=	0.6
C5		1															0.021	-0.021											=	4
C6			1																0.23	-0.23									=	2
C7				1																	0.45	-0.45							=	3
C8					1																		0.024	-0.024					=	0.06
C9						1																			0.013	-0.013			=	0.2
C10							1																				0.9	-0.9	=	90.14
C11	1	1	1	1	1	1	1																						=	100
C12								1																					<=	1
C13								1	1	1																			<=	1
C14								1			1	1																	<=	1
C15								1					1	1															<=	1
C16								1							1	1													<=	1
C17								1									1	1											<=	1
C18								1											1	1									<=	1
C19								1													1	1							<=	1
C20								1															1	1					<=	1
C21								1																	1	1			<=	1
C22								1																			1	1	<=	1
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	inuous	nuous	nuous	inuous	uous	uous	inuous	ontinuous	uous	uous	uous	uous	ous	ous	nuous	inuous	uous	inuous	uous	uous	uous	nuous	nuous	inuous	inuous	tinuous	uous	ous		

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	G1	x2	0,9569	0	0	0	-11,6279	7,9539
2	G1	x4	0,9775	0	0	0	-22,2222	2,7728
3	G1	x5	9,9895	0	0	0	-47,6190	5,7634
4	G1	x11	0,0480	0	0	0	-41,6667	1,0053
5	G1	x17	0,7935	0	0	0	-76,9231	0,1552
6	G1	x18	87,2346	0	0	0	-0,1595	5,2910
7	G1	Lambda	0,4993	1,0000	0,4993	0	0	M
8	G1	n1	0	0	0	-0,6987	-M	0,6987
9	G1	p1	0,5007	0	0	0	-0,5369	1,0000
10	G1	n2	0,0957	0	0	0	-0,0106	0
11	G1	p2	0	0	0	0	-M	0
12	G1	n3	0	0	0	0	-M	0
13	G1	p3	0,1577	0	0	0	-0,0957	0
14	G1	n4	0,5007	0	0	0	-0,6840	1,0000
15	G1	p4	0	0	0	-0,8124	-M	0,8124
16	G1	n5	0,5007	0	0	0	-0,1248	1,0000
17	G1	p5	0	0	0	-0,2219	-M	0,2219
18	G1	n6	0,5007	0	0	0	-0,1210	1,0000
19	G1	p6	0	0	0	-0,2159	-M	0,2159
20	G1	n7	0,5007	0	0	0	-0,0241	1,0000
21	G1	p7	0	0	0	-0,0471	-M	0,0471
22	G1	n8	0,5007	0	0	0	-0,0020	1,0000
23	G1	p8	0	0	0	-0,0040	-M	0,0040
24	G1	n9	0	0	0	0	-M	0
25	G1	p9	0,1051	0	0	0	-0,1436	0
	G1	Goal	Value	(Max.) =	0,4993	(Alternate	Solution	Exists!!)

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	ShadowPrice Goal 1
1	C1	50,7500	=	50,7500	0	50,3212	51,1800	1,1645
2	C2	0,8000	=	0,8000	0	0,7935	0,8275	0
3	C3	87,1400	=	87,1400	0	86,9342	87,2346	0
4	C4	1,0000	=	1,0000	0	0,9300	1,1057	-4,7231
5	C5	1,0000	=	1,0000	0	0,8978	1,1772	-2,4652
6	C6	10,0000	=	10,0000	0	9,9339	10,0971	-5,1412
7	C7	0,0600	=	0,0600	0	0,0109	0,1762	-0,9817
8	C8	0,8000	=	0,8000	0	0,7727	0,8065	-0,1549
9	C9	87,1400	=	87,1400	0	86,7840	87,2346	0
10	C10	100,0000	=	100,0000	0	99,9055	100,2065	-0,0082
11	C11	0,4993	<=	1,0000	0,5007	0,4993	M	0
12	C12	1,0000	<=	1,0000	0	0,2305	2,4333	0,3493
13	C13	0,5950	<=	1,0000	0,4050	0,5950	M	0
14	C14	0,6570	<=	1,0000	0,3430	0,6570	M	0
15	C15	1,0000	<=	1,0000	0	0,1568	1,8136	0,4062
16	C16	1,0000	<=	1,0000	0	0,4368	3,2715	0,1109
17	C17	1,0000	<=	1,0000	0	0,4387	4,1479	0,1080
18	C18	1,0000	<=	1,0000	0	0,4872	3,0475	0,0236
19	C19	1,0000	<=	1,0000	0	0,4983	3,1005	0,0020
20	C20	0,6044	<=	1,0000	0,3956	0,6044	M	0