T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE OTOMOBİL ÜRETİMİ ÜZERİNE BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMININ UYGULANMASI

DİLARA ÖZLEM BAYRAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ERSOY ÖZ

İSTANBUL, 2018

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE OTOMOBİL ÜRETİMİ ÜZERİNE BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMININ UYGULANMASI

Dilara Özlem BAYRAM tarafından hazırlanan tez çalışması 20.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri İstatistik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Ersoy ÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ersoy ÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Ali Hakan BÜYÜKLÜ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Semra ERPOLAT

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Kendime…

Haziran, 2018

Dilara Özlem BAYRAM

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ ix

ŞEKİL LİSTESİ x

ÇİZELGE LİSTESİ xi

ÖZET xiv

ABSTRACT xv

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 4
1.3 Hipotez 5

BÖLÜM 2

KARAR VERME SÜRECİ 6

2.1 Gözlem 7
2.2 Problemin Tanımlanması 7
2.3 Matematiksel Modelin Oluşturulması 7
2.3.1 Karar Değişkenleri 8
2.3.2 Parametreler 8
2.3.3 Amaç Fonksiyonu 8
2.3.4 Kısıtlayıcılar 8
2.4 Modelin Çözümü 8
2.4.1 Optimum Çözüm 9
2.4.2 Optimuma En Yakın Çözüm 9
2.5 Çözüm Sonuçlarının Belirlenmesi Ve Karar Verme 9

BÖLÜM 3

BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ 11

3.1 Klasik Doğrusal Programlama Modeli 11
3.2 Hedef Programlama Modeli 20

BÖLÜM 4

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ 24

4.1 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Narasimhan Yaklaşımı 26
4.2 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı 28
4.3 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı 30
4.4 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Tiwari, Dharmar ve Rao Yaklaşımı 32
4.5 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Chen Yaklaşımı 32
4.6 Kim ve Whang Yaklaşımı 33
4.7 Tiwari, Dharmar ve Rao'nun Toplamsal Model Yaklaşımı 36
4.8 Chen ve Tsai'nin Toplamsal Model Yaklaşımı 37
4.9 Wang ve Fu Yaklaşımı 38
4.10 Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı 41
4.11 Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı 43

BÖLÜM 5

OTOMOTİV SEKTÖRÜ 46

5.1 Dünyada Otomotiv Sektörü 46
5.2 Türkiye'de Otomotiv Sektörü 46

BÖLÜM 6

UYGULAMA 48

6.1 Veri Seti 48
6.2 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı 51
6.2.1 Bulanık Hedefler 52
6.2.1.1 Ciro Hedefi 52
6.2.1.2 Çalışan Kişi Sayısı Hedefi 58
6.2.1.3 Talep Hedefi 58
6.2.2 Bulanık Olmayan Kısıtlar 60
6.2.2.1 Üretim Kapasitesi Kısıtı 60
6.2.2.2 Minimum Üretim Kısıtı 61
6.3 Modelin, Bulanık Hedef Programlama Çözüm Yaklaşımları ile Oluşturulması 65
6.3.1 Kim ve Whang Yaklaşımı 65
6.3.2 Tiwari, Dharmar ve Rao'nun Toplamsal Model Yaklaşımı 67
6.3.3 Chen ve Tsai'nin Toplamsal Model Yaklaşımı 72

6.3.4 Wang ve Fu Yaklaşımı İle Problemin Çözümü.....77
6.3.5 Düzeltilmiş Wang ve Fu Yaklaşımı(Kareli) ile Problemin Çözümü 86
6.3.6 Zimmermann Yaklaşımı İle Problemin Çözümü;.....93
6.3.7 Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı İle Problemin Çözümü.....100
6.3.8 Chen Yaklaşımı İle Problemin Çözümü.....102

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER.....105

KAYNAKLAR.....118

EK-A

ERASMUS.....121

EK-B

SÜREKLİ EĞİTİM MERKEZİ.....124

EK-C

ÖĞRETİM ÜYESİ YETİŞTİRME PROGRAMI.....128

EK-D

ERASMUS.....132

EK-E

SÜREKLİ EĞİTİM MERKEZİ.....136

EK-F

ÖĞRETİM ÜYESİ YETİŞTİRME PROGRAMI.....139

EK-G

ÖĞRETİM ÜYESİ YETİŞTİRME PROGRAMI.....142

ÖZGEÇMİŞ.....145

SİMGE LİSTESİ

μ_i	Üyelik fonksiyonu
b_i	Fonksiyonların erişim düzeyi
wi	Hedef ağırlıkları
Tn	Önem derecesi
$(Ax)_i$	Hedef fonksiyonu
d_i	Tolerans miktarı
x^M	En iyi üyelik derecesi
λ	Erişim seviyesi
$\lambda*$	Bulanık hedef kümesi için maksimum üyelik dereceye sahip eleman
pi	Sapma değişkeni
$\mu_i(x)$	Üçgensel üyelik fonksiyonu
λ'	Bulanık amaçlara üye olmama derecesi
t_i	Bulanık hedef karar vericilerinin sahip olduğu tolerans değeri
B_i	Bulanık hedeflere ulaşma seviyesi
$(\mu_s)T_r$	i'ninci tercih önceliğindeki üyelik fonskiyonu
Ψ	Üyelik fonksiyonu için 0.5, 1, 2 değerleri
$s_{i,j}$	Doğru parçasının eğimi

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
BHP	Bulanık Hedef Programlama
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3. 1 $c^T x \gtrsim$ bo eşitsizliğinin üyelik fonksiyonu 16
Şekil 3. 2 $-c^T x \lesssim$ bo eşitsizliğinin üyelik fonksiyonu 16
Şekil 3. 3 $(Ax)_i \lesssim$ bi eşitsizliğinin üyelik fonksiyonu 16

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3. 1 Amaç Fonksiyonunda Yer Alacak Sapma Değişkenleri 22
Çizelge 6. 1 Firmalar ve Karar Değişkenleri 53
Çizelge 6. 2 2012-2016 Yılları arasında firmaların bir otomobil satışından elde ettikleri ciro(TL) 47
Çizelge 6. 3 2012-2016 Yılları arasında firmalar ve ortalama ciro değişkenleri 54
Çizelge 6. 4 2012-2016 Yılları Arasında Firmaların Bir Araç Üretimi İçin Çalışan Kişi Sayısı 55
Çizelge 6. 5 2012-2016 Yılları Arasında Firmalar ve Bir Araç Üretmek İçin Çalışan Kişi Sayısı Ortalaması ve Karar Değişkenleri 56
Çizelge 6. 6 2012-2016 Yıllarında Firmalar Tarafından Satılan Araç Miktarı 58
Çizelge 6. 7 2012-2016 Yılları Arasında Firmalar ve Satılan Araç Miktarlarının Ortalaması ve Talep Miktarı Standart Sapması 59
Çizelge 6. 8 Firmalar ve 2012-2016 Yılları Arasındaki Üretimin Minimum Değerleri. 61
Çizelge 7. 1 Ciro Hedefi İçin Tahmin Edilen Ciro (TL) 105
Çizelge 7. 2 2017 Yılı Toplam Ciro (TL) 106
Çizelge 7. 3 “Tiwari, Dharmar ve Rao”, “Chen ve Tsai”, “Zimmermann”, “Yang, Ignizio ve Kim” yaklaşımlarına özgü parametreler 107
Çizelge 7. 4 “Kim ve Whang”, “Wang ve Fu”, “Wang ve Fu(kareli)” ve “Chen” yaklaşımlarına özgü parametreler 107
Çizelge 7. 5 2012-2017 Yılları üretim adetleri.....109
Çizelge 7. 6 2017 yılı gerçek üretim adedi değerleri ile tahmin edilen üretim adetleri bulanık hedef programlama çözümü “Tiwari, Dharmar ve Rao”, “Chen ve Tsai”, “Zimmermann”, “Yang, Ignizio ve Kim” yaklaşımları ile karşılaştırılması 110
Çizelge 7. 7 2017 yılı gerçek üretim adedi değerleri ile tahmin edilen üretim adetlerinin bulanık hedef programlama çözümü “Kim ve Whang”, “Wang ve Fu”, “Wang ve Fu(kareli)” ve “Chen” yaklaşımları ile karşılaştırılması 112
Çizelge 7. 8 2012-2017 yılları için çalışan kişi sayıları.....113
Çizelge 7. 9 2017 yılı çalışan kişi sayısı ile tahmin edilen kişi sayısı bulanık hedef programlama çözümü “Tiwari, Dharmar ve Rao”, “Chen ve Tsai”, “Zimmermann”, “Yang, Ignizio ve Kim” yaklaşımları ile karşılaştırılması 114

Çizelge 7. 10 2017 yılı çalışan kişi sayısı ile tahmin edilen kişi sayısı bulanık hedef programlama çözümü “Kim ve Whang”, “Wang ve Fu”, “Wang ve Fu(kareli)” ve “Chen” yaklaşımları ile karşılaştırılması 116

ÖZET

TÜRKİYEDE OTOMOBİL ÜRETİMİ ÜZERİNE BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMININ UYGULANMASI

Dilara Özlem BAYRAM

İstatistik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ersoy ÖZ

Yöneylem araştırmasının sahip olduğu çeşitli yöntemlerin genel amacı eldeki problemi en iyi sonuca erişmeyi amaçlamaktadır. Ancak günümüzde meydana gelen hızlı değişim sonucu günlük hayatta karşılaşılan birçok sorunun sadece bir amaçla belirtilmesi mümkün değildir. Bu sebeple, çok amaçlı karar verme modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller içerisinde etkili çözüm sunan; hedef programlama modeli ilk akla gelendir. Hedef programlama modelinde ele alınacak parametre değerleri ile alt-üst değerlerin belirli olmaması veya bulanıklık olması durumunda, bulanık küme teorisine ihtiyaç duymaktadır.

Hedef programlama modelinde hedeflere ilişkin erişim değerlerinin, hedeflerin tercih öncelikli sıralamasının ve ağırlıklarının kesin olarak belirlenmesi oldukça zordur. Erişim değerleri, hedeflerin ve karar vericilerin belirsiz olması durumunda bulanık hedef programlama modeli kullanılmaktadır. Bulanık Doğrusal Programlama; Belirsiz durumlarda modelleme yapılabilmesini ve esnek sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bulanık Hedef Programlama modelinde birbirini tanımlayan amaç ve karar ölçütü bileşenleri 'Bulanık Hedef Fonksiyonu' olarak tanımlanır. Modelde olayları niteleyen kısıtlayıcıların parametre değerleri 'bulanık kısıtılayıcılar' olarak ifade edilmektedir.

Bulanık hedef programlamada bulanık hedefler için karar vericinin belirlediği erişim değerlerinde oluşucak sapmalar için kabul edilen değerler tolerans değeri olarak adlandırılır.

Bu çalışmada Türkiye'de otomobil üretimi yapan 12 firma ele alınarak bulanık hedef programlama yaklaşımı ile bir model kurulmuş ve bu model çözülmüştür. Modelde 2012-2016 yıllarına ait veriler kullanılarak 2017 yılı için belirlenen hedeflerin değerinin bulunması amaçlanmıştır.

Dünyada, yoğun sermaye ve teknoloji yatırımı gerektiren sektörlerin başında yer alan otomotiv sektöründe 50 civarında firma faaliyet göstermektedir. Bahsi geçen firmaların

başında ABD olmak üzere, Japonya, Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere gelmektedir. Otomotiv üreticileri lojistik ve maliyet kaygılarından dolayı üretim süreçlerini dünyanın farklı ülkelerine dağıtmıştır. Sonrasında ise tasarım ve geliştirme aşamalarına ek olarak ileri teknoloji gerektiren birçok süreç gelişmiş ülkelerde kalmaya devam ederken, gelişmekte olan ülkelere ucuz işgücü kaynakları ve alternatif pazar seçeneklerine olan yakınlıklarıyla ilgili olarak montaj süreçlerini taşımışlardır.

Gelişmekte olan ülkelerdeki halkın ekonomik olarak kalkınmaya başlamasıyla beraber olarak gelişmekte olan ülkelerde otomotive olan talebinin arttığı görülmektedir.

Türkiye'de otomotiv üretimi dalgalı bir yapı seyretmektedir. İç ve dış talep durumlarının düzenli bir seyir izlememesi nedeniyle sektörün üretim seviyeleri üzerinde belirgin bir etki yapmaktadır. Türkiye'de otomotiv üretiminde otomobil ağırlıklı bir yapı bulunmaktadır.

Çalışmada, 2017 yılına yönelik olarak Türkiye'de otomobil üretim yapan firmaların karını maksimum yapmak, bir otomobil üretimi için çalışacak kişi sayısını bulmak ve talebin maksimum olması hedef fonksiyonlarını oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda yani modelde birden fazla amaç fonksiyonu olduğunda çok amaçlı programlama kullanılabilir. Buna ek olarak amaç fonksiyonu değerlerinde sapmalar diğer bir deyişle tolerans miktarları var ise bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanılabilir.

Bu çalışmada oluşturulan hedefler için veri setine ait ilgili değişkenlerin standart sapmaları, tolerans miktarı olarak belirlenmiştir. Ayrıca modelde üretim kapasiteleri ve minimum üretim adetleri bulanık olmayan kısıt olarak kullanılmıştır.

Bulanık hedefler ve bulanık olmayan kısıtlara göre oluşturulan model, "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim", "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımları ile gerçekleştirilmiştir.

Modelin çözülmesi amacıyla kullanılan yaklaşımların sonuçlarının aynı ya da birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ele alınan tüm algoritmaların üyelik fonksiyonlarının aynı olmasıdır. Modelin ürettiği sonuçlar 2017 yılına bir tahmin niteliğindedir. 2017 yılı sonuçlarına bakıldığında 2012-2016 yılları arasında oluşan değerlere göre çok aykırılık olmadığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Otomobil üretimi, bulanık hedef programa, tolerans değeri.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH TO AUTOMOBILE PRODUCTION IN TURKEY

Dilara Özlem BAYRAM

Department of Statistics

MSc. Thesis

Adviser: Dr. Ersoy ÖZ

The general aim of the various methods that the steering research has is to bring the problem at hand to the best result. However, it is not possible to mention many problems encountered in everyday life as a result of the rapid change that takes place today. For this reason, multi-purpose decision making models have been developed. Providing effective solutions within the developed models; the goal programming model could be the first model that sounds believeble. The target programming model requires fuzzy set theory if the problem is ambiguity or blurring at parameter values and boundaries.

In the target programming model, it is difficult to precisely determine the preference order and weighting of the access values related to the targets of the targets. The fuzzy target programming model is used when access values, goals and decision makers are ambiguous. Fuzzy Linear Programming; It enables modeling in uncertain situations and provides flexible results.

In the Fuzzy Goal Programming model, the components of purpose and decision criteria that define each other are defined as 'Fuzzy Target Function'. In the model, the parameter values of the restrictors describing the events are expressed as 'fuzzy restrictors'.

Accepted values for deviations in the access values determined by the decision-maker for blurred targets in fuzzy target programming are called tolerance values.

In this study by taking 12 company engaged in automobile production in Turkey established a model with fuzzy goal programming approach and this model has been solved. The aim of the model is to find the value of the targets set for 2017 using the data for 2012-2016 years.

In the world, about 50 companies operate in the automotive sector, which is at the forefront of sectors that require intensive capital and technology investment. At the beginning of the companies that have the bet is the USA, Japan, Germany, France, Italy and England.

Automotive production in Turkey remains a wavy structure. Due to the regular follow-up of domestic and foreign demand conditions, the sector has a significant impact on production levels. There are automobile-weighted structure in automotive production in Turkey. In the study, for Turkey in 2017 to maximize the profits of the automobile manufacturing companies, find out the number of people who will work for the production of a car and constitute the objective function is maximum demand. In such cases, multi-purpose programming can be used when there is more than one objective function in the model. In addition, fuzzy objective programming approach can be used if the objective function values are deviations, in other words if there are tolerance amounts.

Automotive companies have distributed logistics and cost concerns to different countries around the world. As a result, in addition to the design and development stages, many processes that require advanced technology continue to remain in developed countries, and they have brought assembly processes to developing countries in terms of their proximity to cheap labor and possible market options.

As the people in the developing countries begin to develop economically, it seems that the demand for automobiles in the developing countries is increasing.

The standard deviations of the relevant variables of the dataset for targets created in this study are determined as the amount of tolerance. In addition, production capacities and minimum production numbers in the model were used as non-blurring constraints. The model based on the fuzzy targets and the non-blurred constraints is called "Tiwari, Dharmar and Rao", "Chen and Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio and Kim", "Kim and Whang", "Wang and Fu" and "Fu (square)" and "Chen" approaches.

The results of the approaches used to solve the model were found to be the same or very close to each other. This is why all the algorithms discussed have the same membership functions. The results of the model are an estimate for the year 2017. According to the year of 2017values, it is seen that there is not much differnces between the values estimated between the years 2012 and 2016.

Key words: Automobile production, fuzzy target program, tolerance value.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Akyüz'ün "Bulanık Vıkor Yöntemi İle Tedarik Seçimi" makalesinde; tedarik zincirinin temel taşı olan tedarik edicilerin, işlettikleri kurumun hedeflerine erişmesinde etkin rol almaktadır. Tedarik seçimi ele alınması gereken çok kriter ve hedeflerden dolayı çok kriterli karar verme problemidir. Bahsi geçen problem tiplerinde ise en çok tercih edilen teknik Bulanık Vıkor yötemidir. Akyüz'ün "Bulanık Vıkor Yöntemi İle Tedarik Seçimi" makalesinde; mobilya üretiminde parça üretimi yapan ambalaj tedarikçilerinin tercihini Bulanık Vıkor yöntemi ile çözmüş ve sonuç olarak iki alternatifin uzlaştırıcı sonuca ulaştırdığı kanısına varmıştır [1].

Ertuğrul'un "Bulanık Programlama ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama Örneği" çalışmasına göre, Günümüzde bilgi ve ileri teknoloji yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ele alınan makalenin hedefi, bulanıklık altında en iyi karar vermeyi sağlayan modellerden biri olan bulanık hedef programlama modelini incelemektir. bir tekstil firmasının konfeksiyon fabrikası ve ev tekstili grubuna önce doğrusal programlama sonra da konfeksiyon fabrikasında satış ve kar hedefleri, ev tekstili grubunda ise satış hedefleri ile bulanık hedef programlama modeli uygulanarak sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Ele alınan model yaklaşımları doğrultusunda ise bulanık hedef programlama yönteminin klasik tekniğe göre daha anlamlı sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür [2].

Geleneksel iki boyutlu süre-maliyet değişim analizlerinde, kalite hiçbir şekilde göz önüne alınmamaktadır. Analizin başından sonuna kadar eşit bir kalite düzeyinin

korunduğu bir varsayım olarak kabul edilmektedir. Özellikle bu varsayımdaki kalitenin eşitliği kabulü, her bir eylemdeki alternatif zaman-maliyet değişimlerinde de geçerlidir.

İnşaat projelerinin planlanmasında genel yükleniciler, alt yükleniciler tarafından önerilen tekliflerin değerlendirmesini yaparken süre ve maliyet kriterinin yanında kaliteyi de hesaba katmak zorundadırlar. Alt yükleniciler tarafından verilen tekliflerde süre ve maliyet arasındaki ilişki kadar projenin kalitesi de önemli olmaktadır. Bu nedenle inşaat projelerinin planlanmasında ve kontrolünde süre-maliyet-kalite değişiminin analizi inşaat proje yönetiminin en önemli konularından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Süre ve maliyeti minimum yapmaya çalışırken kalitenin maksimumda tutulmaya çalışılması ve süre ile maliyet arasındaki ters yönlü ilişki inşaat projelerinin yönetilmesini iyice karmaşıklaştırmaktadır. Süre-maliyet-kalite arasındaki bu karmaşık ilişkinin tam olarak tanımlanması için bu üç kriterin ortak analizini yapılarak en uygun çözümün bulunması gerekir. Bu çalışmada, bir inşaat projenin kalitesi, süresi ve maliyeti arasındaki ilişkinin nasıl olduğu bulanık hedef programlama yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Sonuç olarak, bulanık hedef programlama tekniği kullanılarak süre, maliyet ve kaliteye ilişkin üç bulanık hedef fonksiyonu çözülmüştür. Projeye ilişkin optimum değerlerin eşit ve farklı hedef fonksiyonlarının ağırlıkları için değiştiği görülmüştür. Ayrıca, projeye ilişkin her bir hedef fonksiyonunun gerçekleştirilme oranları belirlenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda, 3 boyutlu süre-maliyet-kalite değişim analizlerine kaynak kullanım sınırlarının da ilave edilmesi karmaşık bir yapıya sahip inşaat projelerinin yönetilmesini daha da kolaylaştıracaktır [3].

Çevik ve Yıldırım'ın "Bulanık Doğrusal Programlama ile Süt Ürünleri İşletmesinde Bir Uygulama" çalışmasına göre, karar verme süreçlerindeki belirsizlikleri çözmek amacıyla işletmenin karını maksimum yapmak için belirlenen hedef ve kısıtlar ile modelin çözümü, bulanık doğrusal programlama yaklaşımlarından Werners yaklaşımı ile ele alınmıştır [4].

Erpolat'ın "Üretim planlamasında hedef programlama ve bulanık hedef programlama yöntemlerinin karşılaştırılması" çalışmasında; hedeflerin bilinmediği yani belirsizliğin söz konusu olduğu durumlarda genellikle kullanılan hedef programlamanın amacı,

hedeflerin olası en az sapma ile elde edilmesi amaçlanmıştır. Fakat hedeflerin bilinmediği durumlarda hedef programlamanın alternatifi olarak bulanık hedef programlama modeli kullanılmaktadır. Ele Alınan çalışmanın amacı firmaların üretim planlamalarında hedef programlama ve bulanık hedef programlama yöntemleri ile ele alınarak çözülmüş ve sonuçları karşılaştırılmıştır [5].

Akman ve Alkan'ın "Tedarik Zinciri Yönteminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama" çalışmasında; hizmet sektöründe faaliyet gösteren tedarikçilerin seçimi ve değerlendirilmesinde de ele alınacak birbirinden farklı kriterler kullanılarak tedarikçi seçimi AHP Yöntemi kullanılarak çözülmüş ve yorumlanmıştır [6].

Koyuncu ve Özcan'ın "Hiyerarşi Süreci ve Topsis Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama" çalışmasıyla; çoklu karar verme yöntemlerinden AHS ve TOPSIS'in otomotiv sektöründe eleman tercihi sürecindeki etkililiğinin incelenmesi hedeflenmiştir. [7].

Güngör ve Büyüker İşler'in "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi" çalışmasında; araç tercih problemlerine Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı (AHY) ile bir çözüm önerisi sunulmuştur. Otomobil satın almak isteyen bir tüketici için uygulama yapılmış ve yapılan uygulama ile elde edilen sonuçlardan tüketicinin çok memnun kaldığı ve karar verirken bu sonuçları kullandığı gözlenmiştir [8].

Amaç, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçim sorununun çok ölçütlü bir yaklaşım ile değerlendirilmesidir. Çalışma iki aşamalı olarak planlanmış olup; ilk aşama otomotiv sektöründe tedarikçi seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli ölçütlerin firmalarda anket çalışması yapılarak belirlenmesiyle başlamaktadır. Çalışmanın ikinci aşaması, mevcut olan ve aday olan tedarikçilerin çok ölçütlü yapıda değerlendirilerek göreceli olarak sıralanması aşamasıdır. Belirlenen ölçütler için en uygun tedarikçilerin seçiminde bulanık analitik hiyerarşi sürecinden yararlanılacaktır. Bu süreçte söz konusu tedarikçilerin belirlenen ölçütlere göre ağırlıklandırma ve seçimi işlemi Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile yapılacaktır. Ayrıca tedarikçilerin öncelik sıralamalarının belirlenmesinde çok ölçütlü bir yaklaşım olan TOPSIS ve AHP yönteminden de yararlanılarak farklı bir bakış açısı sağlanmaya çalışılmıştır. Sonuç

olarak; Dünyada ekonomik, kültürel, teknolojik, siyasal ve sosyal alanda yaşanan hızlı değişimin etkileri yönetim alanında da kendini göstermektedir. Artık günümüz dünyasında işletmelerin tek tek rekabetçi kavramı yerine yer aldıkları tedarik zincirinin bütününün oluşturduğu rekabet ortamı oluşmaktadır. Tedarik zincirini oluşturan üyelerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirilemeyen takım oyuncuları oldukları unutulmamalı, eş zamanlı çalışmaları sağlanmalıdır. Çünkü üretilen son ürün sadece satışı gerçekleştiren firmanın değil, tedarikçinin de ürünüdür. Bir tedarikçinin, firmanın talebi olan malzemenin sevkiyatını geç yapması veya kusurlu malı firmaya göndermesi zincirin diğer tüm fonksiyonlarını etkisiz kılmaktadır. Bu nedenle tedarikçi seçimi tedarik zincirinin sağlıklı bir şekilde sürecini devam ettirebilmesi için gereklidir [1].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada Türkiye'de otomobil üretimi yapan 12 firma ele alınarak bulanık hedef programlama yaklaşımı ile bir model kurulmuş ve bu model çözülmüştür. Modelde 2012-2016 yıllarına ait veriler kullanılarak 2017 yılı için belirlenen hedeflerin değerinin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışmada kullanılan veri seti 2012-2016 yılları arasında Türkiye'de otomotiv üreticisi olan firmalara ait olacak şekilde planlamıştır. Bu amaçla veriler "Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu" araştırmaları (İSO500), "Otomotiv Sanayi Derneği" ve "Karsan Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.Ş.'den alınmıştır.

Türkiye'de otomotiv sektörü ekonomik açıdan, istihdam açısından oldukça önemli yer tutmaktadır. Çalışmada, 2017 yılına yönelik olarak Türkiye'de otomobil üretim yapan firmaların karını maksimum yapmak, bir otomobil üretimi için çalışacak kişi sayısını bulmak ve talebin maksimum olması hedef fonksiyonlarını oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda yani modelde birden fazla amaç fonksiyon olduğunda çok amaçlı programlama kullanılabilir. Buna ek olarak amaç fonksiyonu değerlerinde sapmalar diğer bir deyişle tolerans miktarları var ise bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanılabilir. Bu bilgiler doğrultusunda tezin amacı Türkiye'de otomobil üretimi verilerini kullanarak bulanık hedef programlama yaklaşımı ile bir model kurmak ve bu modeli çözmektir. Çözüm sonucu elde edilen değerler 2017 yılı verileri ile karşılaştırılacaktır.

1.3 Hipotez

Modelde 2012-2016 yıllarına ait veriler kullanılarak 2017 yılı için belirlenen hedeflerin değerinin bulunması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda, çalışmada kullanılan veri seti 2012-2016 yılları arasında Türkiye'de otomotiv üreticisi olan firmalara ait olacak şekilde oluşturulmuş; ülke bazında otomotiv sektör verilerini kullanarak ve mümkün olan kısıtlara bağlı kalarak karın, istihdamın, talebin ve tolerans değerlerine göre bulanık hedef programlama yaklaşımına uygun bir model oluşturmak ve modelin çözülebilirliğini göstermek ve çözümün bulunacağı iddia edilmektedir.

BÖLÜM 2

KARAR VERME SÜRECİ

İş hayatında ya da günlük hayatta kişiler, farklı seçenekler arasından birinin seçimi sorunu ile sık sık karşı karşıya kalmaktadır. Olası seçenekler arasından bir eylem ya da eylemler dizisinin seçimi karar olarak tanımlanır. Karar verme aşamasında birçok problem sayısallaştırılabilmektedir. Sayısal verileri analiz etmede kullanılan bazı yöntemler yardımı ile amaçların optimizasyonu sağlanabilir. Matematiksel modeller ve teknikler karar verme aşamasının çok önemli elemanlarıdır [9].

Karar verme eylemlerinin işletmeler için büyük önemi vardır. Günümüzde, işletmelere değer katacak olan doğru kararların verilebilmesi için büyük ölçekli verileri içeren problemlerinin çözüme ulaştırılması gerekmektedir. Karar verme aşamasında dikkate alınacak alternatiflerin sayısı oldukça fazladır. Karar verici, birçok alternatifi eş zamanlı olarak göz önünde bulundurmalıdır [10].

Matematiksel modeller kullanılarak karar verme faaliyetlerinde problemlerin bilimsel ve sayısal bir yaklaşımla çözülmesi için geliştirilen yöntemler kullanılmaktadır. Bahsi geçen bu yöntemlerin işleyişi bilimsel bir süreç gerektirmektedir. Matematiksel karar verme faaliyetleri için izlenen süreç aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır [11].

1. Gözlem
2. Problemin tanımlanması
3. Matematiksel modelin oluşturulması
4. Modelin çözümü
5. Çözüm sonuçlarının değerlendirilmesi ve karar verme

2.1 Gözlem

Bir kişi veya bir durumla ilgili olarak bilgi toplama amacıyla olayın izlenmesi aşamasına 'Gözlem Aşaması' denir. Gözlem tüm bilimsel aşamalarda kullanılabilecek bir veri toplama yöntemi olarak bilinir. Matematiksel karar verme tekniklerinin işleyişinde gözlem, bir problemin var olup olmadığının belirlenmesine yönelik olarak yapılan bir işlemdir. Örnek olarak, bir üretim işletmesinde, üretilen ürünler ile ilgili maliyet, kar ve talep bilgileri ürünlerin üretim için kullanılacak kapasite bilgilerine sahip olunabilir. Fakat ürünlerin her birinden hangi miktarda üretilmesi gerektiğine henüz karar verilmemiş olması, bir problemin varlığını göstermektedir. Herhangi bir olay ile ilgili gözlem yapılmadan var olan problemin ortaya çıkarılması mümkün olamayacaktır [11].

2.2 Problemin Tanımlanması

Yapılan gözlemler sonucunda varlığı belirlene problemin açıkça tanımlanması gerekmektedir. İşletmelerde matematiksel karar verme tekniklerini problemlerin çözümünde kullanılabilmesi için rakamsal olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Sayılarla ifade edilemeyen problemlerin matematiksel teknikler ile çözülmesi beklenemez. Problemin amacı açık bir şekilde ifade edilmelidir. Problemin çözülme sebebinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Daha sonra kısıtlayıcı unsurlar belirlenmeli ve tanımlanmalıdır.

2.3 Matematiksel Modelin Oluşturulması

Problemin tanımlanmasının ardından yapılacak olan işlem, problemi en iyi şekilde temsil edilebilecek bir modelin kurulmasıdır. Model, gerçek hayatın bir takım varsayımlarla basitleştirilmiş bir biçimidir. Bir karar modeli, gerçeğin yansıması ya da gerçek durumun bir özeti olarak tanımlanabilir [12].

Sayısal bir karar modelinin temel bileşenleri şunlardır [10] :

2.3.1 Karar Değişkenleri

Bu değişkenler amaca ulaşmak için kontrol edilebilen değişkenlerdir. Üretim örneğinde maksimum kara ulaşmak için üretilecek olan ürün miktarları karar değişkenlerini oluşturmaktadır.

2.3.2 Parametreler

Karar vericinin kontrolü dışında kalan sayısal değerlerdir. Üretim işletmesi örneğinde, ürünlerin birim karları ve bir adet ürün üretmek için işgücü saati parametrelere örnek olarak verilebilir.

2.3.3 Amaç Fonksiyonu

Ulaşılmak istenen amacın karar değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak matematiksel ifadesidir. Amaç fonksiyonu maksimize ya da minimize edilebilecek bir fonksiyondur. Üretim işletmesi örneğinde, amaç fonksiyonu ürünlerden elde edilecek toplam kardır ve maksimize edilmesi gerekmektedir.

2.3.4 Kısıtlayıcılar

Karar değişkenlerinin alabileceği değerler üzerindeki sınırlamalar ya da gereksinimler kısıtlayıcıları oluşturmaktadır. Kısıtlayıcılar da amaç fonksiyonu gibi karar değişkenlerini içeren matematiksel fonksiyonlar olarak ifade edilirler. Kısıtlayıcıları ifade eden matematiksel fonksiyonlar eşitlik veya eşitsizlikler yardımı ile belirlenebilmektedir. Üretim işletmesi örneğinde belirtilen bütçe ve işgücü kısıtlayıcıları "≤" eşitsizliği ile gösterilecektir. Kısıtlayıcılar, karar değişkenlerini içinde bulunduran evrensel küme içerisinde karar probleminin çözümü olarak kabul edilebilecek elemanların belirlenmesini sağlamaktadır.

2.4 Modelin Çözümü

Problem ile alakalı matematiksel model geliştirildikten sonra, problemin uygun bir matematiksel karar verme tekniği ile çözümü işlemi, matematiksel karar verme sürecinin dördüncü aşamasını oluşturmaktadır [3].

Modelin çözümü değişik tekniklerle yapılabilmesine rağmen karar probleminin iki tür çözümü vardır.

2.4.1 Optimum Çözüm

Var olan çözümler arasından en iyisine optimum çözüm denir.

2.4.2 Optimuma En Yakın Çözüm

Optimum çözümün kesin olarak bulunamadığı belirsizlik durumlarında tercih edilen çözümdür.

2.5 Çözüm Sonuçlarının Belirlenmesi Ve Karar Verme

Problemin çözümüne ulaşılmasının ardından, çözüm sonuçları değerlendirilerek karar aşamasına geçilmektedir. Karar vermenin gerçekleşmesi için çözüm sonuçlarının uzmanlar tarafından değerlendirilip yorumlanması ve ilgili kişilere aktarılması gerekmektedir.

Üretim işletmesi örneğinde modelin çözümlenmesi ve maksimum kar için üretilmesi gereken maksimum kar miktarları tespit edildiğinde, üretilecek olan ürün miktarlrının ve elde edilecek olan maksimum karın işletme yöneticilerinin düşündükleri miktarlar ile tutarlı olması önemlidir. Tutarlı olmadığı durumlarda ise, işletme kapasitesinin arttırılması ya da fazla mesai yapılması gibi seçeneklerin yöneticilere sunulması ve modelin yenilenmesi de çözümün yorumlanması ve karar verme faaliyetinin doğru bir şekilde gerçekleşmesinde etkili olmaktadır.

Karar verme faaliyetlerinde uygulanan modeller çoğunlukla bir takım kriter veya kısıtlayıcılar içermektedir. Gerçek hayatta karşımıza çıkan problemlerde söz konusu kriter veya kısıtlayıcıların her zaman kesin olarak modellenmesi yapılamayabilir [9].

Karar verme bir problem çözme sürecidir. Karar verme faaliyetlerinde sonuca ulaşmak için pek çok yol arasından seçim yapma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Karar verme süreci özellikle tam olmayan veya belirsiz bilgilerin mevcut olduğu, sözel ve dilsel belirsizlikler içeren faktörlerin sıklıkla kullanıldığı alanlarda zor bir süreç haline

gelmektedir. Sözü edilen faktörler, karar verme sürecinin bulanık bir ortamda gerçekleşmesi gerektiğinin bir göstergesidir [13].

BÖLÜM 3

BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

3.1 Klasik Doğrusal Programlama Modeli

Max Z= $c^T x$

Kısıtlayıcılar

$Ax \leq b$

$x \geq 0$ (3.1)

$c^T x$ terimi $\sum_{j=1}^{n} c_j x_j$ ifadesini $Ax \leq b$ ise $\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i$ (i=1,2,3,…m) ifadesini göstermektedir. Bulanık doğrusa hedef programlamada c_j, a_{ij}, b_i parametreleri kesin olarak bilinmektedir. Ek olarak $\leq, \geq$ gösterimleri uygun çözüm için oluşturulması gerekli olan matematiksel zorunluluk olarak ifade edilir. Uygun çözüm için kısıtlayıcıların ortak keşişimi belirlenir. Doğrusal programlama modeli minimizasyon, maksimizasyon durumlarına göre oluşturulan amaç fonksiyonu kısıtlara göre uygun şekilde oluşturulur. Doğrusal programlama modeli için amaç en iyi sonucu veren değerin bulunmasıdır. Doğrusal programlama modelinde bulanık olma, kısıtların ve amaç fonksiyonunun tam olarak bilinmediği modelde net olmayan ifadeler olduğunu ifade etmektedir [14, 15]. Hedef programlamada hedef değerlerinde belirsizlik olabilmektedir. Hedef değerlerinde belirsizlik olduğu durumlarda bulanık hedef programlama kullanılmaktadır [15] . Bulanık doğrusal hedef programlamada, doğrusal

programlama modelinde yer alan c_j, a_{ij}, b_i katsayıları bulanıklığı ifade eden aralıkları temsil eder [14].

Bulanık doğrusal programlama problemleri incelenme türlerine göre birçok sınıfa ayrılmaktadır. İlki Zimmermann tarafından yapılan bulanık doğrusal programlama modeli simetrik ve simetrik olmayan modeller şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

Bulanık doğrusal programlama modellerinin sınıflandırılmasında çok sayıda yöntem olmasına karşı genellikle esnek programlama, olabilirlik programlama ve robust(gürbüz) programlama olarak 3 farklı sınıfta incelenir.

Olabilirlik doğrusal programlama modelinde, kısıtların ve amaç fonksiyonunun belirsiz olması durumunda kullanılır. Olabilirlik doğrusal programlama modelinde esnek programlamanın aksine model içinde bulanık hedef ve bulanık kısıt durumu ele alınmaz.

Esnek programlama modelleri, temel olarak model içinde bulanık hedef ve bulanık kısıt durumunda karar vermeyi ele almıştır. Bu bulanık ifadeler kısıtlayıcıların esnekliğini ifade eder.

Robust(gürbüz) programlama modeli karar verici ve katsayıların belirsizliğinin söz konusu olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

Programlama modellerini kısaca özetleyerek belirtilen ifadelerden de anlaşıldığı gibi bulanık doğrusal programlama problemlerinin, bulanıklığı ile modele nasıl ve nerede gidileceğine dair oldukça model vardır. Bunların yanı sıra literatürde genellikle kullanılan bir diğer sınıflama türleri; bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama, bulanık amaç fonksiyonlu ve bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama, bulanık amaç katsayılı doğrusal programlama problemleridir.

Bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama gösterimi;

Max ($Z= c^T x$)

Kısıtlayıcılar

$Ax \lesssim b_i$ *(i=1,2,3,…m)*

$x \geq 0$ (3.2)

Görüldüğü gibi yukarıdaki modelde hedef fonksiyonunda herhangi bir bulanıklık yoktur. Bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama problemleri bulanık amaç fonksiyonlu ve bulanık kısıtlı olarak ele alınma nedeni, Werner'e göre bulanık kısıtlayıcılı problemlerde kısıtların bulanık olmasının hedef olan fonksiyonunda bulanık olmasını gerektirmesidir.

Bulanık amaç fonksiyonlu ve bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama modeli aşağıda görülmektedir;

$\underset{\sim}{Max}\ (Z= c^T x)$

Kısıtlayıcılar

$(Ax)_i \underset{\sim}{\leq} b_i \qquad (i=1,2,3,\ldots m)$

$x \geq 0$ (3.3)

Yukarıdaki modelde, amaç fonksiyonunda bulunan bulanıklık, karar ile ulaşılmak istenen düzeyin bulanık olmasını belirtir.

Amaç fonksiyonu parametrelerinin bulanık olduğu doğrusal programlama modeli;

$Max\ Z= \underset{\sim}{c^T} x$

Kısıtlayıcılar

$(Ax)_i \leq b_i \qquad (i=1,2,3,\ldots m)$

$x \geq 0$ (3.4)

Verdegay'a göre bulanık kısıtlı doğrusal programlama probleminin çözümü problemin dualitesimden kaynaklıdır [15, 16].

Bulanık parametreli doğrusal programlama modeli;

$Max\ Z= \sum_{j=1}^{n} \underset{\sim}{c_j} x_j$

Kısıtlayıcılar

$\sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i$ *(i=1,2,3,…m)*

x≥0 (3.5)

Önceki modellerden (1-3) ile bulanık hedef ve bulanık kısıtlı doğrusal programlama problemi, aşağıda belirtilen kısıt kümesi yardımıyla çözüm vektörü x'in bulunmasını göstermektedir [17].

$c^T x \gtrsim b_o$

$(Ax)_i \lesssim b_i$ *(i=1,2,3,…m)*

x≥0

Burada $\lesssim, \leq$ gösteriminin bulanıklaşmış halini ifade etmektedir. $\lesssim$ simgesi, "$(Ax)_i$ kısıtlayıcısı b_i etrafında yada daha azdır" şeklinde belirtilebilir. Aynı şekilde, $\gtrsim, \geq$ simgesinin bulanıklaşmış halini ifade etmektedir. $\gtrsim$ simgesi, "$c^T x$ amacı b_o etrafında yada daha çoktur " şeklinde belirtilebilir [18].

Bulanık hedef programlama modelinin her yönden (-1) ile çarpılması sonucunda bulanık doğrusal modelin aşağıdaki gösterimdeki gibi simetrik olarak belirtilir.

$-c^T x \lesssim -b_o$

$(Ax)_i \lesssim b_i$ *(i=1,2,3,…m)*

x≥0 (3.7)

$B=\begin{bmatrix} -c^T \\ A_i \end{bmatrix}$ ve $e=\begin{bmatrix} -b_0 \\ b_i \end{bmatrix}$ sütun vektörleri tanımı ile bulanık doğrusal programlama modeli;

$xBx \lesssim e$

$x \geq 0$

Bulanık hedef ve bulanık kısıtlar seçenekler kümesini bulanık küme olarak belirttiği için bunların üyelik fonsiyonlarının belirlenmesi gerekmektedir. (1-7) ile numarandırılmış formüllein i'inci satırı için, üyelik fonsiyonunun tekdüze artışının olmaması gerekmektedir. Bu demek oluyor ki, i'ninci bulanık eşitsizlik tamamen doyurulduğunda üyelik derecesi 1, tamamen doyurulmadığı durumda ise üyelik derecesinin 0 olması beklenir. $[b_i, b_i+d_i]$ aralığı için üyelik derecesi 1'den 0'a doğru tekdüze olacak şekilde azalmalıdır. $e_i= b_i$ (i=1,2,3,…m) ifadesi i'ninci bulanık eşitsizlik için karar vericinin belirlendiği erişim düzeyini, d_i terimi ise i'ninci erişim düzeyi için karar vericinin belirlediği maksimum tolerans miktarını gösterir. Diğer bir şekilde ifade edilirse, d_i'ler amaç fonksiyonu ve kısıtlardaki kabul edilebilir toleransları gösteren ve karar verici tarafından belirlenen sabitlerdir. Bu tanımlar çerçevesinde i'ninci bulanık eşitsizliğinin üyelik fonksiyonu matematiksel olarak;

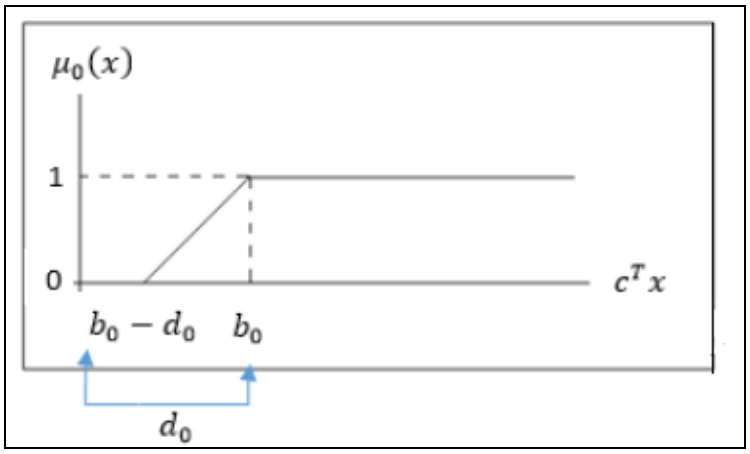
$$\mu_i[(Bx)_i]\begin{cases} 0 & ;eğer\ (Bx)_i \geq b_i + d_i\ \ ise \\ \epsilon[0,1] & ;eğer\ bi \leq (Bx)_i \leq b_i + d_i\ \ ise \\ 1 & ;eğer\ (Bx)_i \leq b_i\ ise \end{cases} \qquad (3.8)$$

Yukarıdaki gösterimden hareketle, bulanık hedef fonksiyonu ve bulanık kısıtlayıcıların parçalı doğrusal üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi tanımlanır [19].

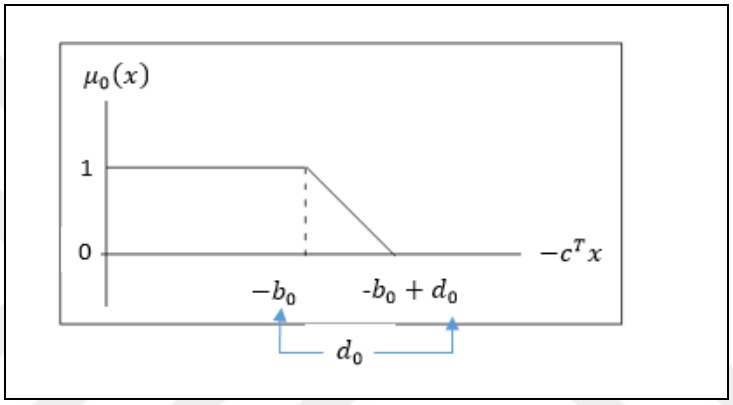
$$\mu_0(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ c^T x\ \leq b_0 - d_0\ \ ise \\ 1 - \frac{b_0 - c^T x}{d_0} & ;\ eğer\ b_0 - d_0 \leq c^T x \leq\ b_0\ ise \\ 1 & ;eğer\ \ c^T x \geq b_0\ ise \end{cases} \qquad (3.9)$$

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i\ \geq b_i + d_i\ \ ise \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ;eğer\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i\ ise \\ 1 & ;eğer\ \ (Ax)_i \leq b_i\ ise \end{cases} \qquad (3.10)$$

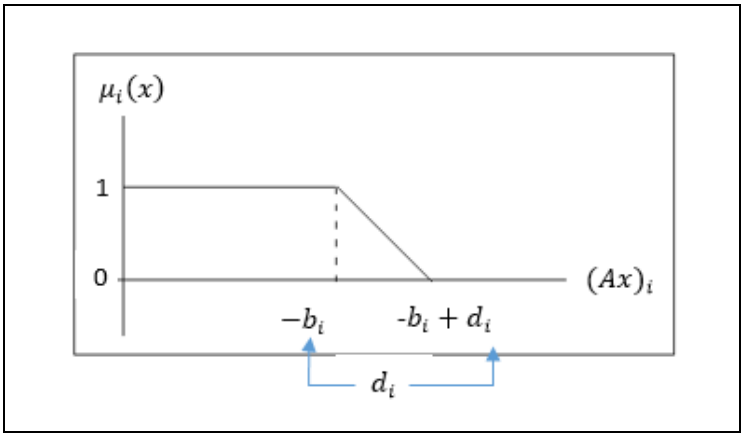
Bulanık amaç ve bulanık kısıtlı üyelik fonsiyonları Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 de gösterilmiştir. Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 de, bulanık amaç fonksiyonu ve bulanık kısıtlara ilişkin üyelik fonksiyonlarının sırasıyla tekdüze olarak artmayan ve aynı şekilde azalmayan fonksiyonlar olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1 $c^T x \gtrsim b_0$ eşitsizliğinin üyelik fonksiyonu



Şekil 3.2 $-c^T x \lesssim -b_0$ eşitsizliğinin üyelik fonksiyonu



Şekil 3.3 $(Ax)_i \lesssim b_i$ eşitsizliğinin üyelik fonksiyonu

Bulanık amaç ve bulanık kısıtların üyelik fonksiyonları belirlendiği için, bulanık karar kümesi aşağıda verilen ifadeden oluşturulabilir [14].

$$\mu'_{\underset{\sim}{D}}(x) = \min[\mu_0(x), \mu_i(x)] \qquad \textit{(i=1,2,3,...m)} \qquad (3.11)$$

Bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik dereceli elemanı ise,

$$\mu'_{\underset{\sim}{D}}(x^M) = \max_{x \geq 0} (\min[\mu_0(x), \mu_i(x)]) \qquad \textit{(i=1,2,3,...m)} \qquad (3.12)$$

veya,

$$\mu'_{\underset{\sim}{D}}(x^M) = \max_{x \geq 0} \left(\min\left[\left(1 - \frac{b_0 - c^T x}{d_0}\right), \left(1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i}\right)\right]\right) \qquad \text{(i=1,2,3,...m)} \qquad (3.13)$$

Eşitsizliklerinden belirlenir.

Bulanık hedef ve bulanık kısıtlar için tolerans betimlemesinde kullanıldığı zaman, bir maksimizasyon kararı olan $\mu_{\underset{\sim}{D}}(x^M)$, geleneksel bir doğrusal programlama modelinin kurulması ile belirlenir. Diğer bir değişle, simetrik doğrusal programlama problemleri, ek bir değişken olan λ'nın kullanılması ile ilgili geleneksel bir doğrusal programlama modeli olarak ifade edilebilir. Bunun için, bulanık karar kümesinin λ değişkeni ile gösterilmesi gerekir [14] .

$$\min[\mu_0(x), \mu_i(x)] = \mu_0(x) \Lambda \mu_i(x) = \lambda \qquad (3.14)$$

λ değişkeni, bulanık hedef ve bulanık kısıtların çözüm vektörü x tarafından eşyalı yorulma derecesini göstermektedir. $\lambda \in [0,1]$ aralığında tanımlıdır. (1.11) gösterimlerinden hareketle bulanık karar kümesi, aşağıda gösterimi olan ifadeye denktir [20] .

$$\mu_0(x) \geq \lambda$$

$$\mu_i(x) \geq \lambda \qquad (3.15)$$

Buradan, $\mu_{\underset{\sim}{D}}(x^M)$'i belirleme problemi geleneksel bir doğrusal programlama problemi olarak aşağıda verildiği şekildedir.

Max . λ

Kısıtlayıcılar

$\mu_0(x) \geq \lambda$

$\mu_i(x) \geq \lambda$

$\lambda \in [0,1]$ (3.16)

Bulanık hedef ve bulanık kısıtların üyelik fonksiyonları (3-16) ile numarandırılmış modelde yerine koyulduğunda;

Max . λ

Kısıtlayıcılar

$1 - \frac{b_0 - c^T x}{d_0} \geq \lambda$

$1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \geq \lambda \; ; \forall$ i (3.17)

$\lambda \in [0,1]$

$x \geq 0$ modeline ulaşılır.

Bu modelde $c^T x$ ve $(Ax)_i$ terimlerine göre düzenlendiğinde;

Max . λ

Kısıtlayıcılar

$c^T x \geq b_0 - (1 -. \lambda)\, d_0$

$(Ax)_i \leq b_i + (1 -. \lambda)\, d_i; \quad \forall$ i

$\lambda \in [0,1]$

$x \geq 0$

=

Max . λ

Kısıtlayıcılar

$$c^T x - \lambda d_0 \geq b_0 - d_0$$

$$(Ax)_i + \lambda d_i \leq b_i + d_i; \quad \forall i \qquad (3.18)$$

$\lambda \in [0,1]$

$x \geq 0$

modeli elde edilir. Burada, c_j, a_{ij}, b_0, d_0 ve d_i parametreleri problem çözülmeden, karar veren kişi tarafından karar verilerek belirlenmelidir.

Bulanık hedef ve bulanık kısıtlı doğrusal programlama da kısıtların bir kısmı bulanıklık içermeyebilir. Böyle durumlarda bulanıklık içermeyen kısıtlayıcılar sıfır toleransa sahip olarak kabul edilmektedir [14]. Yani bu kısıtlayıcılar herhangi dönüşüme gerek kalmadan modele doğrudan ilave edilir [21]. Az sayıda varsayım içeren Zimmermann yöntemleri işlemsel kolaylık sağlar. Avantajlıdır. Zimmerman'ın yaklaşımı literatürde iki eleştiri almaktadır. En başta istenen maksimum tolerans miktarı doğru olarak belirlemeyebilmektedir. Karar verici ilgili konu ile hakkında bu değer ile ilgili bilgi sahibi olmayabilir. İkinci eleştiri olarak b_0 erişim seviyesi çok yüksek verildiğinde bu doğrusal programlama modelinin çözümüne ulaşılamayabilir. Zimmermann'ın yaklaşımı ile karar kümesi tamamiyle belirlenememektedir. Bu durumun yerine, bulanık karar kümesinin maksimum üyelik derecesine sahip olan elemanı belirlemektedir

3.2 Hedef Programlama Modeli

Hedef programlamanın amacı sapmayı mümkün olan en küçük değer kadar yapmak yani, sapmayı en küçükleme ile maksimum tahminin elde edilmesi amaçlanmaktadır [15 , 22]. Hedef programlama modelinde, doğrusal programlamada olduğu gibi amaç ve kısıt fonksiyonları yer almaktadır. Klasik bir amaç fonksiyonunda bulunan amaç ve kısıt fonksiyonları hedef programlama modelinin sadece kısıt kümesini meydana getirmektedir. Klasik doğrusal modelden farklı olarak hedef programlama modeli için ulaşılması amaçlaman hedefe ilişkin karar vericilere karar verilmelidir. Sapma değişkenleri, ulaşılması amaçlanan hedeften ne kadar uzaklaşıldığının ölçümünü sağlar. Sapma, pozitif ve negatif yönlü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Negatif sapma değerinin pozitif olduğu durum için hedeflenen değerden düşük bir değere ulaşıldığı, pozitif sapma değeri 0 dan büyükse ulaşılması hedeflenen değerin aşıldığı, sıfıra eşit olması halinde ise ulaşılması hedeflenen değere ulaşıldığını ifade edebiliriz.

Çok amaçlı programlama modeline dayanarak hedef programlama modelini;

Maximum $Z_1=f_1(x)$

Minimum $Z_2=f_2(x)$

Kısıtlayıcılar

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} \leq b_1$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{2j}x_{3j} \leq b_2$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{3j}x_{3j} \leq b_3$$

ve

$x \geq 0$ (3.19)

Bu modelden kısıt kümesinin öncelikle oluşturulması gerekir. $f_1(x)$ ve $f_2(x)$ fonksiyonları için erişim düzeyleri b_4 ve b_5 olduğunun kabulü ile amaç fonksiyonlarına sapma değişkenleri katarak kısıt kümesi elde ederiz.

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} \leq b_1$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{2j}x_{3j} \geq b_2$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{3j}x_{3j} = b_3$$

$f_1(x)+n_1-p_1=b_4$

$f_2(x)+n_2-p_2=b_5 i=1,2,3 \; ; j=1,2,..,n$ (3.20)

ve $x_{i,j} \geq 0$

$\left.\begin{matrix} ni,pi\geq 0 \\ ni \; x \; pi=0 \end{matrix}\right\} i=1,2$

Bu kısıtlarla, erişim seviyesi için eş zamanlı pozitif ve negatif sapma olmayacağı belirtilmektedir. Hedef programlamada, ulaşılması amaçlanan hedefler için maksimum hedef için minimum sapma yani sapma değerlerinin minimize edilmesi söz konusudur. Bu amaçla muhtemel amaç yönleri ve bu hedef programlama modelinde yer alacak sapma değişkenleri aşağıda yer alan Çizelge 3.1 de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 Amaç fonksiyonunda yer alacak sapma değişkenleri

Hedef Yönü	*Sapma Değişkeni*
$\leq$	p_i
$\geq$	n_i
=	n_i+p_i

Hedef programlamada hedeflerin değişen önemi birbirlerine eşittir ve tüm hedefler eş zamanlı olarak doyurulmaya çalışılır. Diğer bir durum ise, hedeflerin önem sırası oluşturularak en önemliden en önemsize sırasıyla sıralanacak şekilde ağırlık kavramı kullanılarak sayısal olarak yapımı mümkündür. Hedeflerin önceliği; birinci derece önemli hedeften önem derecesi düşük olana doğru $T_1>T_2>....>T_{n-1>}T_n$ şeklinde ifade edilir. Oluşturulan ağırlıklandırma w_i ile $w_i \in$ [0,1] sınırları çerçevesinde önem sırası atanır. Bu tanımlamalar doğrulusunda hedef programlama modelinin ama fonksiyonu;

Aynı tercih önceliği;

Minimum $\sum_{i=1}^{n}[h_i(n_i,p_i)]$

Farklı tercih önceliği(sözel durum)

Minimum $\sum_{i=1}^{n}[_{T_i}h_i(n_i,p_i)]$

Farklı tercih öncelikleri(sayısal durum)

Minimum $\sum_{i=1}^{n}[_{w_i}h_i(n_i,p_i)]$

Farklı tercih öncelikleri (sözel ve sayısal durum)

Minimum $\left\{\sum_{i=1}^{n} T_i[_{\sum_{i=1}^{n}[_{w_i}h_i(n_i,p_i)]}]\right\}$ (3.3)

Yukarıda kapalı olarak belirtilen $[h_i(n_i, p_i)]$ ifadesi yukarıdaki amaç fonksiyonunda yer alacak sapma değişkenleri Çizelgesunda oluşturulmaktadır. Hedef programlama ve ağırlıklı hedef programlama problemleri simpleks yöntem ile de çözülebilmektedir. Yukarıda bahsedilen tercih önceliği olan hedef programlama da ise uyarlamalı simpleks yöntemi ile ardışık optimizasyon yöntemleri ile istenilen sonuca ulaşılır. Sonuca ulaşmada süreç en son önceliğin doyurulmasına kadar tekrarlanır.

BÖLÜM 4

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ

Karar vericinin amaç fonksiyonları için ulaşmak istediği sonuca ulaşması oldukça zordur ve böyle durumlarda elde bulunan veriler oldukça belirsiz ve bulanıktır [12]. Bulanık küme teorisinde, hedefler için "yaklaşık olarak..'e eşit" ya da "..'den oldukça küçük" gibi tanımlamalar yapılır. Yapılan bu tanımlamalar bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu olarak incelenir. Bunun avantajıyla hedef programlama modelinin bir optimizasyon düşüncesinden doyum düşüncesine dayanması öne çıkmıştır. Hedef programlama iki şekilde incelenebilir. İlk olarak tüm hedeflerin aynı önceliğe sahip olduğu hedeflerin eşyanlı doyumunun ifade edildiği çözümdür. Diğer çözüm ise hedefler farklı önceliğe sahip olduklarında tercih önceliğine göre çözüm belirlenen modelidir. Genelleştirilmiş bulanık hedef programlama modeli 4-1 de verilebilir.

$(Ax)_i \tilde{=} b_i$; *i=1,2,3,…,m₁* *Bulanık hedefler*

$(Ax)_i \tilde{\leq} b_i$; *i= m₁₊₁,…,m₂* *Bulanık hedefler*

$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i$; *i= m₂₊₁,…,m₃* *Bulanık hedefler*

$(Ax)_l \{=, \leq, \geq\} b_l$; *l=1,2,3,….,p* *Bulanık olmayan kısıtlayıcılar*

$x_j \geq 0; j=1,2,3,….n$ *Bulanık olmayan kısıtlayıcılar* (4.1)

Burada $\tilde{=}$, $\tilde{\leq}$, $\tilde{\geq}$ simgeleri $=, \leq, \geq$ simgelerinin bulanıklaştırılmış halidir. i'ninci hedef için karar vericinin erişim düzeyi b_i ile yukarıdaki formüllerde gösterilmiştir.

Klasik bir küme bir üyelik fonksiyonu ile nitelenirken, bulanık kümede sonsuz sayıda fonksiyon ile nitelemek mümkündür [14]. Bulanık kümeye ait üyelik fonksiyonu kesikli, sürekli, parametrik, nonparametrik, simetrik, simetrik olmayan gibi şekillerde sınıflandırılabilir. Yine aynı şekilde üyelik fonksiyonu üçgensel, ikizkenar, parçalı doğrusal, içbükey biçimli parçalı doğrusal, yarı iç bükey biçimli parçalı doğrusal, s-biçimli parçalı doğrusal, dış bükey biçimli parçalı doğrusal gibi nitelendirilebilir.

Bulanık hedef programlamada geliştirilen çözümlerden kolaylık sağlaması sebebiyle Zimmermann üyelik fonksiyonu ile nitelenmiş ve bu fonksiyon;

$(Ax)_i \tilde{=} b_i$; =>

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

i=1,2,3,…,m₁ (4.2)

$(Ax)_i \tilde{\leq} b_i$;=>

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

i= m₁₊₁,…,m₂ (4.3)

$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i$ =>

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

i= m₂₊₁,…,m₃ (4.4)

Yukarıda yer verilen gösterimlerde karar vericinin belirlediği erişim değeri b_i ile bu değerden oluşacak sapma değeri için kabul edilebilir tolerans miktarı ise d_i ile gösterilmiştir. Aşağıda olan başlıklarda bulanık hedef programlama modeli için geliştirilen çözüm yaklaşımlarına yer verilmektedir.

4.1 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Narasimhan Yaklaşımı

Bulanık erişim değerlerine sahip hedef programlama ile ilgili araştırmaları ele alan ilk kişi olan Narsimhan'ın kısıt kümesinden çözüm vektörü *x* in tespiti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$(Ax)_i \tilde{=} b_i$ *i=1,2,3,…,m₁*

$x_j \geq 0$ *j=1,2,3,….n* gösterimiyle ifade edilir. (4.5)

Zimmermann'ın bulanık doğrusal programlama modeli için geliştirmiş olduğu modelden etkilenerek Narasimhan, bulanık hedef programlama modelinin sonucuna ulaşmayı bulanık karar kümesi yardımıyla bulmayı amaçlamıştır. Bu yaklaşım ile bulanık hedeflerin üyelik derecelerinin arttırılması hedeflenir. Buna göre, aşağıda gösterimine yer verilen problemin çözümlenmesi gerekir.

$$\mu'_{\tilde{D}}(x^M) = \max_{x \geq 0} (\min[\mu_i(x)]) \quad (4.6)$$

Bu işlem yapılırken i'ninci üyelik fonksiyonunun doğrusal iki fonksiyon olarak tanımlanmasından dolayı karşılaşılan bir zorluk bulunmaktadır. Üyelik derecelerinin 1'den 0' a doğru azaldığı ve 0'dan 1'e arttığı parçaları incelediğimizde yukarıda bahsi geçen zorluk araştırılabilir. Bu durumda, elde edilen iki alt problemin yardımıyla karar kümesi için en iyi üyelik derecesine ulaşılır.

Yani, x^M vektörünün $[b_i - d_i, b_i]$ ve $[b_i + d_i, d_i]$ aralıklarında nerede bulunduğunun tespit edilmesi amaçlanır. Bu ifade yardımıyla, i'ninci bulanık hedef için aşağıda gösterilmiş alt problemler oluşturulur [23].

$$\mu'_{\underset{\sim}{D}}(x^M) = \max_{x\geq 0}(\min[\mu_i(x)\,] = \begin{cases} 1.problem; \\ \max_{x\geq 0}(\min\left[1-\frac{(Ax)_i-b_i}{d_i}\right] \\ kısıtlayıcılar \\ b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \\ i = 1,2,3,\ldots,m1 \end{cases} \tag{4.7}$$

$$\mu'_{\underset{\sim}{D}}(x^M) = \max_{x\geq 0}(\min[\mu_i(x)\,] = \begin{cases} 2.problem; \\ \max_{x\geq 0}(\min\left[1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_i}\right] \\ kısıtlayıcılar \\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ i = 1,2,3,\ldots,m1 \end{cases} \tag{4.8}$$

Bulanık hedef programlamada tanımlanan λ erişim seviyesi ile problemin incelenmesi aşağıda gösterildiği gibidir.

$$\mu'_{\underset{\sim}{D}}(x^M) = \max_{x\geq 0}(\min[\mu_i(x)\,] = \begin{cases} 1.problem; \\ \max\lambda \\ kısıtlayıcılar \\ 1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_i} \geq \lambda \\ b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \\ x \geq 0 \\ \lambda \in [0,1] \\ i = 1,2,3,\ldots,m1 \end{cases} \tag{4.9}$$

$$\mu'_{\underset{\sim}{D}}(x^M) = \max_{x\geq 0}(\min[\mu_i(x)\,] = \begin{cases} 2.problem; \\ \max\lambda \\ kısıtlayıcılar \\ 1-\frac{(Ax)_i-b_i}{d_i} \geq \lambda \\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ x \geq 0 \\ \lambda \in [0,1] \\ i = 1,2,3,\ldots,m1 \end{cases} \tag{4.10}$$

Yukarıdaki gösterimde yer alan x^M ifadesi herhangi bir bulanık hedef için $b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i$ eşitsizliğini doyururken, başka bir diğer bulanık hedef için $b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i$ eşitsizliğini doyurabilir. Bu ifadeler dolayısıyla bahsi geçen alt problemler aşağıdaki şekilde bir araya getirilmelidir.

$$\begin{aligned} &\max \lambda \\ &kısıtlayıcılar \\ &1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \geq \lambda \quad \textit{bazı i'ler için} \\ &b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \end{aligned} \tag{4.11}$$

$$\begin{aligned} &\max \lambda \\ &kısıtlayıcılar \\ &1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \geq \lambda \\ &b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \quad \textit{diğer i'ler için} \\ &x \geq 0 \\ &\lambda \in [0,1] \\ &i = 1,2,3,\dots,m_1 \end{aligned} \tag{4.12}$$

Narasimhan yaklaşımı, doğrusal programlama dizisinin çözümünden oluşmaktadır ve indirgenen alt problemlerden maksimum λ değerini veren çözüm, bulanık hedef programlama modeli çözümü olarak kabul edilmektedir.

4.2 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı

Hannan, λ^*=max λ_j ; j=1, 2, ….., 2m_1 teoremiyle, bulanık hedef programlama modelini tek doğrusal programlama modeli olarak formüle etmeyi başarmıştır [9] . Özdeş sonuçlar veren çözüm yöntemini de geliştirmiştir. λ_j Narasimhan yaklaşımı ile oluşturulmuş alt problem çözüm değerlerini, λ^* de bulanık hedef kümesi için maksimum üyelik derecesine sahip elemanı ifade etmektedir. $[b_i - d_i, b_i]$ aralığı artan fonksiyon ve $[b_i + d_i, d_i]$ aralığı azalan fonksiyondur.

Buna göre Hannan yaklaşımı aşağıdaki biçimde ifade edilebilir.

$$\begin{gathered}\max\lambda \\ kısıtlayıcılar \\ 1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_i}\geq\lambda \\ b_i-d_i\leq(Ax)_i\leq b_i\end{gathered}$$

artan parça

$$\begin{gathered}\max\lambda \\ kısıtlayıcılar \\ 1-\frac{(Ax)_i-b_i}{d_i}\geq\lambda \\ b_i\leq(Ax)_i\leq b_i+d_i \\ x\geq 0 \\ \lambda\ \in\ [0,1] \\ i=1,2,3,\ldots,m_1\end{gathered}$$

azalan parçadır.

Artan parça olarak tanımlanan yukarıdaki ifadeye göre $(Ax)_i \leq b_i$ ifadesini d_i tolerans miktarına bölündüğünde, $\frac{(Ax)_i}{d_i} \leq \frac{b_i}{d_i}$ ifadesi elde edilir. Sol tarafa p_i pozitif sapma değişkeni eklenirse $\frac{(Ax)_i}{d_i} + pi = \frac{b_i}{d_i}$ elde edilir. p_i düzenlenirse $p_i = \frac{b_i}{d_i} - \frac{(Ax)_i}{d_i}$ olur.

$1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_i}\geq\lambda$ 'de yerine koyarsak $\lambda + p_i \leq 1$ kısıtı elde edilir. Modelin azalan kısmı içinde bu işlemler yapıldığında $(Ax)_i \geq b_i$ elde edilir. Hannan, $\lambda + p_i \leq 1$, $\lambda + n_i \leq 1$ ve $\lambda + n_i + p_i \leq 1$ bir araya getirildiğinde;

$$\begin{gathered}\max\lambda \\ kısıtlayıcılar \\ \frac{(Ax)_i}{d_i}+ni-pi=\frac{b_i}{d_i} \\ d_i+n_i+p_i\leq 1 \\ n_i x p_i=0 \\ x_i,p_i,n_i,\lambda\geq 0 \\ i=1,2,3,\ldots,m_1 \\ j=1,2,3,\ldots,n\end{gathered} \qquad (4.13)$$

Bulanık hedef probleminin tamamen doyurulması $\lambda = 1$ ya da $p_i = n_i = 0$ şartlarının sağlanması anlamına gelmektedir.

4.3 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı

$(Ax)_i \tilde{=} b_i$

$x_i \geq 0$

İfadeleri aşağıdaki ifadelere eşittir:

$(Ax)_i \tilde{\leq} b_i$

$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i \qquad i = 1,2,3,\dots,m_1$

$x_j \geq 0 \qquad j = 1,2,3,\dots,n$ (4.14)

Şeklinde düzenlenebilir.

Yukarıdaki gösterimler yardımıyla aşağıdaki üyelik fonksiyonları gösterilebilir.

$(Ax)_i \tilde{\leq} b_i \quad \mathrm{i} = 1,2,3,\dots,\mathrm{m}_1$ =>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i \geq b_i + d_i\ ise \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & ;eğer\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i\ ise \\ 1 & ;eğer\ (Ax)_i = b_i\ ise \end{cases} \quad (4.15)$$

$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i \quad i = 1,2,3,\dots,m_1$ =>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i \leq b_i - d_i\ ise \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ;eğer\ b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i\ ise \\ 1 & ;eğer\ (Ax)_i = b_i\ ise \end{cases} \quad (4.16)$$

Bulanık hedef yukarıda ifadelerine yer verilen üyelik fonksiyonları ile belirtilmesi durumunda, Zimmermann'ın bulanık doğrusal programlama modeli için sunmuş olduğu çözüm yöntem, Narasimhan ve Hannan yaklaşımları ile aynı sonuçları elde edildiği Yang, Ignizio ve Kim tarafından kanıtlanmıştır [24]. Bu tanımlama çerçevesinde

bulanık karar kümesinin maksimum üyelik dereceli elemanı aşağıdaki ifadeler çözülerek bulunur.

$$\begin{array}{c} \max\lambda \\ kısıtlayıcılar \\ 1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_i} \geq \lambda \\ 1-\frac{(Ax)_i-b_i}{d_i} \geq \lambda \\ \lambda \in [0,1] \\ x_j \geq 0 \\ i=1,2,3,\dots,m_1 \\ j=1,2,3,\dots,n \end{array} \qquad (4.17)$$

$(Ax)_i \tilde{=} b_i$ ifadesinin $(Ax)_i \tilde{\leq} b_i$ ve $(Ax)_i \tilde{\geq} b_i$ şeklinde 2 ayrı bulanık eşitsizlik haline dönüştürüldüğünün unutulmamasına dikkat çekelim. Bu sebeple, $(Ax)_i \tilde{=} b_i$ ifadesinin[$b_i - d_i, b_i]$ ve $[b_i + d_i, d_i]$ aralıklarının birine eşit olma durumu şart değildir. Bu demektir ki simetrik olmayan üçgensel üyelik fonksiyonları ile;

$(Ax)_i \tilde{=} b_i \qquad i=1,2,3,\dots,m_1$ =>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i \leq b_i - d_i\ \ ise \\ 1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_{i1}} & ;eğer\ b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i\ ise \\ 1-\frac{(Ax)_i-b_i}{d_{i2}} & ;eğer\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_{i2}\ ise \\ 1 & ;eğer\ (Ax)_i \geq\ b_i + d_{i2}\ ise \end{cases} \qquad (4.18)$$

şeklinde tanımayabiliriz.

Bu ifadeden aşağıdaki doğrusal model elde edilir.

$$\begin{array}{c} \max\lambda \\ kısıtlayıcılar \\ 1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_{i1}} \geq \lambda \\ 1-\frac{(Ax)_i-b_i}{d_{i2}} \geq \lambda \\ \lambda \in [0,1] \\ x_j \geq 0 \\ i=1,2,3,\dots,m_1 \\ j=1,2,3,\dots,n \end{array} \qquad (4.19)$$

4.4 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Tiwari, Dharmar ve Rao Yaklaşımı

Tüm amaçların aynı seçim önceliğine sahip olduğu bulanık hedef programlama soruları için Narasimhan'ın sunduğu çözüm için uygulanacak yöntem ile Tiwari, Dharmar ve Rao tarafından tercih öncelikli bulanık hedef programlama probleminde yapılmıştır [25]. Tiwari, Dharmar ve Rao tarafından tercih öncelikli bulanık hedef programlama Narasimhan yaklaşımına dayanır. Tiwari, Dharmar ve Rao tarafından tercih öncelikli yaklaşımda minimum tercih önceliği ile maksimum λ değerini veren alt problemin yöntemi bulanık hedef programlama çözümü olarak kabul edilir. Karar vericinin hedeflerine ait olan önceliğinin belirlendiği ve bu öncelik sırasına göre amaçların en önemliden az önemli olana doğru sıralandığı varsayılır. Böyle olması durumunda ulaşılacak çözümde sonuçların hedef önceliği doğrultusunda değişebilir olduğu unutulmamalı ona göre hareket edilmelidir [13].

4.5 Üçgensel Üyelik Fonsiyonlarıyla Chen Yaklaşımı

Bulanık hedefin erişim seviyesine ulaşma seviyesi maksimum 1, minimum 0 olduğu bilinmektedir. Chen yaklaşımı bulanık hedeflerin üyelik seviyelerinin en yüksek düzeyde olması yerine bulanık hedeflerin en fazla 1'e eşit olabilen üyelik seviyesini oluşturan sapmalar minimumda tutulur [26].

Min $\lambda' = [\max\{|1 - \mu_i(Ax)|\}]$

$kısıtlayıcılar$

$$b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \qquad (4.20)$$

$$x \quad \geq 0$$

λ' bulanık amaçlara üye olmama derecesini gösteren yani; $\lambda' = 1 - \lambda$ ifadesini simgelemektedir. $(Ax)_i \tilde{=} b_i$ fonsiyon hedefini ifade eden üçgensel üyelik fonksiyonları, artan ya da azalan kısım olarak üyeliğin seviyesine göre incelendiğinden mutlak ifade edilir. Azalan kısım $1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i}$ artan kısım ise $1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i}$ ile gösterilir.

Bu gösterimler doğrultusunda model;

Max $\lambda' = 1 - \lambda$

Kısıtlayıcılar

$$\lambda' \geq \left(1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i}\right) - 1$$

$\lambda' \geq$ 1- $(1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i})$ifadeleri eşittir:

$$\lambda' \geq \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \qquad (4.21)$$

$$\lambda' \geq \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i}$$

$i = 1,2,3,\dots,m_1$

$b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i$

$x_1, x_2 \geq$0 şekilde ifade edilir.

4.6 Kim ve Whang Yaklaşımı

Hannan tarafından geliştirilmiş bulanık eşitsizliklerde hedef programlama çözümlerinin çözümü Kim ve Whang tarafından ispatlanmış ve bu yaklaşımın esası karar vericinin sahip olduğu toleransların ifadesi ya da tanımlanmasını temel alır.[24] Bulanık hedef programlama yaklaşımı olan $(Ax)_i \tilde{=} b_i$, $(Ax)_i \tilde{\leq} b_i$, $(Ax)_i \tilde{\geq} b_i$ için $(Ax)_i \tilde{\leq} b_i$, $(Ax)_i \tilde{\geq} b_i$ bulanık hedef karar vericilerinin sahip olduğu toleranlar sırasıyla t_i^+ ve t_i^- dir. t_i^+ ifadesi ile b_i nin daha büyük bir değer almasının sağlandığını ifade eder. t_i^- ifadesi ise b_i nin daha küçük bir değer almasının sağlandığını ifade eder.

$(Ax)_i \tilde{=} b_i \qquad i = 1,2,3,\dots,m_1$=>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i \leq b_i - t_i^-\ ise \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} & ;eğer\ b_i - t_i^- \leq (Ax)_i \leq b_i\ ise \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} & ;eğer\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + t_i^+\ ise \\ 1 & ;eğer\ (Ax)_i \geq\ b_i + t_i^+\ ise \end{cases} \quad (4.22)$$

$(Ax)_i \overset{\leq}{\sim} b_i \quad i = m_1 + 1,2,3,\dots,m_2$=>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i \geq b_i + t_i^+\ ise \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} & ;eğer\ b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + t_i^+\ ise \\ 1 & ;eğer\ (Ax)_i \geq b_i + t_i^+\ ise \end{cases} \quad (4.23)$$

$(Ax)_i \overset{\geq}{\sim} b_i \quad i = m_2 + 1,2,3,\dots,m_3$=>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i \leq b_i - t_i^-\ ise \\ 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} & ;eğer\ b_i - t_i^- \leq (Ax)_i \leq b_i\ ise \\ 1 & ;eğer\ (Ax)_i \geq\ b_i\ ise \end{cases} \quad (4.24)$$

Bulanık hedef programlama modelinin doğrusal programlama modeline dönüştürülmesi için λ kadar doyurulması gerektiği bilgisinin yardımı ile $\mu_i(x) \geq \lambda$ üyelik fonksiyonu olarak kullanılabilir. Bu bilgi çerçevesinde;

$(Ax)_i \overset{\leq}{\sim} b_i$

$\mu_i(x) \geq \lambda$

$i = m_1 + 1,2,3,\dots,m_2$

$$1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} \geq \lambda \ => \leq (Ax)_i - t_i^+(1 - \lambda) \leq b_i \quad (4.25)$$

λ ifadesi bulanık hedeflere ulaşma seviyesini gösterdiği için B_i^+ ifadesi $(Ax)_i \overset{\leq}{\sim} b_i$ için hedefe ulaşmamayı ifade eder. Bu gösterimler düzenlenirse aşağıdaki ifadeler ele edilir.

$$(Ax)_i - t_i^+ B_i^+ \leq b_i \qquad (4.26)$$

$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i$

$\mu_i(x) \geq \lambda$ için;

$(Ax)_i + t_i^- B_i^- \geq b_i$

$(Ax)_i \tilde{=} b_i$ *için,*

$(Ax)_i + t_i^- B_i^- - t_i^+ B_i^+ = b_i$

Kim ve Whang yaklaşımı bulanık hedefler için kabul edilebilir tolerans değeri ya da çözüm vektörü *x*'in bulanık hedeflere üye olamama durumu minimize edilir. Bundan hareketle bulanık programlama modelinde amaç fonksiyonu;

Min$[\sum_{i=1}^{m1}(B_i^+ + B_i^-) + \sum_{i=m1+1}^{m2} B_i^+ + \sum_{i=m2+1}^{m} B_i^-]$ şeklinde olup

Kısıtlayıcılar;

$$(Ax)_i + t_i^- B_i^- - t_i^+ B_i^+ = b_i \qquad i = 1,2,3,\ldots\ldots\ldots,m_1$$

$$(Ax)_i - t_i^+ B_i^+ \leq b_i \qquad i = m_1 + 1,2,3,\ldots\ldots,m_2$$

$$(Ax)_i + t_i^- B_i^- \geq b_i \qquad i = m_2 + 1,2,3,\ldots\ldots,m_3 \qquad (4.27)$$

$$B_i^+, B_i^- \geq 0 \qquad i = 1,2,3,\ldots\ldots\ldots\ldots,m_3$$

$x \geq 0$

Karar vericinin hedefler arasında tercih önceliği var ise, amaç fonksiyonunun buna göre düzenlenmiş hali aşağıdaki ifadedeki gibidir.

$$\text{Min}\sum_{i=1}^{m1} T_i \left[\sum_{i=1}^{m1} w_i(B_i^+ + B_i^-) + (\sum_{i=m1+1}^{m2} w_i B_i^+) + (\sum_{i=m2+1}^{m} w_i B_i^-)\right] \qquad (4.28)$$

Yukarıdaki ifadede T_i bulanık hedeflerdeki tercih önceliğini, w_i ise tercih önceliğinde yer alan bulanık hedefler için karar verici tarafından belirlenmiş olan katsayıyı ifade etmektedir.

4.7 Tiwari, Dharmar ve Rao'nun Toplamsal Model Yaklaşımı

Bulanık hedef programlamada hedeflerin ortak bir doyum 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.

Maksimum $V(\mu\ ) \sum_{i=m2+1}^{m} w_i \mu_i$

Kısıtlayıcılar

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

$$\mu_i = 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \qquad i = m_2 + 1,2,3,\dots,m_3 \qquad (4.29)$$

$$\mu_i \leq 1 \qquad i = m_1 + 1,2,3,\dots,m_3$$

$$\mu_i, x \geq 0$$

w_i ifadesi $0 \leq w_i \leq 1$ ve $\sum w_i = 1$ koşullarını sağlayan hedef ağırlıklarını 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.

Maksimum $\sum_s (\mu_s)\ T_i$

Kısıtlayıcılar

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

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

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

r=1, 2, 3,….., i-1 (4.30)

$\mu_s \leq 1$

$\mu_s, x \geq 0$

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

4.8 Chen ve Tsai'nin Toplamsal Model Yaklaşımı

Seçim öncelikli hedef programlama sorularını çözmede geliştirilen yöntemlerin bir çoğu ardışık optimizasyon temelinden gelmektedir. Öncelik seviye sayısı artınca bulanık hedef programlama modelleri için işlemin etkinliği azalmaktadır. Chen ve Tsai seçim önceliğinin sayısal olarak değil sözel olarak belirtilmesi halinde doğru ve uygun çözümler verdiğini geliştirmiştir. Chen ve Tsai en önemli olan hedefe maksimum üyelik seviyesine erişilmesini sağlayan seçim öncelikli bulanık hedef programlama problemini tek bir çözümle ifadesini geliştirmiştir. Bu yaklaşımda önceki bölümlerde Tiwari, Dharmar ve Rao'nun toplamsal modeline $\mu_i \geq a_i$ eklenmesiyle elde edilir. Bulanık hedef üyelik fonksiyonu μ_i ile *i* ninci bulanık amaç için karar vericinin ulaşmayı hedeflediği en küçük üyelik derecesi ise a_i ile ifade edilmektedir. Chen ve Tsai'nın geliştirdiği model aşağıda belirtildiği gibidir [27].

Maksimum $V(\mu\ )\sum_{i=m2+1}^{m3}\mu_i$

Kısıtlayıcılar

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

$$\mu_i = 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \qquad i = m_2 + 1,2,3,\dots,m_3 \tag{4.31}$$

$$\mu_i \leq 1 \qquad i = m_1 + 1,2,3,\dots,m_3$$

$$\mu_i \geq a_i$$

$$\mu_i, x \geq 0$$

4.9 Wang ve Fu Yaklaşımı

Bulanık hedef programlama modelleri karar verici değişkenin doyurucu olduğu çözümü temel almaktadır. Bulanık modeller karar verici riske karşı duyarsız, riskten uzaklaşan modelleri tercih eder. Bu sebeple karar vericinin riski azaldıkça doyum derecesinin artması beklenmektedir. Yani riskten uzaklaşan modellerin riske yakın modellerden daha doygun modeller olması beklenir.

$(Ax)_i \tilde{=} b_i, 0$

$i = 1,2,3,\dots,m_1$=>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;eğer\ (Ax)_i \leq b_i - d_{i1}\ \ ise \\ [1 - \frac{b_{i1} - (Ax)_i}{d_{i1}}]^{\Psi} & ;eğer\ b_{i1} - d_{i1} \leq (Ax)_i \leq b_{i1}\ ise \\ 1 & ;eğer\ b_{i1} = (Ax)_i = b_{i2} \\ [1 - \frac{(Ax)_i - b_{i2}}{d_{i2}}]^{\Psi} & ;eğer\ b_{i2} \leq (Ax)_i \leq b_{i2} + d_{i2}\ ise \\ 0 & ;\ eğer\ (Ax)_i \geq\ b_{i2} + d_{i2}\ ise \end{cases} \tag{4.32}$$

$(Ax)_i \tilde{=} b_i, 0$

$i = m_3 + 1,2,3,\dots,m_1$=>

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{eğer } (Ax)_i \leq b_i - d_{i1} \text{ ise} \\ [1 - \frac{b_{i1} - (Ax)_i}{d_{i1}}]^{\Psi} & ; \text{eğer } b_{i1} - d_{i1} \leq (Ax)_i \leq b_{i1} \text{ ise} \\ 1 & ; \text{eğer } b_{i1} = (Ax)_i = b_{i2} \text{ ise} \\ [1 - \frac{(Ax)_i - b_{i2}}{d_{i2}}]^{\Psi} & ; \text{eğer } b_{i2} \leq (Ax)_i \leq b_{i2} + d_{i2} \text{ ise} \\ 0 & ; \text{eğer } b_{i2} \leq (Ax)_i \leq b_{i2} + d_{i2} \text{ ise} \end{cases} \quad (4.33)$$

Burada Ψ ifadesi üyelik fonksiyonu için 0.5, 1, 2 değerleri alabilir. $(Ax)_i \tilde{\leq} b_i$ ve $(Ax)_i \tilde{\geq} b_i$ için üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibidir.

$(Ax)_i \tilde{\leq} b_i \qquad i = m_1 + 1,2,3,\ldots,m_2 =>$

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{eğer } (Ax)_i \geq b_{i2} + d_{i2} \text{ ise} \\ [1 - \frac{b_{i2} - (Ax)_i}{d_{i2}}]^{\Psi} & ; \text{eğer } b_{i2} \leq (Ax)_i \leq b_{i2} + d_{i2} \text{ ise} \\ 1 & ; \text{eğer } (Ax)_i \leq b_{i2} \text{ ise} \end{cases} \quad (4.34)$$

$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i \qquad i = m_2 + 1,2,3,\ldots,m_3 =>$

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{eğer } (Ax)_i \leq b_{i1} - d_{i1} \text{ ise} \\ [1 - \frac{(Ax)_i - b_{i1}}{d_{i1}}]^{\Psi} & ; \text{eğer } b_{i1} - d_{i1} \leq (Ax)_i \leq b_{i1} \text{ ise} \\ 1 & ; \text{eğer } (Ax)_i \geq b_{i1} \text{ ise} \end{cases} \quad (4.35)$$

$(Ax)_i \tilde{=} b_i, 0 \qquad i = m_3 + 1,2,3,\ldots,m_1$ *bulanık hedefler*

$(Ax)_i \tilde{\leq} b_i \qquad i = m_1 + 1,2,3,\ldots,m_2$ *bulanık hedefler*

$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i \qquad i = m_2 + 1,2,3,\ldots,m_3$ *bulanık hedefler* (4.36)

$(Ax)_i \{=, \leq, \geq\} b_i$ *l=1, 2, 3, …, p* *bulanık olmayan kısıtlayıcılar*

$x_j \geq 0$ *j=1, 2, 3, …, n* *bulanık olmayan kısıtlayıcılar*

Wang ve Fu'ya göre göre karar verici $T_1 > T_2 > T_3 > \ldots > T_{n-1} > T_n$ olarak belirlenen öncelik sırası $1 > \lambda_1 > \lambda_2 > \ldots > \lambda_{n-1} > \lambda_n > 0$ şeklinde kullanılabilir. T_{n+1} önceliklerinin doyum derecesinin yüksek olması bir ceza maliyetine neden olmakta ve bu M_n ile gösterilmektedir. Karar verici öncelik sırasının $T_1 > T_2 > T_3 > \ldots > T_{n-1} > T_n$ şeklinde gösterilmesi ceza maliyetinin $0 < M_1 < M_2 < \ldots < M_{n-1} < M_n$ gibi tanımını gerektirir. k'nıncı tercih önceliğinin ceza maliyeti $M_k = (10^{m_4})^{k-1}$ olarak gösterilir. m_4 ile bulanık hedef programlama modelindeki hedef sayısı ifade edilmektedir. Bu, hedeflerin arasında olan tercih önceliğinin, doyun seviyeleri ve ceza maliyetleri için ifadesi aşağıda verildiği şekildedir:

$$M_k \lambda' + \lambda_k \geq 1$$

$$M_k \lambda' + \lambda \leq 1 \qquad (4.37)$$

Bu kısıtlar ile tercih öncelikli bulanık hedef sorularının tek çözüm ile çözümü sağlar. Gösterimi; $\lambda' = max_i(\frac{1-\lambda_i}{Mi})$ ile ifade edilir. Bu gösterimler yardımıyla bulanık hedef programlamada hedef öncelikli ifadesi aşağıda belirtildiği gibidir.

$$= \begin{cases} Max\ \lambda \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ [1 - \frac{b_{i1}^k - (Ax)_i^k}{d_{i1}^k}]^{\Psi} \geq \lambda_k \quad ; i = 1,2,\ldots., m_1, m_2+1, \ldots\ldots, m_4 \\ [1 - \frac{(Ax)_i^k - b_{21}^k}{d_{i2}^k}]^{\Psi} \geq \lambda_k \quad ; i = 1,2,\ldots., m_2, m_3+1, \ldots\ldots, m_4 \\ Mk\ \lambda' + \lambda_k \geq 1 \\ Mk\ \lambda' + \lambda \leq 1 \\ \lambda, \lambda', \lambda_k \leq 1 \\ x, \lambda, \lambda', \lambda_k \geq 0 \end{cases} \qquad (4.38)$$

$[\mu_i(x)]^{\Psi} \geq \lambda$ ifadesinde yerine konma ile elde edilir. λ arttıkça karar vericinin doyma seviyesinin artmasını ifade eder. Bu ifadede $\Psi = 1$ olması doğrusal programlama modeli, $\Psi = 0.5$ ya da $\Psi = 2$ eşitliği olduğunda doğrusal olmayan programlama modeli elde edilir.

4.10 Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı

Bulanık hedef programlamada karar vericilerin yeterince doyurabilmesi, bulanık hedeflerin erişim seviyelerinin 0-1 aralığında olması demektir. Hannan ise değişik erişim seviyelerinin 0-1 aralığında birleştirilebileceğini ileri sürmüştür. Hannan'a göre 1 değeri tam üyeliği ifade ederken, 0 ise üye olmamayı ifade etmektedir. Hannan üyelik fonksiyonun belirlenmesi için geliştirdiği adımlar aşağıda ifade edildiği gibidir [28].

1.Adım: Bulanık hedefler için karar vericinin erişmeyi amaçladığı düzeylerin ve bu düzeylere ait üyelik seviyelerinin belirlenmesi.

2.Adım: Erişim seviyelerine ait üyelik seviyelerinin doğru parçalarıyla birleştirilmesi.

3.Adım: Bulanık hedef üyelerine ait fonksiyonların tespit edilmesi.

$$\mu_i[g_i(x)] = \sum_{j=1}^{N_j} B_{i,j}|g_i(x) - b_{i,j}| + B_i g_i(x) + \gamma_i \tag{4.39}$$

Erişim seviyeleri $b_{i,j}$ ile ifade edilir ise, $b_{i,j-1}$ ve $b_{i,j}$ erişim seviyeleri arasındaki doğru parçası ise $\mu_i[g_i(x)]= t_{i,j}g_i(x)+]= s_{i,j}$ üyelik fonksiyonu olarak gösterilir. $t_{i,j}$ ifadesi $[b_{i,j-1},\ b_{i,j}]$ aralığında ve olan doğru parçasının eğimi ise $s_{i,j}$ söz konusu doğru parçasının μ-kesmesini ifade etmektedir [9]. Bulanık hedefe ait diğer üyelik parametreleri aşağıda gösterildiği gibidir.

$$B_{i,j} = \frac{t_{i,j+1} - t_{i,j}}{2}$$

$$B_i = \frac{t_{i,Ni+1} - t_{i,j}}{2} \tag{4.40}$$

$$\gamma_i = \frac{s_{i,Ni+1} - s_{i,j}}{2}$$

$t_{i,j}$ ve $s_{i,j}$ parametreleri 0 üyelik derecesini veren doğru parçasının eğim ve μ-kesmesini, $t_{i,Ni+1}$ ve $s_{i,Ni+1}$ ise 1 üyelik derecesine sahip doğru parçasının μ-kesmesini ifade etmektedir.

1.Adım: Üyelik fonksiyonlarının mutlak terimli ifadelerden arındırılması.

2.Adım: Bulanık hedef programlama probleminin çözümü.

Bulanık hedeflerin ulaşmayı amaçladığı doyum seviyelerinin (a_i), $0 \leq a_i \leq 1$ şartıyla tespit edilmesi gerekir. Bu değer $\mu_i[g_i(x)] = a_i$ kısıtlarını meydana çıkarır. Uygun bir çözüm için $\mu_i = a_i$ kısıtlayıcısı $\mu_i[g_i(x)] + d_i^- - d_i^+ = a_i$ olarak düzenlenir. d_i^- ifadesi negatif sapmayı, d_i^+ ifadeside önceden tespit edilen erişim seviyesinin üzerine çıkıldığını ifade etmektedir.

Karar verici bulanık hedefleri en önemli olandan en az önemli olan değere doğru sıralanması ile aşağıda gösterimi olan bulanık hedef programlama problemine erişilir.

Minimum $\sum T_i \left[\sum_{i=1}^{m} d_i^-\right]$

Kısıtlayıcılar

$$\mu_i[g_i(x)] + d_i^- - d_i^+ = a_i$$

$$g_i(x) + n_i - p_i = b_{i,j}$$

$$n_i \times p_i = 0 \qquad (4.41)$$

$$d_i^- \; x \; d_i^+ = 0$$

$$x, n_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

Karar verici bulanık hedefleri farklı önem ağırlıkları ile aynı seçim önceliğinde yer aldığı ifade edilirse, aşağıda gösterilen ağırlıklı hedef programlama modeline erişilir:

Minimum $\left[\sum_{i=1}^{m} w_i d_i^-\right]$

Kısıtlayıcılar

$$\mu_i[g_i(x)] + d_i^- - d_i^+ = a_i$$

$$g_i(x) + n_i - p_i = b_{i,j}$$

$$n_i \times p_i = 0 \quad (4.42)$$

$$d_i^- \; x \; d_i^+ = 0$$

$$x, n_i, d_i^- , d_i^+ \geq 0$$

Karar verici, tercih öncelikli ağırlık ile belirlenmezse, bu sebeple en küçük üyelik dereceleri en büyüklenir.

Maksimum λ

Kısıtlayıcılar

$$\mu_i(g_i(x)) \geq \lambda$$

$$g_i(x) + n_i - p_i = b_{i,j}$$

$$\lambda \leq 1$$

$$n_i \times p_i = 0 \quad (4.43)$$

$$x, n_i, \lambda \geq 0$$

4.11 Parçalı Doğrusal Üyelik Fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı

Karar vericinin tespit ettiği erişme seviyeleri $b_{i,j}$ değişkenleriyle ifade edilirse, $[b_{i,j-1}, b_{i,j}]$ aralığındaki doğru parçası $\mu_i[g_i(x)] = t_{i,j} g_i(x) + s_{i,j}$ fonksiyonu ile gösterilir. $t_{i,j}$ $[b_{i,j-1},\ b_{i,j}]$ sınırlarında doğru parçasının eğimini, $s_{i,j}$ ise bahsi geçen doğru parçasının μ-kesmesini ifade etmektedir.

Yang, Ignizio ve Kim yaklaşımı ile aşağıda verilen 0-1 tamsayılı programlama problemine erişilir [29].

Maksimum λ

Kısıtlayıcılar

$(\mu_{51} \cup \mu_{52}) \geq \lambda$

$(\mu_{53} \cup \mu_{54}) \geq \lambda$

$\lambda \leq 1$

$x, \lambda \geq 0$ denktir;

Maksimum λ

Kısıtlayıcılar

$(\mu_{51} + M(1 - \delta_1)) \geq \lambda$

$(\mu_{52} + M\delta_1) \geq \lambda$

$(\mu_{53} \cup \mu_{54}) \geq \lambda$

$\lambda \leq 1$

$x, \lambda \geq 0$ (4.44)

$\delta_1 \in \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$ denktir;

Maksimum λ

Kısıtlayıcılar

$(\mu_{51} + M(1 - \delta_1)) \geq \lambda$

$(\mu_{52} + M\delta_1) \geq \lambda$

$\mu_{53} \geq \lambda$

$\mu_{54} \geq \lambda$

$\lambda \leq 1$

$x, \lambda \geq 0$

$\delta_1 \in \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$

μ_5 üyelik fonksiyonu;

$$\mu_5 = (\mu_{51} \cup \mu_{52}) \cap (\mu_{53} \cup \mu_{54}) = \min[\max(\mu_{51}, \mu_{52}), \min(\mu_{53}, \mu_{54})]\text{dir.}$$

Yukarıdaki formüllerde yer alan μ_5 üyelik fonksiyonunda bir adet maksimum işlemi olduğu için bir adet 0-1 değişkeninin tanımlandığı açıktır [13].

BÖLÜM 5

OTOMOTİV SEKTÖRÜ

5.1 Dünyada Otomotiv Sektörü

Dünyada otomotiv sektöründe yaklaşık olarak 50 firma faaliyet göstermektedir. Bu firmalar öncelikle ABD, Japonya, Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere olmak üzere gelişmiş ülkelerde üretime başlamıştır. Sonlarında ise otomotiv üreticisi firmalar Otomotiv firmaları lojistik ve maliyet kaygılarından dolayı üretim aşamalarını dünyanın değişik bölgelerine taşımışlardır [38].

Gelişmekte olan devletlerde vatandaşların ekonomik gücünün artması gelişmekte olan ülkelerde otomotive olan talebinin arttığı görülmektedir. Bununla birlikte Çin, Güney Kore ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde kendi araçlarını üretmeye başladıkları gözlenmiştir. Asya ülkelerinin liderliği ile gelişmekte olan ülkelerde otomobil üretim verilerinde gözlemlenebilir değişimler olmaktadır.

Otomotiv sektörü sahip olduğu yapı itibari ile ekonomik gelişmelerden en hızlı etkilenen sektörlerin başında yer almaktadır.

Araç sahipliğinin gelişmekte olan ülkelerde düşük seviyelerde olması otomotiv üreticisi firmalar için önemli fırsatlar yaratmaktadır. Bu nedenle, otomobil firmalarının Hindistan ve Çin başta olmak üzere gelişmekte olan ülkeleri yeni yatırımları için çoğunlukla tercih ettiği görüşüne ulaşılmakta ve görülmektedir [38].

5.2 Türkiye'de Otomotiv Sektör

Türkiye otomotiv üreticisi firmalar Otomotiv Sanayii Derneği (OSD) bünyesinde bir araya gelmişlerdir. OSD çatısı altında bulunan 14 firmanın 12'si motorlu kara taşıtları

üretimi diğer iki firma olan Hattat Tarım ve Türk Traktör ise “Tarım ve Ormancılık Makinelerinin İmalatı” alanında faaliyetlerine devam etmektedir.

Türkiye’de otomobil üretimi, Doğu Marmara bölgesinde yoğunlaşmıştır. Doğu Marmara’da bu kadar yoğunlaşmış olma nedenini Avrupa’ya lojistik olarak en uygun bölge olarak burasının olmasıdır.

Türkiye’de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaların toplam üretim kapasitesi yılda yaklaşık 1,5 milyon araçtır [38] .

Türkiye’de otomotiv sektörünün istihdam verileri yaklaşık olarak 40 bin kişiden oluşmaktadır. Yan sanayi çalışan sayılarına ilave olarak otomotiv sektöründe pazarlama, satış ve dağıtım kanallarında istihdam rakamları neredeyse 400 bin kişiye iş olanağı sağlamaktadır [30] .

Türkiye’de otomotiv üretiminde otomobil ağırlıklı bir yapı bulunmaktadır. Türkiye hane halkının gelir seviyesinin düşük olması halkın araç talebini genellikle kredi yoluyla sağlayabildiklerinden dolayı, bankacılık sektörünün ve tüketici finansman şirketlerinin otomotiv satışlarında önemli ölçüde belirleyici olabilmektedir. Bu nedenle taşıt kredisi kampanya ve oranları otomobil satış rakamları üzerinde oldukça etkili olmaktadır [32].

Türkiye’de gelir seviyesinin düşüklüğünden kaynaklı kullanılan taşıt kredileri ile bireyler araç sahipliği ihtiyaçlarını borçlanma ile karşılamaktadır. Son dönemlerde taşıt kredisi kullanımında tüketici finansman şirketlerinin rolünün arttığı görülmektedir. Otomotiv distribütörlüğü yapan kurumların bünyesinde barındıran holdinglerin yanında bizzat bankaların tüketici finansman şirketleri kurduğu ve otomotiv distribütörlüğü yapan firmalarla anlaşma yaparak pazar paylarını artırdıkları görülmektedir [33].

BÖLÜM 6

UYGULAMA

6.1 Veri Seti

Çalışmada, 2017 yılına yönelik olarak Türkiye'de otomobil üretim yapan firmaların karını maksimum yapmak, bir otomobil üretimi için çalışacak kişi sayısını bulmak ve talebin maksimum olması hedef fonksiyonlarını oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda yani modelde birden fazla amaç fonksiyon olduğunda çok amaçlı programlama kullanılabilir. Buna ek olarak amaç fonksiyonu değerlerinde sapmalar diğer bir deyişle tolerans miktarları var ise bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanılabilir.

Çalışmada oluşturulan hedefler için veri setine ait ilgili değişkenlerin standart sapmaları, tolerans miktarı olarak belirlenmiştir. Ayrıca modelde üretim kapasiteleri ve minimum üretim adetleri bulanık olmayan kısıt olarak kullanılmıştır.

Bulanık hedefler ve bulanık olmayan kısıtlara göre oluşturulan model, bulanık hedef programlama modelinin çözümü "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim", "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımları ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan veri seti 2012-2016 yılları arasında Türkiye'de otomotiv üreticisi olan firmalara ait olacak şekilde planlamıştır. Bu amaçla veriler "Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu" araştırmaları (İSO500), "Otomotiv Sanayi Derneği" ve "Karsan Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.Ş."den alınmıştır.

Bu çalışmada Türkiye'de otomobil üretimi yapan 12 firma ele alınarak bulanık hedef programlama yaklaşımı ile bir model kurulmuş ve bu model çözülmüştür. Modelde

2012-2016 yıllarına ait veriler kullanılarak 2017 yılı için belirlenen hedeflerin değerlerinin bulunması ve gerçek değerler ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

İSO500 Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu araştırmasının kökleri, 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. İlk kez 1968 yılında "100 Büyük Firma" olarak kamuoyuna açıklanmıştır. Her yıl bir önceki yıl verilerinin açıklandığı çalışmanın kapsamı 1978 yılında 300 kuruluşa, 1981 yılında ise 500 kuruluşa çıkarılmıştır.

"Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu" araştırmaları Türkiye ekonomisine tutulan güçlü bir ayna niteliğindedir. Ve bugüne kadar akademik düzeyde birçok tez ve araştırmaya konu olmuştur [35].

Karsan 1966 yılında 269 yatırımcı tarafından minibüs üretmek amacıyla kuruldu. 1977 yılından itibaren %100 Türk sermayesi ile hafif ve ağır ticari araç üretimi yapan otomotiv şirketidir.

2008 yılı itibarıyla İSO'nun yaptığı araştırmada Türkiye'nin en büyük 500 sanayi kuruluşu sıralamasında 267. sırada yer almaktadır [36].

Otomotiv Sanayi Derneği, 11 otomotiv üreticisi firmanın bir araya gelmesi ile 11 Ocak 1974 tarihinde ilk kuruluş toplantısını gerçekleştiren Derneği, 1630 sayılı Dernekler Kanunu'na göre gerekli şartları sağlayarak 14 Haziran 1974 tarihinde "Motorlu Kara Nakil Vasıtaları Kamyon, Kamyonet, Traktör, Otobüs ve Otomobil İmalatçıları Sanayii Derneği" adı altında kurulmuştur.

7 Kasım 1979 tarihinde yapılan tüzük değişimi ile adı "Otomotiv Sanayii Derneği" olarak değiştirilen dernek, günümüzde, her biri küresel birer oyuncu olan 14 üye firması ve geniş uzman kadrosu ile ülkemiz Otomotiv Sanayii'ni geliştirmeye yönelik çalışmalarını 43 yıldır başarı ile sürdürmektedir. OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers) üyesi olan OSD, ülkemiz Otomotiv Sanayii'ni uluslararası platformda temsil etmektedir [33] .

Çalışmada kullanılması planlanan veriler incelendiğinde Hattat ve Türk traktör sadece traktör üreticisi oldukları için analizin sonucunda sapmalara sebep olabilecekleri düşünüldüğünden çalışmada kullanılmamıştır. Yine verilere göre BMC firması için sadece 2012 yılında üretim adetleri bilgisine ulaşıldığı ve yapılan araştırmalar

sonucunda BMC Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş'nin otobüs, kamyon ve savunma sanayi araçları ürettiği ve analizin sonucunda sapmalara sebep olabilecekleri düşünüldüğü için çalışmada kullanılmamıştır. Bu sebeplerden dolayı tezin veri seti, Türkiye'de otomobil üreticisi olan firmalara ait olacak şekilde oluşturulmuştur. Bu firmalar Çizelge 6.1'de karar değişkenleri ile birlikte gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Firmalar ve Karar Değişkenleri

Firma Adı	Karar Değişkeni
A.I.O.S. (A.ISUZU)	x_1
FORD OTOSAN	x_2
HONDA TÜRKİYE	x_3
HYUNDAI ASSAN	x_4
KARSAN	x_5
M.A.N. TÜRKİYE	x_6
M. BENZ TÜRK	x_7
OTOKAR	x_8
OYAK-RENAULT	x_9
TEMSA GLOBAL	x_{10}
TOFAŞ	x_{11}
TOYOTA	x_{12}

Çizelge 6.1' de yer alan "Firma Adı", 2012-2016 yılları arasında Türkiye'de otomobil üretimi yapan A.I.O.S, Ford Otosan, Honda Türkiye, Hyundai Assan, Karsan, M.A.N. Türkiye, Mercedes Benz Türk, Otokar, Oyak Renault, Temsa Global, Tofaş ve Toyota firmalarının göstermekte olup; "Karar Değişkeni" olarak gösterilen x_i değişkenleri, *i.* firmanın üretim adedini göstermektedir.

6.2 Hedef ve Kısıt Fonksiyonları

Hedef programlama modelinde olan hedeflere ilişkin erişim değerlerinin, hedeflerin tercih öncelikli sıralamasının ve ağırlıklarının kesin olarak belirlenmesi oldukça zordur. Hedef programlama modelindeki, erişim düzeyi, hedeflerin ve karar vericilerin belirsiz olması durumunda bulanık hedef programlama modeli yer almaktadır. Bulanık Doğrusal Programlama; Belirsiz durumlarda modelleme yapılabilmesini ve esnek sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bulanık Hedef Programlama modelinde birbirini tanımlayan amaç ve karar ölçütü bileşenleri 'Bulanık Hedef Fonksiyonu' olarak tanımlanır. Modelde olayları niteleyen kısıtlayıcıların parametre değerleri 'bulanık kısıtlayıcılar' olarak ifade edilmektedir.

Bulanık hedef programlamada kullanılan tolerans değeri ise; Bulanık hedefler için karar vericinin belirlediği erişim değerinden oluşacak sapmalar için kabul edilen değerlerdir.

Bu çalışmada Türkiye'de otomobil üretimi yapan 12 firma ele alınarak bulanık hedef programlama yaklaşımı ile bir model kurulmuş ve bu model çözülmüştür. Modelde 2012-2016 yıllarına ait veriler kullanılarak 2017 yılı için belirlenen hedeflerin değerinin bulunması amaçlanmıştır.

Veri setine bağlı olarak bulanık hedef programlama yaklaşımına uygun biçimde oluşturulan bulanıklık içeren kısıtlar ve tolerans değerleri aşağıda yer almaktadır. 1. hedef için tolerans değeri: tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında elde ettikleri ciroların standart sapmalarının toplamını ifade etmektedir. 2. hedef için tolerans değeri: tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında çalışan kişi sayısının standart sapmalarının toplamını ifade etmektedir. Eşitlik şeklinde gösterilmesinin nedeni; 2012-2016 yılları arasında firmaların yıllık bazda çalışan sayıları artma ya da azalma eğilimi

göstermiyor olmasıdır. 3. hedef için tolerans değeri: tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında satış sayısının standart sapmalarının toplamını ifade etmektedir.

Bulanık olmayan kısıtlar ise; 2017 yılı için firmaların belirlemiş oldukları üretim kapasiteleri kullanılmıştır ve kesin değerlerdir. Üretim adetleri bu sayıların üzerinde olamayacağı için kısıtlar ≤ olarak alınmıştır. Modelin çözümünde herhangi bir firmanın üretiminin sıfır olmaması için 2012-2016 yılları arasında üretmiş oldukları sayıların en küçüğü kısıt olarak kullanılmıştır. Yani 2017 yılı üretimi en az 2012-2016 yılları arasındaki üretimin minimum değeri kadar olacaktır.

6.2.1 Bulanık Hedefler

6.2.1.1 Ciro hedefi

Türkiye'de otomotiv üretimi yapan 12 firmanın 2017 yılındaki karlarını maksimum yapacak üretim adetlerini bulacak modeli oluşturmak; bu amaçla kullanılacak veri aralığı 2012-2016 yılları arasındadır.

Çizelge 6.2 2012-2016 Yılları arasında firmaların bir otomobil satışından elde ettikleri ciro(TL)

	2012	2013	2014	2015	2016	ORTALAMA
A.I.O.S. (A.ISUZU)	81.715,093	97.289,289	80.281,767	76.267,318	139.708,117	95.052,317
FORD OTOSAN	30.007,288	34.534,879	43.073,470	44.028,353	48.881,429	40.105,084
HONDA TÜRKİYE	26.263,727	31.265,765	41.943.788	40.246,129	61.599,363	40.263,754
HYUNDAI ASSAN	18.175,566	22.217,064	22.774,623	27.535,163	30.683,684	24.277,220
KARSAN	8.504,476	4.295,064	70.397,176	29.802,980	98.223,586	42.244,657
M.A.N. TÜRKİYE	445.958,853	485.400,587	534.244,706	549.152,558	616.161,012	526.183,543
M. BENZ TÜRK	175.618,149	156.852,611	214.885,220	218.868,250	315.180,838	216.281,014
OTOKAR	282.034,109	317.189,926	292.773,860	23.310,971	551.526,685	335.326,910
OYAK-RENAULT	24.241,378	26.068,701	27.580,726	2.916,452	33.722,130	28.155,277
TEMSA GLOBAL	198.497,107	185.844,443	288.035,218	314.998,999	295.131,876	256.501,529
TOFAŞ	21.884,879	23.788,139	26.932,412	30.311,305	33.524,332	27.288,213
TOYOTA	25.050,462	41.109,116	31.894,988	36.760,932	69.891,052	40.941.310

1.hedef fonksiyonu:

Maxz(x)=$\sum_{i=1}^{12} c_i x_i =$

$c_1.x_1 + c_2.x_2 + c_3.x_3 + c_4.x_4 + c_5.x_5 + c_6.x_6 + c_7.x_7 + c_8.x_8 + c_9.x_9 + c_{10}.x_{10} + c_{11}.x_{11} + c_{12}.x_{12}$

şeklinde olup; $c_1,\ c_2,\ c_3, \ldots\ldots, c_{11},\ c_{12}$ katsayıları: 2012-2016 yılları arasında firmaların bir araç satışından elde ettikleri ortalama ciro yu göstermektedir (TL).

Çizelge 6.3 2012-2016 Yılları arasında firmalar ve ortalama ciro değişkenleri

	ORTALAMA CİRO (TL)	KARAR DEĞİŞKENLERİ KATSAYILARI
A.I.O.S. (A.ISUZU)	95.052,317	c_1
FORD OTOSAN	40.105,084	c_2
HONDA TÜRKİYE	40.263,754	c_3
HYUNDAI ASSAN	24.277,220	c_4
KARSAN	42.244,657	c_5
M.A.N. TÜRKİYE	526.183,543	c_6
M.BENZ TÜRK	216.281,014	c_7
OTOKAR	335.326,910	c_8
OYAK-RENAULT	28.155,277	c_9
TEMSA GLOBAL	256.501,529	c_{10}
TOFAŞ	27.288,213	c_{11}
TOYOTA	40.941,310	c_{12}

95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. $x_3 + 24277{,}220.x_4 + 42244{,}657.x_5$+ $526183{,}543.x_6 + 216281{,}014.x_7 + 335326{,}910.x_8 + 28155{,}277.x_9 + 256501{,}529.x_{10} + 27288{,}213.x_{11} + 40941{,}310.x_{12} \gtrsim$ 46607070,751 ± 15798247,560

1.hedef için tolerans miktarı: 15.798.247,560 TL

1. hedef için tolerans değeri: tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında elde ettikleri ciroların standart sapmalarının toplamını ifade etmektedir.

1.hedef için sağ taraf sabiti (46.607.070,751): tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında elde ettikleri ortalama ciroların toplamını ifade etmektedir. Büyük eşittir şeklinde ifade edilmesinin nedeni karın daha fazla olmasını bekliyor olmamızdır.

6.2.1.2 Çalışan Kişi Sayısı Hedefi

Çalışan kişi sayısı, bir araç üretmek için çalışan kişi sayısı ortalamasını ifade etmektedir. Türkiye'de otomobil üretiminde 2017 yılında çalışacak kişi sayısı kurulacak modelin 2. Kısıtı olacaktır. 2012-2016 yılları arasında firmaların bir otomobil üretmek için çalıştırdıkları kişi sayıları hesaplanmıştır. Eldeki veriler kullanılarak çalışan kişi sayılarının ortalaması ve standart sapmaları hesaplanmıştır.

Çizelge 6.4 2012-2016 Yılları arasında firmaların bir araç üretmi için çalışan kişi sayısı

	2012	2013	2014	2015	2016	Ortalama	Standart Sapma
A.I.O.S. (A.ISUZU)	0,131	0,148	0,112	0,084	0,155	0,126	0,017
FORD OTOSAN	0,035	0,034	0,040	0,032	0,031	0,034	0,003
HONDA TÜRKİYE	0,036	0,053	0,065	0,061	0,064	0,055	0,020
HYUNDAI ASSAN	0,018	0,020	0,012	0,014	0,011	0,015	0,005
KARSAN	0,078	0,071	0,513	0,166	0,164	0,198	0,061
M.A.N. TÜRKİYE	1,329	1,161	1,521	1,018	1,160	1,238	0,120
M. BENZ TÜRK	0,251	0,237	0,259	0,255	0,444	0,289	0,136
OTOKAR	0,800	0,468	0,629	0,456	0,963	0,663	0,115
OYAK-RENAULT	0,020	0,017	0,018	0,018	0,020	0,019	0,000
TEMSA GLOBAL	0,689	0,556	0,607	0,538	0,522	0,582	0,118
TOFAŞ	0,028	0,026	0,029	0,029	0,027	0,028	0,001
TOYOTA	0,030	0,029	0,021	0,025	0,037	0,028	0,005

Çizelge 6.5 2012-2016 Yılları arasında firmalar ve bir araç üretmek için çalışan kişi sayısı ortalaması ve karar değişkenleri

	ORTALAMA kişi sayısı	KARAR DEĞİŞKENLERİ KATSAYILARI
A.I.O.S. (A.ISUZU)	0,126	a_1
FORD OTOSAN	0,034	a_2
HONDA TÜRKİYE	0,055	a_3
HYUNDAI ASSAN	0,015	a_4
KARSAN	0,198	a_5
M.A.N. TÜRKİYE	1,238	a_6
M. BENZ TÜRK	0,289	a_7
OTOKAR	0,663	a_8
OYAK-RENAULT	0,019	a_9
TEMSA GLOBAL	0,582	a_{10}
TOFAŞ	0,028	a_{11}
TOYOTA	0,028	a_{12}

$a_1.x_1 + a_2.x_2 + a_3.x_3 + a_4.x_4 + a_5.x_5 + a_6.x_6 + a_7.x_7 + a_8.x_8 + a_9.x_9 + a_{10}.x_{10} + a_{11}.x_{11} + a_{12}.x_{12} \tilde{=}$
43131 ± 5713,531

$0{,}126.x_1 + 0{,}034.x_2 + 0{,}055.x_3 + 0{,}015.x_4 + 0{,}198.x_5 + 1{,}238.x_6 + 0{,}289.x_7 + 0{,}663.x_8 + 0{,}019.x_9 + 0{,}582.x_{10} + 0{,}028.x_{11} + 0{,}028.x_{12} \tilde{=}$
43131 ± 5713,531

2. hedef için tolerans miktarı: 5.713,531 2. hedef için tolerans değeri: tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında çalışan kişi sayısının standart sapmalarının toplamını ifade etmektedir.

2.hedef için sağ taraf sabiti (43.131): tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında çalışan kişi sayısının ortalamalarının toplamını ifade etmektedir.

Eşitlik şeklinde gösterilmesinin nedeni; 2012-2016 yılları arasında firmaların yıllık bazda çalışan sayıları artma ya da azalma eğilimi göstermiyor olmasıdır.

6.2.1.3 Talep Hedefi

Türkiye'de otomobil üretiminde 2017 yılında talep sayısı kurulacak modelin 3. Kısıtı olacaktır. 2012-2016 yılları arasında talep veriler kullanılarak talep miktarını ortalama satışlara göre 2017 yılı talebinin daha fazla olması beklenmektedir. Eldeki veriler kullanılarak talep sayılarının ortalaması ve standart sapmaları hesaplanmıştır. 2012-2016 yılları arasında talep miktarlarının ortalaması ve standart sapması kullanılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 6.6 2012-2016 Yıllarında firmalar tarafından satılan araç miktarları

	2012	2013	2014	2015	2016	Ortalama	Standart Sapma
A.I.O.S. (A.ISUZU)	4.763	4.907	7.680	11.162	5.240	6.750,400	2.736,584
FORD OTOSAN	272.097	281.287	244.682	334.622	333.749	293.287,400	39.690,105
HONDA TÜRKİYE	21.850	14.813	11.633	12.667	15.163	15.225,200	3.984,659
HYUNDAI ASSAN	86.976	102.020	203.157	226.500	230.010	169.732,600	69.654,045
KARSAN	15.448	12.486	1.714	7.239	5.647	8.506,800	5.475,906
M.A.N. TÜRKİYE	1.134	1.300	1.051	1.743	1.826	1.410,800	.353,942
M. BENZ TÜRK	20.002	22.395	22.205	23.941	14.116	20.531,800	3.851,524
OTOKAR	2.851	4.840	3.266	4.613	2.361	3.586,200	1.092,073
OYAK-RENAULT	310.602	331.694	318.246	339.240	340.000	327.956,400	13.055,695
TEMSA GLOBAL	2.354	2.918	2.500	2.922	3.084	2.755,600	311,658
TOFAŞ	256.428	244.614	222.807	278.254	383.495	277.119,600	62.752,744
TOYOTA	76.925	102.260	131.504	115.893	151.236	115.563,600	28.269,472

3. Hedef kısıtı büyük eşittir($\geq$) olacaktır. Çünkü ortalama satışlara göre 2017 de talebin daha fazla olmasını beklenmektedir.

Çizelge 6.7 2012-2016 Yılları arasında firmalar ve satılan araç miktarlarının ortalaması ve talep miktarı standart sapması

	Satılan Araç Miktari Ortalaması(Adet)	**Talep Miktarı Standart Sapma**
A.I.O.S. (A.ISUZU)	6.750,400	2.736,584
FORD OTOSAN	293.287,400	39.690,105
HONDA TÜRKİYE	15.225,200	3.984,659
HYUNDAI ASSAN	169.732,600	69.654,045
KARSAN	8.506,800	5.475,906
M.A.N. TÜRKİYE	1.410,800	353,942
M. BENZ TÜRK	20.531,800	3.851,524
OTOKAR	3.586,200	1.092,073
OYAK-RENAULT	327.956,400	13.055,695
TEMSA GLOBAL	2.755,600	311,658
TOFAŞ	277.119,600	62.752,744
TOYOTA	115.563,600	28.269,472
TOPLAM	1.242.426,400	231.228,407

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} \gtrsim$ 1242426,4 ± 231228,407

3.hedef için tolerans miktarı: 231.228,4073.

Hedef için tolerans değeri: tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında satış sayısının standart sapmalarının toplamını ifade etmektedir.

3.hedef için sağ taraf sabiti (1.242.426,4): tüm firmaların 2012-2016 yılları arasında satış sayısının ortalamalarının toplamını ifade etmektedir.

6.2.2 Bulanık Olmayan Kısıtlar

6.2.2.1 Üretim Kapasitesi Kısıtı

2017 yılı için firmaların belirlemiş oldukları üretim kapasiteleri kullanılmıştır ve Kesin değerlerdir. Üretim adetleri bu sayıların üzerinde olamayacağı için kısıtlar ≤ olarak alınmıştır.

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

6.2.2.2 Minimum Üretim Kısıtı

Modelin çözümünde herhangi bir firmanın üretiminin sıfır olmaması için 2012-2016 yılları arasında üretmiş oldukları sayıların en küçüğü kısıt olarak kullanılmıştır. Yani 2017 yılı üretimi en az 2012-2016 yılları arasındaki üretimin minimum değeri kadar olacaktır.

Çizelge 6.8 Firmalar ve 2012-2016 Yılları Arasındaki Üretimin Minimum Değerleri

	Minimum
A.I.O.S. (A.ISUZU)	4.763
FORD OTOSAN	244.682
HONDA TÜRKİYE	11.633
HYUNDAI ASSAN	86.976
KARSAN	1.714
M.A.N. TÜRKİYE	1.051
M.BENZ TÜRK	14.116
OTOKAR	2.361
OYAK-RENAULT	310.602
TEMSA GLOBAL	2.354
TOFAŞ	222.807
TOYOTA	76.925

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

6.2.3 Bulanık Hedef Programlama Modeli

Çalışmada, 2017 yılına yönelik olarak Türkiye'de otomobil üretim yapan firmaların karını maksimum yapmak, bir otomobil üretimi için çalışacak kişi sayısını bulmak ve talebin maksimum olması hedef fonksiyonlarını oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda yani modelde birden fazla amaç fonksiyon olduğunda çok amaçlı programlama kullanılabilir. Buna ek olarak amaç fonksiyonu değerlerinde sapmalar diğer bir deyişle tolerans miktarları var ise bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanılabilir.

Bu çalışmada oluşturulan hedefler için veri setine ait ilgili değişkenlerin standart sapmaları, tolerans miktarı olarak belirlenmiştir. Ayrıca modelde üretim kapasiteleri ve minimum üretim adetleri bulanık olmayan kısıt olarak kullanılmıştır.

Açıklanan ciro hedefi, çalışan kişi sayısı ve talep hedeflerine ek olarak üretim adeti, minimum üretim kısıtları bir araya getirilerek model elde edilir.

Bulanık Hedef 1(ciro hedefi):

95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754.*x*3

$x_3 + 24277{,}220.x_4 + 42244{,}657.x_5 + 526183{,}543.x_6 + 216281{,}014.x_7 + 335326{,}910.x_8 + 28155{,}277.x_9 + 256501{,}529.x_{10} + 27288{,}213.x_{11} + 40941{,}310.x_{12} \gtrsim$ 46607070751 ± 15798247560

Bulanık Hedef 2(çalışan kişi):

$0{,}126.x_1 + 0{,}034.x_2 + 0{,}055.x_3 + 0{,}015.x_4 + 0{,}198.x_5 + 1{,}238.x_6 + 0{,}289.x_7 + 0{,}663.x_8 + 0{,}019.x_9 + 0{,}582.x_{10} + 0{,}028.x_{11} + 0{,}028.x_{12}$

$\eqsim$ 43131±5713,531

Bulanık Hedef 3(talep):

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} \gtrsim$ 1242426,4±231228,407

Kısıtlar:

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

6.3 Modelin, Bulanık Hedef Programlama Çözüm Yaklaşımları ile oluşturulması

Türkiye'de 2012-2016 yılları arasında otomobil üretimi yapan A.I.O.S, Ford Otosan, Honda Türkiye, Hyundai Assan, Karsan, M.A.N. Türkiye, Mercedes Benz Türk, Otokar, Oyak Renault, Temsa Global, Tofaş ve Toyota firmalarının belirli kısıtlar altında 2017 yılı için üretim adetleri bulanık hedef programlama yaklaşımları ile çözülmüştür. Modelin çözümü için kullanılan LINGO yazılımına ait program kodları Ek'ler kısmında verilmiştir. Lingo, Lindo Systems Inc. Şirketi tarafından üretilmiş, doğrusal, tamsayılı ve doğrusal olmayan matematiksel modelleri çözebilen, duyarlılık analizi yapan bir eniyileme yazılımı ve modelleme dilidir. [37]

6.3.1 Kim ve Whang Yaklaşımı

min $\beta_1^- + \beta_2^- + \beta_2^+ + \beta_3^-$

Kısıtlar

95052,317. x_1+40105,084. x_2

$x_3 + 24277{,}220.x_4 + 42244{,}657.x_5 + 526183{,}543.x_6 + 216281{,}014.x_7 + 335326{,}910.x_8 + 28155{,}277.x_9 + 256501{,}529.x_{10} + 27288{,}213.x_{11} + 40941{,}310.x_{12} + 15798247560\,.\beta_1^- \geq$
46607070751

$0{,}126.x_1 + 0{,}034.x_2 + 0{,}055.x_3 + 0{,}015.x_4 + 0{,}198.x_5 + 1{,}238.x_6 + 0{,}289.x_7 + 0{,}663.x_8 + 0{,}019.x_9 + 0{,}582.x_{10} + 0{,}028.x_{11} + 0{,}028.x_{12} + 5713{,}531\,.\beta_2^- - 5713{,}531.\beta_2^+$
= 43131

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + 231228{,}407.\beta_3^- \geq$
1242426,4

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \beta_1^-, \beta_2^-, \beta_2^+, \beta_3^- \geq 0$

6.3.2 Tiwari, Dharmar ve Rao'nun Toplamsal Model Yaklaşımı

$\mu_1(x)$=1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]

$\mu_2(x)$=1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]

$\mu_3(x)$=1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]

$\mu_4(x)$=1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

max V(μ) $= \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$

95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. $x_3 + 24277{,}220.x_4 + 42244{,}657.x_5 + 526183{,}543.x_6 + 216281{,}014.x_7 + 335326{,}910.x_8 + 28155{,}277.x_9 + 256501{,}529.x_{10} + 27288{,}213.x_{11} + 40941{,}310.x_{12}$-
15798247560μ_1 =11137540509

$0{,}126.x_1 + 0{,}034.x_2 + 0{,}055.x_3 + 0{,}015.x_4 + 0{,}198.x_5 + 1{,}238.x_6 + 0{,}289.x_7 + 0{,}663.x_8 + 0{,}019.x_9 + 0{,}582.x_{10} + 0{,}028.x_{11} + 0{,}028.x_{12}$-5713,531$\mu_2$=37417,469

$0{,}126.x_1 + 0{,}034.x_2 + 0{,}055.x_3 + 0{,}015.x_4 + 0{,}198.x_5 + 1{,}238.x_6 + 0{,}289.x_7 + 0{,}663.x_8 + 0{,}019.x_9 + 0{,}582.x_{10} + 0{,}028.x_{11} + 0{,}028.x_{12} + 5713{,}531\mu_3$=48844,531

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12}$-
231228,407μ_4=1011197,9

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_1 \leq 1$

$\mu_2 \leq 1$

$\mu_3 \leq 1$

$\mu_4 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

6.3.3 Chen ve Tsai'nin Toplamsal Model Yaklaşımı

$\mu_1(x)$=1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]

$\mu_2(x)$=1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]

$\mu_3(x)$=1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]

$\mu_4(x)$=1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

max V(μ) = $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$

95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. $x_3 + 24277{,}220.x_4 + 42244{,}657.x_5 +$
$526183{,}543.x_6 + 216281{,}014.x_7 + 335326{,}910.x_8 + 28155{,}277.x_9 +$
$256501{,}529.x_{10} + 27288{,}213.x_{11} + 40941{,}310.x_{12}$-
15798247560μ_1 =11137540509

$0{,}126.x_1 + 0{,}034.x_2 + 0{,}055.x_3 + 0{,}015.x_4 + 0{,}198.x_5 + 1{,}238.x_6 + 0{,}289.x_7 +$
$0{,}663.x_8 + 0{,}019.x_9 + 0{,}582.x_{10} + 0{,}028.x_{11} + 0{,}028.x_{12}$-5713,531$\mu_2$=37417,469

$0{,}126.x_1 + 0{,}034.x_2 + 0{,}055.x_3 + 0{,}015.x_4 + 0{,}198.x_5 + 1{,}238.x_6 + 0{,}289.x_7 +$
$0{,}663.x_8 + 0{,}019.x_9 + 0{,}582.x_{10} + 0{,}028.x_{11} + 0{,}028.x_{12} +$
5713,531μ_3=48844,531

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12}$-
231228,407μ_4=1011197,993

$\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_1 \geq \mu_2$

$\mu_1 \geq \mu_3$

$\mu_1 \geq \mu_4$

$\mu_1 \leq 1$

$\mu_2 \leq 1$

$\mu_3 \leq 1$

$\mu_4 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

Bu yaklaşımda literatür araştırmalarında Chen ve Tsai'nin toplamsal model daha etkin olduğu için problem çözümünde bu yöntem ele alınmıştır. Hedefler arasında tercih önceliği matematiksel olarak $\mu_1 \geq \mu_2$, $\mu_1 \geq \mu_3$, $\mu_1 \geq \mu_4$ kısıtlayıcıları ile ifade edilmiştir.

6.3.4 Wang ve Fu Yaklaşımı İle Problemin Çözümü

$\mu_1(x)$=[1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_3(x)$=[1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]]$^{\Psi}$

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

x_9 ≤ 360000

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_1, \mu_2, \mu_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

$\mu_1(x)$=[1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_3(x)$=[1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]]$^{\Psi}$

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

x_9 ≤ 360000

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_1, \mu_2, \mu_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

Max λ

kısıtlayıcılar

[1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. $x_3 + 24277{,}220. x_4 +$ $42244{,}657. x_5 + 526183{,}543. x_6 + 216281{,}014. x_7 + 335326{,}910. x_8 +$ $28155{,}277. x_9 + 256501{,}529. x_{10} + 27288{,}213. x_{11} + 40941{,}310. x_{12}$)/ 15798247560]]$^{\Psi}$≥$\lambda_1$

[1-[$43131 - (0{,}126. x_1 + 0{,}034. x_2 + 0{,}055. x_3 + 0{,}015. x_4 + 0{,}198. x_5 + 1{,}238. x_6 +$ $0{,}289. x_7 + 0{,}663. x_8 + 0{,}019. x_9 + 0{,}582. x_{10} + 0{,}028. x_{11} + 0{,}028. x_{12}$)/ 5713,531]]$^{\Psi}$≥$\lambda_2$

[1-[$(0{,}126. x_1 + 0{,}034. x_2 + 0{,}055. x_3 + 0{,}015. x_4 + 0{,}198. x_5 + 1{,}238. x_6 +$ $0{,}289. x_7 + 0{,}663. x_8 + 0{,}019. x_9 + 0{,}582. x_{10} + 0{,}028. x_{11} + 0{,}028. x_{12} - 43131$)/ 5713,531]]$^{\Psi}$≥$\lambda_2$

[1-[$1242426{,}4 - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12}$)/ 231228,407]]$^{\Psi}$≥λ_3

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\lambda^{'}+\lambda_1 \geq 1$

$1000\lambda^{'}+\lambda_2 \geq 1$

$1000000\lambda^{'}+\lambda_3 \geq 1$

$\lambda^{'}+\lambda \leq 1$

$1000\lambda^{'}+\lambda \leq 1$

$1000000\lambda^{'}+\lambda \leq 1$

$\lambda, \lambda^{'}, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \lambda, \lambda^{'}, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \geq 0$

Max λ

kısıtlayıcılar

$95052{,}317.\ x_1 + 40105{,}084.\ x_2 + 40263{,}754.\ x_3 + 24277{,}220.\ x_4 + 42244{,}657.\ x_5 + 526183{,}543.\ x_6 + 216281{,}014.\ x_7 + 335326{,}910.\ x_8 + 28155{,}277.\ x_9 + 256501{,}529.\ x_{10} + 27288{,}213.\ x_{11} + 40941{,}310.\ x_{12} - 15798247560\lambda_1 = 11137540509$

$0{,}126.\ x_1 + 0{,}034.\ x_2 + 0{,}055.\ x_3 + 0{,}015.\ x_4 + 0{,}198.\ x_5 + 1{,}238.\ x_6 + 0{,}289.\ x_7 + 0{,}663.\ x_8 + 0{,}019.\ x_9 + 0{,}582.\ x_{10} + 0{,}028.\ x_{11} + 0{,}028.\ x_{12} - 5713{,}531\lambda_2 = 37417{,}469$

$0{,}126.\ x_1 + 0{,}034.\ x_2 + 0{,}055.\ x_3 + 0{,}015.\ x_4 + 0{,}198.\ x_5 + 1{,}238.\ x_6 + 0{,}289.\ x_7 + 0{,}663.\ x_8 + 0{,}019.\ x_9 + 0{,}582.\ x_{10} + 0{,}028.\ x_{11} + 0{,}028.\ x_{12} + 5713{,}531\lambda_2 = 48844{,}531$

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} - 231228{,}407\lambda_3 = 1011197{,}993$

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\lambda' + \lambda_1 \geq 1$

$1000\lambda' + \lambda_2 \geq 1$

$1000000\lambda' + \lambda_3 \geq 1$

$\lambda' + \lambda \leq 1$

$1000\lambda' + \lambda \leq 1$

$1000000\lambda' + \lambda \leq 1$

$\lambda, \lambda', \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \lambda, \lambda', \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \geq 0$

6.3.5 Düzeltilmiş Wang ve Fu Yaklaşımı(Kareli) ile Problemin Çözümü

$\mu_1(x)$=[1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_3(x)$=[1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]]$^{\Psi}$

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_1, \mu_2, \mu_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

$\mu_1(x)$=[1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_2(x)$=[1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]]$^{\Psi}$

$\mu_3(x)$=[1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]]$^{\Psi}$

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_1, \mu_2, \mu_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

Max λ

kısıtlayıcılar

$[1-[4660707051-(95052{,}317.\ x_1+40105{,}084.\ x_2+40263{,}754.\ x_3+24277{,}220.\ x_4+42244{,}657.\ x_5+526183{,}543.\ x_6+216281{,}014.\ x_7+335326{,}910.\ x_8+28155{,}277.\ x_9+256501{,}529.\ x_{10}+27288{,}213.\ x_{11}+40941{,}310.\ x_{12})/15798247560]]^{\Psi} \geq \lambda_1$

$[1-[43131-(0{,}126.\ x_1+0{,}034.\ x_2+0{,}055.\ x_3+0{,}015.\ x_4+0{,}198.\ x_5+1{,}238.\ x_6+0{,}289.\ x_7+0{,}663.\ x_8+0{,}019.\ x_9+0{,}582.\ x_{10}+0{,}028.\ x_{11}+0{,}028.\ x_{12})/5713{,}531]\ ]^{\Psi} \geq \lambda_2$

$[1-[(0{,}126.\ x_1+0{,}034.\ x_2+0{,}055.\ x_3+0{,}015.\ x_4+0{,}198.\ x_5+1{,}238.\ x_6+0{,}289.\ x_7+0{,}663.\ x_8+0{,}019.\ x_9+0{,}582.\ x_{10}+0{,}028.\ x_{11}+0{,}028.\ x_{12}-43131)/5713{,}531]\ ]^{\Psi} \geq \lambda_2$

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

Max λ

kısıtlayıcılar

95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12}-15798247560λ_1 ∗ λ_1 =11137540509

0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12}-5713,531λ_2 ∗ λ_2=37417,469

$\lambda^{'}$+λ_1≥1

1000$\lambda^{'}$+λ_2≥1

1000000$\lambda^{'}$+λ_3≥1

$\lambda^{'}$ +λ ≤ 1

1000$\lambda^{'}$ +λ ≤ 1

1000000$\lambda^{'}$ +λ ≤ 1

λ, $\lambda^{'}$, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \lambda, \lambda^{'}, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \geq 0$

6.3.6 Zimmermann Yaklaşımı İle Problemin Çözümü;

$\mu_0(x)$=[1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]]

$\mu_1(x)$=[1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]]

$\mu_2(x)$=[1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]]

$\mu_3(x)$=[1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]]

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3 \leq 1$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12} \geq 0$

Max λ

kısıtlayıcılar

$\mu_0(x) =$ [[1-[4660707051-(95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12})/ 15798247560]] ≥λ

$\mu_1(x) =$ [1-[43131 − (0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12})/ 5713,531]]≥λ

$\mu_2(x) =$ [1-[(0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} − 43131)/ 5713,531]]≤λ

$\mu_3(x) =$ [1-[1242426,4 − (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12})/ 231228,407]]≥λ

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_0 \geq \mu$

$\mu_1 \geq \mu$

$\mu_2 \geq \mu$

$\mu_3 \geq \mu$

$\lambda \epsilon [0,1]$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \lambda, \mu \quad , \mu_0, \mu_1, \mu_2 \mu_3 \geq 0$

Max λ

kısıtlayıcılar

95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. $x_3 + 24277{,}220. x_4 + 42244{,}657. x_5 +$
$526183{,}543. x_6 + 216281{,}014. x_7 + 335326{,}910. x_8 + 28155{,}277. x_9 +$
$256501{,}529. x_{10} + 27288{,}213. x_{11} + 40941{,}310. x_{12}-15798247560\lambda$ =11137540509

$0{,}126. x_1 + 0{,}034. x_2 + 0{,}055. x_3 + 0{,}015. x_4 + 0{,}198. x_5 + 1{,}238. x_6 + 0{,}289. x_7 +$
$0{,}663. x_8 + 0{,}019. x_9 + 0{,}582. x_{10} + 0{,}028. x_{11} + 0{,}028. x_{12}$-5713,531$\lambda$=37417,469

$0{,}126. x_1 + 0{,}034. x_2 + 0{,}055. x_3 + 0{,}015. x_4 + 0{,}198. x_5 + 1{,}238. x_6 + 0{,}289. x_7 +$
$0{,}663. x_8 + 0{,}019. x_9 + 0{,}582. x_{10} + 0{,}028. x_{11} + 0{,}028. x_{12} + 5713{,}531\lambda$=48844,531

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12}$-
231228,407λ=1011197,993

$x_1 \leq$ 19012

$x_2 \leq$ 415000

$x_3 \leq$ 50000

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_0 \geq \mu$

$\mu_1 \geq \mu$

$\mu_2 \geq \mu$

$\mu_3 \geq \mu$

$\lambda \leq 1$

$\lambda \geq 0$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \lambda, \mu \quad , \mu_0, \mu_1, \mu_2 \mu_3 \geq 0$

6.3.6 Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı İle Problemin Çözümü

Max λ

kısıtlayıcılar

95052,317. x_1+40105,084. x_2+40263,754. x_3 + 24277,220. x_4 + 42244,657. x_5 + 526183,543. x_6 + 216281,014. x_7 + 335326,910. x_8 + 28155,277. x_9 + 256501,529. x_{10} + 27288,213. x_{11} + 40941,310. x_{12}-15798247560λ =11137540509

0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12}-5713,531=37417,469

0,126. x_1 + 0,034. x_2 + 0,055. x_3 + 0,015. x_4 + 0,198. x_5 + 1,238. x_6 + 0,289. x_7 + 0,663. x_8 + 0,019. x_9 + 0,582. x_{10} + 0,028. x_{11} + 0,028. x_{12} + 5713,531λ=48844,531

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12}$-231228,407$\lambda$=1011197,993

x_1 ≤ 19012

x_2 ≤ 415000

x_3 ≤ 50000

x_4 ≤ 245000

x_5 ≤ 52225

x_6 ≤ 2400

x_7 ≤ 22000

x_8 ≤ 10300

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\mu_0 \geq \mu$

$\mu_1 \geq \mu$

$\mu_2 \geq \mu$

$\mu_3 \geq \mu$

$\lambda \leq 1$

$\lambda \geq 0$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \lambda, \mu \quad , \mu_0, \mu_1, \mu_2 \mu_3 \geq 0$

6.3.8 Chen Yaklaşımı İle Problemin Çözümü

Max λ

kısıtlayıcılar

$95052{,}317.\ x_1 + 40105{,}084.\ x_2 + 40263{,}754.\ x_3 + 24277{,}220.\ x_4 + 42244{,}657.\ x_5 + 526183{,}543.\ x_6 + 216281{,}014.\ x_7 + 335326{,}910.\ x_8 + 28155{,}277.\ x_9 + 256501{,}529.\ x_{10} + 27288{,}213.\ x_{11} + 40941{,}310.\ x_{12} - 15798247560\lambda = 11137540509$

$0{,}126.\ x_1 + 0{,}034.\ x_2 + 0{,}055.\ x_3 + 0{,}015.\ x_4 + 0{,}198.\ x_5 + 1{,}238.\ x_6 + 0{,}289.\ x_7 + 0{,}663.\ x_8 + 0{,}019.\ x_9 + 0{,}582.\ x_{10} + 0{,}028.\ x_{11} + 0{,}028.\ x_{12} - 5713{,}531\ \lambda = 37417{,}469$

$x_1 \leq 19012$

$x_2 \leq 415000$

$x_3 \leq 50000$

$x_4 \leq 245000$

$x_5 \leq 52225$

$x_6 \leq 2400$

$x_7 \leq 22000$

$x_8 \leq 10300$

$x_9 \leq 360000$

$x_{10} \leq 11500$

$x_{11} \leq 450000$

$x_{12} \leq 280000$

$x_1 \geq 4763$

$x_2 \geq 244682$

$x_3 \geq 11633$

$x_4 \geq 86976$

$x_5 \geq 1714$

$x_6 \geq 1051$

$x_7 \geq 14116$

$x_8 \geq 2361$

$x_9 \geq 310602$

$x_{10} \geq 2354$

$x_{11} \geq 222807$

$x_{12} \geq 76925$

$\lambda' + \lambda = 1$

$\lambda \leq 1$

$\lambda' \leq 1$

$\lambda \geq 0$

$\lambda' \geq 0$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, \lambda, \lambda' \geq 0$

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 2012-2016 yılları arasında Türkiye'de otomobil üretimi yapan A.I.O.S, Ford Otosan, Honda Türkiye, Hyundai Assan, Karsan, M.A.N. Türkiye, Mercedes Benz Türk, Otokar, Oyak Renault, Temsa Global, Tofaş ve Toyota firmalarının belirli kısıtlar altında 2017 yılı için üretim adetleri bulanık hedef programlama çözüm yaklaşımlarından "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim", "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımları ile gerçekleştirilmiştir ve Lingo programı kullanılarak çözülen yaklaşımlara ait hedeflerden ilki olan ciro hedefi için yaklaşımlara göre tahmin edilen değerler Çizelge 7.1 de yer almaktadır.

Çizelge 7.1 Ciro hedefi için tahmin edilen toplam ciro (TL)

Tiwari, Dharmar ve Rao	**Chen ve Tsai**	**Zimmermann**	**Yang, Ignizio ve Kim**
46.591.272.566.558,6	46.591.272.566.558,6	46.591.272.566.558, 6	46.591.272.566.558,6
Kim ve Whang	**Wang ve Fu(kareli)**	**Wang ve Fu**	**Chen**
48.111.624.259.837,7	45.867.099.839.436,6	43.986.632.317.270	46.607.070.130.915

2017 yılı için firmaların açıklanan ciro değerleri Çizelge 7.2 de yer almaktadır.

Çizelge 7.2 2017 yılı toplam ciro (TL)

Firma	Ciro (TL)
A.I.O.S. (A.ISUZU)	862.017.871
FORD OTOSAN	22.669.355.014
HONDA TÜRKİYE	1.909.651.497
HYUNDAI ASSAN	8.361.335.000
KARSAN	868.071.278
M.A.N. TÜRKİYE	1.538.334.565
M. BENZ TÜRK	6.486.557.570
OTOKAR	1.482.404.406
OYAK-RENAULT	15.673.395.350
TEMSA GLOBAL	1.064.931.510
TOFAŞ	15.911.044.439
TOYOTA	17.830.449.851
TOPLAM	94.657.548.351

“Tiwari, Dharmar ve Rao”, “Chen ve Tsai”, “Zimmermann”, “Yang, Ignizio ve Kim” yaklaşımları için tahmin edilen ciro (TL) değeri 46.591.272.566.558,6 bulunmuştur. “Kim ve Whang” yaklaşımı için ciro değeri 48.111.624.259.837,7, “Wang ve Fu” yaklaşımı için ciro değeri 43.986.632.317.270, “Wang ve Fu(kareli)” yaklaşımı için ciro değeri 45.867.099.839.436,6 , “Chen” yaklaşımı için ciro değeri 46.607.070.130.915’dir. 2017 yılı için gerçekleşen ciro değeri ise 94.657.548.351 ’tir. Tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasında farklılık olması, 2017 yılı için gerçekleşen üretim adedinin tahmin edilen değerden fazla çıkması şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca 2017 yılı için

oluşan ciro değeri 2012-2016 yılları arasında ortalama olarak kullanılan ciro değerlerinden enflasyondan dolayı farklı olacağı aşikardır.

Modelin çözümünde kullanılan yaklaşımlara özgü parametrelerin değerleri Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4'de verilmiştir:

Çizelge 7.3 "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımlarına özgü parametreler

Tiwari, Dharmar ve Rao	**Chen ve Tsai**	**Zimmermann**	**Yang, Ignizio ve Kim**
$\lambda = 1.000$	μ_1 =1.000	$\lambda = 1.000$	$\lambda = 1.000$
	μ_2 =1.000		
	μ_3 =1.000		
	μ_4 =1.000		

Çizelge 7.4 "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımlarına özgü parametreler

Kim ve Whang	**Wang ve Fu(kareli)**	**Wang ve Fu**	**Chen**
β_1^- =0.000	λ' =0.000	λ' =0.000	λ =1.000
β_2^- =0.000	λ =1.000	λ =1.000	λ' =1.000
β_2^+ =0.000	λ_1 =1.000	λ_1 =1.000	
β_3^- =0.000	λ_2 =1.000	λ_2 =1.000	
	λ_3 =1.000	λ_3 =1.000	

Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4'de yer alan "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımlarından "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Yang, Ignizio ve Kim" ve "Zimmermann" için problem çözümünden elde edilen λ değerleri $\lambda = 1.000$ olarak bulunmuştur. Bu sebeple çalışmada amaçlanan hedeflere tamamen ulaşıldığı yorumunu yapabiliriz. "Chen ve Tsai" için problemin çözümünden elde edilen μ_i değerleri yorumlanacak olursa; $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 1$ olduğu "Chen ve Tsai" için hedeflerin üyelik derecelerinin toplamının 4.000 olduğu ve modelin başarılı olduğu şeklinde yorumlayabiliriz.

Çizelge 7.4'de yer alan "Kim ve Whang" yaklaşımında amaç bulanık hedeflerin en azından λ düzeyine kadar doyurulmaya çalışılmaktadır. β_i^-ve β_i^+ değişkenleri çözüm vektörü x'in bulanık hedeflere üye olmama derecesini gösterir. Amaç olarak *x* in bulanık hedeflere üye olmama derecesi minimize edilir. Yapılan çözüm sonuçları incelendiğinde "Kim ve Whang" yaklaşımı için β_i^-ve β_i^+ değerlerinin 0.000 bulunduğu model çözümü amacına ulaşıldığı söylenebilir. "Wang ve Fu" ve "Wag ve Fu Düzenlenmiş yaklaşımı" incelendiğinde uygulamanın çözümüne ait elde edilen parametre değerlerinin aynı olduğu görülmektedir. "Wang ve Fu" yaklaşımında amaç karar vericilerin göze aldığı risk miktarı arttıkça doyum derecesinin azalması beklenir. Bu nedenle, bir hedef değeri için riskten kaçan bir karar vericinin sağladığı doyumun, riski seven bir karar vericinin sağladığı doyumdan büyük olması gerekir. "Wang ve Fu" ve "Wag ve Fu Düzenlenmiş yaklaşımı" için problem çözümünden elde edilen λ değerleri $\lambda = 1.000$ olarak bulunmuştur. Bu sebeple çalışmada amaçlanan hedeflere tamamen ulaşıldığı yorumunu yapabiliriz. "Chen" yaklaşımı için, bilindiği üzere bulanık bir hedefin erişim düzeyine ulaşma derecesi en az 0, en fazla 1 olabilir. Burada, bulanık hedeflere üye olmama derecesini gösteren λ' ifadesi $\lambda' = 1 - \lambda$ eşitliği ile tanımlanır. Çözüm sonuçları incelendiğinde $\lambda = 0.000$ bulunmuş yani problemin "Chen" yaklaşımı ile çözümünde hedefe ulaşılamadığını söyleyebiliriz.

Çizelge 7.5 2012-2017 Yılları üretim adetleri

	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
A.I.O.S. (A.ISUZU)	4.763	4.907	7.680	11.162	5.240	6.366
FORD OTOSAN	272.097	281.287	244.682	334.622	333.749	373.005
HONDA TÜRKİYE	21.850	14.813	11.633	12.667	15.163	28.742
HYUNDAI ASSAN	86.976	102.020	203.157	226.500	230.010	226.979
KARSAN	15.448	12.486	1.714	7.239	5.647	6.027
M.A.N. TÜRKİYE	1.134	1.300	1.051	1.743	1.826	2.145
M. BENZ TÜRK	20.002	22.395	22.205	23.941	14.116	17.143
OTOKAR	2.851	4.840	3.266	4.613	2.361	2.707
OYAK-RENAULT	310.602	331.694	318.246	339.240	340.000	365.002
TEMSA GLOBAL	2.354	2.918	2.500	2.922	3.084	3.539
TOFAŞ	256.428	244.614	222.807	278.254	383.495	384.174
TOYOTA	76.925	102.260	131.504	115.893	151.236	279.902

Çizelge 7.6 2017 yılı gerçek üretim adedi değerleri ile tahmin edilen üretim adetleri bulanık hedef programlama çözümü “Tiwari, Dharmar ve Rao”, “Chen ve Tsai”, “Zimmermann”, “Yang, Ignizio ve Kim” yaklaşımları ile karşılaştırılması

Firma	**2017 Üretim Adeti (Tahmin Edilen)**	**2017 Üretim Adeti (Gerçek Değer)**
A.I.O.S. (A.ISUZU)	4.763	6.366
FORD OTOSAN	415.000	373.005
HONDA TÜRKİYE	15.599,29	28.742
HYUNDAI ASSAN	245.000	226.979
KARSAN	1.714	6.027
M.A.N. TÜRKİYE	1.051	2.145
M. BENZ TÜRK	14.116	17.143
OTOKAR	2.361	2.707
OYAK-RENAULT	360.000	365.002
TEMSA GLOBAL	2.354	3.539
TOFAŞ	222.807	384.174
TOYOTA	76.925	279.902
TOPLAM	**1.361.690**	**1.695.731**

Çizelge 7.6’de “Tiwari, Dharmar ve Rao”, “Chen ve Tsai”, “Zimmermann”, “Yang, Ignizio ve Kim” yaklaşımları için tahmin edilen 2017 üretim adetleri ile 2017 yılı gerçek üretim adetleri yer almaktadır. A.I.O.S. için tahmin edilen üretim adedi 4.763 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 6.366’tir. Ford Otosan için için tahmin edilen üretim adedi 415.000 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 373.005’tir. Honda Türkiye için tahmin

edilen üretim adedi 15.599,29 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 28.742'dir. Hyundai Assan için tahmin edilen üretim adedi 245.000 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 226.979'dur. Karsan için tahmin edilen üretim adedi 1.714 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 6.027'dir. Karsan için 2017 tahmin edilen ve gerçek üretim adedi rakamlarının bu kadar farklı olmasının sebebi; firmanın açıklamadığı ve çalışmada ele alınan verilerde kullanılmayan üretim artışı veya yatırımlardan kaynaklanabilir. M.A.N Türkiye için tahmin edilen üretim adedi 1.051 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 2.145'tir. M. Benz Türkiye için tahmin edilen üretim adedi 14.116 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 17.143'tür. Otokar için tahmin edilen üretim adedi 2.361 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 2.707'dir. Oyak-Renault için tahmin edilen üretim adedi 360.000 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 365.002'dir. Temsa Global için tahmin edilen üretim adedi 2.354 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 3.539'dur. Tofaş için tahmin edilen üretim adedi 222.807 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 384.174'dür. Toyota için tahmin edilen üretim adedi 76.925 iken 2017 yılı gerçekleşen üretim adedi 279.902'dir. "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımları için tahmin edilen 2017 üretim adetleri toplam değeri 1.361.690 iken 2017 yılında 1.695.731 adet üretim yapılmıştır. "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımları ile tahmin edilen üretim adedi rakamlarının aynı olması yaklaşımlarda kullanılan üyelik fonksiyonlarının aynı ya da benzer olmasından kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir.

Çizelge 7.7 2017 yılı gerçek üretim adedi değerleri ile tahmin edilen üretim adetlerinin bulanık hedef programlama çözümü “Kim ve Whang”, “Wang ve Fu”, “Wang ve Fu(kareli)” ve “Chen” yaklaşımları ile karşılaştırılması

Firma	Kim ve Whang	Wang ve Fu(kareli)	Wang ve Fu	Chen	2017 Üretim Adeti (Gerçek Değer)
A.I.O.S. (A.ISUZU)	4.763	5.953,577	4.763	4.763	6.366
FORD OTOSAN	415.000	415.000	244.682	244.682	373.005
HONDA TÜRKİYE	15.599,29	12.779,39	50.000	11.633	28.742
HYUNDAI ASSAN	245.000	86.976.00	245.000	245.000	226.979
KARSAN	1.714	1.845,706	19.289,86	1.714	6.027
M.A.N. TÜRKİYE	1.051	2.061,040	1.051	1.051	2.145
M. BENZ TÜRK	14.116	14.116	14.116	19.782,66	17.143
OTOKAR	2.361	2.361	2.361	2.361	2.707
OYAK-RENAULT	360.000	360.000	310.602	360.000	365.002
TEMSA GLOBAL	2.354	2.354	2.354	2.354	3.539
TOFAŞ	222.807	262.054,7	222.807	378.924,6	384.174
TOYOTA	76.925	76.925	125.400,5	76.925	279.902
TOPLAM	1.361.690,29	1.155.450,413	1.242.426,36	1.349.190,26	1.695.731

Çizelge 7.7’de “Kim ve Whang”, “Wang ve Fu”, “Wang ve Fu(kareli)” ve “Chen” yaklaşımları için tahmin edilen 2017 üretim adetleri ile 2017 yılı gerçek üretim adetleri yer almaktadır. Kim ve Whang yaklaşımı için 2017 yılı toplam üretim adedi

1.361.690,29 tahmin edilirken 2017 yılında gerçekleşen üretim adedi 1.695.731'dir. Wang ve Fu (kareli) yaklaşımı için 2017 yılı toplam üretim adedi 1.155.450,413 tahmin edilirken 2017 yılında gerçekleşen üretim adedi 1.695.731'dir. Wang ve Fu yaklaşımı için 2017 yılı toplam üretim adedi 1.242.426,36 tahmin edilirken 2017 yılında gerçekleşen üretim adedi 1.695.731'dir. Chen yaklaşımı için 2017 yılı toplam üretim adedi 1.349.190,26 tahmin edilirken 2017 yılında gerçekleşen üretim adedi 1.695.731'dir. Yaklaşımlarla tahmin edilen üretim adet verilerinin farklı olma nedeni yaklaşımların üyelik fonksiyonlarının farklı olmasından kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir. "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımları için 2017 gerçek üretim adetleri rakamlarına en yakın sonucu "Chen" yaklaşımının verdiğini söylemek mümkündür.

Çizelge 7.8 2012-2017 yılları için çalışan kişi sayıları

	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
A.I.O.S. (A.ISUZU)	622	724	859	935	811	861
FORD OTOSAN	9.527	9.444	9.762	10.676	10.261	11.501
HONDA TÜRKİYE	777	778	755	769	964	1.390
HYUNDAI ASSAN	1.600	2.053	2.435	3.193	2.447	2.436
KARSAN	1.208	889	880	1.199	925	985
M.A.N. TÜRKİYE	1.507	1.509	1.599	1.774	2.118	2.214
M. BENZ TÜRK	5.030	5.318	5.761	6.106	6.266	6.226
OTOKAR	2.281	2.264	2.054	2.105	2.273	2.122
OYAK-RENAULT	6.199	5.739	5.704	6.248	6.728	7.162
TEMSA GLOBAL	1.621	1.621	1.518	1.571	1.610	1.672
TOFAŞ	7.214	6.252	6.473	7.948	10.197	9.202
TOYOTA	2.338	3.008	2.735	2.905	5.568	5.432

Çizelge 7.8'da 2012-2017 yıllarına ait firmalar bazında otomobil üretimi için çalışan kişi verileri yer almaktadır.

Çizelge 7.9 2017 yılı çalışan kişi sayısı ile tahmin edilen kişi sayısı bulanık hedef programlama çözümü "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımları ile karşılaştırılması

Firma	**2017 Çalışan Kişi Sayısı (Tahmin Edilen)**	**2017 Çalışan Kişi Sayısı (Gerçek Değer)**
A.I.O.S. (A.ISUZU)	599	861
FORD OTOSAN	8.375	11.501
HONDA TÜRKİYE	645	1.390
HYUNDAI ASSAN	1.899	2.436
KARSAN	340	985
M.A.N. TÜRKİYE	2.971	2.214
M. BENZ TÜRK	4.086	6.226
OTOKAR	2.915	2.122
OYAK-RENAULT	6.724	7.162
TEMSA GLOBAL	1.371	1.672
TOFAŞ	6.145	9.202
TOYOTA	7.049	5.432
TOPLAM	43.119	51.203

Çizelge 7.9'da "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımları için tahmin edilen 2017 çalışan kişi sayısı ile 2017 yılı gerçek çalışan kişi sayıları yer almaktadır. A.I.O.S. için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 599 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 861'dir. Ford Otosan için tahmin edilen çalışan

kişi sayısı 8.375 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 11.501'dir. Honda Türkiye için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 645 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 861'dir. Hyundai için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 1.899 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 2.436'dır. Karsan için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 340 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 985'dir. M.A.N. Türkiye için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 2.971 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 2.214'dür. M. Benz Türkiye için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 4.086 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 6.226'dır. OTOKAR için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 2.915 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 2.122'dir. Oyak-Renault için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 6.724 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 7.162'dir. Temsa Global için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 1.371 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 1.672'dir. Tofaş için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 6.145 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 9.202'dir. Toyota için tahmin edilen çalışan kişi sayısı 7.049 iken 2017 yılı gerçekleşen çalışan kişi sayısı 5.432'dir. "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımları için tahmin edilen 2017 çalışan kişi sayısı toplam değeri 43.119 iken 2017 yılında çalışan kişi sayısı 51.203'dir. "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim" yaklaşımları ile tahmin edilen üretim adedi rakamlarının aynı olması yaklaşımlarda kullanılan üyelik fonksiyonlarının aynı ya da benzer olmasından kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir.

Çizelge 7.10 2017 yılı çalışan kişi sayısı ile tahmin edilen kişi sayısı bulanık hedef programlama çözümü “Kim ve Whang”, “Wang ve Fu”, “Wang ve Fu(kareli)” ve “Chen” yaklaşımları ile karşılaştırılması

Firma	Kim ve Whang	Wang ve Fu(kareli)	Wang ve Fu	Chen	2017 Çalışan Kişi Sayısı (Gerçek Değer)
A.I.O.S. (A.ISUZU)	599	748	599	599	861
FORD OTOSAN	14.204	14.204	8.375	8.375	11.501
HONDA TÜRKİYE	865	709	2.773	645	1.390
HYUNDAI ASSAN	3.687	1.309	3.687	3.687	2.436
KARSAN	340	366	3.828	340	985
M.A.N. TÜRKİYE	1.301	2.551	1.301	1.301	2.214
M. BENZ TÜRK	4.086	4.086	4.086	5.726	6.226
OTOKAR	1.566	1.566	1.566	1.566	2.122
OYAK-RENAULT	6.724	6.724	5.801	6.724	7.162
TEMSA GLOBAL	1.371	1.371	1.371	1.371	1.672
TOFAŞ	6.145	7.227	6.145	10.450	9.202
TOYOTA	2.192	2.192	3.574	2.192	5.432
TOPLAM	**43.080**	**43.053**	**43.106**	**42.976**	**51.203**

Çizelge 7.10'da "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımları için tahmin edilen 2017 çalışan kişi sayıları ile 2017 yılı çalışan kişi sayısı verileri yer almaktadır. Kim ve Whang yaklaşımı için 2017 yılı toplam çalışan kişi sayısı 43.080 tahmin edilirken 2017 yılında çalışan kişi sayısı 51.203'dür. Wang ve Fu (kareli) yaklaşımı için 2017 yılı toplam çalışan kişi sayısı 43.053 tahmin edilirken 2017 yılında çalışan kişi sayısı 51.203'dür. Wang ve Fu yaklaşımı için 2017 yılı çalışan kişi sayısı 43.106 tahmin edilirken 2017 yılında çalışan kişi sayısı 51.203'dür. Chen yaklaşımı için 2017 yılı çalışan kişi sayısı 42.976 tahmin edilirken 2017 yılında çalışan kişi sayısı 51.203'dür. Yaklaşımlarla tahmin edilen çalışan kişi sayısı verilerinin farklı olma nedeni yaklaşımların üyelik fonksiyonlarının farklı olmasından kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir. "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımları için 2017 gerçek çalışan kişi sayısı rakamlarına en yakın sonucu "Wang ve Fu" yaklaşımının verdiğini söylemek mümkündür.

Çalışmada ele alınan tüm algoritmalardan "Tiwari, Dharmar ve Rao", "Chen ve Tsai", "Zimmermann", "Yang, Ignizio ve Kim"nın tüm hedef fonksiyonları için aynı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bunun nedeni bu algoritmalarda kullanılan üyelik fonksiyonları aynı olmasıdır. "Kim ve Whang", "Wang ve Fu", "Wang ve Fu(kareli)" ve "Chen" yaklaşımlarının ise sonuçlarının farklı çıktığı görülmektedir. Bunun nedeni bahsi geçen algoritmaların üyelik fonksiyonlarının farklı olması olarak ifade edilebilir. Farklı üyelik fonksiyonlarına sahip yaklaşımlar kullanılarak farklı sonuçlar elde edilebilir. Modelin ürettiği sonuçlar 2017 yılına bir tahmin niteliğindedir. Çalışmada ele alınan hedeflerin 2017 yılı için gerçekleşen değerleri ile modelden tahmin edilen değerler arasında önemli düzeyde fark olmadığı görülmüştür. Ayrıca çalışmanın temelini oluşturan modeldeki katsayıların oluşturulma yöntemleri farklılaştırılarak farklı sonuçlar elde edilebilir. Ortalama ve standart sapma değerleri yerine regresyon analizi yapılarak sonuçların karşılaştırması yapılabilir. Kısıt sayısının ve hedef/bulanık hedef sayısının arttırılması ile daha net sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışmada, Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı'nın Üretim problemlerine ve Türkiye'de otomobil üretimi verileri için uygulanabilir olduğu gösterilmeye çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Akyuz, G., (2012). "Bulanık Vıkor Yöntemi İle Tedarik Seçimi", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(1):197-215.

[2] Ertuğrul, İ., (2005). "Bulanık Programlama ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama Örneği", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6(2):45-79.

[3] Karaman, E. ve Kale, S., (2007). "Bulanık Hedef Programlama Yöntemi İle Süre Maliyet Kalite Eniyilemesi", Yapı Dünya Dergisi, 49-55.

[4] Çevik, O. ve Yıldırım, Y., (2010). "Bulanık Doğrusal Programlama ile Süt Ürünleri İşletmesinde Bir Uygulama", KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 12(18):15-26.

[5] Erpolat, S., (2010). "Üretim Planlamasında Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Öneri Dergisi, 9(34): 233-246.

[6] Güngör, İ. ve İşler, D., (2005). "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi", ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 1(2):21-33.

[7] Koyuncu, O. ve Özcan M., (2014). "Personel Seçim Sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci ve Topsıs Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 32(2):195-218.

[8] Güngör, İ. ve İşler, D., (2005). "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi", ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 1(2): 21-33.

[9] Tulunay, Y., (1991). Matematik Programlama Ve İşletme Uygulamaları, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, 244, İstanbul.

[10] Ulucan, A., (2005). Yöneylem Araştırması: İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme, Siyasal Kitabevi, 7, Ankara.

[11] Düzakın, E., (2005). İşletme Yöneticileri İçin Excel İler Karar Verme Teknikleri, Kare Yayınları, İstanbul.

[12] Esin, A., (2003). Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri, Gazi Kitabevi, 5, Ankara.

[13] Massad, E. ve Ortega N.R.S., (2008). Fuzzy Logic in Action: Aplications in Epidemiology and Beyond, Springer, Berlin.

[14] Erpolat, S., (2010). "Üretim Planlamasında Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Öneri Dergisi, 9(34): 233-246.

[15] Cadenas, J., Liern, V. ve Sala, R., Verdegaj, J., (2010). PROBO: An Interactive System in Fuzzy Linear Programming, Springer, Berlin.

[16] Zimmermann, H.J., (1983). "Fuzzy Mathematical Programming", Computer and Operations Research, 291-298.

[17] Terano, T., Asai, K. ve Sugeno, M., (1992). Fuzzy Systems Theory and Its Applications, Academic Press, San Diego.

[18] Dyson, R. G., (1981). "Maximin Programming, Fuzzy Linear Programming and Multi-Criteria Decision Making" Journal of Operational Research Society, 31(3): 263-267.

[19] Zhao, R., Govina, R. ve Fan, G., (1992). "The Complete Decision Set of the Generalized Symmetrical Fuzzy Linear Programming Problem", Fuzzy Sets and Systems, 51: 53-65.

[20] Zimmermann, H.-J., (1993). Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston.

[21] Ramik, J., (2000), "Fuzzy Goals and Fuzzy Alternatives in Goal Programming Problems", Fuzzy Sets and Systems, 111:81-86.

[22] Narasimhan, R., (1980). "Goal Programming in a Fuzzy Enviroment", Decision Sciences, 11:325-336.

[23] Yang, T., Ignizio, J. ve Kim, H.J., (1991). "Fuzzy Programming with Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation", Fuzzy Sets and Systems 93(3):311-318.

[24] Tiwari, R.N., Dhamar, S. ve Rao, J.R., (1986). "Priority Structure in Fuzzy Goal Programming", Fuzzy Sets and Systems, 19:251-259.

[25] Chen, H.K, (1994). "A Note on a Fuzzy Goal Programming Algorithm by Tiwari, Dharmar, and Rao", Fuzzy Sets and Systems, 62:288.

[26] Kim, J.S. ve Whang K.S., (1998). "A Tolerance to the Fuzzy Goal Programming Problems with Unbalanced Triangular Membersihp Function", European Journal Operational Research, 107:614-624.

[27] Chen, L.H. ve Tsai, F.C., "Fuzzy Goal Programming with Different Importance and Priorities", European Journal of Operational Research, 133:548-556.

[28] Hannan, E.L., (1981). "Linear Programming with Multiple Fuzzy Goals", Fuzzy Sets and Systems, 6(3):235-248.

[29] Lin, H. ve Yu, C.S., (1999). "Comments on "Fuzzy Programming with Nonlinear Membership Functions", Fuzzy Sets and Systems, 101:109-113.

[30] Türkiye İş Bankası, Otomotiv Sektörü, www.ekonomi.isbank.com.tr, 18 Mayıs 2018.

[31] OICA, International Organization Of Motor Vehicle Manufacturers, www.oica.net, 10 Haziran 2018.

[32] Otomotiv Sanayi Derneği, Otomotiv Sanayi 2016 Yılı Küresel Değerlendirme Raporu, www.osd.org.tr, 23 Mart 2018.

[33] Otomotiv Distribütörleri Derneği, Genel Değerlendirme, www.odd.org.tr, 26 Mart 2018.

[34] Kalkınma Bakanlığı, Otomotiv Sanayi Çalışma Grubu Raporu 2023, www.kalkinma.gov.tr, 27 Kasım 2017.

[35] ISO500, Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu Araştırması, www.iso500.org.tr, 10 Haziran 2018.

[36] Karsan, Karsan Dergi, www.karsan.com.tr, 10 Ekim 2017.

[37] Sipahioğlu A. ve Saraç T., Lingo 6.0 Kullanım Kılavuzu, https://documents.tips/documents/lindo-kullanim-kilavuzu.html , 14 Aralık 2017.

EK-A

TİWARİ, DHAMAR VE RAO'NUN TOPLAMSAL MODEL YAKLAŞIMI İÇİN LİNGO KODLARI

```
MAX = b1+b21+b22+b3;

95052.317*x1+40105.084*x2+40263.754*x3+24277.220*x4+42244.657*x5+526183.543*x6+216281.014*x7+335326.910*x8+28155.277*x9+256501.529*x10+27288.213*x11+40941.310*x12-15798247560*b1>=30808823191;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.019*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12+5713.531*b21=48844.531;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.019*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12-5713.531*b22=37417.469;

x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12-231228.407*b3>=1011197.993;

x1<=19012;

x2<=415000;

x3<=50000;

x4<=245000;

x5<=52225;

x6<=2400;
```

x7<=22000;

x8<=10300;

x9<=360000;

x10<=11500;

x11<=450000;

x12<=280000;

x1>=4763;

x2>=244682;

x3>=11633;

x4>=86976;

x5>=1714;

x6>=1051;

x7>=14116;

x8>=2361;

x9>=310602;

x10>=2354;

x11>=222807;

x12>=76925;

b1<=1;

b21<=1;

```
b22<=1;

b3<=1;

x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;

x4>=0;

x5>=0;

x6>=0;

x7>=0;

x8>=0;

x9>=0;

x10>=0;

x11>=0;

x12>=0;

b1>=0;

b21>=0;

b22>=0;

b3>=0;

END
```

CHEN VE TSAİ'NİN TOPLAMSAL MODEL YAKLAŞIMI İÇİN LİNGO KODLARI

```
MAX = b1+b21+b22+b3;

95052.317*x1+40105.084*x2+40263.754*x3+24277.220*x4+42244.657*x5+526183.5
43*x6+216281.014*x7+335326.910*x8+28155.277*x9+256501.529*x10+27288.213*x
11+40941.310*x12-15798247560*b1>=30808823191;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12+5713.531*b21=48844.531;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12-5713.531*b22=37417.469;

x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12-231228.407*b3>=1011197.993;

x1<=19012;

x2<=415000;

x3<=50000;

x4<=245000;

x5<=52225;

x6<=2400;

x7<=22000;
```

x8<=10300;

x9<=360000;

x10<=11500;

x11<=450000;

x12<=280000;

x1>=4763;

x2>=244682;

x3>=11633;

x4>=86976;

x5>=1714;

x6>=1051;

x7>=14116;

x8>=2361;

x9>=310602;

x10>=2354;

x11>=222807;

x12>=76925;

b1>=b21;

b1>=b22;

b1>=b3;

b1<=1;

b21<=1;

b22<=1;

b3<=1;

x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;

x4>=0;

x5>=0;

x6>=0;

x7>=0;

x8>=0;

x9>=0;

x10>=0;

x11>=0;

x12>=0;

b1>=0;

b21>=0;

b22>=0;

b3>=0;

END

DÜZELTİLMİŞ WANG VE FU YAKLAŞIMI İÇİN LİNGO KODLARI

```
MAX = a;

9.5052317*x1+4.0105084*x2+4.0263754*x3+2.4277220*x4+4.2244657*x5+52.6183543*x6+21.6281014*x7+33.5326910*x8+2.8155277*x9+25.6501529*x10+2.7288213*x11+4.0941310*x12-157.98247560*b1*b1>=1113754.0509;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.019*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12-5713.531*b2*b2 =37417.469;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.019*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12+5713.531*b2*b2 =48844.531;

x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12-231228.407*b3*b3=1011197.993;

x1<=19012;

x2<=415000;

x3<=50000;

x4<=245000;

x5<=52225;

x6<=2400;

x7<=22000;
```

x8<=10300;

x9<=360000;

x10<=11500;

x11<=450000;

x12<=280000;

x1>=4763;

x2>=244682;

x3>=11633;

x4>=86976;

x5>=1714;

x6>=1051;

x7>=14116;

x8>=2361;

x9>=310602;

x10>=2354;

x11>=222807;

x12>=76925;

c+b1>=1;

1000*c+b2>=1;

1000000*c+b3>=1;

c+a<=1;

1000*c+a<=1;

1000000*c+a<=1;

a<=1;

c<=1;

b1<=1;

b2<=1;

b3<=1;

x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;

x4>=0;

x5>=0;

x6>=0;

x7>=0;

x8>=0;

x9>=0;

x10>=0;

x11>=0;

x12>=0;

a>=0;

c>=0;

b1>=0;

b2>=0;

b3>=0;

END

EK-D

WANG VE FU YAKLAŞIMI İÇİN LİNGO KODLARI

```
MAX = a;

9.5052317*x1+4.0105084*x2+4.0263754*x3+2.4277220*x4+4.2244657*x5+52.6183543*x6+21.6281014*x7+33.5326910*x8+2.8155277*x9+25.6501529*x10+2.7288213*x11+4.0941310*x12-157.98247560*b1>=1113754.0509;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.019*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12-5713.531*b2 =37417.469;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.019*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12+5713.531*b2 =48844.531;

x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12-231228.407*b3=1011197.993;

x1<=19012;

x2<=415000;

x3<=50000;

x4<=245000;

x5<=52225;

x6<=2400;

x7<=22000;
```

x8<=10300;

x9<=360000;

x10<=11500;

x11<=450000;

x12<=280000;

x1>=4763;

x2>=244682;

x3>=11633;

x4>=86976;

x5>=1714;

x6>=1051;

x7>=14116;

x8>=2361;

x9>=310602;

x10>=2354;

x11>=222807;

x12>=76925;

c+b1>=1;

1000*c+b2>=1;

1000000*c+b3>=1;

c+a<=1;

1000*c+a<=1;

1000000*c+a<=1;

a<=1;

c<=1;

b1<=1;

b2<=1;

b3<=1;

x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;

x4>=0;

x5>=0;

x6>=0;

x7>=0;

x8>=0;

x9>=0;

x10>=0;

x11>=0;

x12>=0;

a>=0;

c>=0;

b1>=0;

b2>=0;

b3>=0;

END

EK-E

ZİMMERMANN YAKLAŞIMI İÇİN LİNGO KODLARI

```
MAX = a;

95052.317*x1+40105.084*x2+40263.754*x3+24277.220*x4+42244.657*x5+526183.5
43*x6+216281.014*x7+335326.910*x8+28155.277*x9+256501.529*x10+27288.213*x
11+40941.310*x12-15798247560*a>=30808823191;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12+5713.531*a=48844.531;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12-5713.531*a=37417.469;

x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12-231228.407*a>=1011197.993;

x1<=19012;

x2<=415000;

x3<=50000;

x4<=245000;

x5<=52225;

x6<=2400;

x7<=22000;
```

x8<=10300;

x9<=360000;

x10<=11500;

x11<=450000;

x12<=280000;

x1>=4763;

x2>=244682;

x3>=11633;

x4>=86976;

x5>=1714;

x6>=1051;

x7>=14116;

x8>=2361;

x9>=310602;

x10>=2354;

x11>=222807;

x12>=76925;

a<=1;

x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;

x4>=0;

x5>=0;

x6>=0;

x7>=0;

x8>=0;

x9>=0;

x10>=0;

x11>=0;

x12>=0;

a>=0;

END

EK-F

ÜÇGENSEL ÜYELİK FONKSİYONLARIYLA YANG, IGNİZİO VE KİM YAKLAŞIMI İÇİN LİNGO KODLAR

```
MAX = a;

95052.317*x1+40105.084*x2+40263.754*x3+24277.220*x4+42244.657*x5+526183.5
43*x6+216281.014*x7+335326.910*x8+28155.277*x9+256501.529*x10+27288.213*x
11+40941.310*x12-15798247560*a>=30808823191;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12+5713.531*a=48844.531;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12-5713.531*a=37417.469;

x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12-231228.407*a>=1011197.993;

x1<=19012;

x2<=415000;

x3<=50000;

x4<=245000;

x5<=52225;

x6<=2400;
```

x7<=22000;

x8<=10300;

x9<=360000;

x10<=11500;

x11<=450000;

x12<=280000;

x1>=4763;

x2>=244682;

x3>=11633;

x4>=86976;

x5>=1714;

x6>=1051;

x7>=14116;

x8>=2361;

x9>=310602;

x10>=2354;

x11>=222807;

x12>=76925;

a<=1;

x1>=0;

```
x2>=0;

x3>=0;

x4>=0;

x5>=0;

x6>=0;

x7>=0;

x8>=0;

x9>=0;

x10>=0;

x11>=0;

x12>=0;

a>=0;

END
```

EK-G

CHEN YAKLAŞIMI İÇİN LİNGO KODLAR

```
MAX = a;

95052.317*x1+40105.084*x2+40263.754*x3+24277.220*x4+42244.657*x5+526183.5
43*x6+216281.014*x7+335326.910*x8+28155.277*x9+256501.529*x10+27288.213*x
11+40941.310*x12-15798247560*b>=30808823191;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12+5713.531*b=48844.531;

0.126*x1+0.034*x2+0.055*x3+0.015*x4+0.198*x5+1.238*x6+0.289*x7+0.663*x8+0.0
19*x9+0.582*x10+0.028*x11+0.028*x12-5713.531*b=37417.469;

x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8+x9+x10+x11+x12-231228.407*b>=1011197.993;

x1<=19012;

x2<=415000;

x3<=50000;

x4<=245000;

x5<=52225;

x6<=2400;

x7<=22000;
```

x8<=10300;

x9<=360000;

x10<=11500;

x11<=450000;

x12<=280000;

x1>=4763;

x2>=244682;

x3>=11633;

x4>=86976;

x5>=1714;

x6>=1051;

x7>=14116;

x8>=2361;

x9>=310602;

x10>=2354;

x11>=222807;

x12>=76925;

a+b=1

a<=1;

b<=1;

```
x1>=0;

x2>=0;

x3>=0;

x4>=0;

x5>=0;

x6>=0;

x7>=0;

x8>=0;

x9>=0;

x10>=0;

x11>=0;

x12>=0;

a>=0;

b>=0;

END
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Dilara Özlem BAYRAM

Doğum Tarihi ve Yeri :02/08/1993 - Bursa

Yabancı Dili :İngilizce

E-posta :dilara-bayram@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	İstatistik	YTÜ	2015
Lise	Sayısal	Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesi	2011

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2017	TSKB	Hazine ve Sermaye Piyasası Operasyonları Müdürlüğü Uzman Yardımcısı