



**BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE ÜRÜN
HEDEFLERİNİN OPTİMİZASYONU**

Neslihan KÖSE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2019

Neslihan KÖSE tarafından hazırlanan “BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE ÜRÜN HEDEFLERİNİN OPTİMİZASYONU” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ŞAHİN

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Mehmet KABAK

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Çağrı KOÇ

İşletme Ana Bilim Dalı, Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 05/07/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Neslihan KÖSE
05/07/2019

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE ÜRÜN HEDEFLERİNİN
OPTİMİZASYONU
(Yüksek Lisans Tezi)

Neslihan KÖSE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2019

ÖZET

Günümüzde kurumların en önemli sorunlarından biri, birbiriyle çelişen birden fazla hedefli süreçlerin optimize edilmesidir. Bu hedefler optimize edilirken belirsizlik kavramı büyük önem taşımaktadır. Çünkü hedeflere ulaşılmasında ön görülemeyen durumlar her zaman ortaya çıkabilir. Çevremizdeki tahmin edilmesi zor olan belirsizliklerden veya karar vericinin kesin ve net bilgiye sahip olmamasından kaynaklanmakta olan bu komplike olaylar, araştırmacıların daha farklı problem çözümü yaklaşımaları üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur. Belirsizlik durumlarında karar vermede en iyi yöntemlerden birisi de bulanık hedef programlama modelinin kullanılmasıdır. Demir çelik tesislerinin; birçok farklı ve değişken ihtiyacının olması ve üretim teknolojisinin çeşitliliği, ürün hedeflerini daha karmaşık hale getirmektedir. Demir çelik endüstrisinde matematiksel programlama yöntemleri ilk olarak 1958 yılında uygulanmaya başlanmış ve günümüze kadar pek çok optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada bir demir çelik tesisinin ihtiyacı olan hammadde tedarikiyle ilgili problem ele alınmıştır. Kullanılacak hammaddelerde aranan çeşitli özellikler karar vericilerce ağırlıklandırılmış, önceliklendirilmiş ve bulanık hedef programlama yaklaşımları ile modellenerek çözümlenmiştir. Bu aşamada literatürdeki farklı modelleme yaklaşımları kullanılmıştır. Kullanılan bütün modellerle elde edilen çözümler karşılaştırılmış ve en uygun çözüm önerisi yapılmıştır.

Bilim Kodu : 90601
Anahtar Kelimeler : Hedef programlama, bulanık hedef programlama, ürün hedefleri
Sayfa Adedi : 89
Danışman : Doç. Dr. Ramazan ŞAHİN

PRODUCT GOALS OPTIMIZATION WITH FUZZY GOAL PROGRAMMING
APPROACH
(M. Sc. Thesis)

Neslihan KÖSE

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
July 2019

ABSTRACT

Today, one of the most important problems of businesses is the problem of optimizing projects where there are more than one conflicting targets. When these targets have optimized, the concept of uncertainty is of great importance. The complex situation of unavoidable uncertainties around us or the insufficient abilities of the observers results in the concentration of the researchers on new methodologies. One of the best ways to make decisions in uncertainty situations is to examine and use the fuzzy goal-programming model. With diversified requirements and varying manufacturing environments, the production goals for an integrated iron and steel plant becomes more complicated. Mathematical programming approaches have been used in the iron and steel production industry as early as 1958, and many study of optimization in steel production have been reported. In this survey, one of the production problem about raw material supply of an integrated iron and steel plant has been solved by weighted and preemptive fuzzy goal programming methods. In this phase, different modeling approaches have been used in the literature. The solutions obtained with all models compared and then the most appropriate solution has been proposed.

Science Code : 90601

Key Words : Goal programming, fuzzy goal programming, product goals

Page Number : 89

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ramazan ŞAHİN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini ve tecrübelerini her daim benimle paylaşan, anlayışını ve samimiyetini benden esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam; Doç. Dr. Ramazan ŞAHİN'e, hayatımın her döneminde bana destek olan kıymetli aileme ve sevgili eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. BULANIK MANTIK	3
2.1. Bulanık Küme Tanımı	5
2.2. Temel Kavramlar	7
2.3. Üyelik Fonksiyonları	11
3. HEDEF PROGRAMLAMA	17
3.1. Hedef Programlama Modelinin Yapısı	18
3.2. Hedef Programlamanın Avantajları ve Dezavantajları	19
3.3. Genel Hedef Programlama Modeli	19
3.4. Hedef Programlama ve Doğrusal Programlama Karşılaştırılması	21
3.5. Hedef Programlama Çeşitleri	22
4. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA	25
4.1. Bulanık Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri	29
5. LİTERATÜR TARAMASI	35
6. UYGULAMA	39
6.1. Üretim Prosesi	39

	Sayfa
6.2. Probleme Yönelik Modellerin Oluşturulması.....	49
6.2.1. Doğrusal Programlama Modeli	51
6.2.2. Bulanık Hedef Programlama Modelleri	52
7. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ	59
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	67
EKLER	73
EK-1. Yaklaşım I'ın LİNGO Paket Programında Gösterimi	74
EK-2. Yaklaşım II'nin LİNGO Paket Programında Gösterimi	78
ÖZGEÇMİŞ	89

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bulanık mantığın diğer yöntemlere göre avantajları ve dezavantajları	4
Çizelge 2.2. Klasik mantık ve bulanık mantığın temel farkları	6
Çizelge 7.1. Cevherlerin kimyasal özellikleri	59
Çizelge 7.2. Cevherlerin maliyetleri ve stok durumu	60
Çizelge 7.3. Bulanık hedef ve tolerans değerleri	61
Çizelge 8.1. Bulanık hedef programlama çözümlerinin karşılaştırması-1	64
Çizelge 8.2. Bulanık hedef programlama çözümlerinin karşılaştırması-2	64
Çizelge 8.3. Yaklaşımlara özgü parametreler	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bulanıklık teorisinin uygulama alanları.....	5
Şekil 2.2. Üçgen şeklinde üyelik.....	11
Şekil 2.3. Yamuk şeklinde üyelik	12
Şekil 2.4. Gaussian şeklinde üyelik	13
Şekil 2.5. Çan şeklinde üyelik.....	13
Şekil 2.6. Sigmoid şeklinde üyelik	14
Şekil 2.7. S şeklinde üyelik.....	15
Şekil 6.1. Çelik üretimi akış şeması.....	40
Şekil 6.2. Sinter prosesinin şematik gösterimi.....	42
Şekil 6.3. Sinter boyutlarına göre tasnif şeması.....	45

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1. Sinter kuru karıştırıcı	43
Resim 6.2. Sinter palet ve ızgaraları	44
Resim 6.3. Sinter fırın bölgesi	44
Resim 6.4. Sinter tesisi elekler.....	45



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

$\tilde{A}$	A bulanık kümesi
μ_i	Üyelik fonksiyonu
$\mu_A(x)$	x'in üyelik fonksiyonu
x_i	Karar değişkeni
Ax_i	Hedef fonksiyonu
m^2	Metrekare
w_i	Hedef ağırlığı
P_i	Öncelik faktörü
d_i^+	i. hedef değerinden pozitif sapma
d_i^-	i. hedef değerinden negatif sapma
b_i	i. hedef için belirlenen erişim değeri
λ	Erişim seviyesi
λ'	Üye olmama derecesi

Kısaltmalar**Açıklamalar**

BDP	Bulanık Doğrusal Programlama
BHP	Bulanık Hedef Programlama
BOF	Bazik Oksijen Fırını
DP	Doğrusal Programlama
İPK	İstatistiksel Proses Kontrol
HP	Hedef Programlama
LP	Lineer Programlama
PCI	Pulverized Coal Injection
RDI	Reduction Degradation Index
RI	Reducibility Index
THM	Torabi ve Hassini Metot
TSS	Ton Skip Sinter

1. GİRİŞ

Bugünün rekabet ortamında, çoğu kuruluş müşteri talebini karşılamaya, ürün kalitesini yükseltmeye ve maliyetlerini düşürmeye çalışmaktadır. Çoğu sanayi kuruluşunda, hammadde maliyetleri, üretim maliyetinin çok önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (%70'i Kadar) (Nazari-Shirkouhi, Shakouri, Javadi, & Keramati, 2013).

Hatta Weber ve arkadaşlarına göre (Weber, Current, & Benton, 1991), yüksek teknoloji üretim ortamında hammadde maliyeti, toplam maliyetin %80'ine kadar çıkabilmektedir. Genellikle, hammadde ve bileşenlerin maliyeti, bir ürünün nihai maliyetinin temel hatlarını oluşturmaktadır. Kuruluşlar doğru tedarikçi ve ürün seçerek, satın alma maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilir, üretim süresini azaltabilir, müşteri memnuniyetini artırabilir ve kurumsal rekabet gücünü güçlendirebilirler (Wang & Yang, 2009).

Fakat bu seçimler çoğunlukla güncel hayatın getirdikleri ile beraber oldukça karmaşık ve belirsiz ortamlarda gerçekleşmektedir. Etrafımızdaki öngörülemez belirsizliklerden ve/veya karar vericilerinin kesin bilgiye sahip olmamasından kaynaklanmakta olan bu olaylar, araştırmacıların daha farklı problem çözme yöntemleri üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Matematik biliminde yer alan, örneksem kaymalarından birisi de kavram olarak belirsizlik olgusu ve bu olguya dair çözüm arayışlarıyla ilgilidir. 1965 yılında Ali Asker Zadeh (Zadeh, 1965), belirsizlik kavramını inceleyebilmek adına kullanılan ve klasik olasılığın çok daha ilerisinde, çoklu mantığı temel alan “Bulanık Küme Teorisi’ni” geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan teorinin belirsizlik altında karar verme alanlarında kullanıma ilişkin tarihteki ilk çalışmayı Zadeh ile Bellman 1970 yılında (Bellman & Zadeh, 1970) yapmıştır.

Karmaşık hayat problemlerine daha esnek modeller oluşturulabilmesi nedeniyle bulanık küme teorisi, belirsizliklerin ele alınmasında ve tanımlanmasında uygun bir yapı sağlamıştır. Bulanık küme teorisini geliştirmek için, Zimmermann (1974), Zadeh ve Bellman’ın çalışmasına (1970) dayanarak Bulanık Doğrusal Programlama (BDP) alanındaki ilk çalışmasını 1974 yılında yapmıştır. Karar vericilerin kesin olmayan hedef değerleri, bulanık hedef programlama yaklaşımları kullanılarak modele dâhil edilmiştir.

Demir elik endüstrisi için de pek çok doğrusal programlama uygulamaları yapılmıştır. İlk olarak; entegre elik tesisinde üretimin planlamasında ve yüksek fırınlar özelinde hammadde beslenmesi konusunda doğrusal programlama modeli (Master Model) T. Fabian tarafından geliştirilmiştir. İlave olarak farklı demir intifa eden cevherlerinin değerlendirilmesi, düşük kalitedeki cevherlerin zenginleştirilmesi ve karışımlarında doğrusal programlama tekniklerinden faydalanılmıştır (Fabian, 1958).

Harman ve karışım problemleri genellikle bir veya birden fazla nihai ürünün elde edilmesi için çok sayıda hammadde/ara ürün karıştırılması esasına dayanmaktadır. Burada girdiler için, ürün kalitesini ve çıktının miktarlarını etkileyen kısıtlayıcı şartlar bulunmaktadır. Ayrıca nihai ürünün elde edilmesi için farklı koşullara bağımlı girdiler çok sayıda dizimde ve oranda harmanlanabilirler. Bu sebeple, harman problemini önceden belirlenmiş amacı optimize edecek bir şekilde tasarlamak gerekmektedir. Bu amaç; çoğunlukla bir maliyet minimizasyonudur (Gürdoğan, 1981).

Günümüzde kurumların en önemli sorunlarından biri, birbiriyle çelişen birden fazla hedefli süreçlerin optimize edilmesidir. Bu çalışmanın amacı; harmanlama, üretim, satınalma gibi kurum politikalarının yönlendirilmesi ve optimizasyonunda, yöneticilerin kullanabilecekleri güçlü bir karar verme aracı ortaya koymaktır.

Bu doğrultuda Türkiye'deki bir demir elik fabrikasının hammadde seçim/karışım problemi ele alınarak, eşit ağırlığı olmayan ve öncelikli üyelik fonksiyonlarına sahip bulanık hedef programlama yaklaşımlarıyla çok amaçlı matematiksel modeller geliştirilecektir.

2. BULANIK MANTIK

Herkes gündelik yaşantısında kati olarak bilinmeyen, hatta öncesinde kesin gibi düşünülebilen, fakat sonuçlarının kesinlik arz etmediği olaylarla karşılaşmaktadır. Sistemli olarak bu durumları planlayarak rakamsal öngörülerin yapılması ancak bir dizi kabul ve hipotezlerden sonra olası kılınabilmektedir. Bu zamana kadar yapılmış mühendislik alanındaki çalışmalarda bu kabul ve hipotezler ile kavramlara kesin ifadeler atayabilmek adına farklı çalışmalar ortaya koyulmuştur. Büyük ölçekli olaylardan küçük ölçeklilere doğru gidildikçe, detaylandırılan durumlar kati olmaktan uzaklaşıp, belirsizliklere yönelme eğilimindedir (Şen, 2001).

Sadece bulanık sayılarca yapılmış olan işlemler sonucunda elde edilen sonuçlar bulanık olacaktır (Buckley, 2006). Bulanık küme değişik üyelik derecesine sahip elemanlar içeren bir kümedir. Bulanık kümelerle, klasik kümelerdeki evet-hayır ikili üyelik kavramı, göreceli üyelik kavramına taşınmıştır (Baykal & Beyan, 2014).

"Bulanık Küme" kavramına ilk kez Zadeh, 1962'de yayınlanmış olan Devre Teorisinden Sistem Teorisine başlıklı çalışmasında yer vermiştir. (1962). "Information and Control" isimli dergide yayımlanmış olan Fuzzy Sets isimli çalışmasında ise Zadeh (1965), bulanık kümeler için teorisin temellerini oluşturmuştur. Zadeh bulanık küme kavramını, 0-1 aralığında sürekli değerler alabilen ve göreceli üyelik derecelerine sahip elemanlarından oluşan küme olarak tanımlamıştır. Ayrıca, bu çalışmada birleşim, kapsama, kesişim, tümleme gibi pek çok kavramı ve kavramların özelliklerini, bulanık küme mantalitesi ile açıklamıştır. Hatta Zadeh bu çalışmada bulanık kümeler üzerinde matematiksel işlemleri açıklamış ve nasıl yapılabileceğini de göstermiştir (Aierxiati, 2014). Problem çözümünde klasik mantığın belirlediği keskin çerçeveler yıkılarak belirsizliğin de karar verme problemlerinin çözümünde yer alması sağlanarak belirsizlik kavramlarının matematiksel boyuta taşınması ve fonksiyonlar vasıtası ile ifade edilmesi sağlanmıştır.

Bulanık küme teorisi ile belirsizlik altında karar vermeye dayalı tüm en iyileme problemlerine çözüm yolları türetmek mümkün olmaktadır. Bulanık küme mantığının optimizasyon problemlerine uygulanması adına yapılmış olan ilk çalışma Bellman ve Zadeh tarafından sunulmuştur (Bellman & Zadeh, 1970).

Bulanık küme teoreminin birden fazla hedefli problemlerde uygulanması ise ilk olarak Zeleny tarafından (1973) gerçekleştirilen çalışmada sunulmuştur. Sonrasında bahsi geçen çalışma Zimmermann (1987) ve Hannan (1981) tarafından uyarlanmış, üyelik teoreminden de faydalanarak belirsiz ortamlarda hedef programlama modeli tasarlanmışlardır.

Negoita ile Sularia (1976) yapmış oldukları uygulamada sağ tarafa eklenmekte olan sabitlerin ve kısıtların da bulanık olduğu olaylara dair çözüm yaklaşımları önermişlerdir. Bu çalışmalarında bulanık kat sayıların ve eşitliğin sağ tarafında yer alan sabitlerin üçgensel yapıya sahip olduğu ilk defa belirtilmiştir.

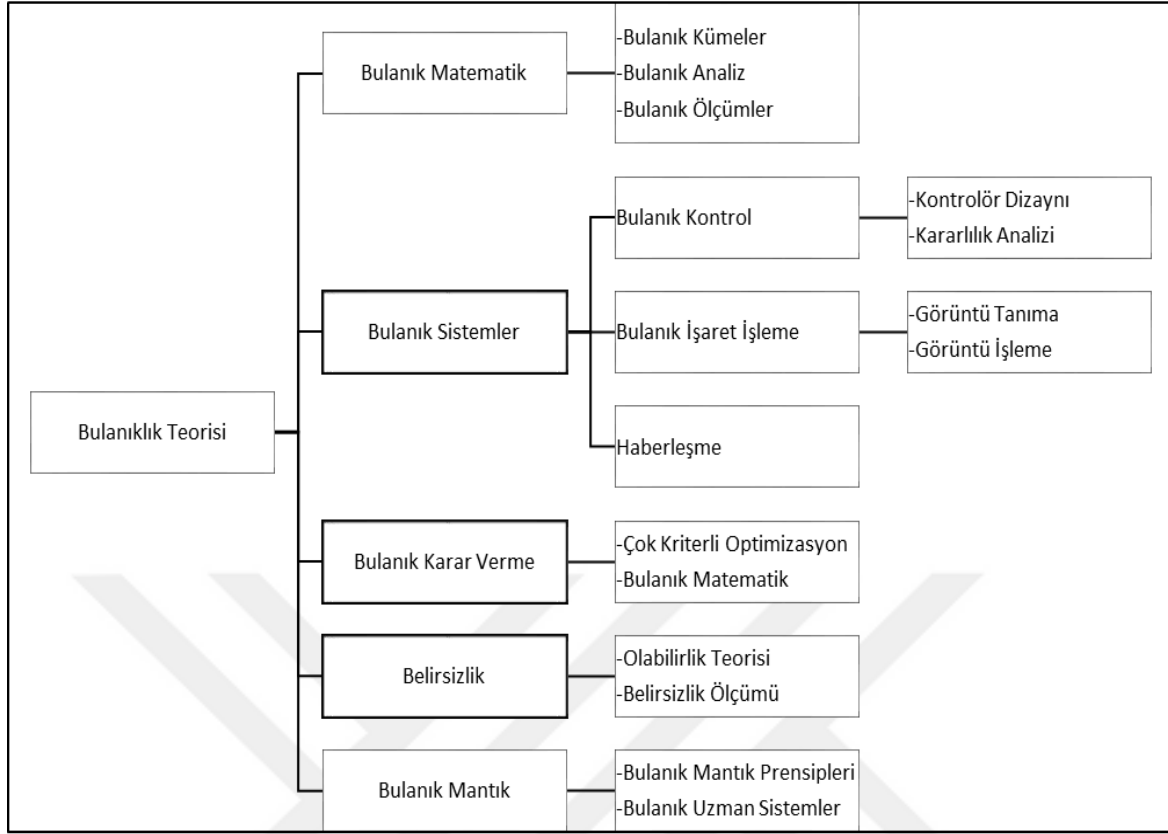
Wiedey ile Zimmermann ise (1978) çalışmalarında; çoklu kısıtlamaların yer aldığı, belirsiz ve sübjektif ifadeleri temel alan birden fazla hedefi olan modellerin çözümünde bulanık doğrusal programlama yaklaşımını kullanmanın daha etkin ve uygun olacağını savunmuşlardır (Aierxiati, 2014).

Bulanık mantığın diğer yöntemlere göre avantajları ve dezavantajları Çizelge 2.1.'de verilmiştir [(Hasdemir, 2013),(Eranıl, 2008) , (Karahana, 2007), (Temiz, 1998)].

Çizelge 2.1. Bulanık mantığın diğer yöntemlere göre avantajları ve dezavantajları

	Avantajları	Dezavantajları
1	İnsanın düşünme sistematigi ile örtüşmesi	Çözümlerde kullanılacak kabullerin tasarımının karar vericiye bağlı olması
2	Uygulamada matematiksel modellere gereksinim olmaması	Üyelikler için fonksiyonların deneme yoluyla bulunması sebebiyle sürenin uzaması
3	Yazımının kolaylığı nedeniyle uygun fiyatlı olması	Sitemin kararlılığını ölçen analizlerin yapılmasının zorluğu
4	Karmaşık sistemlerde birden fazla bulanık denetleyici kullanılabilmesi Bulanık denetleyici adaptasyonu kolay bir şekilde yapılabilmesi	Sistemdeki alt kümelerin normal ve konveks olma gerekliliği Gerekliliklere ile örtüşmeyen olaylar için var olan kuralları kullanamamak
5	BM kontrolörleri ile klasik mantık kontrolörlerini birleştirerek denetimin performansının artırılması	Kendi kendilerine öğrenme yetisine sahip olmamaları Öğrenme yetisinin kazandırılması adına karmaşık modeller kullanılması gerekliliği

Bulanıklık teorisinin uygulama alanları Şekil 2.1'de verilmiştir [(Hasdemir, 2013), (Eranıl, 2008)].



Şekil 2.1. Bulanıklık teorisinin uygulama alanları

2.1. Bulanık Küme Tanımı

Klasik mantıkta insan veya eleman, tanımlanmış olan kümeye ya aittir ya da ait değildir. Bu tanımdaki gibi bir kümeyi göstermek amacıyla spesifik bir fonksiyon oluşturulabilir. Bu fonksiyonlar “karakteristik fonksiyon” olarak adlandırılmaktadır.

Bu fonksiyonlarda bir eleman, elemanın üye olma veyahut olmama durumuna göre 0-1 değerlerinden birini alarak, daha önce tanımlanan özelliklere sahip elemanlarca oluşturulan küme belirlenir.

Böylece evrensel kümede belirlenen özelliğe sahip elemanların oluşturduğu A kümesi:

$$\forall x \in X, \mathcal{X}_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (2.1)$$

fonksiyonuyla tanımlanabilir. Fonksiyona göre A kümesinin elemanlarına 1 değeri verilirken, elemanı olmayanlara 0 değeri verilecektir. Yani, 1 değeri atanan elemanlar A

kümesini belirleyen özelliği taşıyabilen elemanlardır. Görüldüğü gibi klasik mantık yaklaşımında üye olmak veya üye olmamak geçişi çok kesindir. Ancak, bulanık küme teorisinde evrensel kümedeki elemanların geçişi derecelidir. Elemanların o kümeye ait oldukları veya olmadıkları değil, elemanların o kümeye ait olma derecelerinin ne olduğu önemlidir. Bu sebeple, bulanık kümelerde klasik kümelerdeki gibi kesin çizgiler olmayıp, sınırlar belirsizdir. Bu duruma ilişkili olarak, elemanların kümeye aitlik derecesi de bir fonksiyonla tanımlanmaktadır.

Evrensel kümedeki her eleman, bir aralıkta gerçek sayı değeri almaktadır. Aldığı bu gerçek değerden faydalanarak elemanın fonksiyona üye olma derecesi belirlenir. Sayı karşılığı büyüdükçe o elemanın fonksiyona üye olma derecesi de yükselir. Bu fonksiyonlar, “üyelik fonksiyonu” ve fonksiyon tarafından oluşturulan küme ise “bulanık küme” olarak adlandırılmaktadır. Bu kümeler altlarına yazılmakta olan tilde işareti ($\sim$) vasıtası ile gösterilir. Klasik mantık ve bulanık mantığın temel farkları Çizelge 2.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Klasik mantık ve bulanık mantığın temel farkları

Klasik	Bulanık
A’dır veya A Değildir.	A ve A Değildir.
Kesindir.	Kısmidir.
Hepsidir veya Hiç biridir.	Belirli Derecelerdir.
0’dır veya 1’dir Kesiklidir.	0-1 Aralığında Sürekli.
İkili Birimleri Vardır.	Bulanık Birimleri Vardır.

$\mu_A(x)$ bulanık kümelere ait üyelik fonksiyonlarını ifade eder. Buna göre, x eğer boş olmayan ve klasik bir küme ise X ’deki bulanık bir A kümesi:

$$\forall x \in X \text{ için } \mu_A(x) \rightarrow [0,1] \quad (2.2)$$

fonksiyonu tarafından gösterilebilir. $\mu_A(x)$, A kümesi elemanlarının belirtilen özelliğe ne kadar uyum gösterdiğinin bir ölçütüdür.

Bulanık kümeler yukarıda anlatıldığı üzere belirsizlik kavramlarını temsil ederken matematiksel olarak da gösterilebilmeyi sağlamaktadır. Bu gösterim sadece kavramın özüne bağlı değildir, kavramın kullanılacağı yerlere de bağlıdır (Vatansever, 2008).

Örneğin, “boyu uzun olan insanlar” tanımı ile kişilerin boy ortalamasının 160 cm. olduğu bir topluluk için oluşturulacak bulanık küme ile bu ortalama değerin 176 cm. olduğu bir topluluğun oluşturulabilecekleri küme birbirinden tamamen farklı olacaktır.

2.2. Temel Kavramlar

Tanım 2.2.1. R reel sayılar kümesinden $[0,1]$ aralığında tanımlı bir X fonksiyonuna bulanık (fuzzy) sayı denir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.2. $X = \{x\}$, $x \in X$ ile ifade edilen sayıların (ya da nesnelerin) kümesidir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.3. X de bir bulanık küme $f_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile temsil edilir.

A kümesinde x in "üyelik derecesi" $[0, 1]$ aralığında değer alır.

$$f_A(x) : A \subset X \rightarrow [0,1]$$

fonksiyonu bir üyelik fonksiyonudur (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.4. X de tüm x ler için $f_A(x) = f_B(x)$ olduğunda A ve B bulanık kümeleri eşittir ve bu durum $A = B$ ile ifade edilir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.5. Bir bulanık A kümesinin tümleyeni A' ile ifade edilir.

$$f_{A'} = 1 - f_A$$

fonksiyonu bir tümleyen bulanık kümesidir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.6. A bulanık kümesinin B bulanık kümesinin bir alt kümesi olması için gerek ve yeter şart $f_A \leq f_B$ olmasıdır. Bu durum;

$$A \subset B \leftrightarrow f_A \leq f_B$$

şeklinde ifade edilir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.7. Üyelik fonksiyonları sırasıyla $f_A(x)$ ve $f_B(x)$ olan A ve B fuzzy kümelerinin birleşimi de bir bulanık kümesidir.

$$f_{C=A \cup B}(x) = \text{Max} [f_A(x); f_B(x)]; x \in X$$

fonksiyonuna A ve B bulanık kümelerinin birleşimi olan C kümesinin üyelik fonksiyonu denir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.8. Üyelik fonksiyonları sırasıyla $f_A(x)$ ve $f_B(x)$ olan A ve B bulanık küme kesişimi de bir bulanık kümesidir.

$$f_{C=A \cap B}(x) = \text{Min} [f_A(x); f_B(x)]; x \in X$$

fonksiyonuna A ve B bulanık küme ve kesişimi olan C kümesinin üyelik fonksiyonu denir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.9. A ve B bulanık küme ve cebirsel çarpımı AB şeklinde ifade edilir.

$$f_{AB} = f_A f_B$$

fonksiyonuna üyelik fonksiyonlarının cebirsel çarpım fonksiyonu denir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.10. A ve B bulanık küme ve cebirsel toplamı $A + B$ şeklinde ifade edilir.

$$f_{A+B} = f_A + f_B$$

fonksiyonuna üyelik fonksiyonlarının cebirsel toplam fonksiyonu denir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.11. A ve B bulanık küme ve mutlak farkı $|A - B|$ şeklinde ifade edilir.

$$f_{|A-B|} = |f_A - f_B|$$

fonksiyonuna üyelik fonksiyonlarının mutlak fark fonksiyonu denir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.12. f ve g gibi iki vektörün konveks birleşimi genellikle f ve g nin bir lineer (doğrusal) birleşimi

$$\lambda f + (1-\lambda)g \leq \lambda \leq 1$$

şeklindedir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.13. A , B ve λ keyfi bulanık kümeleri olsun. A, B ve λ nin konveks birleşimi $(A, B; \lambda)$

$$(A, B; \lambda) = \lambda A + \lambda' B$$

ile tanımlanır. Burada λ', λ nin tümleyenidir.

$$f_{(A, B; \lambda)}(x) = f_{\lambda}(x)f_A(x) + [1 - f_{\lambda}(x)] f_B(x); \quad x \in X$$

fonksiyonuna üyelik fonksiyonlarının konveks birleşimi denir (Zadeh 1965).

Tanım 2.2.14. X de bulanık bağıntısında $X \times X$ çarpım uzayında bir bulanık kümesidir denir. Bunu daha da genelleyecek olursak X de n li bulanık bağıntısı $X \times X \times \dots \times X$ (n tane) çarpım uzayında bir bulanık kümesi olan A kümesidir. Bu kümenin üyelik fonksiyonları

$$f_A(x_1, \dots, x_n); x_i \in X; i = 1, \dots, n$$

ile gösterilir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.15. Bir A bulanık kümesinin konveks olması için gerek ve yeter şart

$$\Gamma_{\alpha} = \{x | f_A(x) \geq \alpha\} \quad \forall \alpha \in (0,1)$$

kümelerinin konveks olmasıdır (Zadeh, 1965).

Bir A bulanık kümesinin konveksliği tanımı alternatif olarak aşağıdaki şekilde de verilebilir.

Tanım 2.2.16. Bir A bulanık kümesinin konveks olması için gerek ve yeter şart,

her $x_1, x_2 \in X$ ve her $\lambda \in [0,1]$ için

$$f_A [\lambda x_1 + (1 - \lambda) x_2] = \text{Min} [f_A(x_1); f_A(x_2)] \quad x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0, 1]$$

eşitsizliğinin sağlanmasıdır (Zadeh, 1965).

Teorem 2.2.17. Eğer A ve B konveks kümeysen, kesişimleri de konveks kümedir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.18. Bir A bulanık kümesinin sınırlı olması için gerekli ve yeterli şart her $\alpha > 0$ için

$$\Gamma_\alpha = \{x \mid f_A(x) \geq \alpha\}$$

kümelerinin sınırlı olmasıdır.

Yani, her $\alpha > 0$ ve her $x \in \Gamma_\alpha$ için $\|x\| \leq R(\alpha)$ olacak şekilde sonlu bir $R(\alpha)$ sayısının var olmasıdır (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.19. $0 < \alpha \leq 1$ aralığındaki tüm Γ_α kümeleri kesin konveks ise A bulanık kümesi kesin konvektir (Zadeh, 1965).

Tanım 2.2.20. Eğer herhangi farklı iki x_1 ve x_2 noktaları ve her $\lambda \in (0,1)$ için

$$f_A [\lambda x_1 + (1 - \lambda) x_2] > \text{Min} [f_A(x_1); f_A(x_2)]$$

eşitsizliği sağlanıyorsa A bulanık kümesine güçlü konvektir denir (Zadeh, 1965).

Teorem 2.1.21. Güçlü konvekslik kesin konveksliği gerektirmez (Zadeh, 1965).

Teorem 2.1.22. Kesin konvekslik güçlü konveksliği gerektirmez (Zadeh, 1965).

Teorem 2.1.23. A ve B bulanık kümeleri sınırlı ise bunların kesişimleri ve birleşimleri de sınırlıdır (Zadeh, 1965).

Teorem 2.1.24. A ve B bulanık kümeleri kesin (güçlü) konveks ise, kesişimleri de kesin (güçlü) konvektir (Zadeh, 1965).

2.3. Üyelik Fonksiyonları

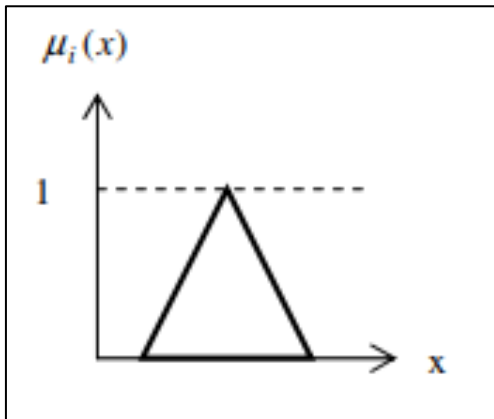
Pek çok üyelik fonksiyonu (Membership Function) tipi olmakla beraber en fazla kullanılan üyelik fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

Üçgensel üyelik fonksiyonları

Üçgen üyelik fonksiyonları a_1 , a_2 ve a_3 olmak üzere üç parametre ile gösterilir (Şekil 2.2).

$\mu_A(x)$ Üçgen üyelik fonksiyonu Eş. 2.3 formülünde tanımlanmıştır (Triantaphyllou, 2000).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (2.3)$$



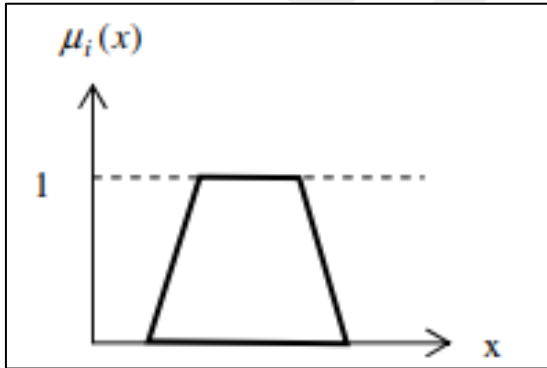
Şekil 2.2. Üçgen şeklinde üyelik

Yamuk şekilli üyelik fonksiyonları

Yamuk şeklinde üyelik fonksiyonları a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 olarak dört parametre ile gösterilir (Şekil 2.3). Üçgensel üyelik fonksiyonları, yamuk şeklinde üyelik fonksiyonlarının özel bir durumu olarak ortaya çıkmaktadır.

$\mu_A(x)$ Yamuk şekilli üyelik fonksiyonu Eş. 2.4 formülünde tanımlanmıştır (Tuş, 2006).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (2.4)$$



Şekil 2.3. Yamuk şeklinde üyelik

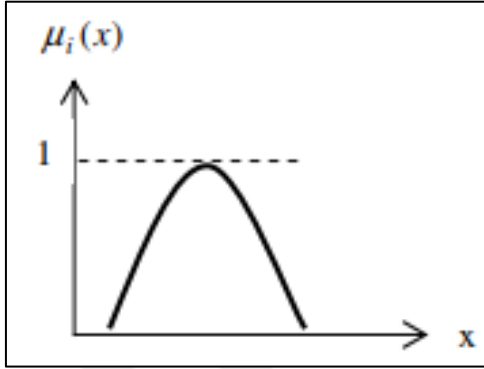
Gaussian üyelik fonksiyonları

Gaussian üyelik fonksiyonları m ve σ parametreleri ile ifade edilir (Şekil 2.4.).

$\mu_A(x, m, \sigma)$ Gaussian üyelik fonksiyonu Eş. 2.5 formülünde tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \text{Exp}\left(\frac{-(x - m)^2}{2\sigma^2}\right) \quad 2.5$$

Burada m fonksiyon merkezini ve σ da genişliği ifade etmektedir. σ değeri değiştirildiğinde, fonksiyonun biçimi de değişecektir. σ değerinin küçülmesi durumunda üyelik fonksiyonu incelirken, değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu gittikçe yayvanlaşacaktır.



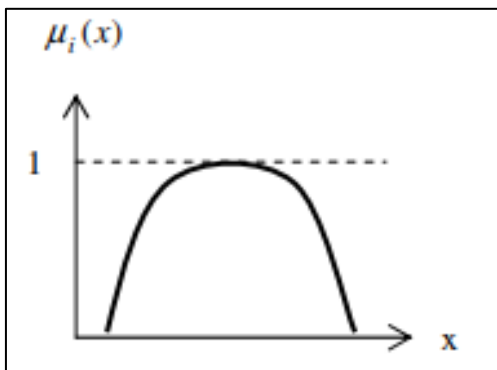
Şekil 2.4. Gaussian şeklinde üyelik

Çan şekilli üyelik fonksiyonları

Çan şekilli üyelik fonksiyonları a_1 , a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile ifade edilir (Şekil 2.5).

$\mu_A(x)$ Çan şekilli üyelik fonksiyonu Eş. 2.6 formülünde tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x, m, \sigma) = \left(\frac{1}{1 + \left| \frac{x-a_3}{a_1} \right|^{a_2}} \right) \quad (2.6)$$



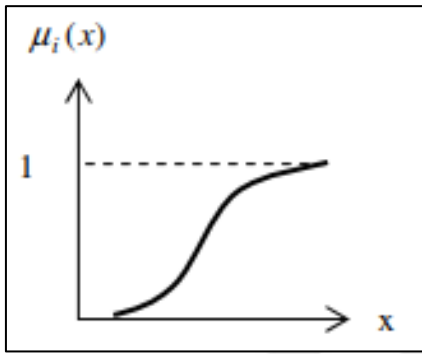
Şekil 2.5. Çan şeklinde üyelik

Sigmoidal üyelik fonksiyonları

Sigmoidal üyelik fonksiyonları a_1 ve a_2 olarak iki parametre ile ifade edilir (Şekil 2.6.).

$\mu_A(x)$ Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu Eş. 2.7 formülünde tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \left(\frac{1}{1 - e^{-a_1(x-a_2)}} \right) \quad (2.7)$$



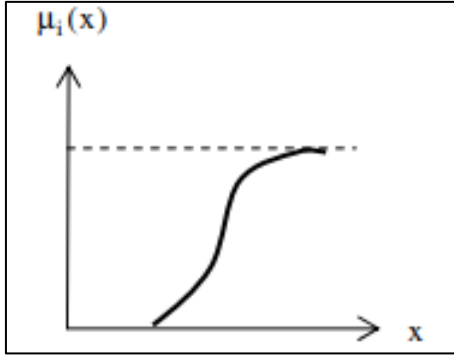
Şekil 2.6. Sigmoid şeklinde üyelik

S üyelik fonksiyonları

S üyelik fonksiyonu a_1 ve a_2 parametreleri ile ifade edilir (Şekil 2.7.).

$\mu_A(x)$ S üyelik fonksiyonu Eş. 2.8 formülünde tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ 2[(x - a_1)/(a_2 - a_1)]^2, & a_1 \leq x \leq \frac{a_1 + a_2}{2} \\ 1 - 2[(x - a_2)/(a_2 - a_1)]^2, & \frac{a_1 + a_2}{2} \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \end{cases} \quad (2.8)$$



Şekil 2.7. S şeklinde üyelik



3. HEDEF PROGRAMLAMA

İngilizce’de “Goal Programming” olarak adlandırılan metot Türkçede “Hedef Programlama(HP)” ya da “Amaç Programlama” olarak kullanılmaktadır.

Doğrusal programlama yönteminin bir kolu olarak kullanılmakta olan HP çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde eski yaklaşımlardan biridir. Yaklaşım ilk olarak; Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından “Sınırlandırılmış Regresyon” tahmincilerini elde etmek için 1950’li yıllarda kullanılmıştır (Romero, 1992).

Her ne kadar 1950’li yıllarda ortaya atılmış olsa da, 1960’lı yılların başında Charnes ve Cooper tarafından tanımlanarak, üzerinde çalışılmaya başlanabilmektedir. Yöntem, 1960 yıllarında Ijiri tarafından ileriye taşınmıştır. 1968 yılında mutlak olmayan durumların çözümünde Contini tarafından, büyük üretim problemlerinin çözümünde ise Jaaskelainen tarafından yeniden tasarlanmıştır. (McKeown & Patrick, 1981).

1970 yıllarının ikinci yarısında kadar HP uygulamalarına kısıtlı sayılarda ulaşılabilmektedir. Sonraları ise Ignizio ve Lee’nin yaptığı uygulamalara dayanan yeni modellemeler olmuştur. Tamiz, Schniederjan ve Romeo tarafından gerçekleştirilen diğer çalışmalar sayesinde HP’nin çok fazla etkin kullanılma ortamı olduğu gösterilmiştir (Steuer, 1986).

HP’nin en büyük avantajı karmaşık hedef sistemlerinin aynı anda çözümünü elde edilebilmesidir. HP çoklu amaç ve alt amaçlarla ilgili karar verme problemlerini çözmek için kullanılan bir tekniktir. Birden fazla amacın ele alındığı problemlerde amaçlar birbirleriyle çelişebilirler ve bu amaçlardan birine ulaşıldığı zaman diğerine ulaşamayabilir. Bu nedenle, çok amaçlı problemin çözümünde amaçların önceliklerine göre sıralanması gerekir. Eğer bu öncelikler karar verici tarafından belirlenebilirse bu hedefleri gerçekleştirmek yöntemin görevi olacaktır. Sonuç olarak hedefin aşılması veya bir hedefin altında kalınması değerlerinin toplamının minimize edilmesi amaç olarak tanımlanabilir. HP, amaçlardan sapmayı minimize ederek çözüm aramaktadır (Akyüz, 2006).HP ile tüm çelişen hedeflere ulaşmayı mümkün kılan tek bir çözüm bulmak imkânsız olabilir. Ve amaçların bazılarını ulaşılabilir, diğerlerine ulaşamayabilir. Bu nedenle, bu tür modellerle ilgili problemlerin

hedef programlama ile elde edilen çözüm değerlerine “Etkin Çözüm” adı verilmektedir (Hasdemir, 2013).

3.1. Hedef Programlama Modelinin Yapısı

Amaçlar: kriterlerin, karar vericinin isteklerine göre yön verilmiş şekli olarak tanımlanabilir (Evren & Ülengin, 1992). Kararı veren kişilerin arzularını genel hatları ile ortaya koyan kavramdır (Schniederjans, 1984).

Hedefler: amaçların somutlaştırıp, sayısal ifadelere dönüştürülmüş şekilleri olarak tanımlanmaktadır (Evren & Ülengin, 1992). Böylelikle hedefler, ulaşılması arzu edilen düzeyin sayısal değer olarak gösterimidir.

Karar değişkenleri: HP yaklaşımı içerisinde, karar veren kişilerce değeri saptanacak değişkenlerdir (Ignizio, 1976). Bu değişkenler, doğrusal programlama probleminde tanımlanmış olan değişkenlerin aynısıdır (Öztürk, 2007).

Sapma değişkenleri: hedefin üzerinde ya da altında kalan olayların miktarını gösteren değişkenlerdir (Öztürk, 2007). Her bir hedefe ait pozitif ve negatif olmak üzere iki tane sapma değişkeni mevcuttur (Cinemre, 2004).

Sistem kısıtları: problemlere özel tasarlanan, HP modelinde kesin karşılanması gerekli olan ve sapmasına imkân tanınmayan kısıtlardır (Öztürk, 2007). Sistem kısıtları, kıt kaynakları temsil eder (Ignizio, 1976).

Hedef kısıtları: karar veren kişiler, ulaşılacak istenen ya da gerek bulunan hedefleri, HP modellerine, hedef kısıtlayıcıları şeklinde aktarır. Hedef kısıtları, sistem kısıtlarına nazaran daha esneklerdir.

Başarı fonksiyonları: HP modellerinde amaçların hepsi için tanımlanan hedeflerden yaşanabilecek sapmaları minimize edecek fonksiyonlar, başarı fonksiyonu olarak isimlendirilmektedir.

Amaç fonksiyonları: model içerisinde kullanılmış olan başarı fonksiyonlarının hepsinin belirlenmiş öncelik veya ağırlık durumuna göre toplam olarak yazılması ile oluşmaktadır (Alp, 2008).

3.2. Hedef Programlamanın Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları; HP yöntemi ile pek çok amacı olan problemlerinin çözümü mümkün kılınabilir. Yöntem karar vericilere, amaçların ağırlıklarının-önceliklerinin belirlenmesi açısından faydalı olmakla beraber, çelişen birçok amacın aynı fonksiyonda ele alınmasına imkan tanır. Karşılanmasında zorunluluk bulunmayan kısıtların yer almasına da müsaade eder. Yöntemde simpleks yöntemleri kullanılmaktadır. Böylelikle çözümlere hızlı ve doğru olarak erişilmesini sağlar. Doğrusal programlama modellerinde çözümü uygun olmayan problemlerin çözülebilmesine olanak sağlayan bir tekniktir.

Dezavantajları; İki veya daha fazla amacı kapsayan, amaç fonksiyonlarına sahip olmasından dolayı karmaşık bir yapıya sahiptirler. Karar vericilerce tanımlanan hedefler, problem analiz edilirken subjektifliklere sebep olabilir. Ayrıca kararı veren kişiler tarafından tanımlanan ağırlık-öncelik değerleri subjektif durumlara yol açabilir. Yöntem, kararı veren kişilerin çözüm sonucunda ulaşılan sonuçlardan tatmin olacağını da garanti edemez (Alp, 2008).

3.3. Genel Hedef Programlama Modeli

Genel Çok Amaçlı Doğrusal Model;

$$\text{En İyi } Z = Cx \quad (3.1)$$

$$Ax \leq B$$

Burada;

$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$ amaç vektörü,

$C = K \times n$ sabit matrisi,

$X = N \times 1$ karar değişkenleri vektörü,

$A = M \times n$ katkı matrisi,

$B = M \times 1$ sabit vektörlerdir.

Genel HP modelinin amaç fonksiyonu ise;

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^l (n_i + p_i) \quad (3.2)$$

Amaç fonksiyonunda önceliklendirme var ise Eş.3.3'deki eşitlik gibi ifade edilir.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^l P_k (n_i + p_i), \forall k \quad (3.3)$$

Amaç fonksiyonunda ağırlıklandırma var ise Eş. 3.4'deki eşitlik gibi ifade edilir.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^l W_{ki} (n_i + p_i), \forall k \quad (3.4)$$

Amaç fonksiyonunda yer alacak sapma değişkenleri hedefin yönüne göre değişiklik göstermektedir.

Hedefteki eşitsizlik;

$\leq$ tipinde ise sapma değişkeni p_i ,

$\geq$ tipinde ise n_i ,

$=$ tipinde ise $n_i + p_i$ olur.

Modelin Devamı;

$$\sum_{j=1}^n C_{ij} X_j + (n_i - p_i) = g_i \quad (3.5)$$

$$AX \leq B$$

$$n_i p_i = 0$$

$$x_j \geq 0; \quad n_j \geq 0; \quad p_j \geq 0; \quad i=1,2,\dots,l$$

Burada;

W =ağırlık,

P = öncelik,

p_i = negatif sapma

n_i = pozitif sapma

olarak ifade edilmiştir.

3.4. Hedef Programlama (HP) ve Doğrusal Programlama (DP) Karşılaştırılması

HP yöntemi ve DP yöntemlerinin karşılaştırılması sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılır (Hasdemir, 2013):

Doğrusal programlama modelinde doğrusal bir amaç fonksiyonu optimal yapılmaya çalışılırken, HP modelinin amaç fonksiyonunda hedeflerden sapmalar minimize edilmeye çalışılır. HP’de tek bir amaç değil, kendi aralarında ters düşen birden fazla amaç yer alabilir. Bundan dolayı DP’deki çözüm optimal iken HP’de bulunan çözüm en uygun çözümdür.

Doğrusal programlamada bütün kısıtlar eşit önemdedir ve hepsi eş zamanlı olarak sağlanmalıdır. HP’de ise kısıtlar belirlenen öncelik sıralarına göre sağlanmaya çalışılır.

HP’de bulunan pozitif-negatif sapma değişkenleri, doğrusal programlamadaki aylak değişkenlere karşılık gelir.

DP yönteminde amaç fonksiyonları maksimizasyon veya minimizasyon biçiminde olurken HP’de amaç fonksiyonu sadece minimizasyon şeklinde olur. HP’de hedefler, sanki kısıt gibi modele dahil olurlar. Sistem kısıtları ise kurulan modellere birebir DP modelinde olacağı gibi dâhil edilir.

DP’de hedef belirlenmezken, HP’de ise hedef değerleri gereklidir.

HP karar verici açısından daha esnek yapıya sahip bir yöntemdir. DP’de ve HP’de bütün değişkenler “0” veya “>0” büyük değerleri almak zorundadır.

HP modelinin avantajları olarak; yaklaşım sayesinde birden fazla amacı olan karar verme problemlerinin de çözülmesi gösterilebilir.

HP, DP’de çözümü olmayan problemlerin de çözülebilmesi adına kullanılabilecek bir tekniktir (Eranıl, 2008).

HP modelinin dezavantajı başarı fonksiyonunun birden fazla amaç fonksiyonundan oluşuyor olmasıdır. Bu sebeple yapıları oldukça karmaşıktır. Hedef değerlerinin kararı veren kişilerce belirlenmiş olması gerekir. Kararı veren kişiler, hedeflere ait ağırlıkları ve öncelikleri belirlemelidir [(Eranıl, 2008), (Hasdemir, 2013)].

3.5. Hedef Programlama Çeşitleri

HP ile ilgili yapılan çalışmalar modelin yapısına, katsayıların özelliklerine, karar değişkenlerinin özelliklerine, amaç fonksiyonunun durumuna ve modelin etkileşimli olup olmamasına göre beş temel sınıfta gruplandırılır (Hasdemir, 2013).

Modelin Yapısına Göre;

- Doğrusal HP
- Doğrusal Olmayan HP

Katsayıların Özelliklerine Göre;

- Deterministik HP
- Stokastik HP
- Bulanık (Fuzzy) HP

Karar Değişkenlerinin Özelliklerine Göre;

- Kesikli Değerler Alabilen HP
- Tam Sayılı HP
- 0-1 HP
- Karma Sayılı HP
- Sürekli Değerler Alabilen HP

Amaç Fonksiyonunun Durumuna Göre;

- Tek Hedefli HP

- Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli HP
- Ağırlıklı Çok HP
- Öncelikli Hedefli HP
- Ağırlıklı Öncelikli HP

Modelin Etkileşimli Olup Olmamasına Göre;

- Etkileşimli Ardışık HP
- Etkileşimli Tam Sayılı HP





4. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

Bulanık küme teorisi geleneksel doğrusal programlama problemi içinde ilk olarak Zimmermann (1976) tarafından ele alınmıştır. Bu çalışmada bulanık bir hedef ve bulanık kısıtları olan doğrusal programlama problemi çözülmüştür (Zimmermann, 1976).

BHP’de hedefin çeşitli öncelik ve ağırlığa sahip olması gerçeklik açısından önemlidir. Narasimhan (1980); önemli-orta önemli-çok önemli vb. dilsel değişkenleri kullanmış, hedeflerin bulanık önemlerini saptamış ve derecesini gösterebilmek adına üye fonksiyonlarına dair aralık değerlerini göstermiştir. Fakat bu durumda, bazı olumsuz çözümlerle karşılaşılabilir. Hannan (1981) ile Tiwari (1987) hedeflerin ağırlıklarını belirlemek adına değişik hedefler için değişik ağırlık atama yöntemlerini kullanmışlardır. Kullanılan ağırlıklar ise amaç fonksiyonlarına katsayı olarak eklenmiştir. Uygulamada hedef ağırlıklarının değiştirilmesi sonucunda beklentinin dışında çözümlerin de elde edilebileceği gösterilmiştir. Uygulamada ağırlığı değiştirmek için karar vericilerin hedeflenen başarı düzeyleri ilave edilmiştir. Ayrıca, kararı verecek kişiler hedefleri hangi sıraya göre gerçekleşeceklerine karar verebilirler. Bu şekilde hedeflerin bazılarının öncelikli olacak şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Pratikte kullanılmakta olan yöntemler, bulanık hedefleri ‘n’ tane öncelik derecesine sahip olacak şekilde sınıflandırır. Dikkate değer bir husus olarak ‘n’ sayısının bulanık hedeflerin sayısından küçük olduğu belirtilmiştir. Daha sonra düşük öncelikli hedeflerin ilave kısıtları olan yüksek öncelik sırasına sahip bulanık hedefler için ulaşılması arzulanan üyelik değerleri belirlenerek ‘n’ tane alt problem çözülür.

Bulanık eşitliklerden oluşan hedef programlama problemi için Hannan (1981) tarafından önerilen yaklaşım, Kim ve Whang (1998) tarafından bulanık eşitsizlikleri de içeren öncelikli hedef programlama problemlerinin çözümüne genişletilmiştir.

Kararı veren kişilerin öncelikleri, doyurucu çözüme ulaşsa bile öncelik sırası büyüdükçe hesaplamaların etkinliği düşmektedir. Şayet öncelik değerlerinin yapısı bir formül ile gösterilirse hesapların etkinliğinin artması beklenmektedir (Chen & Tsai, 2001).

Narasimhan’ın akabinde BHP için matematiksel etkinliğin artırılması adına pek çok uygulama ortaya koyulmuştur. Hannan tarafından sapma değişkenleri de modellere dahil

edilmiştir. Böylelikle klasik doğrusal programlama çözümü yapılabilmektedir. Fakat bu durumda, formüldeki değişkenlerin sayısı artmaktadır. Parçalı doğrusal yakınlasmaya dayanarak Yang ve diğ. (1991), modeli daha az değişkenli olacak şekilde yeniden oluşturmuşlar ve Narasimhan ile Hannan'ın (1981) sonuçlarına benzer sonuçları elde etmişlerdir.

HP yaklaşımlarında amaç fonksiyonu, amaç fonksiyonları için ulaşım değerleri ve kısıtlayıcılar net olarak tanımlanır. Hedeflerin erişim değerleri, hedeflerin tercih öncelikli sıralamasının ve ağırlıkların kesin olarak belirlenmesi aslında oldukça zordur. Erişim değerleri, hedeflerin tercih öncelikli sıralaması ve görelî ağırlıklar çoğu kez karar vericinin sübjektif yargılarına dayanarak belirlenir. HP modelindeki bu sübjektiflik olgusu, bulanık küme teorisi ile ele alınabilir. Bulanık küme teorisi HP modeline uygulandığı zaman, hedeflerin erişim düzeyleri ve tercih öncelikleri kesin olmayan ifadelerle nitelenebilir. Bulanık küme teorisi, karar vericinin sübjektif yargılara dayanan hedefleri için, “yaklaşık olarak ...’e eşit” ve “...’den oldukça küçük” gibi bir dilin doğal yapısına göre ifade edilebilen erişim düzeylerinin tanımlanmasına izin verir. Hedeflere ilişkin bu tür tanımlamalar, bulanık kümelerde üyelik fonksiyonları ile ele alınır. Böylece, HP yaklaşımının optimizasyon düşüncesinden ziyade bir tatmin düşüncesine dayandırılma özelliği ön planda olmuş olur (Ertuğrul, 2005).

Bulanık hedef programlama ile hedef programlama yöntemleri karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilir [(Hasdemir, 2013), (Eranıl, 2008)].

- HP ve BHP çok amaçlı problemleri çözmek için kullanılan yaklaşımlardır. Her iki yaklaşımda da her bir hedef için ulaşılacak istenen bir değer bulunmaktadır. Ulaşılacak istenen bu değerler karar verici ya da karar analisti tarafından belirlenir.
- HP’de ihtiyaç olmamasına rağmen bulanık hedef programlamada her bir hedeften izin verilen sapma miktarlarına ihtiyaç vardır. Sapma miktarının büyük belirlenmesi, amacın az önemli olduğunun göstergesidir.
- Genel olarak HP ile BHP arasındaki en önemli farklardan birisi, bulanık hedef programlamanın hedef programlamaya göre daha esnek olmasıdır.

- Diğer önemli bir farklılık da HP’de hedeflere karar verici tarafından belirli değerler verilme zorunluluğudur. Günümüzde karar vericileri en fazla zorlayan konulardan birisi de bu değerlerin ne olacağının belirlenmesidir. Hedef değerlerdeki belirsizlik karar vericileri zor duruma düşürmektedir. HP’deki hedef değerlerin kesin olarak modele yerleştirilme zorunluluğu BHP yaklaşımı ile esnetilebilmekte ve bu durumda karar vericiye esneklik sağlanmaktadır.
- HP ile yapılan çözümlerde hedeflere belirli değerler verilmektedir. Hedeflerin eşitlik ya da eşitsizlik şeklinde olmasına göre sapma değişkenlerinin aldığı değerler, bu hedeflere ne kadar ulaşıp, ulaşılmadığını göstermektedir. Amaç fonksiyonunda yer alan sapma değişkenleri sıfır ya da sıfıra yakın değer alırsa hedeflere o kadar ulaşıldığı anlamı çıkarılmaktadır. Bulanık hedef programlama da ise hedefler tam belirgin değildir ve bu değerler üyelik fonksiyonuna bağlı olarak tolerans limitleri ile belirlenmeye çalışılmaktadır. Tolerans değerlerinin hedef değerine göre göreceli büyüklüğü belirsizliğin ne kadar çok ya da az olduğunu göstergesidir. Üyelik fonksiyonunun değeri ile belirsiz olan hedef değerlere verilen tolerans değerlerine ne kadar ulaşıp ulaşılmadığı anlaşılır. Üyelik fonksiyonunun değeri bire ne kadar yakınsa üyelik fonksiyonunun başarıma derecesi o kadar yüksek olmaktadır. Başka bir ifadeyle, belirlenen değerler o kadar doğru olmaktadır.
- Klasik HP formülasyonunda kısıtlar ve hedefler kesin ve açık biçimde tanımlanarak verilen bir çerçeve yardımı ile birçok amacın optimallliği araştırılır. Hedefler, kesin ve matematiksel eşitlikler kullanılarak belirlenen hedef değerlere dayanılarak formülasyonu yapılır.
- HP içerisindeki BHP yaklaşımı uygulanırken en önemli avantaj karar vericilerin bulanık hedef değerini belirlemesidir. BHP yönteminde bir diğer avantaj da kısıtlar ve hedeflerin tamamen simetrik olarak oluşturulmasıdır.

HP’de, birden fazla olan hedefler verilen kısıtlara göre, en iyi seviyede gerçekleşmeye çalışmaktadır. HP’de hedeflerin ve kısıtların simetrik olarak düşünülmesi yaklaşımın en önemli avantajlarından biridir. Böylelikle hedefler sanki bir kısıt gibi modellenebilmektedirler. Fakat karar vericiler, uygun kaynaklarını ve/veya ulaşmak istenen hedeflerini net olarak ortaya koyamayabilirler. Bunun gibi hususlarda dilsel değişkenlerle ifade edilen belirsizlik yapısı, son derece kabul edilebilir ve makul görülmektedir. Bu değişkenler “yaklaşık, civarında” şeklinde ifade edilebilirler.

Bulanık modeller için hedefin dışında olayları tanımlayan sınırlayıcı parametreler ve-veya sağ tarafta yer alan sabitler bulanık olabilirler. İlave olarak kısıtlayıcılarda bulunan $\leq, =, \geq$ ilişkileri için bir takım toleranslar değerleri tanımlanabilir. Bu sebeple bulanık ortamlardaki modellerin bileşenleri bulanık kısıtlayıcılar olarak görülebilir (Özkan, 2003).

Belirlenen hedefler için tanımlanan erişim düzeylerinin bulanık kabul edilmesi durumunda geliştirilmiş BHP modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$X_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (4.1)$$

$$Z_m(x_i) < \overline{Z}_m \quad m=1,2,\dots,m \quad (4.2)$$

$$Z_k(x_i) < \overline{Z}_k \quad k=1,2,\dots,k \quad (4.3)$$

$$g_j(x_i) \leq b_j \quad j=1,2,\dots,j \quad (4.4)$$

$$x_i \leq 0 \quad i=1,2,\dots,n \quad (4.5)$$

Modelde, $Z_m(x_i)$ m. amaç kısıtını, $\overline{Z}_m$ m. amaç için hedef değerini, $Z_k(x_i)$ k'ıncı amaç kısıtını, $\overline{Z}_k$ k. amaç için hedef değerlerini $g_j(x_i)$ j. eşitsizlik kısıtını ve b_j j. eşitsizlik kısıtı için mümkün-ulaşılabilir kaynak miktarlarını simgelemektedir.

BHP ile problemlerinin çözümünde literatürde birçok farklı yaklaşım uygulanmıştır. Yaklaşımlarda kullanıldıkları üyelik fonksiyonları tipi, hedeflerin ağırlıklı-ağırlıksız veya öncelikli-önceliksiz olması gibi kriterlerde birbirlerinden farklılık göstermektedir.

Torabi ve Hassini (2009) tarafından geliştirilmiş olan “TH Metodu” ile çok amaçlı model tek amaçlı olarak şu şekilde formüle edilir;

$$\text{Max} \quad \lambda(x) = \gamma\lambda_0 + (1+\gamma)\sum \theta_k \mu_{z_k}(x) \quad (4.6)$$

$$\text{s.t.} \quad \lambda_0 \leq \mu_{z_k}(x) \quad k=1,2,\dots,n \quad (4.7)$$

$$x \in f(x) \quad (4.8)$$

$$\lambda_0, \gamma \in [0,1] \quad (4.9)$$

Burada “ μ_{z_k} ” k. amacın doyum oranını, “ λ_0 ” hedefler için en az doyum oranını göstermektedir. “ k ” parametresi, k. amacın önem derecesini göstermektedir. Karar vericilerin belirlemiş oldukları önceliklere $\sum \theta_k = 1$ ve $\theta_k > 0$ şartlarını koşullarını

sağlayabilecek biçimde belirlenir. “ γ ” tolerans katsayısı ise, bulanık hedeflerin minimum doyum derecelerinin yanı sıra hedeften pozitif/negatif sapma derecelerini kontrol etmektedir. Yüksek değeri olan bir γ parametresi daha büyük bir λ_0 elde etmek için daha fazla itina edildiğini göstermektedir (Torabi & Hassini, 2009).

4.1. Bulanık Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri

Bulanık hedef programlama modeli için literatürde çeşitli çözüm yaklaşımları geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar aşağıda verilmiştir (Özkan, 2003).

- Üçgensel Üyelik Fonksiyonları Narasimhan Yaklaşımı
- Üçgensel Üyelik Fonksiyonları Hannan Yaklaşımı
- Üçgensel Üyelik Fonksiyonları Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı
- Üçgensel Üyelik Fonksiyonları Tiwari, Dharmar ve Rao Yaklaşımı
- Üçgensel Üyelik Fonksiyonları Chen Yaklaşımı
- Kim ve Whang Yaklaşımı
- Chen ve Tsai’ nin Toplamsal Model Yaklaşımı
- Wang ve Fu Yaklaşımı
- Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonları ile Hannan Yaklaşımı
- Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonları ile Yang-Ignizio ve Kim Yaklaşımı
- Tiwari-Dharmar ve Rao’ nun Toplamsal Model Yaklaşımı

Bu çalışmanın devamında BHP modeli için geliştirilen çözüm yaklaşımlarından; Kim ve Whang Yaklaşımı ile Tiwari-Dharmar ve Rao’ nun Toplamsal Model Yaklaşımı çözümde kullanılacağı için açıklamaları aşağıdaki gibidir.

Kim ve whang yaklaşımı

Bulanık bir hedef $(Ax)_i \approx b_i$, $(Ax)_i \geq b_i$ ve $(Ax)_i \leq b_i$ şeklinde ifade edilebilir. Bu yaklaşımda, $(Ax)_i \geq b_i$ ve $(Ax)_i \leq b_i$ bulanık hedefleri için karar vericinin kabul edebileceği maksimum tolerans miktarları sırasıyla t_i^- ve t_i^+ ile gösterilir. Burada, t_i^+ değeri, $(Ax)_i \leq b_i$ bulanık hedefinin erişim düzeyi b_i ’ den daha büyük değerler almasına izin verildiğini gösterir. Bu durumda, $(Ax)_i \leq b_i$ hedefinin $[b_i, b_i + t_i^+]$ aralığında değerler alması kabul edilir. Diğer taraftan t_i^- değeri,

$(ax)_i \geq b_i$ bulanık hedefinin erişim düzeyi b_i ' den daha küçük değerler alabileceğini gösterir. Bu durumda ise, $(Ax)_i \geq b_i$ hedefinin $[b_i - t_i^-, b_i]$ aralığında değerler almasına izin verilir. Buna göre, $(Ax)_i \approx b_i$ hedefinin $[b_i - t_i^-, b_i + t_i^+]$ aralığında değerler alabileceği düşünülür. Kim ve Whang yaklaşımında, söz konusu bulanık hedefler Zimmermann tipi üyelik fonksiyonlarıyla aşağıda verildiği gibi ifade edilebilir.

$$(Ax)_i \approx b_i (i = 1, 2, \dots, m_1) \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; (Ax)_i \leq b_i - t_i^- \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} & ; b_i - t_i^- \leq (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} & ; b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + t_i^+ \text{ ise} \\ 0 & ; (Ax)_i \geq b_i + t_i^+ \text{ ise} \end{cases} \quad (4.10)$$

$$(Ax)_i \leq b_i (i = 1, 2, \dots, m_2) \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; (Ax)_i \geq b_i + t_i^+ \text{ ise} \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} & ; b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + t_i^+ \text{ ise} \\ 1 & ; (Ax)_i \leq b_i \end{cases} \quad (4.11)$$

$$(Ax)_i \geq b_i (i = 1, 2, \dots, m_3) \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; (Ax)_i \leq b_i - t_i^- \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} & ; b_i - t_i^- \leq (Ax)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 & ; (Ax)_i \geq b_i \end{cases} \quad (4.12)$$

Burada $\approx, \leq, \geq$ ' simgeleri sırasıyla $=, \leq, \geq$ simgelerinin bulanıklaştırılmış halidir. Bu yaklaşımda da bulanık hedefler en azından λ düzeyine kadar doyurulmaya çalışılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, bulanık hedef programlama problemini doğrusal programlama problemi halinde ifade etmek için, $\mu_i(x) \geq \lambda$ ilişkisi temel olarak alınmaktadır. Bu düşünceden hareketle, yukarıda verilen üyelik fonksiyonları $\mu_i(x) \geq \lambda$ eşitsizliğinde yerine konulabilir.

İlk olarak $(Ax)_i \leq b_i$ bulanık hedefi ele alınırsa,

$$\mu_i(x) = 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} \geq \lambda \rightarrow (Ax)_i - t_i^+(1 - \lambda) \leq b_i \quad (4.13)$$

eşitsizliği oluşturulur. Burada, λ değişkeni bulanık hedeflere ulaşma derecesini gösterirken $(1-\lambda)$ ise, $(Ax)_i \leq b_i$ bulanık hedefinin erişim düzeyine ulaşmama derecesi (veya üye olmama derecesi) olarak tanımlanır. Bu durumda, $\beta_i^+ = 1 - \lambda$ tanımlaması ile aşağıdaki ifadeye ulaşılır.

$$(Ax)_i - t_i^+ \beta_i^+ \leq b_i \quad (4.14)$$

Burada β_i^+ değişkeni 0 değerini aldığı zaman, $(Ax)_i \leq b_i$ bulanık hedefi için bir tolerans aralığının tanımlanmasına gerek olmadığı söylenebilir. Ayrıca, β_i^+ değişkeni 1 değerini alırsa, $(Ax)_i \leq b_i$ bulanık hedefinin hiç doyurulmadığı söylenir. Benzer işlemler $(Ax)_i \geq b_i$ bulanık hedefi içinde yapılabilir. Şöyle ki;

$$\mu_i(x) = 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} \geq \lambda \rightarrow (Ax)_i + t_i^-(1 - \lambda) \geq b_i \quad (4.15)$$

eşitsizliği elde edilir. Burada $(1-\lambda)$ ifadesi β_i^- değişkeni ile nitelenirse, $(Ax)_i \geq b_i$ bulanık hedefi aşağıdaki gibi düzenlenir.

$$(Ax)_i + t_i^- \beta_i^- \geq b_i \quad (4.16)$$

$(Ax)_i \geq b_i$ ve $(Ax)_i \leq b_i$ eşitsizliklerinden oluşan $(Ax)_i \approx b_i$ bulanık hedefine gelince, eğer bu hedef tamamen doyurulursa, β_i^+ ve β_i^- değişkenlerinin sıfır olması gerekir. Bu durumda, Hannan yaklaşımına benzer bir şekilde $(Ax)_i \approx b_i$ bulanık hedefi,

$$(Ax)_i + t_i^- \beta_i^- - t_i^+ \beta_i^+ = b_i \quad (4.17)$$

olarak ifade edilir.

Bu noktaya kadar, bulanık bir hedef programlama problemindeki kısıtlayıcı kümesinin Kim ve Whang yaklaşımı ile nasıl oluşturulabileceği açıklanmaya çalışılmıştır. Şimdi, söz konusu yaklaşım ile bulanık hedef programlama probleminin amaç fonksiyonunun nasıl oluşturulacağı açıklanacaktır. Kim ve Whang yaklaşımında t_i^- ve t_i^+ değişkenleri, bulanık hedefler için kabul edilebilir toleransları, β_i^+ ve β_i^- değişkenleri ise çözüm vektörü x 'in bulanık hedeflere üye olmama derecesini gösterir. Bu nedenle, Kim ve Whang yaklaşımında bulanık hedefler için kabul edilebilir tolerans değerleri veya çözüm vektörü x 'in bulanık hedeflere üye olmama derecesi minimize edilir. Bu düşünceden hareketle bulanık hedef programlama modelinin amaç fonksiyonu,

$$\min \left[\sum_{i=1}^{m_1} (\beta_i^+ + \beta_i^-) + \sum_{i=m_1+1}^{m_2} (\beta_i^+) + \sum_{i=m_2+1}^m (\beta_i^-) \right] \quad (4.18)$$

Şeklinde ifade edilir. Bu durumda $(Ax)_i \approx b_i$, $(Ax)_i \geq b_i$ ve $(Ax)_i \leq b_i$ bulanık hedeflerinden oluşan bir hedef programlama modeli aşağıda verilen doğrusal programlama problemine indirgenir.

$$\min \left[\sum_{i=1}^{m_1} (\beta_i^+ + \beta_i^-) + \sum_{i=m_1+1}^{m_2} (\beta_i^+) + \sum_{i=m_2+1}^m (\beta_i^-) \right] \quad (4.19)$$

Kısıtlayıcılar;

$$\begin{aligned} (Ax)_i + t_i^- \beta_i^- - t_i^+ \beta_i^+ &= b_i & i=1,2,\dots,m_1 \\ (Ax)_i - t_i^+ \beta_i^+ &\leq b_i & i=m_1+1,\dots,m_2 \\ (Ax)_i + t_i^- \beta_i^- &\geq b_i & i=m_2+1,\dots,m_3 \\ \beta_i^+, \beta_i^- &\geq 0 & i=1,2,3,\dots,m_3 \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (4.20)$$

Eğer karar verici bulanık hedefler arasında tercih önceliğinin önemli olduğunu söylerse, bulanık hedef programlama modeline ilişkin amaç fonksiyonunun aşağıdaki gibi düzenlenmesi gerekir.

$$\min \sum_{i=0}^L T_i \left[\sum_{i=1}^{m_1} w_i (\beta_i^+ + \beta_i^-) + \sum_{i=m_1+1}^{m_2} w_i (\beta_i^+) + \sum_{i=m_2+1}^m w_i (\beta_i^-) \right] \quad (4.21)$$

Burada, t_i bulanık hedefler arasındaki tercih önceliğini, w_i ise her bir tercih önceliğinde yer alan bulanık hedefler için karar vericinin belirlediği ağırlık katsayısını gösterir [(Kim & Whang, 1998), (Sel & Bircan, 2018)].

Tiwari-dharmar ve rao' nun toplamsal model yaklaşımı

Bulanık hedef programlamada hedeflerin ortak tatmin derecesine ulaştırılmasına çalışılmaktadır. Bu yaklaşım yerine hedeflerin bireysel doyum derecelerini maksimize etmeye çalışan bir yaklaşım Tiwari, Dharmar ve Rao tarafından geliştirilmiştir. Ağırlık

terimi kullanılarak bulanık hedeflere ait hedeflere değişik katsayı eklenirse, ağırlıklı toplamsal model aşağıdaki gibi gözlemlenir (Tiwari, Dhamar, & Rao, 1986).

$$\text{Max } V(\mu) \sum_{i=m_2+1}^m w_i \mu_i$$

Kısıtlatıcılar

$$\mu_i = 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \quad i = m_1, 1, 2, 3, \dots, m_2 \quad (4.22)$$

$$\mu_i = 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \quad i = m_2, 1, 2, 3, \dots, m_3$$

$$\mu_i \leq 1 \quad i = m_2, 1, 2, 3, \dots, m_3$$

$$\mu_i, x \geq 0$$

w_i ifadesi $0 \leq w_i \leq 1$ ve $\sum w_i = 1$ koşullarını sağlayan hedef ağırlıklarının ifade etmektedir. Önceki bölümlerde de ifade edildiği üzere T_i ifadesi hedeflerin doyurulma önceliğini ifade etmektedir. Bu bilgi doğrultusunda, tercih öncelikli bulanık hedef programlama modeline toplamsal model yaklaşımı aşağıda ifade edildiği gibidir,

$$\text{Max } \sum s(\mu_s) T_i$$

Kısıtlayıcılar;

$$\mu_s = 1 - \frac{b_s - (Ax)_s}{d_s}$$

$$\mu_i = 1 - \frac{(Ax)_s - b_s}{d_s} \quad (4.23)$$

$$(\mu) T_r = (\mu *) T_r$$

$$r = 1, 2, 3, \dots, i - 1$$

$$\mu_i \leq 1$$

$$\mu_i, x \geq 0$$

Yukarıdaki gösterimde i 'inci tercih önceliğindeki üyelik fonksiyonları $(\mu)T_r$ ile $r \leq i - 1$ şartıyla r 'inci seçim önceliğinde bulunan hedeflerin üyelik fonksiyonu $(\mu)T_r$ le, r . öncelik değerine ulaşmış hedefler $(\mu *)T_r$ ile belirtilmiştir.



5. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde, HP yaklaşımları ile kuruluşların karar verme süreçlerine yardımcı olmak adına tasarlanan pek çok çalışma yer almaktadır.

Goodman (1974) tarafından gerçekleştirilen uygulama ile ana üretim planlama ve işgücü problemlerinde HP yaklaşımlarının kullanılabildiğini göstermiştir.

Dean ve Schniederjans (1990), esnek üretim sistemleri için üretim planlamasına bir hedef programlama yaklaşımı uygulamıştır.

Golany ve Yu (1995), büyük bir kimyasal tesiste uygulanan bir hedef programlama envanter kontrol modeli önermişlerdir. Önerilen bu model, çoklu bulanık hedef değerleri ile karar verme modelinin genel seviyelerini oluşturmuştur.

1996 yılında Easton ve Rossin de işgücü planlaması için hedef programlamadan faydalanmıştır.

Gyu ve John (2000), kaynak planlama ve proje seçimi için bir hedef programlama modeli uygulamışlardır.

Lee ve Kim (2000), çalışmalarında [0-1] HP modeli ile değerlendirme ölçütleri ve aday projeler arasındaki karşılıklı bağımlılıkları yansıtan gelişmiş bir bilgi sistemi proje seçim metodolojisi önermişlerdir.

Dağdeviren ve Eren, analitik hiyerarşi prosesi ve [0-1] HP yöntemlerinin genel olarak açıklamış ve bu yöntemleri kullanarak bir tedarikçi seçim problemine çözüm önermişleridir (2001).

Dağdeviren ve arkadaşlarının yaptığı çalışma; faktör derece puanlarının belirlenmesi için HP yönteminin kullanılmasını sağlayan bir model tasarlamışlardır (2004).

Ghosh ve Dinesh (2005), Batı Bengal'de beslenme problemlerinin yönetiminde için hedef program hazırlamışlardır.

Hu ve arkadaşları (2007) çok amaçlı optimizasyon problemlerine bulanık amaç programlama yaklaşımı isimli bir çalışma yapmıştır.

Chang (2007) ikili (binary) bulanık hedef programlama isimli bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada ikili bulanık hedef programlama modelinin nasıl programlanacağı ile ilgili yeni bir fikir önererek bulanık hedef programlama modelini tam sayılı programlama yöntemi ile çözmüştür.

Yaghoobi ve Tamiz (2007) bulanık hedef programlama problemlerinin çözümü için amaç programlamada geleneksel min-max yaklaşımını uygulamışlardır. Bu modelin, simetrik olmayan üçgensel doğrusal üyelik fonksiyonları ile ilgili olan Hannan (1981) modelinin bir uzantısı olduğu kanıtlanmıştır.

Liang ve Cheng (2009) iki aşamalı bulanık hedef programlama yaklaşımını kullanarak proje yönetiminde çok amaçlı karar verme problemleri için iki aşamalı bulanık programlama metodolojisini sunmuştur.

Ayan (2009), ana üretim planı problemine çözüm sağlamak amacıyla bir BHP modeli üzerine çalışmıştır. Bulanık amaç ve kısıtlar kullanılarak oluşturulan problemin çözümü gerçekleştirilmiştir.

Mubiru (2010), proje yönetiminde zaman ve maliyet kaynaklarını tahsis etmek amacıyla bir hedef programlama modeli önermiştir.

Saghaei ve Didekhani (2011) çalışmalarında adaptif sinirsel bulanık çıkarım sistemleri (Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems, Anfis) ve bulanık hedef programlamaya dayalı altı sigma projelerin değerlendirilmesi ve seçimi için entegre bir model geliştirmiştir.

Jung (2011), tarafından yapılan uygulamada, paydaşlar göz önünde bulundurularak entegre üretim planlama probleminin çözümü için bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve HP'yi birleştiren bir model geliştirmişlerdir.

Francisco da Silva ve Marins (2014), Brezilya Şeker ve Etanol Değirmencilik Şirket’inde uygulanan bir toplu üretim planlama problemi için bir bulanık hedef programlama yöntemini kullanmışlardır.

Sheikhalishahi ve Torabi (2014), bakım tedarikçi seçimi için bulanık hedef programı yaklaşımını önermektedir.

Özkan (2014) , firmanın belirlediği 6 ürün çerçevesinde istenilen hedeflere doyuma ulaşip ulaşmadığı bulanık hedef programlama çözüm yaklaşımlarından biri olan Yang, Ignizio ve Kim (1991) modeli kullanılarak araştırılmıştır.

Subulan ve arkadaşları (2015), Türkiye’de kurşun/asit endüstrisinden ilham alarak, kurşun / asit bataryalar için kapalı döngü tedarik zinciri problemi için bulanık bir hedef programlama modeli oluşturulmuş ve çözmüştür. Önerilen modelin duyarlılık analizi, farklı senaryolar göz önüne alınarak çalışmalarında sunulmuştur.

Hindistan Elektronik Kompleksi’nde bulunan bir yazılım firmasında yapılan çalışmada (Jana, Sanyal, & Chakrabarti, 2016) BT uzmanlarının etkin kullanımı ve firmanın genel maliyetinin en aza indirilmesi adına hedefler belirlenerek ikili (binary) bulanık hedef programlama tekniği örneği sunulmuş ve tekniğin etkinliği gösterilmiştir.

Jayaraman ve arkadaşları (2017) çalışmalarında, Birleşik Arap Emirlikleri’nin anahtar ekonomik alanlarında (ekonomik kalkınma, enerji tüketimi, işgücü ve sera gazı salımı azaltma) uygulanması amacıyla; bulanık hedefleri eş zamanlı olarak gerçekleştirecek bir bulanık hedef programlama modeli önermişlerdir.

Jana ve arkadaşları (2017), etkin alışveriş merkezi yönetimi için uzaklık fonksiyonu ve bulanık hedef programlama modelleri kullanarak bir BHP modeli sunmuşlardır. Üç farklı BHP yöntemiyle çözülen modelde sonuçlar karşılaştırılmıştır.



6. UYGULAMA

Bu bölümde öncelikle “Bazik Oksijen Fırını” (BOF) yöntemiyle çelik üretim prosesi hakkında genel olarak bilgi verilerek sinter üretim prosesi detaylandırılacaktır. Sonrasında ise kullanılan metot ve yöntemden bahsedilecektir.

6.1. Üretim Prosesi

- Demir ve çelik üretiminde gerekli olan hammaddeler;

Demir esaslı malzemeler (Cevher,hurda vb.)

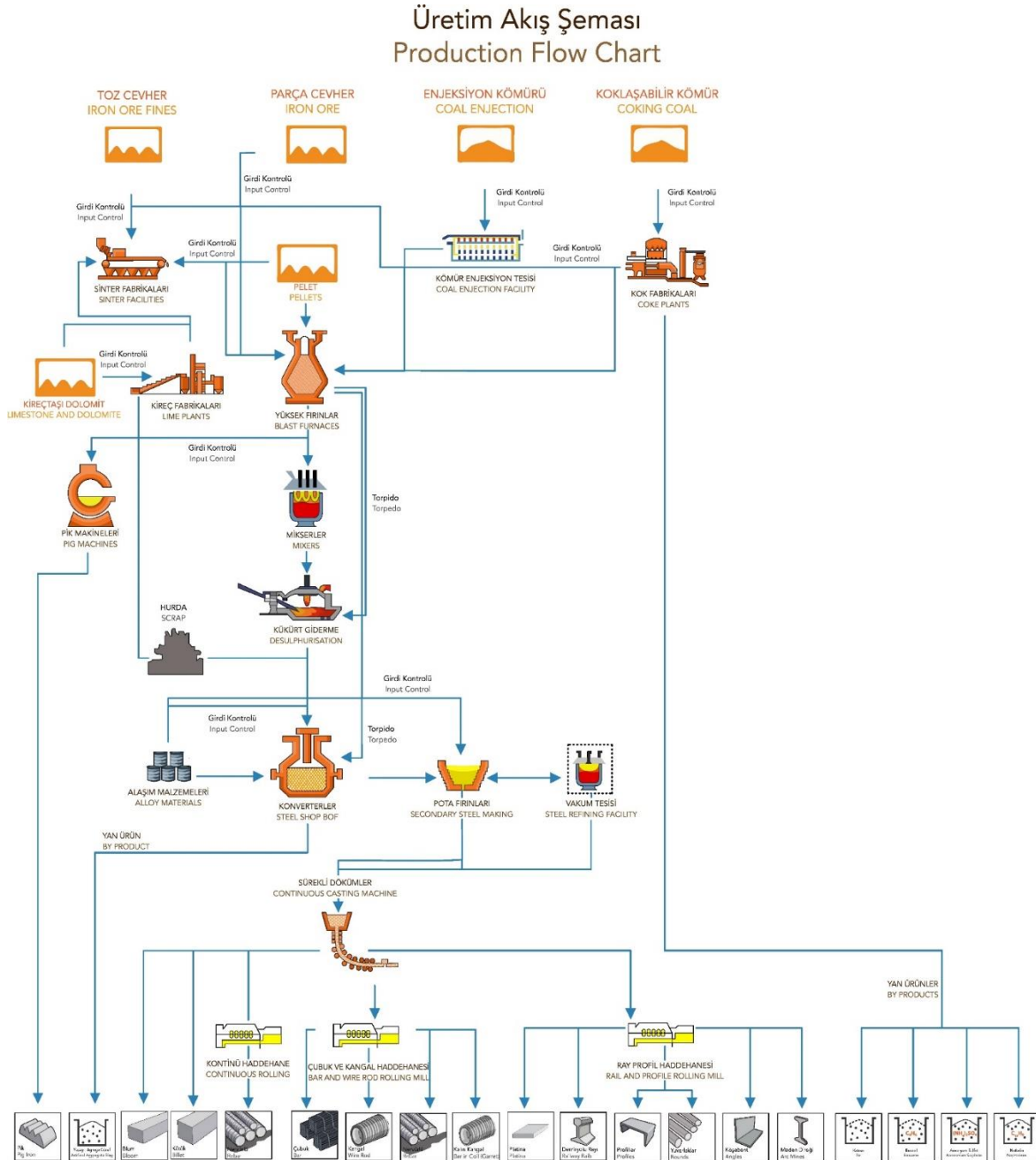
Yakıtlar ve redükleyiciler (Kok,kömür,gaz vb.)

Flakslar (cüruf yapıcılar) ve ilaveler (alaşım yapıcılar)

- Üretime, kullanılacak hammaddelerin tesise gelmesiyle başlanır. Kömür, koklaştırma süreci için kok fabrikalarında; 0-10 mm arasındaki toz cevherler ise yüksek fırınların kullanabilmesi amacıyla zenginleştirilmek için sinter tesislerinde işlenir.
- Kok fabrikaları stok sahalarına taşınan koklaşabilir taş kömürü buradan bataryalara şarj edilerek uygun sıcaklıkta koklaştırılır. Böylece yüksek fırınlarda yakıt olarak kullanılan metalürjik kok üretilmiş olur.
- Toz cevher, baca tozları ve tufal gibi demirli atık malzemeler, sinter tesislerinde işlenerek yüksek fırınlarda kullanılabilir özelliklerde sinter üretilir. Üretilen ürün sinter tesisleri konveyör bant sistemi ile yüksek fırınlara gönderilir.
- Yüksek fırınlarda sıvı ham demir üretilir. Üretilen sıcak maden için, demirli ham madde olarak parça cevher, sinter ve pelet; yakıt olarak ise metalürjik kok, PCI ve katran kullanılmaktadır. Üretilen sıvı ham demir cüruftan arındırılarak torpidolara alınır.
- Torpidolara alınan sıcak maden kükürt giderme tesisine gönderilir. Kükürtü giderilmiş olan maden, çelikhaneye sevk edilmektedir. Burada sıcak maden, hurda ve üretilmek hedeflenen kaliteye göre değişiklik gösteren diğer giriler ile harmanlanır. Sonrasında oksijen üfleme yöntemi vasıtası ile madendeki karbon oranı düşürülür, böylelikle çelik üretilmiş olur.
- Üretilmiş olan sıvı haldeki çelik sürekli dökümlerdeki kalıplar ile istenilen ebatlarda katılaştırılarak ara ürün/ürün olan kütük, beam blank ya da bluma dönüştürülür.

- Şekillendirilen çelik, sıcak haddehanelere gönderilir. Buralarda işlenerek nervürlü inşaat çeliği, ray, profil, kanga, kaliteli inşaat çeliği veya demiryolu tekeri olarak üretilir.

Bazık oksijen fırını ile çelik üretimine dair üretim akış şeması Şekil 6.1’de yer almaktadır.



Şekil 6.1. Çelik üretimi akış şeması

Sinter üretim prosesi aşağıda özetlenmektedir.

0-10 mm aralığındaki toz cevherlerin yüksek fırınlarda doğrudan kullanılması uygun değildir. Küçük partikül halinde bulunan cevher parçacıkları, fırınlarda reaksiyon başlamadan önce baca gazına karışarak uzaklaşmaktadır. Bu sebeple çok küçük boyutlardaki toz cevherler için aglomerasyon işlemi kullanılmaktadır. Aglomerasyon; en basit tanımı ile boyut büyütme işlemidir. Ayrıca aglomerasyon işlemiyle daha boşluklu (poroz) bir yapı elde edilir.

Özellikle yüzde demir oranları düşük olan toz cevherlerin, zenginleştirme işlemleri ile tenör oranlarının yükseltilmesi, istenmeyen safsızlıkların giderilmesi gibi uygulamalar aglomerasyon işlemlerinin önemini her gün biraz daha arttırmaktadır. Günümüzde demir cevherleri ve konsantrelerine uygulanan aglomerasyon işlemlerinden sinterleme yöntemi, oldukça yaygınlaşmıştır.

Demir dünyada üzerinde demir elementi yaklaşık %5 oran ile en çok rastlanan dördüncü elementtir. Bu element doğada saf hali ile yer almayıp kimyasal bileşik oluşturmuş şekilde bulunmaktadır. En sık rastlanan demir bileşimleri demir oksitlerdir.

Demir bileşikleri her zaman gang ismi ile tanınan empüriteler ile bulunmaktadır. Bu demir oksit ve gang karışımları demir üretiminin mümkün olduğu demir cevherleri olarak sınıflandırılırlar. Gang bileşimi demir cevherlerinin işlenmesinde önemli bir role sahiptir. Cevherler yüksek oranda CaCO_3 içeriyorsa bazik cevher, SiO_2 oranı daha fazla ise asidik cevher olarak değerlendirilir. Çelik üretimi için en temel girdi malzemesi demir cevherleridir.

Cevher madeninin çelik üretimine girdi sağlayabilmesi için, işletilmesinin ve kullanımının ekonomik olması şarttır.

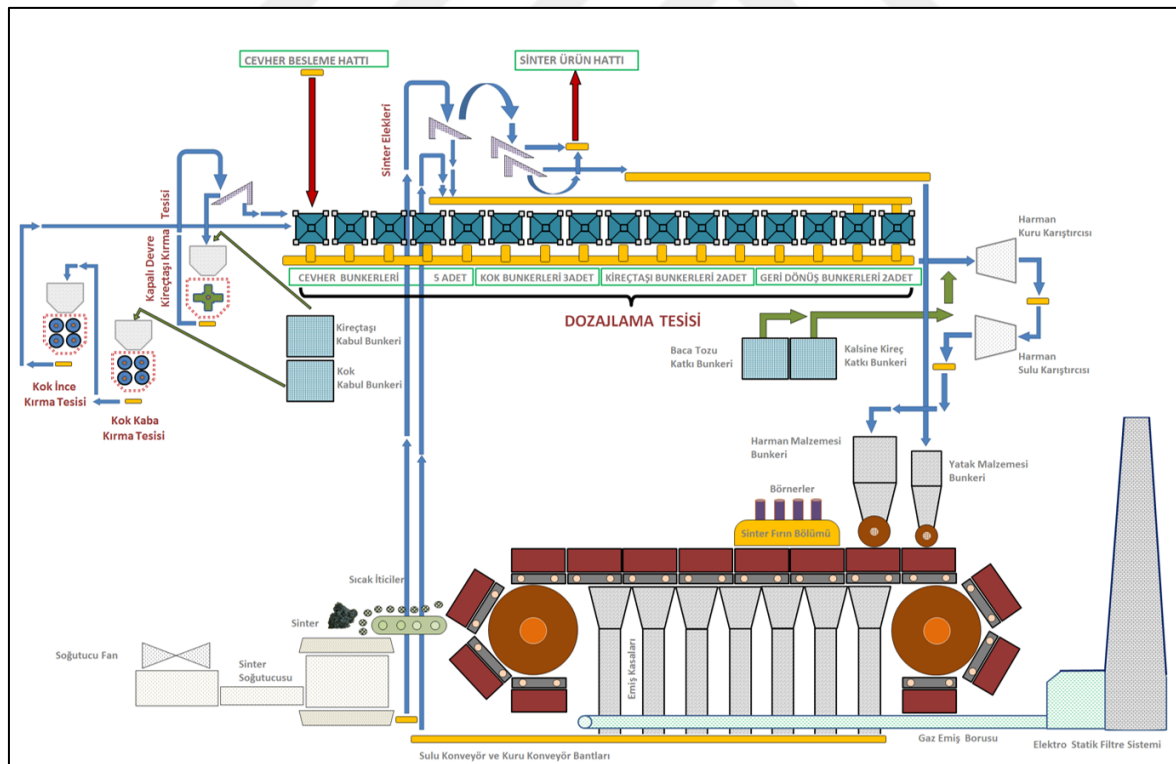
Günümüzde sinterleme, demir cevherlerinin aglomerasyonunda en çok kullanılan yöntemdir. Aglomerasyon; toz haldeki cevherlere veya çeşitli cevher zenginleştirme sonrası elde edilen cevher konsantrelerine tatbik edilen boyut büyültme işlemine verilen genel addır.

Yüksek fırınlara doğrudan şarj edilebilir cevherler 10 ila 50 mm arasındadır. Bunun dışındaki cevherler, direk şarjlık cevherler olmayıp, cevherlerin kullanımının mümkün kılınması amacıyla boyut büyütme ve safsızlaştırma için sinterleme yapılır.

Demir cevherlerinin sinter işlemine tutulmasında 3 ana amaç mevcuttur. Bunlar;

- Yüksek fırınlarda kullanılamayacak kadar küçük boyuttaki cevheri yüksek fırına şarj edilebilir boyutlara yükseltmek,
- Cevherlerde mevcut olan ve çelik üretimi esnasında istemeyen elementleri, cevherden uzaklaştırmak,
- Yüksek fırınların üretim rejim ve teknolojilerine göre indirgenme kabiliyeti yüksek, mukavemetli, ufalanmaya karşı dayanıklı şarj malzemesi elde etmek ve bu sayede üretim verimini arttırıp işletme arızalarını en aza indirmektir.

Şekil 6.2’de sinter üretiminin süreç akışı verilmiştir.



Şekil 6.2. Sinter prosesinin şematik gösterimi

Sinter prosesinde öncelikli olarak üretime geçilmeden önce hammaddelerin karıştırılması gerekmektedir. Toz halindeki cevhere kireç taşı gibi katkı malzemeleri, geri dönmüş atık

malzemeler ve yanma olayının gerçekleşmesi için kok tozu ilave edilerek elde edilen harman karıştırıcılara yüklenir. Karıştırma işlemi ile homojen bir karışım elde etmek amaçlanmaktadır.



Resim 6.1. Sinter kuru karıştırıcı

Sinterde ısıya dayanıklı dökme demirden üretilmiş palet (hazırlanan sinter harmanının üzerine serildiği hareketli donanım) ve üzerinde yer alan ızgaralar bulunmaktadır. Her bir makinede 96 adet palet gövdesi vardır. Palet genişliği 3.000 mm, yatak yüksekliği 620 mm, palet uzunluğu 600 mm'dir. Palet gövdesinde yaklaşık 300 adet ızgara bulunmaktadır. Izgarada bölgesinde kok tozunun yanmasını sağlayacak bir ateşleme bölgesi bulunmaktadır.

Palet ızgaralarının üzerine ilk önce yatak malzemesi (yaklaşık 3-7 cm) daha sonra ise karışım harmanı (53-57 cm) serilmektedir. Palet hızı 1-2,5 metre/dakika, etkili sinterleme alanı ise 110 m²'dir.



Resim 6.2. Sinter palet ve ızgaraları

Hareket hâlindeki palet ateşleme fırınının altından geçerken, malzeme içindeki kok tozları tutuşur. Tutuşan kısım bandın hareketiyle ilerlemeye devam eder. Fırın bölgesinde; 24 önde, 24 arkada, 3 sağ ve 3 sol tarafta olmak üzere toplam 54 adet burner (tutuşturma ocağında kullanılan gazın çıkış ağzı) vardır. Fırın bölgesinde aynı anda 7 adet palet gövdesi işlem görmektedir. Malzemeler 1000-1100 °C sıcaklığa maruz kalmaktadır. Fırınlarda yakıt olarak kok gazı kullanılmaktadır.



Resim 6.3. Sinter fırın bölgesi

Elde edilen sinter soğutulmadan önce sıcak halde iken sıcak sinter kırıcılarında parçalanır ve soğutma işlemi yapılır. 100 °C'nin altına inen sinter sıyırıcılar vasıtası ile sinter eleklerine gönderilmek üzere banda dökülür.

Sinter harmanının oluşturulması;

Sinter prosesinde harman hazırlanması ile toz cevherlerin yüksek fırınların kullanımına uygun hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Bununla beraber cevherde istenmeyen bir takım element ve bileşiklerin uzaklaştırılması da yine harmana ilave edilen katkı malzemeleri ile sağlanmaktadır. Bu maddeler kireç taşı ve dolomit gibi maddelerdir. Ayrıca prosesin üretim esnasında oluşturduğu geri dönüş tozları da harmana dâhil edilmektedir. Sinter prosesinin gerçekleşebilmesi adına harman içerisine yeterli oranda katı yakıtın da ilave edilmesi gerekmektedir.

Cevher karışımı + dolomit/kireç taşı + sinter tozu + katı yakıt = Sinter

Harman karışımına giren maddelerin özellikleri ne kadar iyi bilinir ve buna göre hareket edilirse çıkan sinter o derece kaliteli olmaktadır.

Harman oluşturulmadan önce harmana ait reçeteler belirlenir ve tonaj bilgileri tanımlanır. Tanımlanan bilgiler doğrultusunda harman malzemeleri serilir ve homojen bir karışım oluşturulmak üzere karıştırıcılara gönderilir.

Harmanda kullanılan malzemeler aşağıda kısaca tanıtılmaktadır.

Cevher karışımı: Cevher karışımları, hazırlanarak cevher bunkerlerine gönderilmektedir. Cevherin intifa ettiği demir oranı arttıkça cevherin değeri de artar. Çünkü bir ton sıvı ham demir üretmek için hammadde miktarı, hammaddenin yüzde demir oranının artması ile azalmaktadır.

Dolomit: Sinter harmanlarına dolomit eklenmesi ile asit ve baz dengesi amaçlanmaktadır. Asit – baz dengesinde ilk etap $MgO - Al_2O_3$ dengesidir. Kullanılacak cevherlerin kil oranı yüksek ise dolomit kullanılmaktadır.

Kireç taşı: Sinter için kullanılan kireç taşı yarı kristallidir. Yüksek oranda kalsiyum oksit içerdiği için CaO/SiO_2 dengesini sağlamak amacıyla sinter harmanına karıştırılmaktadır. Kalsiyum oksitin silikon dioksit oranına küçük bazite, $CaO + MgO + CuO / SiO_2 + Al_2O_3$ oranına ise büyük bazite denir.

Kok tozu: Sinterlemede kok tozu katı yakıt olarak kullanılır. Kok tozu ekseriyetle kok fabrikalarından yan ürün olarak gelmesine rağmen, bir kısmı da dışarıdan temin edilmektedir. Harmana ilave edilecek olan kok tozu oranı yaklaşık % 4'tür.

Sinter tozu: Sinter tozları sıcak elek altı ve soğuk elek altından alınan tozlardan oluşmaktadır. Fiziksel ve kimyasal özellik olarak neredeyse ürün sinter özelliklerini birebir bünyesinde bulundurur.

Sinter yatak malzemesi: Sinterleme sırasında düz soğutucudan sonra sinter soğuk elekte elenerek, elek üstü sinter direkt olarak Yüksek Fırına gönderilmektedir. 25 mm ile 15 mm arasında kalan ebatlardaki sinter, ısının zarar vermemesi için harmandan önce serilmektedir. Yaklaşık 3-7 cm olarak serilen bu malzemelere yatak malzemesi adı verilmektedir.

Sinter yatak malzemesinin kullanılma sebepleri şunlardır;

- Izgaralar yüksek sıcaklıktan korunmuş olur.
- Sinter kütesinin ızgara ve paletlere yapışması önlenir.
- Harman içindeki toz malzemelerin emici kasalara dökülmesi ve verim düşüklüğüne sebep olması önlenir.

Yüksek fırınlarda kullanılan sinterin tenörü, sıvı ham demir verimliliğinin temel girdilerinden biridir.

- Sinter kalitesini belirleyen en önemli kriterlerden redüklenme kırılma indeksi (RDI- Reduction Degradation Index) ve redüklenebilirlik indeksinin (RI- Reducibility Index) kullanılacak yakıt oranlarında büyük etkisi bulunmaktadır. RDI'ın azalmasıyla sinter verimliliği ve RI artmaktadır.
- Sinter redüklenme kırılma indeksi (RDI), sinter bazitesinin (CaO/SiO_2) ve % FeO miktarının artışı ile birlikte düşer. Sinter CaO/SiO_2 değerinin %1,8'den %2,2'ye artırıldığı durumda redüklenme kırılma indeksinin (RDI) %45'den %27'ye düştüğü, sinter %FeO miktarının %6'dan %10'a çıktığı durumda ise %45'den %26'ya düştüğü gözlenmiştir.

- Ayrıca, yapılan çalışmalarda RDI'nın %6 azalması ile yüksek fırın verimliliğinin yaklaşık %3 artıp, ton sıvı ham demir başına kullanılan metalürjik kok miktarının 14 kg azaltılabileceği görülmüştür.
- Sinter redüklenebilirliği (RI), sinter CaO/SiO₂ oranının artışı ve %FeO miktarının azalması ile artar.

FeO: FeO içeriği sinter için önemli bir kontrol parametresidir. Cevher karışımının FeO kimyasal kompozisyonu sinterleme koşulları ve özellikle kok oranı için önemli bir gösterge olmaktadır. Sinterde FeO içeriğinde % 2'lik bir artışın RDI'yı 8 puan iyileştirdiği tespit edilmiştir. Diğer sinter özelliklerini değiştirmeden RDI'yı iyileştirmek için en iyi FeO oranının tespit edilmesi gerekmektedir.

SiO₂: Silika, bileşik oluşturabilmek için FeO ve CaO ile birleşmektedir. Silikanın artması sinter redüklenebilirliğini (RI) azaltmaktadır.

Al₂O₃: Alüminanın en zararlı etkisi, alümin içeriği arttıkça RDI'yı da olumsuz etkilemesidir. %10,0-%10,5 CaO aralığında, alüminanın %0,1 artması RDI'yı 2 puan arttırmaktadır. Teorikte alümina yüzdesinin 1,5 değerinden küçük olması istenir.

CaO: CaO, kuvvetli bir sinter üretebilmek için, ihtiyaç duyulan düşük erime noktasına sahip erişik meydana getirmek amacıyla demir oksit ile bileşik oluşturur.

MgO: Hem iyi akışkanlık hem de kükürt giderimi açısından Yüksek Fırın cüruf koşullarını sağlamaktadır. Ham karışıma MgO ilavesi RDI'yı azaltmaktadır. Fakat MgO'nun artması FeO oranını arttırarak; RI değerini olumsuz yönde etkileyeceğinden iki parametre arasında dengede tutulmalıdır.

Tambur indeksi: Tambur indeksi diğer bir deyişle soğuk sinter mukavemeti olarak adlandırılan parametredir. Tambur indeksini etkileyen en önemli faktör sinter bazitesidir. Bazite arttıkça sinter mukavemeti de artmaktadır. Tesiste yerli cevher kullanım oranlarının yüksek olması sebebiyle tambur indeksleri değerleri standartlardan düşük gerçekleşmektedir. Sabit yakıt oranında eğer kok boyutu çok büyükse bölgesel aşırı ısınma nedeniyle çok fazla sıvı oluşumundan dolayı çok zor indirgenebilen faaliyet oluşur. Aynı zamanda diğer bölgelerde uygun olmayan ısınmadan dolayı sinter baz mukavemeti olumsuz

yönde etkilenir. Kireçtaşının kalsinasyonu tamamlanmaz, bu sinter mukavemetini ters yönde etkiler. Ürün sinter bileşimindeki FeO miktarı arttıkça, sinterin mukavemeti azalmaktadır.

6.2. Probleme Yönelik Modellerin Oluşturulması

Hedef, nitelikleri cinsinden ifade edilen istek dereceli bir amaçtır. Kesin olmayan hedef değerli bir amaçtan bulanık/fuzzy hedef olarak bahsedilir. Hedef programlamanın gerçek amacı, karar vericinin öncelik yapısına göre çoklu çatışan hedefleri içeren bir sistemin eş zamanlı çözümüdür. Klasik hedef programlamanın aksine bulanık hedef programlamada hedefler kesin olarak ifade edilemez. Kesin olmayan çoklu hedeflerin varlığının onların eş zamanlı olarak doyurulmasını gerektirmesi doğaldır. m tane kesin olmayan hedefi bulanık hedef programlama problemi (BHP), x_j lerin hedefleri karar vericinin öncelik yapısına mümkün olduğu kadar yakın doyuracak şekilde bulunması şeklinde tanımlanabilir.

Öncelik, sadece hedef programlamada değil aynı zamanda insan yaşamının her yerinde önemli bir rol oynar. Ayırt edici öncelikler, hedeflerin belli şekilde derecelendirilmesidir ve bu öncelikler bilinen genel derecelendirmelerle iyi bir şekilde yapılamaz. Maalesef hedeflerin gerçek öncelik seviyelerine atanabildiği belli bir kurallar kümesi yoktur. Sıralama ve öncelikli gruplandırma hedef programlamanın zor kısmıdır, çünkü bu problemin çözümü hedefin öncelikli olarak atanmasına bağlıdır (Akın, 2011).

Kurulacak olan modelde kullanılan parametre ve notasyonlar aşağıda verilmiştir.

İndisler:

i =Hammadde indisi ($i=1,2,\dots,n$)

m =Bulanık hedefler ($m=1,2,\dots,6$)

Notasyonlar:

TP= Toplam hedeflenen ürün (TSS) üretim miktarı (Ton)

P = Prosesin demirli malzeme verimliliği (%)

X_i = i . Hammaddeden kullanılacak miktar (Ton)

C_i = i . Hammaddenin maliyeti (\$/Ton)

S_i = i . Hammaddenin stoğu (Ton)

K_i = i . Hammaddenin kullanılmak zorunda olunan miktarı (Ton)

Fe_i = i . Hammaddenin ihtiva ettiği tenör değeri (%)

M_i = i. Hammaddenin nem değeri (%)

$SiO_{2(i)}$ = i. Hammaddenin Silika değeri (%)

$Mn_{(i)}$ = i. Hammaddenin Mangan değeri (%)

$S_{(i)}$ = i. Hammaddenin Kükürt değeri (%)

$K_2O_{(i)}$ = i. Hammaddenin Potasyum oksit değeri (%)

$Na_2O_{(i)}$ = i. Hammaddenin Sodyum oksit değeri (%)

$Zn_{(i)}$ = i. Hammaddenin Çinko değeri (%)

$Cu_{(i)}$ = i. Hammaddenin Bakır değeri (%)

b_C = Ton ürün başına maliyet hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi / Ton ürün başına maliyet hedefi (\$)

t_C^+ = Maliyet bulanık hedefinin erişim düzeyi b_m^+ ' den daha büyük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (\$)

b_{Fe} = Tenör hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi (%)

t_{Fe}^- = Tenör bulanık hedefinin erişim düzeyi b_{fe}^- ' den daha küçük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (%)

b_{fe} = Harman tenör hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi (%)

t_{fe}^- = Tenör bulanık hedefinin erişim düzeyi b_{fe}^- ' den daha küçük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (%)

b_M = Harman nem hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi (%)

t_M^+ = Nem bulanık hedefinin erişim düzeyi b_m^+ ' den daha büyük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (%)

b_{SiO_2} = Harman silika oranı hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi (%)

$t_{SiO_2}^+$ = Silika oranı hedefinin erişim düzeyi $b_{SiO_2}^+$ ' den daha büyük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (%)

$t_{SiO_2}^-$ = Silika oranı hedefinin erişim düzeyi $b_{SiO_2}^-$ ' den daha küçük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (%)

b_{Mn} = Harman mangan oranı hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi (%)

t_{Mn}^- = Mangan oranı hedefinin erişim düzeyi b_{Mn}^- ' den daha küçük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (%)

b_S = Harman kükürt oranı hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi (%)

t_S^+ = Kükürt oranı bulanık hedefinin erişim düzeyi b_S^+ ' den daha büyük değerler almasına izin verilen miktar/ Tolerans Miktarı (%)

b_{K_2O} = Harman potasyum oksit oranı hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi

b_{Na_2O} = Harman sodyum oksit oranı hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi

b_{Zn} = Harman çinko oranı hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi

b_{Cu} = Harman bakır oranı hedefi için karar vericinin belirlediği erişim düzeyi

W_m = m. Bulanık hedef için ağırlık değeri

β_m = m. Bulanık hedefe üye olmama derecesi

6.2.1. Doğrusal Programlama Modeli

Eğer problem doğrusal programlama ile çözülecek olsaydı, amaç fonksiyonu maliyet minimizasyonu şeklinde aşağıdaki gibi tanımlanıp modellenebilirdi.

Ton Ürün Başına Maliyeti Minimize Edecek Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \left(\sum_{i=1}^n C_i * X_i \right) / TP \quad i=1,2,\dots,n$$

Sistem Kısıtlar:

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i \right) * P = TP \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * Fe_i \right) / \sum_{i=1}^n X_i \geq b_{Fe} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * M_i \right) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_M \quad i=1,2,\dots,n$$

$$b_{SiO_2} \leq \left(\sum_{i=1}^n X_i * SiO_{2(i)} \right) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b'_{SiO_2} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * Mn_{(i)} \right) / \sum_{i=1}^n X_i \geq b_{Mn} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * S_{(i)} \right) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_S \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * K_2O_{(i)} \right) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{K_2O} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * Na_2O_{(i)} \right) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Na_2O} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * Zn_{(i)} \right) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Zn} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i * Cu_{(i)} \right) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Cu} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$X_i \geq K_i \quad i=1,2,\dots,n$$

$$X_i \leq S_i \quad i=1,2,\dots,n$$

Kısıtlarına bağlı olarak en düşük maliyet bulunabilir. Burada $x_1, x_2, \dots, x_n$ ve $b_{Fe}, b_M, b_{SiO_2}, b'_{SiO_2}, b_{Mn}, b_S, b_{K_2O}, b_{Na_2O}, b_{Zn}, b_{Cu}$ negatif olmayan reel sayılardır.

6.2.2. Bulanık Hedef Programlama Modelleri

Yukarıdaki doğrusal model göz önüne alınarak çalışma hem birden fazla hem de bulanık hedeflere çözüm verecek şekilde genişletilecektir.

Yapılacak çalışmada; ton ürün başına maliyet ile hazırlanacak harmanın; tenör, nem, silika, mangan ve kükürt oranları bulanık birer hedef olarak belirlenmiştir.

Ayrıca maliyet ve tenör hedefleri için ağırlık ve öncelik değerleri belirlenmiş, diğer hedefler eşit ağırlıklı ve eşit öncelikli olarak kabul edilmiştir.

Kim ve Whang yaklaşımı

Bulanık hedefler:

1. Ton Ürün Başına Maliyet Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n C_i * X_i) / TP \leq b_c \quad i=1,2,\dots,n$$

2. Tenör Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Fe_i) / \sum_{i=1}^n X_i \geq b_{Fe} \quad i=1,2,\dots,n$$

3. Nem Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * M_i) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_M \quad i=1,2,\dots,n$$

4. Silika Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * SiO_{2(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \approx b_{SiO_2} \quad i=1,2,\dots,n$$

5. Mangan Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Mn_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \geq b_{Mn} \quad i=1,2,\dots,n$$

6. Kükürt Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * S_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_S \quad i=1,2,\dots,n$$

Yukarıda verilen bulanık hedeflerdeki bulanıklığın giderilmesi için Kim ve Whang yaklaşımını kullanırsak, oluşacak yeni hedeflerin yapısı aşağıdaki gibi oluşacaktır;

$$(\sum_{i=1}^n C_i * X_i) / TP - t_C^+ * \beta_1 \leq b_C \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Fe_i) / \sum_{i=1}^n X_i + t_{Fe}^- * \beta_2 \geq b_{Fe} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * M_i) / \sum_{i=1}^n X_i - t_M^+ * \beta_3 \leq b_M \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * SiO_{2(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i - t_{SiO_2}^+ * \beta_4^+ + t_{SiO_2}^- * \beta_4^- = b_{SiO_2} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Mn_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i + t_{Mn}^- * \beta_5 \geq b_{Fe} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * S_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i - t_S^+ * \beta_6 \leq b_S \quad i=1,2,\dots,n$$

Sistem kısıtları;

$$(\sum_{i=1}^n X_i) * P = TP \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * K_2O_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{K_2O} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Na_2O_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Na_2O} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Zn_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Zn} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Cu_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Cu} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$X_i \leq S_i \quad i=1,2,\dots,n$$

$$X_i \geq K_i \quad i=1,2,\dots,n$$

$$0 \leq \beta_m \leq 1 \quad m=1,2,\dots,5$$

Burada $x_1, x_2, \dots, x_n$; $t_C^+, t_{Fe}^-, t_M^+, t_{SiO_2}^+, t_{SiO_2}^-, t_{Mn}^-, t_S^+$ ve $b_{Fe}, b_M, b_{SiO_2}, b_{Mn}, b_S, b_{K_2O}, b_{Na_2O}, b_{Zn}, b_{Cu}$ negatif olmayan reel sayılardır.

Kim ve Whang yaklaşımında dikkat edilmesi gereken bir noktada $\beta_m = (1 - \lambda)$ ifadesinin değerlendirilmesidir. Bulanık hedef modelinde bulunan buradaki λ değeri hedefin doyurulma düzeyi olarak yorumlanmaktadır.

Amaç fonksiyonu;

Kim ve Whang yaklaşımında β_i^+ ve β_i^- değişkenleri çözüm vektörü x 'in bulanık hedeflere üye olmama derecesini gösterir. Bu nedenle, bulanık hedefler için kabul edilebilir tolerans değerleri veya çözüm vektörü x ' in bulanık hedeflere üye olmama derecesi minimize edilir. Bulanık hedefler arasında ağırlıklandırmanın da yapılması ile bulanık hedef programlama modeline ilişkin amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{Min } Z = W_1 * \beta_1 + W_2 * \beta_2 + \beta_3 + \beta_4^+ + \beta_4^- + \beta_5 + \beta_6$$

“Kim ve Whang”, yaklaşımı ile ağırlıklı bulanık hedef programlama modeli kurulmuştur.

Tiwari-Dharmar ve Rao' nun toplamsal model yaklaşımı

1. Ton Ürün Başına Maliyet Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n C_i * X_i) / TP \leq b_C \quad i=1,2,\dots,n$$

Hedefimizdeki bulanıklığın giderilmesi için Tiwari, Dharmar ve Rao' nun Toplamsal Model yaklaşımını kullanırsak hedefimizin yeni yapısı;

$$\mu_1 = 1 + \frac{b_C - (\sum_{i=1}^n C_i * X_i) / TP}{t_C^+} \quad i=1,2,\dots,n$$

2. Tenör Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Fe_i) / \sum_{i=1}^n X_i \geq b_{Fe} \quad i=1,2,\dots,n$$

Hedefimizdeki bulanıklığın giderilmesi için Tiwari, Dharmar ve Rao' nun Toplamsal Model yaklaşımını kullanırsak hedefimizin yeni yapısı;

$$\mu_2 = 1 - \frac{b_{Fe} - (\sum_{i=1}^n Fe_i * X_i) / \sum_{i=1}^n X_i}{t_{Fe}^-} \quad i=1,2,\dots,n$$

3. Nem Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * M_i) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_M \quad i=1,2,\dots,n$$

Hedefimizdeki bulanıklığın giderilmesi için Tiwari, Dharmar ve Rao' nun Toplamsal Model yaklaşımını kullanırsak hedefimizin yeni yapısı;

$$\mu_3 = 1 + \frac{b_M - (\sum_{i=1}^n M_i * X_i) / \sum_{i=1}^n X_i}{t_M^+} \quad i=1,2,\dots,n$$

4. Silika Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * SiO_{2(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \approx b_{SiO_2} \quad i=1,2,\dots,n$$

Hedefimizdeki bulanıklığın giderilmesi için Tiwari, Dharmar ve Rao' nun Toplamsal Model yaklaşımını kullanırsak hedefimizin yeni yapısı;

$$\mu_4 = 1 + \frac{b_{SiO_2} - (\sum_{i=1}^n SiO_{2(i)} * X_i) / \sum_{i=1}^n X_i}{t_{SiO_2}^+} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\mu_{4'} = 1 - \frac{b_{SiO_2} - (\sum_{i=1}^n SiO_{2(i)} * X_i) / \sum_{i=1}^n X_i}{t_{SiO_2}^-} \quad i=1,2,\dots,n$$

5. Mangan Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Mn_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \geq b_{Mn} \quad i=1,2,\dots,n$$

Hedefimizdeki bulanıklığın giderilmesi için Tiwari, Dharmar ve Rao' nun Toplamsal Model yaklaşımını kullanırsak hedefimizin yeni yapısı;

$$\mu_5 = 1 - \frac{b_{Mn} - (\sum_{i=1}^n Mn_{(i)} * X_i) / \sum_{i=1}^n X_i}{t_{Mn}^-} \quad i=1,2,\dots,n$$

6. Kükürt Oranı Hedefi;

$$(\sum_{i=1}^n X_i * S_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_S \quad i=1,2,\dots,n$$

Hedefimizdeki bulanıklığın giderilmesi için Tiwari, Dharmar ve Rao' nun Toplamsal Model yaklaşımını kullanırsak hedefimizin yeni yapısı;

$$\mu_6 = 1 + \frac{b_S - (\sum_{i=1}^n S_i * X_i) / \sum_{i=1}^n X_i}{t_S^+} \quad i=1,2,\dots,n$$

Önceliklendirme için;

Öncelikli hedef programlamadaki temel fikir, ilk öncelikli hedef(ler)in sonraki öncelik seviyeli hedef(ler)den önce başarılmasıdır.

Sistem kısıtları;

$$(\sum_{i=1}^n X_i) * P = TP \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * K_2O_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{K_2O} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Na_2O_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Na_2O} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Zn_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Zn} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$(\sum_{i=1}^n X_i * Cu_{(i)}) / \sum_{i=1}^n X_i \leq b_{Cu} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$X_i \leq S_i \quad i=1,2,\dots,n$$

$$X_i \geq K_i \quad i=1,2,\dots,n$$

$$0 \leq \mu_m \leq 1 \quad m=1,2,\dots,5$$

Burada $x_1, x_2, \dots, x_n$; $t_C^+, t_{Fe}^-, t_M^+, t_{SiO_2}^+, t_{SiO_2}^-, t_{Mn}^-, t_S^+$ ve $b_{Fe}, b_M, b_{SiO_2}, b_{Mn}, b_S, b_{K_2O}, b_{Na_2O}, b_{Zn}, b_{Cu}$ negatif olmayan reel sayılardır.

Amaç fonksiyonu;

Tiwari, Dharmar ve Rao' nun Toplamsal Model yaklaşımında çözüm vektörü x' in bulanık hedeflere üye olma derecesi maksimize edilir. Bulanık hedefler arasında önceliklendirme

yapılmış ve birinci hedef diğer hedeflerin hepsine, 2. hedef ise birinci hedef dışındaki diğer hedeflere göre önceliklendirilmiştir. Bulanık hedef programlama modeline ilişkin amaç fonksiyonunun aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{Max } Z = \mu_i$$

“Tiwari-Dharmar ve Rao”, yaklaşımı ile öncelikli bulanık hedef programlama modeli kurulmuştur.





7. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Model, tesiste herhangi t anında stokta bulunması muhtemel olan cevher stoklarına göre sinter üretimi için oluşturulacak harmanın cevher karışımının tespiti yapacak şekilde dizayn edilecektir. t anında toplam 23 kalem cevher yer almakta ve $X_1, X_2, \dots, X_{23}$ olarak ifade edilmektedir.

Çizelge 7.1’de cevher çeşitleri ile ilgili kimyasal bilgiler verilmektedir.

Çizelge 7.1. Cevherlerin kimyasal özellikleri

	Nem (%)	Fe (%)	SiO ₂ (%)	Mn (%)	S (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	Zn (%)	Cu (%)
X ₁	7,61	58,11	6,63	0,98	0,09	0,13	0,11	0,01	0,04
X ₂	7,80	66,08	1,37	0,43	0,01	0,01	0,12	0,01	0,04
X ₃	5,62	61,39	9,78	0,12	0,01	0,01	0,07	0,01	0,04
X ₄	3,24	61,11	10,12	0,03	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04
X ₅	7,61	58,11	6,63	0,98	0,09	0,13	0,11	0,01	0,04
X ₆	4,41	51,65	6,76	0,05	0,01	0,09	0,09	0,01	0,03
X ₇	5,82	56,39	11,91	0,01	0,30	0,02	0,08	0,01	0,03
X ₈	8,61	54,63	8,56	0,90	0,45	0,15	0,06	0,01	0,03
X ₉	6,17	55,50	9,16	0,16	1,06	0,04	0,10	0,02	0,04
X ₁₀	9,81	50,86	8,41	1,25	0,28	0,24	0,07	0,06	0,05
X ₁₁	2,71	55,58	7,79	0,07	0,34	0,15	0,08	0,01	0,03
X ₁₂	11,03	54,25	8,06	1,13	0,02	0,21	0,07	0,01	0,03
X ₁₃	3,63	64,36	4,30	0,05	0,06	0,24	0,08	0,01	0,03
X ₁₄	5,63	52,30	10,41	0,23	2,38	0,14	0,08	0,05	0,08
X ₁₅	6,53	56,90	8,73	0,23	0,27	0,16	0,06	0,06	0,08
X ₁₆	2,69	53,86	8,99	0,32	0,32	0,06	0,07	0,05	0,04
X ₁₇	3,81	52,57	6,08	0,44	2,46	0,18	0,07	0,02	0,04
X ₁₈	2,32	51,65	10,48	0,19	0,60	0,03	0,06	0,03	0,04
X ₁₉	2,22	40,31	2,67	4,08	0,27	0,15	0,05	0,05	0,04
X ₂₀	5,63	55,23	10,33	0,23	0,49	0,08	0,08	0,04	0,06
X ₂₁	11,03	54,25	8,06	1,13	0,02	0,21	0,07	0,01	0,03
X ₂₂	1,10	41,15	0,70	3,78	0,44	0,09	0,07	0,04	0,04
X ₂₃	2,22	40,31	2,67	4,08	0,27	0,15	0,05	0,05	0,04

Ayrıca cevherlere ait tahmini ortalama fabrika teslim maliyetleri (ürün+taşımacılık) ile bahsedilen zaman diliminde mevcut olan fiziki stok miktarı da Çizelge 7.2’de yer almaktadır.

Çizelge 7.2. Cevherlerin maliyetleri ve stok durumu

Cevher		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Maliyet	(\$/Ton)	59,92	94,46	79,06	79,07	66,20
Stok	(Ton)	10.070	359.889	31	51.404	45.145
Cevher		X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
Maliyet	(\$/Ton)	45,86	37,26	44,99	41,96	25,13
Stok	(Ton)	32.449	32.946	212.961	14.953	9.627
Cevher		X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
Maliyet	(\$/Ton)	41,33	44,67	60,24	29,32	41,21
Stok	(Ton)	3.577	92.752	43.534	9.955	157.330
Cevher		X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀
Maliyet	(\$/Ton)	26,34	39,13	38,76	33,18	40,74
Stok	(Ton)	42	155	169.798	261.460	89.078
Cevher		X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃		
Maliyet	(\$/Ton)	45,83	36,65	25,50		
Stok	(Ton)	77.272	997	1.988		

Ayrıca X₇ hammaddesi için 10.000 ton, X₁₃ hammaddesi için 5.000 ton ve X₁₅ hammaddesi için ise 50.000 ton ürün kullanım zorunluluğu bulunmaktadır. Diğer hammaddeler için herhangi bir “*en az kullanılması zorunlu miktar*” kısıtı bulunmamaktadır.

Modellerdeki hedefler belirlenirken, üretim performansını ve kalitesini doğrudan etkileyen özellikler ve maliyet göz önünde bulundurulmuştur. 1. hedef olan ton ürün başına maliyet; bütçe değerleri ve cevher borsası özelinde yapılan tahminler baz alınarak t anı için belirlenmiştir. Maliyet hedefi için bütçelenmiş değerler ve bütçe için katlanılabilir

maksimum sapmalar göz önünde bulundurulmuştur. 2. hedef olan tenör oranı (%Fe); cevherin kalitesini belirleyen en önemli parametredir. Çelik üretimi amacıyla kullanılan cevher harman tenörünün %55 Fe olması beklenmektedir. Bu iki hedef için, hedef değerleri ve toleranslar belirlenirken ilgili veriler ışığında karar vericilerce değerler önerilmiştir. Diğer bulanık hedefler olan nem, silika, mangan ve kükürt oranları için hedeflerin ve toleransların belirlenmesinde, İPK yöntemleri ile tanımlanmış çalışılabilir koşullar baz alınmıştır. Ağırlıklandırmalar ve önceliklendirmeler ise dilsel değişkenler ile belirlenmiştir.

Çizelge 7.3 'de ise bulanık hedef olarak belirlenen altı adet hedefe ait bulanık hedefler ve bu hedeflerden kabul edilebilir sapma toleransları verilmektedir.

Çizelge 7.3. Bulanık hedef ve tolerans değerleri

1. Hedef	2. Hedef	3. Hedef	4. Hedef	5. Hedef	6. Hedef
b_C	b_{Fe}	b_M	b_{SiO_2}	b_{Mn}	b_S
38	55	6	6	0,5	0,45
t_C^+	t_{Fe}^-	t_M^+	$t_{SiO_2}^+$ $t_{SiO_2}^-$	t_{Mn}^-	t_S^+
5	2	0,5	3 4	0,05	0,05

Ayrıca bulanık olmayan diğer sistem kısıtları için;

$$b_{K_2O} ; 0,175$$

$$b_{Na_2O} ; 0,1$$

$$b_{Zn} ; 0,04$$

$b_{Cu} ; 0,05$ değerleri belirlenmiştir. Ürün hedefi 200.000 ton olarak modellenmiş ve %96 verimle hazırlanması gereken harman miktarı 208.333 ton olmuştur.

“Tiwari, Dharmar ve Rao”, yaklaşımı ile öncelikli bulanık hedef programlama modeli kurulmuştur. Öncelikler ise birinci bulanık hedefin (maliyet hedefi) diğer hepsinden, ikinci

bulanık hedefin (tenör hedefi) ise birinci dışındaki diğer tüm bulanık hedeflerden öncelikli olduğu kabul edilmiştir.

“Kim ve Whang”, yaklaşımı ile ise ağırlıklı bulanık hedef programlama modeli kurulmuştur. Birinci bulanık hedefin (maliyet hedefi) ağırlığı 2, ikinci bulanık hedefin ağırlığı ise 1,5 ve diğer tüm bulanık hedeflerin ağırlıkların eşit ve 1 olduğu kabul edilmiştir.

Lingo programı kullanılarak çözülen yaklaşımlara dair veri setleri Ek 1. ve Ek 2.’de yer almaktadır.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kurumların en önemli sorunlarından biri, birbiriyle çelişen çoklu hedefli süreçlerin optimize edilmesidir. Karmaşık gündelik hayat problemleri için daha esnek modeller oluşturulabilmesi nedeniyle bulanık küme teorisi, belirsizliklerin ele alınmasında ve tanımlanmasında uygun bir yapı sağlamıştır. Bulanık modeller; karar vericilerin kesin olmayan hedef değerlerini, bulanık hedef programlama yaklaşımları kullanılarak modele dâhil etmelerine olanak sağlamışlardır.

Harman ve karışım problemleri genellikle bir veya birden fazla nihai ürünün elde edilmesi için çok sayıda hammadde/ara ürün karıştırılması esasına dayanmaktadır. Burada girdiler için, ürün kalitesini ve çıktının miktarlarını etkileyen kısıtlayıcı şartlar bulunmaktadır. Ayrıca nihai ürünün elde edilmesi için farklı koşullara bağımlı girdiler çok sayıda dizimde ve oranda harmanlanabilirler. Bu sebeple, harman problemini önceden belirlenmiş amacı optimize edecek bir şekilde tasarlamak gerekmektedir.

Bu çalışmada; harmanlama, üretim, satın alma gibi kurum politikalarının yönlendirilmesi ve optimizasyonunda, yöneticilerin kullanabilecekleri güçlü bir karar verme aracı olması için bir hammadde seçim/karışım problemini ele alınarak, eşit ağırlığı ve aynı önceliği olmayan üyelik fonksiyonlarına sahip bulanık hedef programlama yaklaşımıyla çok amaçlı matematiksel modeller geliştirilmiş ve çözülmüştür.

Her iki model de Lingo Paket programı kullanılarak çözülmüştür. Çözüm zamanı Kim ve Whang”, yaklaşımı ile ağırlıklı bulanık hedef programlama modeli için 1,25 saniye iken Tiwari-Dharmar ve Rao”, yaklaşımı ile öncelikli bulanık hedef programlama modeli için ortalama 1,45 saniyedir. Program çıktılarından duyarlılık analiz sonuçları ve fırsat maliyetleri incelenmiştir.

Yaklaşımlara ait çözüm değerleri Çizelge 8.1’de yer almaktadır.

Çizelge 8.1. Bulanık hedef programlama çözümlerinin karşılaştırması-1

Amaç Fonksiyonu Değerleri	Ağırlıklı Bulanık Hedef Programlama Modeli	Öncelikli Bulanık Hedef Programlama Modeli
	Kim ve Whang	Tiwari, Dharmar ve Rao
Maliyet	40,4	43,0
Tenör Oranı	55,0	53,0
Nem Oranı	6,0	4,8
Silika Oranı	8,8	5,8
Mangan Oranı	0,5	1,5
Kükürt Oranı	0,4	0,2

Diğer parametreler için sonuçlar ise Çizelge 8.2’de yer almaktadır.

Çizelge 8.2. Bulanık hedef programlama çözümlerinin karşılaştırması-2

	Ağırlıklı Bulanık Hedef Programlama Modeli	Öncelikli Bulanık Hedef Programlama Modeli
	Kim ve Whang	Tiwari, Dharmar ve Rao
K ₂ O (%)	0,126	0,167
Na ₂ O (%)	0,070	0,066
Zn(%)	0,035	0,040
Cu(%)	0,052	0,051

Ton ürün başına maliyet ve tenör hedefleri için ağırlıklı bulanık hedef programlama modeli (Kim ve Whang yaklaşımı) daha iyi sonuçlar verirken nem, silika, mangan ve kükürt oranlarında öncelikli bulanık hedef programlama modeli (Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımı) daha iyi sonuçlar vermiştir.

Öncelik ve ağırlık olarak ilk hedef olan ton ürün başına maliyet hedefi için çözüm sonuçlarına göre Kim ve Whang yaklaşımı kullanılarak oluşturulan modele ait λ değeri 0,52 iken Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımı kullanılarak oluşturulan modele ait λ değeri 0,00’dır. Bu değer elde edilen çözüm sonuçlarının karar kümesine ne kadar uyum gösterdiğini belirten değerdir. 0 ile 1 arasında değişen λ değeri, 1’e yaklaştığında elde edilen sonuçların optimalitesinin daha da yüksek olduğunu göstermektedir. İki çözüm sonucu karşılaştırıldığında, iki model için de aynı olan bulanık karar kümesi için daha yüksek sonuç veren çözüme Kim ve Whang yaklaşımı kullanılarak ulaşılmıştır.

Modelin çözümünde kullanılan yaklaşımlara özgü parametrelerin değerleri Çizelge 8.3’de verilmiştir:

Çizelge 8.3. Yaklaşımlara özgü parametreler

Ağırlıklı Bulanık Hedef Programlama Modeli	Öncelikli Bulanık Hedef Programlama Modeli
Kim ve Whang	Tiwari, Dharmar ve Rao
β_1	λ_1
β_2	λ_2
β_3	λ_3
β_4	λ_4
β_5	λ_5
β_6	λ_6

Bu çalışmada karar vericilerin kesin olmayan hedef değerlerini modele dâhil edebilmek amacıyla bulanık hedef programlama yaklaşımları kullanılmıştır. Belirsizliği tanımlarken model iki farklı yöntemle çözülmüş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Klasik mantık ve matematiksel modellerin yanı sıra bulanık hedef programlamanın daha anlamlı sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür. Günümüzde özellikle demir çelik üretimi gibi komplike üretim sistemlerin değerlendirilmesinde, tolerans değerlerinin bulanık mantık içindeki verdiği avantajı kullanmamak büyük bir eksiklik olacaktır.

İlerde yapılacak olan çalışmalarda entegre demir çelik tesislerinin, ardışık diğer üretim süreçleri de modellenerek master bir model oluşturulabilir. Ayrıca ağırlıklı ve öncelikli bulanık programlama modelleri kullanılırken karşılaştırma açısından aynı yaklaşımdan faydalanılabilir. Ayrıca, farklı uygulamalarda farklı belirsizlik türleri modele dahil edilerek literatüre katkı yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Aierxiati, A. (2014). *Bulanık Doğrusal Regresyon Yöntemi ile Talep Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 50-60.
- Akın, H. S. (2011). *Fuzzy Hedef Programlama ve Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta, 5-36.
- Akyüz, H. İ. (2006). *Hedef Programlama ile Portföy Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 20-23.
- Alp, S. (2008). Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13, 73-91.
- Ayan, T. (2009). Toplam Üretim Planlaması Problem İçin Bir Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 34(1), 69-90.
- Baykal, N., Beyan, T. (2014). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Ankara: Bıçaklar Kitapevi, 26-37.
- Bellman, R., Zadeh, L. (1970). Decision Making in a Fuzzy Environment, *Management Sciences*, 17, 141-164.
- Buckley, J. J. (2006). Fuzzy Probability and Statistics, *University of Alabama at Birmingham*.
- Chen, L., Tsai, F. (2001). Fuzzy Goal Programming with Different, *European Journal of Operational Research*. 548-556.
- Chen, Y., Chen, L., Chien, Y. (2007). A Fuzzy Goal Programming Approach to Multi-Objective Optimization Problem with Priorities, *European Journal of Operational Research*. 176, 1319-1333.
- Cinemre, N. (2004), *Yöneylem Araştırması, 2.Baskı*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Dağdeviren, M., Eren, T. (2001). Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2), 41-52.
- Dağdeviren, M., Akar, D., Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme, Faktör Derece Puanlarının Belirlenmesinde Hedef Programlama Yönteminin Kullanılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 19, 1, 89-95.
- Dean, B., Schnienderjans, Y. (1990). A Goal Programming Approach To Production Planning For Flexible Manufacturing Systems, *Journal of Engineering Technology Management*, 207-220.

- Eranıl, B. (2008). *Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ve Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 34-45.
- Ertuğrul, İ. (2005). Bulanık Hedef Programlama Ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama Örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 45-79.
- Evren, R., Ülengin, F. (1992). *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 120-124.
- Fabian, T. (1958). A Linear Programming Model of Integrated Iron and Steel Production, *Management Science*, 415-449.
- Francisco, S., Marins, F. (2014). A Fuzzy Goal Programming Model for Solving Aggregate Production-Planning Problems under uncertainty. *A Case Study in a Brazilian Sugar Mill*, *Energy Economics*, 24 (2); 345-349.
- Ghosh, D., Dinesh, K. (2005). Goal Programming Formulation in Nutrient Management for Rice Production in West Bengal, *International Journal of Production Economics*, 1-7.
- Golany, B., Yu, G. (1995). A Goal Programming-Discriminant Function Approach to The Estimation of An Empirical Production Function Based On DEA Results. *Journal of Productivity Analysis*, 6, 171-186.
- Gürdoğan, N. (1981). Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Sektöründe Bir Uygulama. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları*, Ankara, 12(1-2), 23-45.
- Gyu, C., John, E. (2000). An Application of Zero-One Goal Programming in Project Selection and Resource Planning – A Case Tudy From The Woodward Governor Company. *Computers Operations Research*, 27, 1389-1408.
- Hannan, E. (1981). On Fuzzy Goal Programming., *Decision Sciences*, 12(3), 523-531.
- Hasdemir, A. (2013). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 67-71.
- Ignizio, J. P. (1976). *Goal Programming and Extensions*. Lexington: Lexington Books, 24-56.
- Jana, R. K., Sanyal, M., Chakrabarti, S. (2016). Binary Fuzzy Goal Programming for Effective Utilization of IT Professionals. *Proceedings of the First International Conference on Intelligent Computing and Communication*, 395-405.
- Jana, R., Sharma, D., Chakraborty, B. (2017). Distance Function and Fuzzy Goal Programming Models for Effective Shopping Mall Management. *International Journal of Management and Decision Making*, 16, 428 - 444.
- Jayaraman, R., Liuzzi, D., Colapinto, C., Malik, T. (2017). A fuzzy goal programming model to analyze energy, environmental and sustainability goals of the United Arab Emirates. *Annals of Operations Research*, 251, 255–270.

- Jung, H. (2011). A Fuzzy AHP–GP Approach For Integrated Production-Planning Considering Manufacturing Partners. *Expert Systems with Applications*, 38, 5833-5840.
- Karahan, Ç. (2007). *Bulanık Küme Teorisiyle Yüksek Seviyede Buzlanma Potansiyelini Tahmin Eden Program Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 23-45.
- Kim, J. S., Whang, K. S. (1998). A Tolerance Approach to The Fuzzy Goal Programming Problems with Unbalanced Triangular Membership Funtion, *European Journal of Operational Research*, 107, 614-624.
- Lee, J., Kim, S. (2000). Using Analytic Network Process and Goal Programming For Interdependent Information System Project Selection, *Computers Operations research*, 367-382.
- McKeown, D., Patrick, G. (1981). *Quantitative Models for Management*, Boston: Kent Publishing Company.
- Mubiru, P. (2010). A Goal Programming Model For Allocating Time and Cost in Project Management, *Proceedings of the 6th ORSEA Conference - 14-15 October*. Kampala.
- Nazari-Shirkouhi, S., Shakouri, H., Javadi, B., Keramati, A. (2013). A Supplier and Order Allocation Problem Using a Two Phase Fuzzy Multi Objective Linear Programming, *Applied Mathematical Modelling*, 9308-9323.
- Negoita, C., Sularia, M. (1976). On fuzzy Mathematical Programming and Tolerances in Planning, *Economic Computer and Economic Cybernetic Studies and Researches*, 3-14.
- Özkan, M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama*. Bursa: Ekin Kitabevi, 11-17.
- Özkan, M. (2014). *Bulanık Hedef Programlama ve Bir İşletme Üzerinde Uygulama*, Yayımlanmış Doktora Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul, 32-39.
- Öztürk, A. (2007). *Yöneylem Araştırması, Genişletilmiş 9. Baskı*. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Romero, C. (1992). *Hvebook of Critical Issues in Goal Programming*. New York: Pergamon Pres, 56-78.
- Schniederjans, M. J. (1984). *Linear Goal Programming*. New Jersey: Petrocelli Books.
- Sel, A., Bircan, H. (2018). Bir Kimya Firması Hedeflerinin Bulanık Hedef Programlama İle Değerlendirilmesinde Kim Whang Yaklaşımı, *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 497-510.
- Sheikhalishahi, M., Torabi, S. A. (2014). Maintenance Supplier Selection Considering Life Cycle Costs and Risks: A Fuzzy Goal Programming Approach, *International Journal of Production Research*, 1-16.

- Steuer, R. E. (1986). *Multiple Criteria Optimization : Theory, Computation and Application* . Canada: John Wiley Sons Inc, 234-245.
- Subulan, K., Taşan, S., Baykasoğlu, A. (2015). A fuzzy goal programming model to strategic planning problem of a lead/acid battery closed-loop supply chain, *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 243-264.
- Şen, Z. (2001). *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*. İstanbul: Bilge Kültür Sanat Yayınevi, 23-36.
- Temiz, İ. (1998). *Seri İş Akışlı Çizelgeleme için Bulanık Dal-Sınır Algoritması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 34-37.
- Tiwari, R. D. (1987). Fuzzy Goal Programming-An Additive Model, *Fuzzy Sets and Systems*, 24, 27-34.
- Torabi, S., Hassini, E. (2009). Modeling Supply-Chain Planning Under Demand Uncertainty Using Stochastic Programming: A Survey Motivated By Asset–Liability Management. *International Journal of Production Economics*, 728-738.
- Tuş, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama Ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Denizli, 34-46.
- Vatansever, R. (2008). *Proje Planlamasında Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 34-41.
- Wang, T., Yang, Y. (2009). A Fuzzy Model For Supplier Selection In Quantity Discount Environments. *Expert System Application*, 12179-12187.
- Weber, C., Current, J., Benton, W. (1991). Vendor selection criteria and methods. *Eur. J. Oper. Res.*, 2-18.
- Wiedey, G., Zimmermann, H. (1978). Media Selection and Fuzzy Linear Programming . *The Journal of the Operational Research Society*, 29(11), 1071-1084 .
- Yang, T. I.-J. (1991). Fuzzy Programming with Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation. *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 39-53.
- Zadeh, L. (1962). From Circuit Theory to System Theory. *Proceedings of Institute of Radio Engineering*, 50,, 856-865. Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 338-353.
- Zeleny, M. (1973). *Multiple Criteria Decision Making*. NewYork: McGraw-Hill Book Company, 102-105.
- Zimmermann, H. J. (1987). *Fuzzy Set Theory and its Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 65-69.
- Zimmermann, H. J. (1974). *Optimization in Fuzzy Environment*. Presented at XXI International TIMES and 46th ORSA Conference . San Juan.

Zimmermann, H. J. (1976). Description and Optimization of Fuzzy Sets, *International Journal of General Systems*, 209-215 .







EK-1. Yaklaşım I'in LİNGO paket programında gösterimi

$$\text{Min} = 2*b_1 + 1.5*b_2 + b_3 + b_5 + b_6 + b_4 + b_4';$$

$$((59.92*X_1 + 94.46*X_2 + 79.06*X_3 + 79.07*X_4 + 66.20*X_5 + 45.86*X_6 + 37.26*X_7 + 44.99*X_8 + 41.96*X_9 + 25.13*X_{10} + 41.33*X_{11} + 44.67*X_{12} + 60.24*X_{13} + 29.32*X_{14} + 41.21*X_{15} + 26.34*X_{16} + 39.13*X_{17} + 38.76*X_{18} + 33.18*X_{19} + 40.74*X_{20} + 45.83*X_{21} + 36.65*X_{22} + 25.50*X_{23})/2000000) - b_1 * 5 \leq 38;$$

$$((58.11*X_1 + 66.08*X_2 + 61.39*X_3 + 61.11*X_4 + 58.11*X_5 + 51.65*X_6 + 56.39*X_7 + 54.63*X_8 + 55.50*X_9 + 50.86*X_{10} + 55.58*X_{11} + 54.25*X_{12} + 64.36*X_{13} + 52.30*X_{14} + 56.90*X_{15} + 53.86*X_{16} + 52.57*X_{17} + 51.65*X_{18} + 40.31*X_{19} + 55.23*X_{20} + 54.25*X_{21} + 41.15*X_{22} + 40.31*X_{23})/208333) + b_2 * 2 \geq 55;$$

$$((7.61*X_1 + 7.80*X_2 + 5.62*X_3 + 3.24*X_4 + 7.61*X_5 + 4.41*X_6 + 5.82*X_7 + 8.61*X_8 + 6.17*X_9 + 9.81*X_{10} + 2.71*X_{11} + 11.03*X_{12} + 3.63*X_{13} + 5.63*X_{14} + 6.53*X_{15} + 2.69*X_{16} + 3.81*X_{17} + 2.32*X_{18} + 2.22*X_{19} + 5.63*X_{20} + 11.03*X_{21} + 1.10*X_{22} + 2.22*X_{23})/208333) - b_3 * 0.5 \leq 6;$$

$$((0.98*X_1 + 0.43*X_2 + 0.12*X_3 + 0.03*X_4 + 0.98*X_5 + 0.05*X_6 + 0.01*X_7 + 0.90*X_8 + 0.16*X_9 + 1.25*X_{10} + 0.07*X_{11} + 1.13*X_{12} + 0.05*X_{13} + 0.23*X_{14} + 0.23*X_{15} + 0.32*X_{16} + 0.44*X_{17} + 0.19*X_{18} + 4.08*X_{19} + 0.23*X_{20} + 1.13*X_{21} + 3.78*X_{22} + 4.08*X_{23})/208333) + b_5 * 0.05 \geq 0.5;$$

$$((0.09*X_1 + 0.01*X_2 + 0.01*X_3 + 0.01*X_4 + 0.09*X_5 + 0.01*X_6 + 0.30*X_7 + 0.45*X_8 + 1.06*X_9 + 0.28*X_{10} + 0.34*X_{11} + 0.02*X_{12} + 0.06*X_{13} + 2.38*X_{14} + 0.27*X_{15} + 0.32*X_{16} + 2.46*X_{17} + 0.60*X_{18} + 0.27*X_{19} + 0.49*X_{20} + 0.02*X_{21} + 0.44*X_{22} + 0.27*X_{23})/208333) - b_6 * 0.05 \leq 0.45;$$

$$(0.13*X_1 + 0.01*X_2 + 0.01*X_3 + 0.03*X_4 + 0.13*X_5 + 0.09*X_6 + 0.02*X_7 + 0.15*X_8 + 0.04*X_9 + 0.24*X_{10} + 0.15*X_{11} + 0.21*X_{12} + 0.24*X_{13} + 0.14*X_{14} + 0.16*X_{15} + 0.06*X_{16} + 0.18*X_{17} + 0.03*X_{18} + 0.15*X_{19} + 0.08*X_{20} + 0.21*X_{21} + 0.09*X_{22} + 0.15*X_{23})/208333 \leq 0.175;$$

EK-1. (devam) Yaklaşım I'in LİNGO paket programında gösterimi

$$(0.11*X1+0.12*X2+0.07*X3+0.04*X4+0.11*X5+0.09*X6+0.08*X7+0.06*X8+0.10*X9+0.07*X10+0.08*X11+0.07*X12+0.08*X13+0.08*X14+0.06*X15+0.07*X16+0.07*X17+0.06*X18+0.05*X19+0.08*X20+0.07*X21+0.07*X22+0.05*X23)/208333 \leq 0.1;$$

$$((0.01*X1+0.01*X2+0.01*X3+0.01*X4+0.01*X5+0.01*X6+0.01*X7+0.01*X8+0.02*X9+0.06*X10+0.01*X11+0.01*X12+0.01*X13+0.05*X14+0.06*X15+0.05*X16+0.02*X17+0.03*X18+0.05*X19+0.04*X20+0.01*X21+0.04*X22+0.05*X23)/208333) \leq 0.04;$$

$$(0.04*X1+0.04*X2+0.04*X3+0.04*X4+0.04*X5+0.03*X6+0.03*X7+0.03*X8+0.04*X9+0.05*X10+0.03*X11+0.03*X12+0.03*X13+0.08*X14+0.08*X15+0.04*X16+0.04*X17+0.04*X18+0.04*X19+0.06*X20+0.03*X21+0.04*X22+0.04*X23)/208333 \leq 0.05;$$

$$((6.63*X1+1.37*X2+9.78*X3+10.12*X4+6.63*X5+6.76*X6+11.91*X7+8.56*X8+9.16*X9+8.41*X10+7.79*X11+8.06*X12+4.30*X13+10.41*X14+8.73*X15+8.99*X16+6.08*X17+10.48*X18+2.67*X19+10.33*X20+8.06*X21+0.70*X22+2.67*X23)/208333)-3*b4+4*b4'=6;$$

$$X1 \leq 10070.20;$$

$$X2 \leq 359888.67;$$

$$X3 \leq 30.63;$$

$$X4 \leq 51404.04;$$

$$X5 \leq 45144.77;$$

$$X6 \leq 32449.04;$$

$$X7 \leq 32945.55;$$

$$X8 \leq 212961.32;$$

$$X9 \leq 14953.44;$$

$$X10 \leq 9627.29;$$

$$X11 \leq 3577.43;$$

$$X12 \leq 92751.78;$$

$$X13 \leq 43534.22;$$

$$X14 \leq 9954.59;$$

$$X15 \leq 157329.87;$$

$$X16 \leq 41.74;$$

$$X17 \leq 154.96;$$

EK-1. (devam) Yaklaşım I'in LİNGO paket programında gösterimi

$X_{18} \leq 169798.46;$

$X_{19} \leq 261459.71;$

$X_{20} \leq 89078.35;$

$X_{21} \leq 77272.47;$

$X_{22} \leq 996.85;$

$X_{23} \leq 1987.65;$

$X_7 \geq 10000;$

$X_{13} \geq 5000;$

$X_{15} \geq 50000;$

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} = 208333;$

$X_1 \geq 0;$

$X_2 \geq 0;$

$X_3 \geq 0;$

$X_4 \geq 0;$

$X_5 \geq 0;$

$X_6 \geq 0;$

$X_7 \geq 0;$

$X_8 \geq 0;$

$X_9 \geq 0;$

$X_{10} \geq 0;$

$X_{11} \geq 0;$

$X_{12} \geq 0;$

$X_{13} \geq 0;$

$X_{14} \geq 0;$

$X_{15} \geq 0;$

$X_{16} \geq 0;$

$X_{17} \geq 0;$

$X_{18} \geq 0;$

$X_{19} \geq 0;$

$X_{20} \geq 0;$

$X_{21} \geq 0;$

$X_{22} \geq 0;$

$X_{23} \geq 0;$

$b_1 \geq 0;$

$b_2 \geq 0;$

$b_3 \geq 0;$

$b_5 \geq 0;$

$b_6 \geq 0;$

$b_4 \geq 0;$

$b_4' \geq 0;$

$b_1 \leq 1;$

$b_2 \leq 1;$

$b_3 \leq 1;$

$b_5 \leq 1;$

$b_6 \leq 1;$

$b_4 \leq 1;$

$b_4' \leq 1;$

EK-1. (devam) Yaklaşım I'in LİNGO paket programında gösterimi

END



EK-2. Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

//1. öncelikli hedef

Max = a1;

$$((59.92*X1+94.46*X2+79.06*X3+79.07*X4+66.20*X5+45.86*X6+37.26*X7+44.99*X8+41.96*X9+25.13*X10+41.33*X11+44.67*X12+60.24*X13+29.32*X14+41.21*X15+26.34*X16+39.13*X17+38.76*X18+33.18*X19+40.74*X20+45.83*X21+36.65*X22+25.50*X23)/200000)-a1*5 \leq 38;$$

$$((58.11*X1+66.08*X2+61.39*X3+61.11*X4+58.11*X5+51.65*X6+56.39*X7+54.63*X8+55.50*X9+50.86*X10+55.58*X11+54.25*X12+64.36*X13+52.30*X14+56.90*X15+53.86*X16+52.57*X17+51.65*X18+40.31*X19+55.23*X20+54.25*X21+41.15*X22+40.31*X23)/208333)+a2*2 \geq 55;$$

$$((7.61*X1+7.80*X2+5.62*X3+3.24*X4+7.61*X5+4.41*X6+5.82*X7+8.61*X8+6.17*X9+9.81*X10+2.71*X11+11.03*X12+3.63*X13+5.63*X14+6.53*X15+2.69*X16+3.81*X17+2.32*X18+2.22*X19+5.63*X20+11.03*X21+1.10*X22+2.22*X23)/208333)-a3*0.5 \leq 6;$$

$$((0.98*X1+0.43*X2+0.12*X3+0.03*X4+0.98*X5+0.05*X6+0.01*X7+0.90*X8+0.16*X9+1.25*X10+0.07*X11+1.13*X12+0.05*X13+0.23*X14+0.23*X15+0.32*X16+0.44*X17+0.19*X18+4.08*X19+0.23*X20+1.13*X21+3.78*X22+4.08*X23)/208333)+a5*0.05 \geq 0.5;$$

$$((0.09*X1+0.01*X2+0.01*X3+0.01*X4+0.09*X5+0.01*X6+0.30*X7+0.45*X8+1.06*X9+0.28*X10+0.34*X11+0.02*X12+0.06*X13+2.38*X14+0.27*X15+0.32*X16+2.46*X17+0.60*X18+0.27*X19+0.49*X20+0.02*X21+0.44*X22+0.27*X23)/208333)-a6*0.05 \leq 0.45;$$

$$(0.13*X1+0.01*X2+0.01*X3+0.03*X4+0.13*X5+0.09*X6+0.02*X7+0.15*X8+0.04*X9+0.24*X10+0.15*X11+0.21*X12+0.24*X13+0.14*X14+0.16*X15+0.06*X16+0.18*X17+0.03*X18+0.15*X19+0.08*X20+0.21*X21+0.09*X22+0.15*X23)/208333 \leq 0.175;$$

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

$$(0.11*X1+0.12*X2+0.07*X3+0.04*X4+0.11*X5+0.09*X6+0.08*X7+0.06*X8+0.10*X9+0.07*X10+0.08*X11+0.07*X12+0.08*X13+0.08*X14+0.06*X15+0.07*X16+0.07*X17+0.06*X18+0.05*X19+0.08*X20+0.07*X21+0.07*X22+0.05*X23)/208333 \leq 0.1;$$

$$((0.01*X1+0.01*X2+0.01*X3+0.01*X4+0.01*X5+0.01*X6+0.01*X7+0.01*X8+0.02*X9+0.06*X10+0.01*X11+0.01*X12+0.01*X13+0.05*X14+0.06*X15+0.05*X16+0.02*X17+0.03*X18+0.05*X19+0.04*X20+0.01*X21+0.04*X22+0.05*X23)/208333) \leq 0.04;$$

$$(0.04*X1+0.04*X2+0.04*X3+0.04*X4+0.04*X5+0.03*X6+0.03*X7+0.03*X8+0.04*X9+0.05*X10+0.03*X11+0.03*X12+0.03*X13+0.08*X14+0.08*X15+0.04*X16+0.04*X17+0.04*X18+0.04*X19+0.06*X20+0.03*X21+0.04*X22+0.04*X23)/208333 \leq 0.05;$$

$$((6.63*X1+1.37*X2+9.78*X3+10.12*X4+6.63*X5+6.76*X6+11.91*X7+8.56*X8+9.16*X9+8.41*X10+7.79*X11+8.06*X12+4.30*X13+10.41*X14+8.73*X15+8.99*X16+6.08*X17+10.48*X18+2.67*X19+10.33*X20+8.06*X21+0.70*X22+2.67*X23)/208333)-3*a4+4*a4'=6;$$

$$X1 \leq 10070.20;$$

$$X2 \leq 359888.67;$$

$$X3 \leq 30.63;$$

$$X4 \leq 51404.04;$$

$$X5 \leq 45144.77;$$

$$X6 \leq 32449.04;$$

$$X7 \leq 32945.55;$$

$$X8 \leq 212961.32;$$

$$X9 \leq 14953.44;$$

$$X10 \leq 9627.29;$$

$$X11 \leq 3577.43;$$

$$X12 \leq 92751.78;$$

$$X13 \leq 43534.22;$$

$$X14 \leq 9954.59;$$

$$X15 \leq 157329.87;$$

$$X16 \leq 41.74;$$

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

```

X17<=154.96;
X18<=169798.46;
X19<=261459.71;
X20<=89078.35;
X21<=77272.47;
X22<=996.85;
X23<=1987.65;
X7>=10000;
X13>=5000;
X15>=50000;
X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11+X12+X13+X14+X15+X16+X17+X18
+X19+X20+X21+X22+X23=208333;
X 1>=0;
X 2>=0;
X 3>=0;
X 4>=0;
X 5>=0;
X 6>=0;
X 7>=0;
X 8>=0;
X 9>=0;
X 10>=0;
X 11>=0;
X 12>=0;
X 13>=0;
X 14>=0;
X 15>=0;
X 16>=0;
X 17>=0;
X 18>=0;
X 19>=0;
X 20>=0;
X 21>=0;
X 22>=0;
X 23>=0;
a1>=0;
a2>=0;
a3>=0;
a5>=0;
a6>=0;
a4>=0;
a4'>=0;
a1<=1;
a2<=1;
a3<=1;
a5<=1;
a6<=1;
a4<=1;

```

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

a4'<=1;END

//2. öncelikli hedef

MaX = a2;

((59.92*X 1+94.46*X 2+79.06*X 3+79.07*X 4+66.20*X 5+45.86*X 6+37.26*X
7+44.99*X 8+41.96*X 9+25.13*X 10+41.33*X 11+44.67*X 12+60.24*X 13+29.32*X
14+41.21*X 15+26.34*X 16+39.13*X 17+38.76*X 18+33.18*X 19+40.74*X
20+45.83*X 21+36.65*X 22+25.50*X 23)/200000)-a1*5<=38;

((58.11*X 1+66.08*X 2+61.39*X 3+61.11*X 4+58.11*X 5+51.65*X 6+56.39*X
7+54.63*X 8+55.50*X 9+50.86*X 10+55.58*X 11+54.25*X 12+64.36*X 13+52.30*X
14+56.90*X 15+53.86*X 16+52.57*X 17+51.65*X 18+40.31*X 19+55.23*X
20+54.25*X 21+41.15*X 22+40.31*X 23)/208333)+a2*2>=55;

((7.61*X 1+7.80*X 2+5.62*X 3+3.24*X 4+7.61*X 5+4.41*X 6+5.82*X 7+8.61*X
8+6.17*X 9+9.81*X 10+2.71*X 11+11.03*X 12+3.63*X 13+5.63*X 14+6.53*X
15+2.69*X 16+3.81*X 17+2.32*X 18+2.22*X 19+5.63*X 20+11.03*X 21+1.10*X
22+2.22*X 23)/208333)-a3*0.5<=6;

((0.98*X 1+0.43*X 2+0.12*X 3+0.03*X 4+0.98*X 5+0.05*X 6+0.01*X 7+0.90*X
8+0.16*X 9+1.25*X 10+0.07*X 11+1.13*X 12+0.05*X 13+0.23*X 14+0.23*X
15+0.32*X 16+0.44*X 17+0.19*X 18+4.08*X 19+0.23*X 20+1.13*X 21+3.78*X
22+4.08*X 23)/208333)+a5*0.05>=0.5;

((0.09*X 1+0.01*X 2+0.01*X 3+0.01*X 4+0.09*X 5+0.01*X 6+0.30*X 7+0.45*X
8+1.06*X 9+0.28*X 10+0.34*X 11+0.02*X 12+0.06*X 13+2.38*X 14+0.27*X
15+0.32*X 16+2.46*X 17+0.60*X 18+0.27*X 19+0.49*X 20+0.02*X 21+0.44*X
22+0.27*X 23)/208333)-a6*0.05<=0.45;

(0.13*X 1+0.01*X 2+0.01*X 3+0.03*X 4+0.13*X 5+0.09*X 6+0.02*X 7+0.15*X
8+0.04*X 9+0.24*X 10+0.15*X 11+0.21*X 12+0.24*X 13+0.14*X 14+0.16*X
15+0.06*X 16+0.18*X 17+0.03*X 18+0.15*X 19+0.08*X 20+0.21*X 21+0.09*X
22+0.15*X 23)/208333<=0.175;

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

$$(0.11 * X_1 + 0.12 * X_2 + 0.07 * X_3 + 0.04 * X_4 + 0.11 * X_5 + 0.09 * X_6 + 0.08 * X_7 + 0.06 * X_8 + 0.10 * X_9 + 0.07 * X_{10} + 0.08 * X_{11} + 0.07 * X_{12} + 0.08 * X_{13} + 0.08 * X_{14} + 0.06 * X_{15} + 0.07 * X_{16} + 0.07 * X_{17} + 0.06 * X_{18} + 0.05 * X_{19} + 0.08 * X_{20} + 0.07 * X_{21} + 0.07 * X_{22} + 0.05 * X_{23}) / 208333 \leq 0.1;$$

$$((0.01 * X_1 + 0.01 * X_2 + 0.01 * X_3 + 0.01 * X_4 + 0.01 * X_5 + 0.01 * X_6 + 0.01 * X_7 + 0.01 * X_8 + 0.02 * X_9 + 0.06 * X_{10} + 0.01 * X_{11} + 0.01 * X_{12} + 0.01 * X_{13} + 0.05 * X_{14} + 0.06 * X_{15} + 0.05 * X_{16} + 0.02 * X_{17} + 0.03 * X_{18} + 0.05 * X_{19} + 0.04 * X_{20} + 0.01 * X_{21} + 0.04 * X_{22} + 0.05 * X_{23}) / 208333) \leq 0.04;$$

$$(0.04 * X_1 + 0.04 * X_2 + 0.04 * X_3 + 0.04 * X_4 + 0.04 * X_5 + 0.03 * X_6 + 0.03 * X_7 + 0.03 * X_8 + 0.04 * X_9 + 0.05 * X_{10} + 0.03 * X_{11} + 0.03 * X_{12} + 0.03 * X_{13} + 0.08 * X_{14} + 0.08 * X_{15} + 0.04 * X_{16} + 0.04 * X_{17} + 0.04 * X_{18} + 0.04 * X_{19} + 0.06 * X_{20} + 0.03 * X_{21} + 0.04 * X_{22} + 0.04 * X_{23}) / 208333 \leq 0.05;$$

$$((6.63 * X_1 + 1.37 * X_2 + 9.78 * X_3 + 10.12 * X_4 + 6.63 * X_5 + 6.76 * X_6 + 11.91 * X_7 + 8.56 * X_8 + 9.16 * X_9 + 8.41 * X_{10} + 7.79 * X_{11} + 8.06 * X_{12} + 4.30 * X_{13} + 10.41 * X_{14} + 8.73 * X_{15} + 8.99 * X_{16} + 6.08 * X_{17} + 10.48 * X_{18} + 2.67 * X_{19} + 10.33 * X_{20} + 8.06 * X_{21} + 0.70 * X_{22} + 2.67 * X_{23}) / 208333) - 3 * a_4 + 4 * a_4' = 6;$$

$$X_1 \leq 10070.20;$$

$$X_2 \leq 359888.67;$$

$$X_3 \leq 30.63;$$

$$X_4 \leq 51404.04;$$

$$X_5 \leq 45144.77;$$

$$X_6 \leq 32449.04;$$

$$X_7 \leq 32945.55;$$

$$X_8 \leq 212961.32;$$

$$X_9 \leq 14953.44;$$

$$X_{10} \leq 9627.29;$$

$$X_{11} \leq 3577.43;$$

$$X_{12} \leq 92751.78;$$

$$X_{13} \leq 43534.22;$$

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

$X_{14} \leq 9954.59;$

$X_{15} \leq 157329.87;$

$X_{16} \leq 41.74;$

$X_{17} \leq 154.96;$

$X_{18} \leq 169798.46;$

$X_{19} \leq 261459.71;$

$X_{20} \leq 89078.35;$

$X_{21} \leq 77272.47;$

$X_{22} \leq 996.85;$

$X_{23} \leq 1987.65;$

$X_7 \geq 10000;$

$X_{13} \geq 5000;$

$X_{15} \geq 50000;$

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} = 208333;$

$X_1 \geq 0;$

$X_2 \geq 0;$

$X_3 \geq 0;$

$X_4 \geq 0;$

$X_5 \geq 0;$

$X_6 \geq 0;$

$X_7 \geq 0;$

$X_8 \geq 0;$

$X_9 \geq 0;$

$X_{10} \geq 0;$

$X_{11} \geq 0;$

$X_{12} \geq 0;$

$X_{13} \geq 0;$

$X_{14} \geq 0;$

$X_{15} \geq 0;$

$X_{16} \geq 0;$

$X_{17} \geq 0;$

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

X 18 $\geq$ 0;

X 19 $\geq$ 0;

X 20 $\geq$ 0;

X 21 $\geq$ 0;

X 22 $\geq$ 0;

X 23 $\geq$ 0;

a1=0;

a2 $\geq$ 0;

a3 $\geq$ 0;

a5 $\geq$ 0;

a6 $\geq$ 0;

a4 $\geq$ 0;

a4' $\geq$ 0;

a2 $\leq$ 1;

a3 $\leq$ 1;

a5 $\leq$ 1;

a6 $\leq$ 1;

a4 $\leq$ 1;

a4' $\leq$ 1;

END

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

//Diğer hedefler

MaX = a3+a5+a6+a4+a4';

((59.92*X 1+94.46*X 2+79.06*X 3+79.07*X 4+66.20*X 5+45.86*X 6+37.26*X
7+44.99*X 8+41.96*X 9+25.13*X 10+41.33*X 11+44.67*X 12+60.24*X
13+29.32*X 14+41.21*X 15+26.34*X 16+39.13*X 17+38.76*X 18+33.18*X
19+40.74*X 20+45.83*X 21+36.65*X 22+25.50*X 23)/200000)-a1*5<=38;
((58.11*X 1+66.08*X 2+61.39*X 3+61.11*X 4+58.11*X 5+51.65*X 6+56.39*X
7+54.63*X 8+55.50*X 9+50.86*X 10+55.58*X 11+54.25*X 12+64.36*X
13+52.30*X 14+56.90*X 15+53.86*X 16+52.57*X 17+51.65*X 18+40.31*X
19+55.23*X 20+54.25*X 21+41.15*X 22+40.31*X 23)/208333)+a2*2>=55;
((7.61*X 1+7.80*X 2+5.62*X 3+3.24*X 4+7.61*X 5+4.41*X 6+5.82*X 7+8.61*X
8+6.17*X 9+9.81*X 10+2.71*X 11+11.03*X 12+3.63*X 13+5.63*X 14+6.53*X
15+2.69*X 16+3.81*X 17+2.32*X 18+2.22*X 19+5.63*X 20+11.03*X 21+1.10*X
22+2.22*X 23)/208333)-a3*0.5<=6;
((0.98*X 1+0.43*X 2+0.12*X 3+0.03*X 4+0.98*X 5+0.05*X 6+0.01*X 7+0.90*X
8+0.16*X 9+1.25*X 10+0.07*X 11+1.13*X 12+0.05*X 13+0.23*X 14+0.23*X
15+0.32*X 16+0.44*X 17+0.19*X 18+4.08*X 19+0.23*X 20+1.13*X 21+3.78*X
22+4.08*X 23)/208333)+a5*0.05>=0.5;
(((0.09*X 1+0.01*X 2+0.01*X 3+0.01*X 4+0.09*X 5+0.01*X 6+0.30*X 7+0.45*X
8+1.06*X 9+0.28*X 10+0.34*X 11+0.02*X 12+0.06*X 13+2.38*X 14+0.27*X
15+0.32*X 16+2.46*X 17+0.60*X 18+0.27*X 19+0.49*X 20+0.02*X 21+0.44*X
22+0.27*X 23)/208333)-a6*0.05<=0.45;
(0.13*X 1+0.01*X 2+0.01*X 3+0.03*X 4+0.13*X 5+0.09*X 6+0.02*X 7+0.15*X
8+0.04*X 9+0.24*X 10+0.15*X 11+0.21*X 12+0.24*X 13+0.14*X 14+0.16*X
15+0.06*X 16+0.18*X 17+0.03*X 18+0.15*X 19+0.08*X 20+0.21*X 21+0.09*X
22+0.15*X 23)/208333<=0.175;
(0.11*X 1+0.12*X 2+0.07*X 3+0.04*X 4+0.11*X 5+0.09*X 6+0.08*X 7+0.06*X
8+0.10*X 9+0.07*X 10+0.08*X 11+0.07*X 12+0.08*X 13+0.08*X 14+0.06*X
15+0.07*X 16+0.07*X 17+0.06*X 18+0.05*X 19+0.08*X 20+0.07*X 21+0.07*X
22+0.05*X 23)/208333<=0.1;
(((0.01*X 1+0.01*X 2+0.01*X 3+0.01*X 4+0.01*X 5+0.01*X 6+0.01*X 7+0.01*X
8+0.02*X 9+0.06*X 10+0.01*X 11+0.01*X 12+0.01*X 13+0.05*X 14+0.06*X

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

$$15+0.05*X_{16}+0.02*X_{17}+0.03*X_{18}+0.05*X_{19}+0.04*X_{20}+0.01*X_{21}+0.04*X_{22}+0.05*X_{23})/208333 \leq 0.04;$$

$$(0.04*X_1+0.04*X_2+0.04*X_3+0.04*X_4+0.04*X_5+0.03*X_6+0.03*X_7+0.03*X_8+0.04*X_9+0.05*X_{10}+0.03*X_{11}+0.03*X_{12}+0.03*X_{13}+0.08*X_{14}+0.08*X_{15}+0.04*X_{16}+0.04*X_{17}+0.04*X_{18}+0.04*X_{19}+0.06*X_{20}+0.03*X_{21}+0.04*X_{22}+0.04*X_{23})/208333 \leq 0.05;$$

$$((6.63*X_1+1.37*X_2+9.78*X_3+10.12*X_4+6.63*X_5+6.76*X_6+11.91*X_7+8.56*X_8+9.16*X_9+8.41*X_{10}+7.79*X_{11}+8.06*X_{12}+4.30*X_{13}+10.41*X_{14}+8.73*X_{15}+8.99*X_{16}+6.08*X_{17}+10.48*X_{18}+2.67*X_{19}+10.33*X_{20}+8.06*X_{21}+0.70*X_{22}+2.67*X_{23})/208333)-3*a_4+4*a_4'=6;$$

$$X_1 \leq 10070.20;$$

$$X_2 \leq 359888.67;$$

$$X_3 \leq 30.63;$$

$$X_4 \leq 51404.04;$$

$$X_5 \leq 45144.77;$$

$$X_6 \leq 32449.04;$$

$$X_7 \leq 32945.55;$$

$$X_8 \leq 212961.32;$$

$$X_9 \leq 14953.44;$$

$$X_{10} \leq 9627.29;$$

$$X_{11} \leq 3577.43;$$

$$X_{12} \leq 92751.78;$$

$$X_{13} \leq 43534.22;$$

$$X_{14} \leq 9954.59;$$

$$X_{15} \leq 157329.87;$$

$$X_{16} \leq 41.74;$$

$$X_{17} \leq 154.96;$$

$$X_{18} \leq 169798.46;$$

$$X_{19} \leq 261459.71;$$

$$X_{20} \leq 89078.35;$$

$$X_{21} \leq 77272.47;$$

$$X_{22} \leq 996.85;$$

EK-2. (devam) Yaklaşım II'nin LİNGO paket programında gösterimi

$X_{23} \leq 1987.65;$

$X_7 \geq 10000;$

$X_{13} \geq 5000;$

$X_{15} \geq 50000;$

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} = 208333;$

$X_1 \geq 0;$

$X_2 \geq 0;$

$X_3 \geq 0;$

$X_4 \geq 0;$

$X_5 \geq 0;$

$X_6 \geq 0;$

$X_7 \geq 0;$

$X_8 \geq 0;$

$X_9 \geq 0;$

$X_{10} \geq 0;$

$X_{11} \geq 0;$

$X_{12} \geq 0;$

$X_{13} \geq 0;$

$X_{14} \geq 0;$

$X_{15} \geq 0;$

$X_{16} \geq 0;$

$X_{17} \geq 0;$

$X_{18} \geq 0;$

$X_{19} \geq 0;$

$X_{20} \geq 0;$

$X_{21} \geq 0;$

$X_{22} \geq 0;$

$X_{23} \geq 0;$

$a_1 = 0;$

$a_2 = 0;$

$a_3 \geq 0;$

$a_5 \geq 0;$

$a_6 \geq 0;$

$a_4 \geq 0;$

$a_4' \geq 0;$

$a_3 \leq 1;$

$a_5 \leq 1;$

$a_6 \leq 1;$

$a_4 \leq 1;$

$a_4' \leq 1;$

END



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÖSE, Neslihan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.12.1992, ESKİŞEHİR
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (370) 418 27 61
 Faks : 0 (370) 419 10 62
 e-mail : neslihnyagci@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Karabük Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2015
Lise	Karabük Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-Halen	Kardemir A.Ş.	Üretim Sistemleri Mühendisi
2015-2016	L.C Waikiki	Merchandise Allocator

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Yağcı,N.,Dizdar.E., (2015),Dizüstü Bilgisayar Kullanmaya Bağlı Kas-İskelet Sistemi Ağrı Prevelansı”,YA/EM’2015 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 35. Ulusal Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, s 49,50., 9-11 Eylül, ODTÜ, Ankara.
- Yağcı,N.,Dizdar.E.,(2015),İşyerlerinde Psikolojik Taciz Davranış Etkilerinin Araştırılması, YA/EM’2015 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 35. Ulusal Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, s 65., 9-11 Eylül, ODTÜ, Ankara.
- Köse, N., Şahin R., (2019), Product Goals Optimization with Fuzzy Goal Programming Approach and an Application Integrated Iron and Steel Plant, UDCS’19, April 4-6, Karabük.



GAZİ GELECEKTİR...