



**BULANIK MANTIĞIN ÜRETİM PLANLAMADA UYGULANMASI VE
MEVCUT DURUM İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Evren ÇETİN

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

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2019

Evren ÇETİN tarafından hazırlanan “ENFLASYON ORTAMINDA ÇOK DÖNEMLİ ÇOK ÜRÜNLÜ BULANIK BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM PLANLAMA MODELİ VE UYGULAMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi F. Yeşim KALENDER

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Bahar ÖZYÖRÜK

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Üye : Doç. Dr. Babek ERDEBİLLİ

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 01/10/2019

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

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Evren ÇETİN

01/10/2019

BULANIK MANTIĞIN ÜRETİM PLANLAMADA UYGULANMASI VE MEVCUT DURUM İLE KARŞILAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Evren ÇETİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2019

ÖZET

Rekabet koşullarının arttığı 21. yüzyılda müşteri taleplerine hızlı cevap verebilmek oldukça önemlidir. Üretim planlama sistemleri içinde belirsizlikleri yönetmek önemli bir konudur. Belirsizlikleri inceleyen birçok üretim planlama modeli vardır. Zadeh tarafından 1965 yılında literatüre tanıtılan bulanık mantık ve bulanık sistem kavramları, günümüze kadar gelişme göstermiş ve elektronik, sanayi işletmeleri, yapay zekâ, otomatik telesekreter sistemleri gibi konularda kendine uygulama alanları bulmuştur. Bu tez çalışması kapsamında, enflasyon ortamında çok ürünlü çok dönemli bulanık üretim planlama modeli önerilmiştir. Önerilen modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları belirsizliklere sahiptir. Bu belirsizlikler üçgen üyelik fonksiyonları ve piecewise doğrusal üyelik fonksiyonları yardımıyla kesin (belirli) duruma getirilmiştir. Modelin başlangıç çözümü için Çok Amaçlı Doğrusal Programlama probleminin ağırlıklandırılması yönteminden yararlanılmıştır. Daha sonra, başlangıç modeli LINGO 18.0 yazılımı yardımı ile çözülmüştür. Önerilen model çadır ürünleri imal eden, Türkiye ve dünya ülkelerine satış yapan bir fabrikada uygulanmıştır. Enflasyon içeren bulanık bütünleşik üretim planlama modeli hazırlanarak, her dönemde üretilecek miktarlar (normal, fazla mesai ve taşeron), stokta tutma ve yoksatma miktarları ile kiralanan ve işten çıkarılan işçi sayıları belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 90601
Anahtar Kelimeler : Bulanık bütünleşik üretim planlama, çok amaçlı doğrusal planlama, bulanık mantık, piecewise linear üyelik fonksiyonu, fiyat artışı – enflasyon, çok amaçlı doğrusal programlama, tamsayılı programlama
Sayfa Adedi : 102
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Yeşim KALENDER

AN APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN PRODUCTION PLANNING AND COMPARISON WITH ACTUAL SITUATION

(M. Sc. Thesis)

Evren ÇETİN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2019

ABSTRACT

21st century there is a major competition between companies to gain customer's trust. Demands are very uncertain so good management is a must. Fuzzy logic which was developed and introduced by Lutfi ASKERZADEH has been studied since then. There are many applications for fuzzy logic like electronical & software applications even artificial intelligence solutions. In this thesis multi product multi period fuzzy aggregate production planning model with price inflation is developed. The studied method has vagueness in objective function and constraints. Therefore it is necessary to use triangular and piecewise linear membership functions to convert those fuzziness into crisp equations. To solve fuzzy aggregate production planning problem, multi objective linear programming with weighting method were utilized. Next, it is possible to convert multi objective functions to single – crisp objective function so it can be possible to solve the model with the help of LINGO 18.0 software. LINGO 18.0 package software is assigned to solve proposed model. In this study, a company case has been studied in following chapters. Normal production quantities, overtime production quantities, subcontractor production quantities, stocking and backing order decisions, changing labor amounts in periods and price inflation are studied.

Science Code	: 90601
Key Words	: Fuzzy production planning, aggregate production planning, fuzzy logic, piecewise linear membership function, price inflation, multi objective linear programming, integer programming
Page Number	: 102
Supervisor	: Assist. Prof. Dr. Yeşim KALENDER

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında beni yönlendiren, olumlu eleştirileri ile bana rehberlik eden ve her türlü desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. Öğretim Üyesi Yeşim KALENDER'e, her türlü verileri sağlayan çalışma arkadaşlarıma, yardımlarından ve bu tezi tamamlamam için beni cesaretlendirdiğinden dolayı aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATUR ARAŞTIRMASI	3
3. BULANIK MANTIK	11
3.1. Bulanık Kümeler ve Temel Konular	11
3.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları	12
3.2.1. Üçgen üyelik fonksiyonları	13
3.2.2. Gauss üyelik fonksiyonları	14
3.2.3. Yamuk üyelik fonksiyonları	15
3.2.4. Piecewise linear üyelik fonksiyonları	16
4. ENFLASYON ORTAMINDA ÇOK DÖNEMLİ, ÇOK ÜRÜNLÜ, BULANIK BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM PLANLAMA MODELİ	19
4.1. Sistemin Analizi	23
5. ÇÖZÜM METODOLOJİSİ	25
5.1. Bulanık Değişkenlerin Kesin Hale Getirilmesi	25
5.2. Bulanık Bütünleşik Üretim Planlama Modeli İçin Başlangıç Çözümü	29
5.3. Enflasyon Ortamında Çok Dönemli Çok Ürünlü Bulanık Bütünleşik Üretim Planlama Modelinin Çözümü	34

	Sayfa
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	41
EKLER	45
EK – 1. Maliyet Tabloları	46
EK – 2. Başlangıç Çizelgeleri	55
EK – 3. Bulanık Üretim Modeli LINGO Yazımı	78
ÖZGEÇMİŞ	100

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Başlangıç çözümüne ait LINGO durum raporu	30
Çizelge 5.2. Başlangıç çözümü için karar değişkenlerinin aldığı değerler	30
Çizelge 5.3. Z amaç fonksiyonları için olasılık değerleri tablosu	32
Çizelge 5.4. Bulanık modele ait LINGO durum raporu	36
Çizelge 5.5. Bulanık LINGO modelin çözüm tablosu	36

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Klasik mantık gösterimi	12
Şekil 3.2. Üyelik fonksiyonu (genel)	13
Şekil 3.3. Üçgen üyelik fonksiyonu	13
Şekil 3.4. Gauss üyelik fonksiyonu	14
Şekil 3.5. Yamuk üyelik fonksiyonu.....	15
Şekil 3.6. Piecewise Linear üyelik fonksiyonu	16
Şekil 4.1. Genel İşlem Akışı	23
Şekil 5.1. ($\tilde{D}_{nt}$) Parametresi için üçgensel üyelik fonksiyonları gösterimi	26
Şekil 5.2. $F_1 (Z_1)$ grafiği	32
Şekil 5.3. $F_2 (Z_2)$ grafiği	33
Şekil 5.4. $F_3 (Z_3)$ grafiği	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
n	Üretilecek ürünlerin çeşidi
t	Üretilecek ürünler için planlama dönemi
W_t	adam – saat olarak ölçülen, t dönemi İş gücü seviyesi
w_t^+	$t - 1$ döneminden t dönemine kadar iş gücü seviyesinde artış
w_t^-	$t - 1$ döneminden t dönemine kadar iş gücü seviyesinde azalış
O_t	adam – saat olarak ölçülen, t dönemi fazla mesai miktarı
U_t	adam – saat olarak ölçülen, t dönemi için min. çalışma süresi
X_{it}	i ürünün t dönemindeki üretim miktarı
m_i	1 birim i ürünü üretmek için gereken adam – saat miktarı
C_{it}	t döneminde üretilen i ürünün birim değişken maliyeti
l_t	t dönemindeki normal işgücü maliyeti
I_t^+	t dönemindeki fazla mesai işgücü maliyeti
e_t	t dönemindeki işgücünü bir birim artırmanın maliyeti
e_t^-	t dönemindeki işgücünü bir birim azaltmanın maliyeti
θ	Fazla mesai, normal mesai oranı
Q_{nt}	t döneminde üretilen n ürünü için normal üretim miktarı (adet)
O_{nt}	t döneminde üretilen n ürünü için fazla mesai üretim miktarı (adet)
S_{nt}	t döneminde üretilen n ürünü için taşıyon ile yapılan üretim miktarı (adet)
I_{nt}	t döneminde üretilen n ürünü için stok miktarı (adet)
B_{nt}	t döneminde üretilen n ürünü için yoksatma miktarı (adet)
D_{nt}	t döneminde üretilen n ürünü için talep miktarı (adet)
a_{nt}	t . döneminde üretilen n ürünü için normal üretim maliyeti
e_a	normal üretim maliyetlerindeki artış
b_{nt}	t . döneminde üretilen n ürünü için fazla mesai üretim maliyeti
e_b	fazla mesai üretim maliyetlerindeki artış
c_{nt}	t . döneminde üretilen n ürünü için taşıyon üretim maliyeti

Simgeler	Açıklamalar
e_c	Taşeron üretim maliyetlerindeki artış
d_{nt}	t. dönemde üretilen n ürünü için stok maliyeti
e_d	Stok bulundurma maliyetlerindeki artış
e_{nt}	t. dönemde üretilen n ürünü için yoksatma maliyeti
e_e	yoksatma maliyetlerindeki artış
k_t	t. döneminde 1 işçi kiralamanın maliyeti
H_t	t döneminde kiralanan işçi sayısı
m_t	t. dönemde 1 işçi işten çıkarmanın maliyeti
F_t	t döneminde işten çıkarılan işçi sayısı
i_f	işe işçi alma ve işten çıkarma maliyetlerindeki artış
I_{nt}	t. Döneminde n ürünü imal etmek için gereken işgücü miktarı
r_{nt}	t. Döneminde n ürünü imal etmek için gereken makine gücü miktarı
V_{nt}	t. Döneminde n ürünü için gereken depolama alanı miktarı
W_{tmax}	t. Döneminde mümkün olabilecek en yüksek işgücü miktarı
M_{tmax}	t. Döneminde mümkün olabilecek en yüksek makine miktarı
V_{tmax}	t. Döneminde mümkün olabilecek en büyük depo hacmi
Z	Amaç fonksiyonu
Y	Mümkün olan bütçe miktarı
Min	Minimum değer
Mod	Moderate değer
Max	Maximum değer
m^3	Metreküp ;

Kısaltmalar	Açıklamalar
APP	Aggregate Production Planning
BÜP	Bütünleşik Üretim Planlama
CM	Santimetre
DP	Doğrusal Programlama
PILP	Saf Tamsayılı Doğrusal Programlama
LP	Linear Programming

1. GİRİŞ

Çağımızda teknoloji baş döndürücü bir hızla gelişmektedir. Bu sayede yönetsel süreçler de aynı hızla değişmektedir. İmalat yapan işletmeler rekabet yapabilmek veya rekabet güçlerini koruyabilmek için müşteri taleplerine hızlı cevaplar verebilmelidir. Üretim yapan şirketlerde, satınalma, mühendislik, pazarlama, kalite kontrol ve sevkiyat gibi çeşitli süreçler vardır. Dolayısıyla bu departmanların ve bunlarla ilgili süreçlerin verimli ve / veya doğru yönetilebilmeleri gerekmektedir.

İmalat konusunda hammaddelerin azlığı / kıt kaynak olması işletmeler için bir sorundur. Bu kıt kaynaklar ile maksimum üretim yapmak her firmanın hedefindedir. Firma içerisindeki belirsizleri ortaya çıkartarak bunlara karşı önlemler almak işletmelerin verimliliğini arttırmaktadır.

Bulanık mantık günümüzde üretim sistemleri içerisinde kendisine oldukça önemli bir yer bulmaktadır ve popülerliği her gün artmaktadır. Geçmişte MRPII ve benzeri sistemler ile yapılmaya çalışılan üretim planlama faaliyetleri, her zaman iyi sonuçlar vermemekte ve hatalı stok miktarları, yanlış üretim miktarları ve düşük yönetsel performans ile sonuçlanmaktadır. Literatürde artık çeşitli bulanık mantık üretim planlama modelleri bulunabilmektedir. Burada siparişe dayalı üretim yapan bir firmada önerilen modelin uygulaması yapılmıştır.

Firma Türkiye ve Dünya çapında, çadır imalatı ve ihracatı yapan bir firmadır. Dolayısıyla yapılan üretimler inşaat sektörü, tarım sektörü, hayvancılık sektörü ve depolamacılık işleri gibi çeşitli yerlerde kullanılmaktadır. Sektörlerin çokluğu talebin çeşitli olmasına sebep olmaktadır. Bu talepleri en uygun şekilde karşılayıp imalat süreçlerinin verimliliğini arttırmak önemlidir.

Bu çalışmada fiyat artışının olduğu durumlarda çok ürünlü çok dönemli bulanık bütünleşik üretim planlamanın nasıl yapılacağına ilişkin bir matematiksel model önerilmiştir. Bu tez giriş ve sonuç kısımları hariç bırakıldığı zaman dört ana bölümden oluşmaktadır.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde literatür incelemesi yapılmış ve bütünleşik üretim planlamanın değişkenleri listelenmiştir. Bu değişkenleri kullanarak karar vericinin nasıl

fayda sağlayacağı da anlatılmıştır. Ayrıca, 1980 yılından itibaren günümüze kadar çeşitli araştırmacıların bulanık bütünleşik üretim planlama, bulanık mantık ve bu konuların çeşitli imalat sektörleri üzerindeki uygulamaları hakkında yapmış oldukları katkılar da belirtilmiştir.

Üçüncü bölüm içerisinde bulanık mantık ve üyelik fonksiyonları açıklanmaya çalışılmıştır. Bulanık mantığın klasik mantıktan olan farkına değinilmiş ve bulanıklık kavramının kökenlerinden bahsedilmiştir. Buna ilave olarak üyelik fonksiyonlarına değinilmiştir. Üyelik fonksiyonlarının ne olduğu, neden üyelik fonksiyonlarına ihtiyaç duyulduğu ve üyelik fonksiyonlarının çeşitleri de bu bölümde açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde enflasyon içeren çok dönemli çok ürünlü bulanık bütünleşik üretim planlama modeli önerilmiş ve açıklanmıştır. Bu bölümde ilgili modelin varsayımlarından ve neden böyle bir bulanık bütünleşik üretim planlama modeli geliştirilmeye ihtiyaç duyulduğundan bahsedilip bir işletme ortamında uygulaması yapılmıştır. İlave olarak iş akışı belirtilmiş, üretilen ürünler anlatılmıştır.

Beşinci bölümde enflasyon ortamında çok dönemli çok ürünlü bulanık bütünleşik üretim planlama modelinin çözüm sırası anlatılmıştır. Amaç fonksiyonun bulanıklığı ve sağ taraf değerlerinin bulanıklığının, üçgen üyelik fonksiyonundan yararlanılarak çözülmüştür. Bu bölümde, ilgili modelin başlangıç çözüm yöntemi anlatılmıştır. Bu model LINGO paket programı ile çözülmüş ve elde edilen değerler bu bölümde özetlenmiştir. Daha sonra bu başlangıç çözümü asıl modelin içinde kullanılmıştır. Piecewise doğrusal üyelik fonksiyonlarından yararlanılarak enflasyon içeren çok dönemli çok ürünlü bulanık bütünleşik üretim planlama modelinin çözümü yine LINGO paket programı ile yapılmıştır.

Sonuç bölümünde yapılan tez çalışmasının genel bir değerlendirmesi yapılmış ve enflasyon ortamında çok dönemli çok ürünlü bulanık bütünleşik üretim planlama modeli ile elde edilen iyileşmelerden bahsedilmiştir. EK-1 bölümünde bütünleşik bulanık üretim planlama modelinin maliyet tabloları verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bütünleşik üretim planlama, organizasyonun belirli bir zaman dönemindeki bütün faaliyetleri ile ilgilenir. Bütünleşik üretim planlamanın amacı talepleri (tahminler veya müşterilerden gelen) karşılamak için gereken işgücü ve malzeme kaynaklarını optimum şekilde ayarlamaya çalışmaktır. Bütünleşik kelimesi burada talebin değişken olduğu dinamik dönemler için, birkaç üretim planlamanın birleştirilmesidir. Bütünleşik üretim planlama (BÜP – APP), fazla mesai, yoksatma, ürün (yarı ürün), stok miktarları, iş gücü seviyesini arttırma, iş gücü seviyesini azaltma ve taşeron üretim miktarlarını ayarlamak için kullanılır.

Bütünleşik üretim planlama ile ilgili belirgin değişkenler, ürünlerin üretim miktarları, stok tutma seviyeleri, yok satma kararlarının alınması, işgücü pozitif veya negatif olarak seviyelerinin belirlenmesi, iki veya daha fazla vardiya kararlarının uygulamaya geçirilmesi, fazla mesai ve taşeron kullanımıdır. Bu değişkenleri kullanarak aşağıdaki uyarlamalar yapılabilir:

- Üretim miktarının ayarlanması;
- Ürün karışımlarının ayarlanması;
- Boş yatan makinaların çalıştırılması;
- İşgücü seviyesinin değiştirilmesi;
- Stok taşıma durumunun belirlenmesi;
- Fazla mesainin belirlenmesi;
- Çoklu vardiyaların ayarlanması;
- Taşeron kullanımının ayarlanması;

Bütünleşik üretim planlamada karar verici yukarıda belirtilen değişkenleri, artırarak veya azaltarak müşteri talebini karşılamaya çalışır. Örneğin yoksatma ve taşeron kullanma durumuna karar verme gibi.

Bütünleşik üretim planlamanın maliyetleri aşağıda yazıldığı gibidir (Narasimhan, McLeavey ve Billington, 1995).

Üretim Maliyetleri: Bu maliyet türü genel olarak işçilik dışında kalan diğer maliyetleri kapsar. Başka bir şekilde ifade etmek gerekir ise malzeme maliyetleri, yarı ürün stok maliyetleri, imalat maliyetlerini içerir.

Stok Maliyetleri : Bu maliyet türü elde bulunan stok taşıma maliyetleri ile ilgilidir. Bu maliyet sermaye maliyeti, depolama giderleri vs. içerir ve genel olarak ürün maliyetinin belirli bir yüzdesi ile ifade edilir.

İşçilik Maliyetleri: Üretime doğrudan katılan işçilerin giderleri bu maliyet gurubuna yazılır. Üretim seviyesinin artmasına veya azalmasına göre bu işçi sayıları da aynı şekilde artabilir ve azalabilir. Maaşları ve diğer yan hakları doğal olarak bu giderlerin içindedir. Ancak muhasebeci veya sekreter gibi çalışanların sayısı üretim miktarı ile değişmediğinden bu gruba dahil edilemez.

İşe Alma Maliyetleri: Bu maliyet iş gücü seviyesini bir birim arttırmanın maliyeti olarak ifade edilebilir. Bu maliyet türü, işe verme süreçleri maliyetini, deneme süresi maliyetini ve eğitim periyodu maliyetlerini içerir.

İşten Çıkarma Maliyetleri : Bu maliyet türü bir işçiyi işten göndermek için gerekli olan tazminatları ve hakları içerir.

Fazla Mesai Maliyetleri : Müşteri taleplerinin normal üretim süresi içerisinde yetiştirilememesi durumunda fazla mesai yapılması gerekebilir. Bu maliyet türü, normal mesai maliyetinin belirli bir yüzde fazlası kadardır.

Yoksatma Maliyetleri: Müşteri taleplerinin karşılanamadığı durumlarda yoksatma gerçekleşir ve genellikle ürün maliyetinin belirli bir yüzdesi kadardır.

Taşeron Maliyetleri: Müşteri talebini karşılamak için, üretim kapasitesinin yetersiz olduğu durumlarda dikkate alınabilecek bir maliyet türüdür.

Masud ve Hwang tarafından çok ürünli ve çok dönemli bütünleşik üretim planlama problemi için çok amaçlı formulasyon araştırması yapmışlardır (Masud ve Hwang, 1980).

Saad, geleneksel bütünleşik üretim planlama problemlerini, doğrusal karar kuralına, doğrusal programla ve taşıma yöntemine, yönetim katsayısı yöntemine, simülasyona ve arama kararı kuralına göre sınıflandırmıştır (Saad, 1982).

Nam ve Logendran matematiksel programlama, algoritmalar ve sezgisel yöntemleri bütünleşik üretim planlama problemlerini çözebilmek için kullanmışlardır (Nam ve Logendran, 1992).

Lai ve Hwang'a göre bütünleşik üretim planlama, yakın gelecekteki talep dalgalanmaları veya kesin olmayan taleplere karşı genel bir üretim seviyesi belirler ve işe alma, işten çıkarma, fazla mesai, yoksatma, taşeron kullanımı ve sok seviyelerinin ayarlanması politikaları için karar verilmesine yol açar (Lai ve Hwang, 1992).

Kogan ve Khmelnitsky tarafından, normal üretim, taşerona iş yaptırma ve kapasite değişikliklerini de içeren sürekli – zaman bütünleşik üretim planlama problemlerinin çözülebilmesi için bir yöntem önermişlerdir (Kogan ve Khmelnitsky, 1995).

Shi ve Haase çok kısıtlı ve çok kriterli doğrusal planlama kullanan çok amaçlı, çok kapasiteli, çok talepli bir bütünleşik üretim planlama modeli tasarlamışlardır (Shi ve Haase, 1996).

Byrne ve Bakir herhangi bir üretim sistemi için, çok dönemli ve çok ürünlü bütünleşik üretim planlama problemlerini simülasyon ve matematiksel programlamayı birleştirerek çözmeyi hedefleyen bir hibrid algoritma geliştirmişlerdir (Byrne ve Bakir, 1999).

Krajewski ve Ritzman'ın çalışmasında belirtildiği üzere bütünleşik üretim planlama kararları; normal ve fazla mesai üretim miktarı, stok taşıma miktarları, taşeron kullanımı, yok satma durumu, işe alma ve işten çıkarma ile iş gücü seviyesinin ayarlanması parametrelerinin etkin kullanımını sağlayabilir (Krajewski ve Ritzman, 1999).

Jain ve Palekar tarafından üretim ortamının kesintisiz ve değişken olduğu imalat ortamları için bütünleşik üretim planlama modeli önerilmiştir (Jain ve Palekar, 2005).

Leung ve Chan üretim kapasitesi, iş gücü seviyesi, fabrika lokasyonları, makine kullanımları, depolama alanı ve diğer kısıtların olduğu, farklı işletme koşulları için bütünsel üretim planlama modeli önermişlerdir. Bu modelde ilave olarak, kar maksimizasyonu, tamir maliyeti minimizasyonu ve makine kullanımı maksimizasyonunu içeren hedef programlama yapmışlardır (Leung ve Chan, 2009).

Moreno ve Montagna, çok ürünlü, çok dönemli bütünsel üretim planlama modeli önermişlerdir. Modellerinde kar maksimizasyonu olmasının yanında geç teslimatlar için ceza parametrelerini eklemişlerdir (Moreno ve Montagna, 2009).

Guisen, Offodile, Zhou ve Troutb bütünsel üretim planlamanın optimize edilmiş bir modeli hakkında çalışma yapmışlardır. Modelde bütün ürün tipleri, her bir dönemdeki ürün aileleri hakkında optimal üretim planının içermektedir (Guisen, Offodile, Zhou ve Troutb, 2011).

Mirzapour, Maleky ve Aryanezhad, çok amaçlı, çok ürünlü, çok dönemli ve çok lokasyonlu bütünsel üretim planlama modelinin uygulamasını yapmışlardır (Mirzapour, Maleky ve Aryanezhad, 2011).

Karmakar ve Rajaram, oligopol piyasasının olduğu durumlarda bütünsel üretim planlamanın nasıl olduğunu incelemişlerdir. Üzerinde çalıştıkları sektörler; petrol rafinerileri, Petro kimya tesisleri, temel kimyevi maddeler, çimento üreticileri, gübre üretimi, ecza – ilaç imalatı, lastik, kâğıt yiyecek imalatı ve metal üretimi gibi sektörlerdir (Karmakar ve Rajaram 2012).

Ramezani, Rahmani ve Barzinpor, makine hazırlık sürelerini de içeren çok dönemli, çok ürünlü ve çok makineli sistemler için bütünsel üretim planlama modeli önermişlerdir. Üzerinde çalışılan modelde bulunan, 2 aşamalı bütünsel üretim planlama probleminin çözümü için tam sayılı üretim planlama modeli önermişlerdir (Ramezani, Rahmani ve Barzinpor, 2012).

Zhang, R., Zhang, L., Xiao ve Kaku, kapasitenin de değişebildiği çoklu imalat merkezleri olan üretim sistemleri için, karışık tamsayılı doğrusal programlama geliştirmiştir (Zhang, R., Zhang, L., Xiao ve Kaku, 2012).

Yaghin, Torabi ve Ghomi bütünleşik üretim planlama ile bulanıklığı inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Model kar maksimizasyonunu içermektedir (Yaghin, Torabi ve Ghomi, 2012).

Gansterer siparişe göre üretim ortamı için kullanılabilecek bütünleşik üretim planlama modeli önermiştir. Çalışılan modelin temel girdileri pazar tahminleridir ve farklı tahmin modellerinin denenmesi yapılmıştır (Gansterer, 2015).

Entezaminia, Heydari ve Rahmani, tedarik zinciri problemi için, çok ürünlü çok üretim sahali bütünleşik üretim planlama modeli önermişlerdir (Entezaminia, Heydari ve Rahmani, 2016).

Makui, Heydari, Aazami ve Dehghani, kısa ömürlü, son kullanma tarihi yakın olan ürünlerin (takvimler, dönemsel kıyafetler gibi) karlı bir şekilde üretilmesi için bütünleşik üretim planlama yöntemlerinin kullanılması araştırılmıştır (Makui, Heydari, Aazami ve Dehghani, 2016).

Modarres ve Izadpanahi, bütünleşik üretim planlama yöntemlerinin, enerji maliyetlerinin aşırı artmasından dolayı enerji yoğun işletmelerde kullanılmasını incelemişlerdir. Önerilen model üç amaç fonksiyonuna sahip olup işlet maliyetlerinin, enerji maliyetlerinin ve karbon yayılımının en azlaşmasını amaçlamaktadır (Modarres ve Izadpanahi 2016).

Jamalnia, Yang, Xiu ve Feili, belirsizlik altında kullanılması için bütünleşik üretim planlama modelini araştırmışlar ve bir içecek işletmesinde uygulaması da yapılmıştır (Jamalnia, Yang, Xiu ve Feili, 2017).

Demirel, Özelkan ve Lim, belirsiz talebin işletmeler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Talep ile ilgili olumsuzlukları aşmak için bütünleşik üretim planlama yerine yeni yöntem (Esneklik İhtiyaç Profili) üzerine çalışmışlardır ve bu yeni model ile klasik bütünleşik üretim planlamanın karşılaştırmasını yapmışlardır (Demirel, Özelkan ve Lim, 2018).

Ha, Seok ve Ok, bütünleşik üretim planlamasında tahmin yöntemlerinin değerlendirilmesini incelemişlerdir ve CAFE – Birikimli Mutlak Tahmini Hata isimli yeni bir yöntem önermişlerdir (Ha, Seok ve Ok 2018).

Hahn ve Branderburg, karbon emisyonu ve çeşitli sosyal etkilerini de dikkate alan alternatif üretim rotalarını içeren sürdürülebilir operasyon planlamasını kimya sanayinde bütünleşik üretim planlaması olarak uygulamışlardır (Hahn ve Branderburg 2018).

Mehdizadeh, Niaki, ve Hemati, işçi öğrenmesini ve makine bozulmalarını içeren iki amaç fonksiyonlu bütünleşik üretim planlama modeli geliştirmişlerdir. İlk amaç fonksiyonu karın artırılması ile ilgilenirken ikinci amaç fonksiyonu maliyetlerin azaltılmasını hedeflemektedir (Mehdizadeh, Niaki, ve Hemati, 2018).

Yaghin, bütünleşik üretim planlamasını tekstil sanayi ile uygulamasını yapmıştır Yaghin (2018).

Djordjevic, Petrovic, ve Stojic, performans kriteri olarak üretim hattı ve depodaki işlemlerin tamamlanma zamanlarını dikkate alan bir bulanık bütünleşik üretim planlama modeli önermişlerdir. Yapılan çalışmada müşteri taleplerindeki sapmalar, üretim surelerindeki belirsizlikler, depodaki emniyet stoku miktarı ve ürünlerin müşteriye gönderilmesi için gereken süre gibi belirsizlikleri de modele bulanık setler olarak eklemişlerdir (Djordjevic, Petrovic, ve Stojic, 2019).

Jamalnia, Yang, Xiu, Feili, ve Jamali, belirsizlik altında bütünleşik üretim planlama stratejilerinin (kesin, doğrusal olmayan ve çok amaçlı) performanslarını değerlendirmişlerdir (Jamalnia, Yang, Xiu, Feili, ve Jamali, 2019).

Jamalnia, Yang, ve Feili, belirsizlik altında bütünleşik üretim planlama ile ilgili literatür araştırması yapmışlardır (Jamalnia, Yang, ve Feili, 2019).

Ning, Pang ve Wang, sebzelerin tazeliğinin arttırılması ve bozulma / çürüme oranlarının azaltılması için belirsizlik içeren bütünleşik üretim planlama problemi üzerine çalışmışlardır. Önerilen bu modelin amacı karın artırılmasının sağlarken, optimum ürün miktarı, işgücü seviyesi ve depolama – stoklama stratejilerinin belirlenmesi üzerinedir. (Ning, Pang ve Wang, 2019).

Rahmani, Zandi, Behdad ve Entezaminia, belirsizlik içeren çok dönemli – çok ürünü bütünleşik üretim planlama modelini çevresel etkileri de dikkate alacak şekilde

modellemişlerdir. Makinalardan çıkan kirliliği bir karar değişkeni olarak modele eklemişlerdir ve modelin geçerliliğini bir örnek çalışma üzerinden göstermişlerdir (Rahmani, Zandi, Behdad ve Entezaminia, 2019).

Tirkolae, Goli ve Weber, çok amaçlı – çok dönemli bütünleşik üretim planlama problemini dönemlik talebin olduğu durumlar için incelemişlerdir. Çalışmalarında maliyet minimizasyonunu hedeflemişlerdir (Tirkolae, Goli ve Weber, 2019).

Topcuoğlu, Yeni, Kose, Cevikcan, bütünleşik üretim planlama (BUP) modelini, üretim ve operasyonların yönetimi fonksiyonlarını daha kolay hale getirmek için bulanık mantık ile birleştirmişlerdir. Bu sayede maliyet ve talepler gibi önceden kesin bir şekilde tanımlanamayan parametreler idare edilebilir hale gelmişlerdir. Ayrıca bir içecek işletmesinde uygulaması yapılmıştır (Topcuoğlu, Yeni, Kose, Cevikcan, 2019).

Zaidan ve diğerleri, bulanık bütünleşik üretim planlama, benzetim çalışması (simulated annealing SA) ve simplex downhill (SD) yöntemleri ile birleştirerek, bütünleşik üretim planlama problemlerini bulanık ortamlarda da çözebilecek model önermişlerdir (Zaidan, Atiya, Abu Bakar ve et al. 2019).

3. BULANIK MANTIK

3.1. Bulanık Kümeler ve Temel Konular

Günümüze kadar bilim dünyasına hâkim olan ve düşünceleri sadece açık renk ve koyu renk olarak niteleyen mantığa Aristo mantığı denmektedir. Tabiat olayları, bazı basit sebep sonuç ilişkilerini veya temel bilimlerin başlangıçlarını etkileyen bu mantık başlangıçta doğru olsa da günümüzün gelişen bilim dallarını inceleyip, analiz etmekte yetersiz kalmıştır.

Bu mantığa göre olaylar gözlemlenmeli ve kesin bir sebep sonuç ilişkisi içinde yorumlanmalıdır. Ancak Newton ile başlayan yeni bilimsel düşünceler matematiğin gelişmesine yol açmıştır. Bu düşüncelerden yola çıkarak belirsizliklerin olduğu durumlar ortaya çıkmıştır.

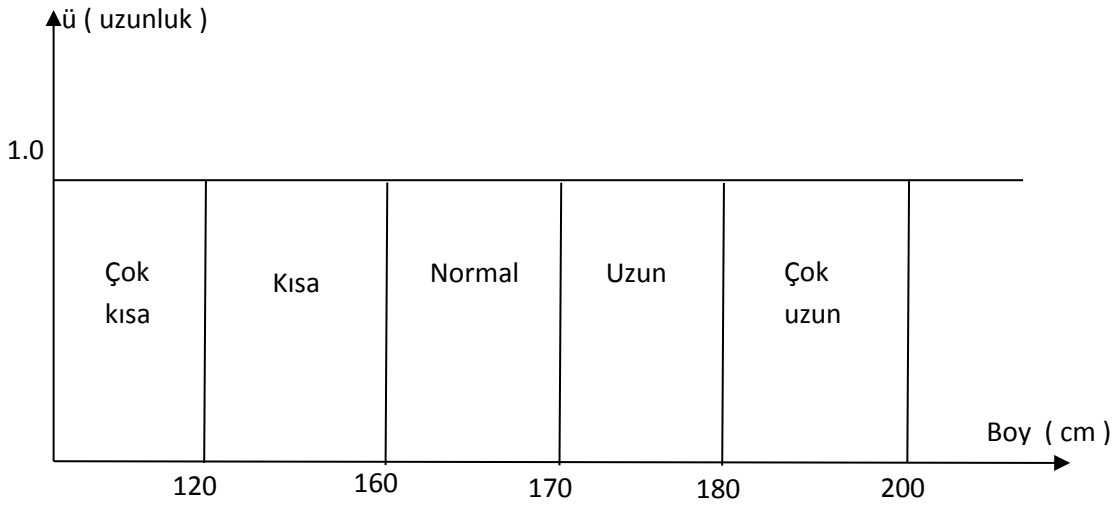
“Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir” (Şen, 2009: 14).

Günlük hayatımızda kullandığımız kesin bilgiler, her durumu ifade etmek için yeterli olmayabilirler. Bu durumda bir belirsizlik – bulanıklık ortaya çıkmaktadır. Azerbaycan bilim adamı Lutfu AskerZadeh 1965 yılında yaptığı makalede bulanık mantık ve ilkeleri konusunu işlemiştir. Zadeh tarafından açıklanan bulanık mantık ilk başlarda yoğun eleştiriye maruz kalmıştır. Ancak gelişen elektronik ve bilgisayar bilimleri sayesinde ak – kara, 0 veya 1, sıcak veya soğuk, olumlu veya olumsuz gibi ikili mantık sistemlerinin yapamadığı modelleri yapabilmek mümkün olmuştur.

Mamdani ve Assilian tarafından 1975 yılında yapılan çalışma ile bulanık sistem ve kavramların önemi dünyaya anlatılmıştır. Bu iki araştırmacı bir buhar makinesinin denetimini bulanık sistem ile yapmışlardır. Bu sayede bulanık mantığın pratik hayatta da kullanılabileceği görülmüş ve bilgisayar – elektronik uygulamalarında hızla yaygınlaşmıştır.

3.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

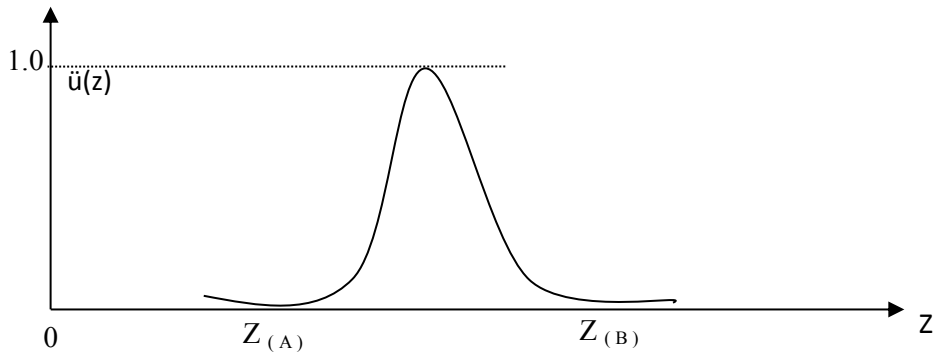
Yaşadığımız dönemde insanlar her belirsiz sözel ifadeyi aynı şekilde anlamayabilirler. İnsanlar, sıcaklık, boy uzunluğu, ağırlık ve hatta renkler konusunda her ifadeyi aynı şekilde anlamayabilirler. Örneğin gri rengi bir grup insan için beyazı ifade edebilirken, başka bir grup insan için de siyahı ifade edebilir. Aynı şekilde boy uzunluğu için ‘kısa’, ‘çok kısa’, ‘uzun’ veya ‘çok uzun’ terimleri her insan için farklı değerler ifade edebilir. Aşağıdaki şekil 3.1.’e bakılacak olursa klasik mantık ile boy uzunlukları bir bölge bittiğinde diğeri başlayacak şekildedir.



Şekil 3.1. Klasik mantık gösterimi

Burada Aristo ‘nun katı mantığına göre incelenecek olunursa 159,99 cm boyu olan bir kişinin boyu kısa, 160,01 cm boyu olan bir kişi ise normal boy uzunluğuna sahip olacaktır. Burada görüleceği üzere boy uzunluklarının üyelik değerleri bakımından ilgili alt aralıkta 1 değerine sahip olduğu ve diğer alt aralıklar için ise 0 değerine sahip olduklarıdır. Aristo mantığına göre üyelik grafiği dikdörtgen şeklindedir. Burada her bir öge, aynı üyelik değerine sahiptir.

Farklı üyelik fonksiyonları küme öğelerinin belirleyici – ayırt edici durumlarını daha iyi anlatmak üzere ortaya çıkmıştır (Şekil 3.2).

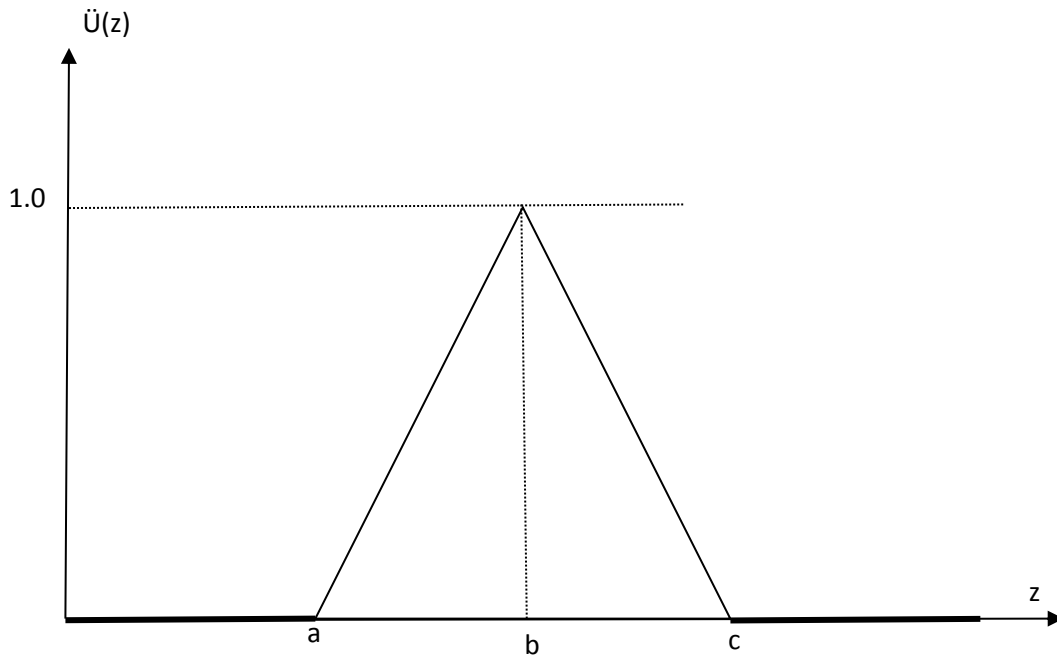


Şekil 3.2. Üyelik fonksiyonu (genel)

Üyelik fonksiyonu (diğer söylenişleri ait olma veya önem eğrisidir) küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren bir eğriye denir. Burada uç kısımlara ile orta kısımların üyelik dereceleri aynı değildir. Bir başka betimleme ile sınır kısımlardaki öğeler daha düşük üyelik derecelerine sahiptirler. Orta kısımdaki üyelik derecesi 1 değerine erişebilir ve diğer öğelerin üyelik fonksiyonları da 0 ve 1 arasında dağılım gösterebilir. Bulanık bir karar verme ortamında, bulanık hedefler ilgili üyelik fonksiyonları ile ifade edilirler.

3.2.1. Üçgen üyelik fonksiyonları

En çok kullanılan oldukça basit bir üyelik fonksiyonudur (Şekil 3.3).



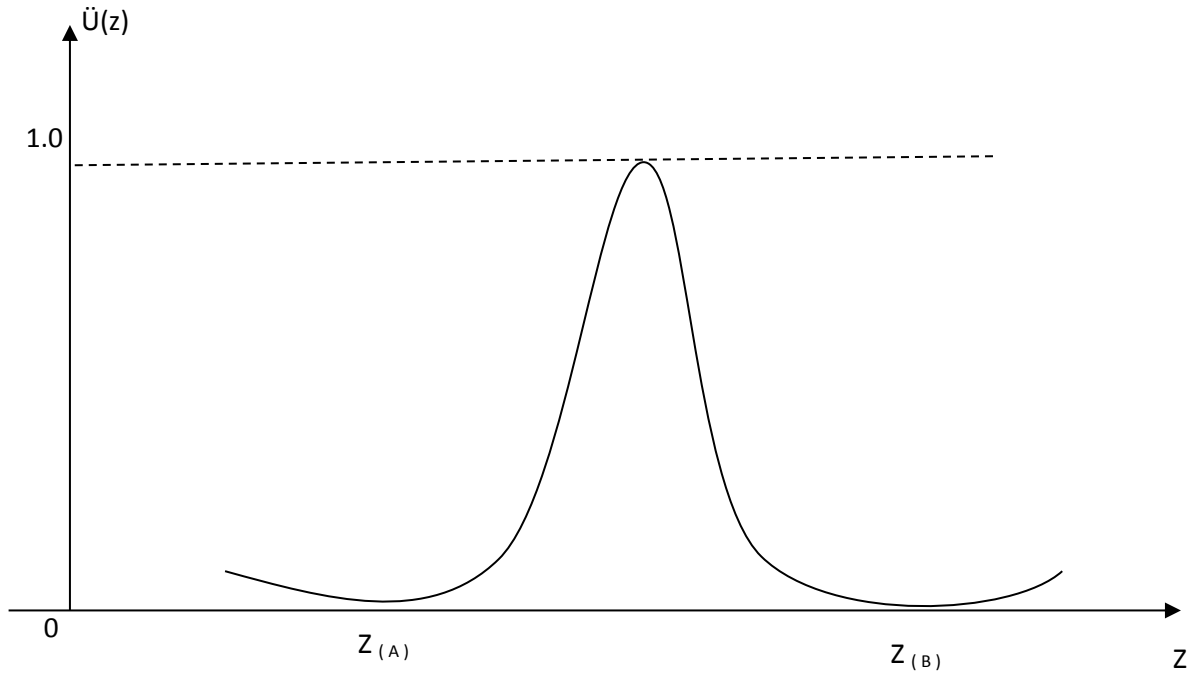
Şekil 3.3. Üçgen üyelik fonksiyonu

Bu fonksiyona ait formülasyonun aşağıdaki gibi gösterilmesi mümkündür.

$$\ddot{u}(z) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{z-a}{b-a}, & a \leq z \leq b \\ \frac{c-z}{c-b}, & b \leq z \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (3.1)$$

3.2.2. Gauss üyelik fonksiyonları

Bu üyelik fonksiyonu genel olarak çan eğrisine benzer (Şekil 3.4). Bu fonksiyon simetrik dağılım gösterir. “İstatistikte kullanılan tüm ihtimal yoğunluk fonksiyonları dış bükey olduğundan üyelik fonksiyonu olarak da kullanılabilir, bunun için bu fonksiyonların tepe noktasının 1’ e eşitlenmesi gerekir” (Şen, 2009).

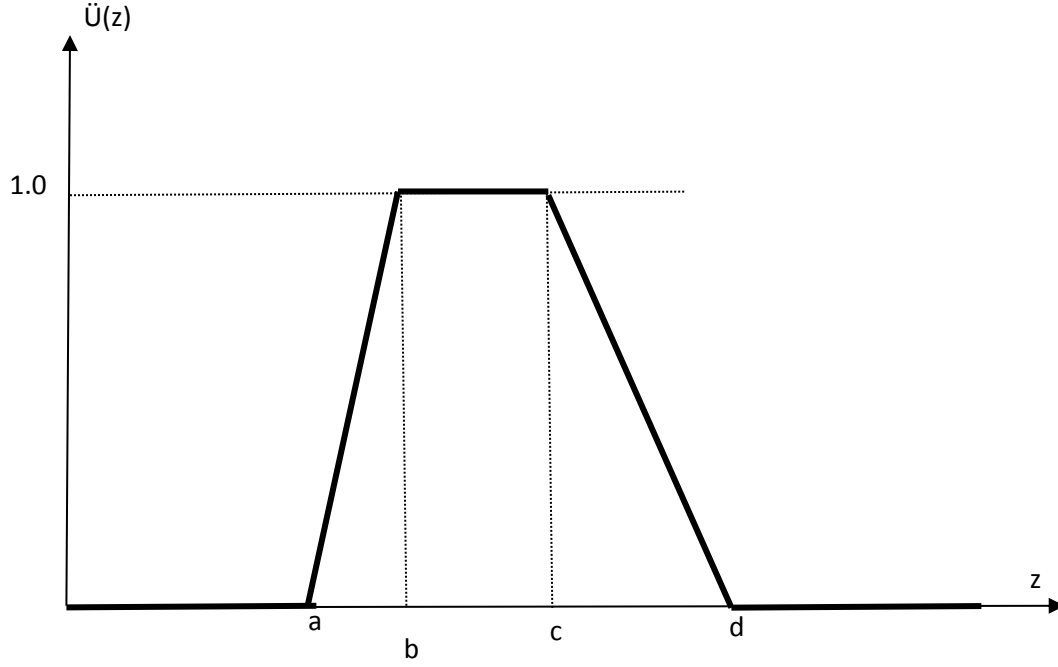


Şekil 3.4. Gauss üyelik fonksiyonu

$$f(z) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2x^2}} \quad (3.2)$$

3.2.3. Yamuk üyelik fonksiyonları

Bu üyelik fonksiyonu yamuk geometrisini kullanır (Şekil 3.5).

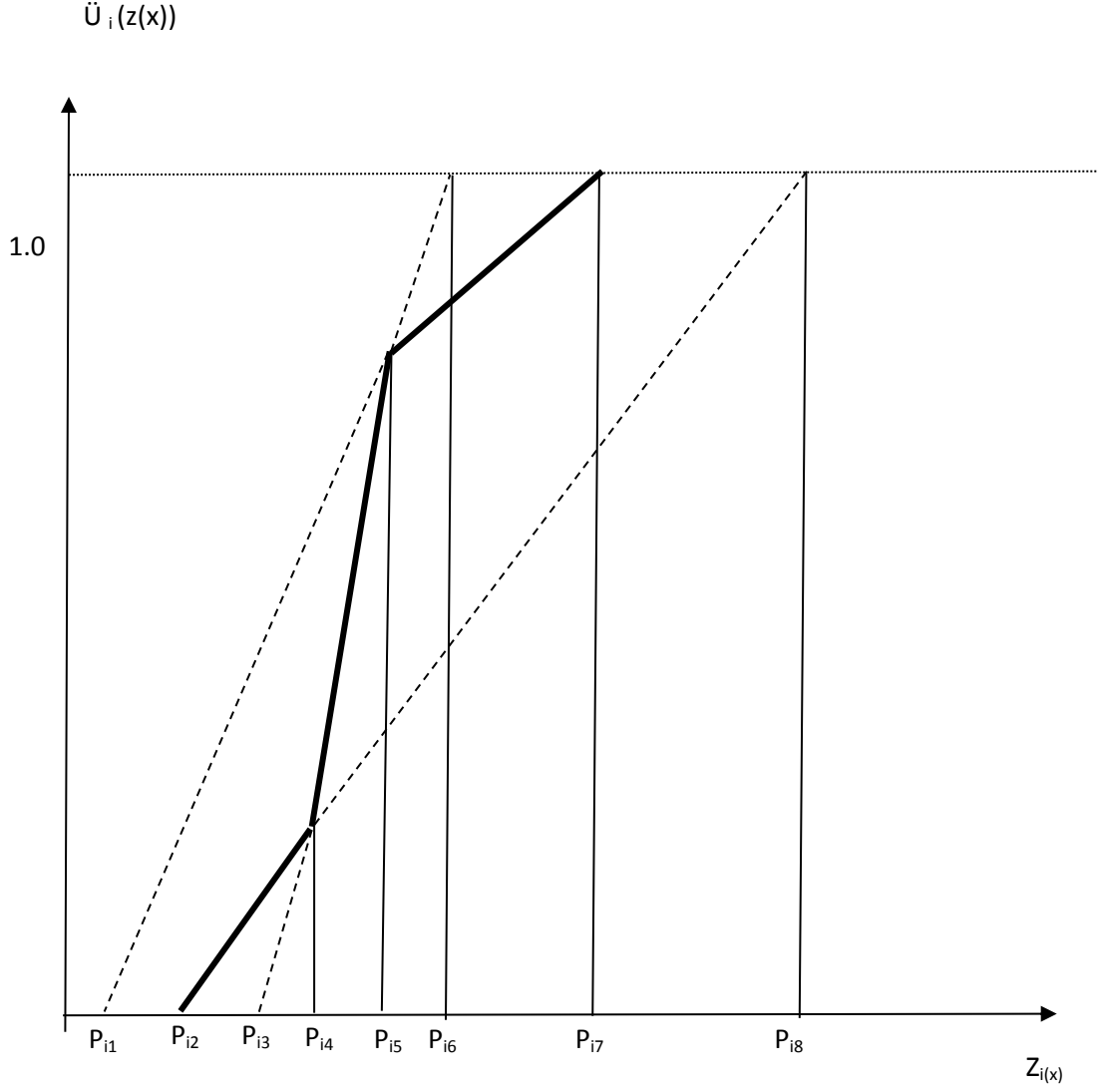


Şekil 3.5. Yamuk üyelik fonksiyonu

$$\ddot{u}(z) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{z-a}{b-a}, & a \leq z \leq b \\ 1, & b \leq z \leq c \\ \frac{c-z}{c-b}, & c \leq z \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (3.3)$$

3.2.4. Piecewise linear üyelik fonksiyonları

Diğer üyelik fonksiyonlarının hesaplama özelliklerine rağmen (gauss üyelik fonksiyonları insan davranışlarını modelleyebilir) piecewise linear üyelik fonksiyonları modellemedeki karmaşıklıkları engellemek için kullanılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Piecewise linear üyelik fonksiyonu

$$\ddot{u}_{i1}(z_i(x)) = \begin{cases} 1 & , \quad z_i(x) \geq P_{i8} \\ 1 - \frac{P_{i8} - z_i(x)}{P_{i8} - P_{i2}} & , \quad P_{i2} \leq z_i(x) \leq P_{i8} \\ 0 & , \quad \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\ddot{u}_{i2}(z_i(x)) = \begin{cases} 1 & , \quad z_i(x) \geq P_{i6} \\ 1 - \frac{P_{i6} - z_i(x)}{P_{i6} - P_{i3}} & , \quad P_{i3} \leq z_i(x) \leq P_{i6} \\ 0 & , \quad \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\ddot{u}_{i3}(z_i(x)) = \begin{cases} 1 & , \quad z_i(x) \geq P_{i7} \\ 1 - \frac{P_{i7} - z_i(x)}{P_{i7} - P_{i1}} & , \quad P_{i1} \leq z_i(x) \leq P_{i7} \\ 0 & , \quad \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.6)$$

4. ENFLASYON ORTAMINDA ÇOK DÖNEMLİ, ÇOK ÜRÜNLÜ BULANIK BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM PLANLAMA MODELİ

Bütünleşik üretim planlama, maliyet optimizasyonu veya kar maksimizasyonu sağlayabilmesi açısından önemlidir. Bunları yapabilmek için çeşitli değişkenleri ayarlamaya çalışır. Burada oluşan belirsizlikler bulanık programlama mantığında çözülebilirler.

Bütünleşik üretim planlama modeli (Narasimhan, McLeavey, Billington, 1995) içinde belirtilen değişkenler ve parametreler paranın zaman ile ilgili durumunu içermemektedir. Enflasyonun bütünleşik üretim planlama kararlarının alınmasında önemli bir etkisi vardır. Bütünleşik üretim planlama, işgücü kapasiteleri, makine kapasiteleri, mümkün olan maksimum bütçe miktarı, stok taşıma seviyeleri ve depolama alanı gibi parametre ve değişkenleri deterministik olarak denklemlerin içine katmaktadır. Ancak belirsizlikler dikkate alınmamaktadır.

Burada üzerinde çalışılan Bulanık Bütünleşik Üretim Planlama Modeli (Liang ve diğerleri, 2011) talebin belirsiz olduğu, işgücü miktarlarının, makine kapasitesi kısıdının, depolama alanının değişkenlik gösterdiği durumlar için önerilmiştir. Bu modelin bazı varsayımlarının olması gereklidir. Bunlar aşağıda belirtilmişlerdir:

- Amaç fonksiyonu bir üyelik derecesi dahilinde bulanıklık içermelidir.
- Bütün amaç fonksiyonları ve kısıtları, doğrusal denklemlerden oluşmalıdır.
- Maximum miktarlar belirli olmalıdır ve bunlar aşılmamalıdır (her dönem için işgücü seviyesi, makine kapasiteleri, depolama alanı ve bütçe miktarı).
- Her bir dönem için talep miktarı karşılanmalıdır, ancak bu sağlanamazsa yok satma yapılabilir ve yok satma durumu bir sonraki dönem mutlaka karşılanmalıdır.
- Bulanık amaç fonksiyonunu ve diğer bulanık değerleri ifade etmesi için kullanım kolaylığı sağladığından üçgensel üyelik fonksiyonları kullanılmalıdır.
- Bulanık amaç fonksiyonları Piecewise doğrusal üyelik fonksiyonu ile tanımlanmalıdır. Bulanık kümeleri birleştirmek (bütünleştirmek) için minimum operatörü ve ağırlıklandırılmış ortalama operatörü kullanılmalıdır, bu sayede bulanık çok amaçlı doğrusal programlama problemi, simplex yöntemi kullanılarak çözülecek formata getirilebilir.

İndeks kümeler

- n : Üretilcek ürünlerin çeşidi [$n = 1.. N$],
 t : Üretilcek ürünler için planlama dönemi [$t = 1.. T$],
 Z : Toplam Maliyet,

Karar değişkenleri

- Q_{nt} : t döneminde üretilen n ürünü için normal üretim miktarı (adet),
 O_{nt} : t döneminde üretilen n ürünü için fazla mesai üretim miktarı (adet),
 S_{nt} : t döneminde üretilen n ürünü için taşeron ile yapılan üretim miktarı (adet),
 I_{nt} : t döneminde üretilen n ürünü için stok miktarı (adet),
 B_{nt} : t döneminde üretilen n ürünü için yoksatma miktarı (adet),
 H_t : t döneminde kiralanan işçi sayısı,
 F_t : t döneminde işten çıkarılan işçi sayısı,

Parametreler

- $\tilde{a}_{nt}$: t . dönemde normal mesai ile üretilen n ürünü için üretim bulanık maliyeti ,
 $\tilde{b}_{nt}$: t . dönemde fazla mesai ile üretilen n ürünü için üretim bulanık maliyeti,
 $\tilde{c}_{nt}$: t . dönemde taşeron kullanılarak üretilen n ürünü için üretim bulanık maliyeti,
 $\tilde{d}_{nt}$: t . dönemde üretilen n ürünü için stokta tutma bulanık maliyeti,
 $\tilde{e}_{nt}$: t . dönemde üretilen n ürünü için yoksatma bulanık maliyeti,
 $\tilde{k}_t$: t . dönemde 1 işçiyi işe almanın maliyeti (tl / saat),
 $\tilde{m}_t$: t . dönemde 1 işçi işten çıkarmanın maliyeti (tl/saat),
 i_a : normal üretim maliyetlerindeki artış ,
 i_b : fazla mesai üretim maliyetlerindeki artış ,
 i_c : Taşeron üretim maliyetlerindeki artış ,
 i_d : Stok bulundurma maliyetlerindeki artış ,
 i_e : yoksatma maliyetlerindeki artış ,
 i_f : işe işçi alma ve işten çıkarma maliyetlerindeki artış ,
 $\tilde{D}_{nt}$: t döneminde üretilen n ürünü için talep bulanık miktarı (adet),
 P_{nt} : t . Döneminde n ürünü imal etmek için gereken işgücü miktarı,
 r_{nt} : t . Döneminde n ürünü imal etmek için gereken makine gücü miktarı,

- V_{nt} : t. Döneminde n ürünü için gereken depolama alanı miktarı,
 $\tilde{W}_{tmax}$: t. Döneminde mümkün olabilecek en yüksek işgücü kapasitesi(bulanık),
 $\tilde{M}_{tmax}$: t. Döneminde mümkün olabilecek en yüksek makine kapasitesi (bulanık),
 V_{tmax} : t. Döneminde mümkün olabilecek en büyük depo hacmi,
 Y : Mümkün olan bütçe miktarı,
 w_1 : En kötümser durum için üyelik değeri (talep seviyesi – işgücü veya makine kapasitesi),
 w_2 : Ortalama durum için üyelik değeri (talep seviyesi – işgücü veya makine kapasitesi)
 w_3 : En iyimser durum için üyelik değeri (talep seviyesi – işgücü veya makine kapasitesi),
 J_1 : Çok amaçlı doğrusal programlama (ÇADP) çevriminde Z_1 amaç fonksiyonu ağırlık katsayısı,
 J_2 : Çok amaçlı doğrusal programlama (ÇADP) çevriminde Z_2 amaç fonksiyonu ağırlık katsayısı,
 J_3 : Çok amaçlı doğrusal programlama (ÇADP) çevriminde Z_3 amaç fonksiyonu ağırlık katsayısı,
 Maliyet minimizasyonu içeren amaç fonksiyonu aşağıda yazıldığı gibidir :

$$\begin{aligned}
 \text{Min } \tilde{Z} = & \sum_{n=1} \sum_{t=1} [\tilde{a}_{nt} Q_{nt} (1 + i_a)^t + \tilde{b}_{nt} O_{nt} (1 + i_b)^t + \tilde{c}_{nt} S_{nt} (1 + i_c)^t + \tilde{d}_{nt} I_{nt} (1 + i_d)^t \\
 & + \tilde{e}_{nt} B_{nt} (1 + i_e)^t] + \sum_{t=1} (\tilde{k}_t H_t + \tilde{m}_t F_t (1 + i_f)^t)
 \end{aligned} \quad (4.1)$$

Amaç fonksiyonu (Eş 4.1) minimizasyon şeklinde yazılmıştır. Üçgen sayılardan elde edilen değerler bulanıklık için kullanılmıştır. Toplam maliyet, üretim planlama dönemi boyunca oluşan enflasyonlu normal üretim maliyeti, enflasyonlu fazla üretim maliyeti, enflasyonlu taşeron kullanım maliyeti, enflasyonlu stokta tutma maliyeti, enflasyonlu yok satma maliyetleri ile planlama dönemi boyunca yapılan işe alma ve işten gönderme maliyetlerinin toplamıdır.

Stok taşıma denkleminde (Eş 4.2) her bir ürün ve her bir dönem için stokta tutma ve yoksatma miktarlarından yararlanılmıştır. Mevcut dönemin normal mesai üretim miktarı,

fazla mesai üretim miktarı ve taşeron üretim miktarı birbirleri ile toplanmakta ve geçmiş dönemin yoksatma miktarı ile stokta bulunan miktarlar ve mevcut dönem stokta bulunan ile yoksatılan miktarların toplamı ilgili dönem talebine eşit olmalıdır.

$$I_{nt-1} - B_{nt-1} + Q_{nt} + O_{nt} + S_{nt} - I_{nt} + B_{nt} = \tilde{D}_{nt}$$

İşgücü seviyesi kısıtlarında (Eş 4.3) her bir ürün için bir önceki dönem ile mevcut dönemdeki işgücü seviyelerinin arasındaki fark, işgücüne ekleme yaparak veya işgücünden eksiltme yaparak karşılanmalıdır.

$$\sum_{n=1}^N P_{nt-1}(Q_{nt-1} + O_{nt-1}) + H_t - F_t = \sum_{n=1}^N P_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) \quad (4.3)$$

İşgücü kapasitesi (Eş 4.4) her bir ürün ve her dönem için, normal mesai ile üretilen ürünler ve fazla mesai ile üretilen ürünler için gereken iş gücü miktarı dönemsel kapasiteyi aşamaz.

$$\sum_{n=1}^N P_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) \leq \tilde{W}_{tmax} \quad (4.4)$$

Makine kapasitesi (Eş 4.5) her bir ürün ve her dönem için, normal mesai ile üretilen ürünler ve fazla mesai ile üretilen ürünler için gereken makine kapasitesi, dönemsel kapasiteyi aşamaz.

$$\sum_{n=1}^N r_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) \leq \tilde{M}_{tmax} \quad (4.5)$$

Depo alanı sınırlıdır (Eş 4.6) her bir ürün ve her bir dönem için gerekli olan depolama alanı kısıdı aşılamaz.

$$\sum_{n=1}^N V_{nt}(I_{nt}) \leq V_{tmax}$$

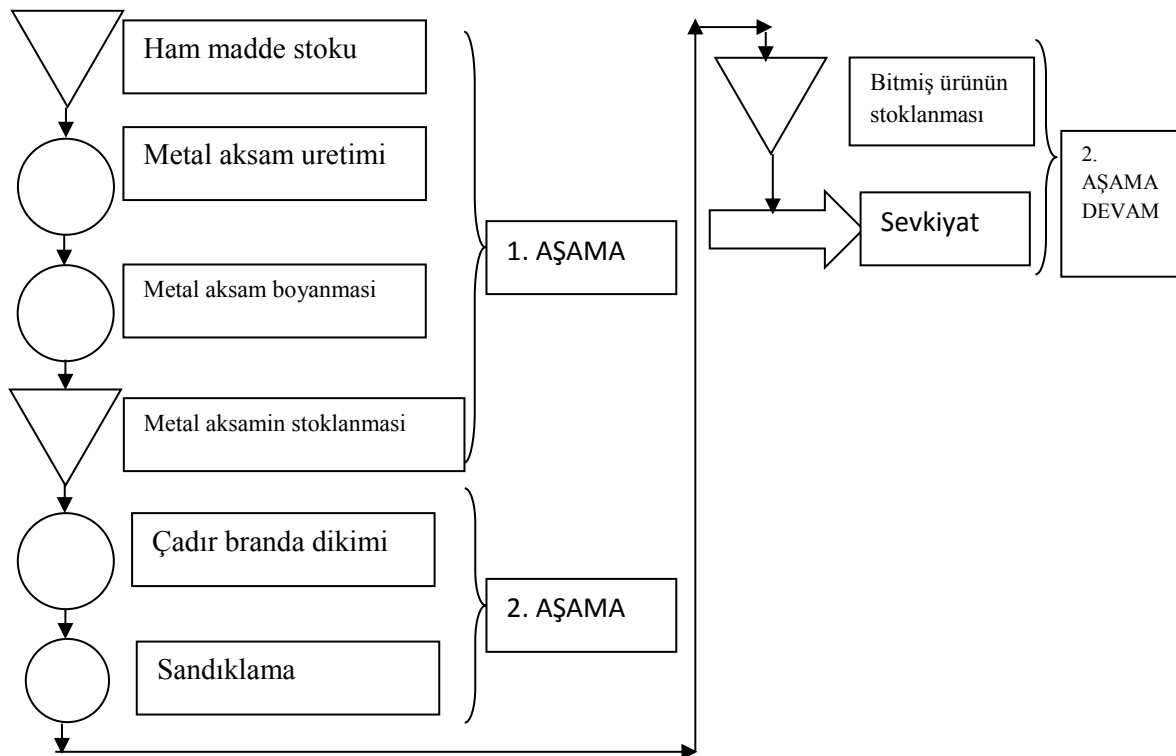
Eş 4.7’de görüldüğü gibi üretim planlama modelinin bütçe kısıtı vardır.

$z_1 \leq Y$ Eş 4.8 ‘de bütün kısıtların her dönem ve her ürün için sıfırdan büyük olacağı belirtilmiştir. (4.7)

$$Q_{nt}, O_{nt}, S_{nt}, I_{nt}, B_{nt}, H_t, F_t \geq 0 \text{ ve Tamsayı} \quad \forall n, \forall t \text{ için} \quad (4.8)$$

4.1. Sistemin Analizi

Bu bölümde Ankara ‘da yerleşik bulunan bir fabrikada önerilen BBÜP modelinin uygulaması yapılmıştır. Bu işletme inşaat, tarım, depolama vb. sektörlerle ait ihtiyaçlar için çeşitli ebatlarda çadırlar üretmektedir. Bu işletmenin üretim planlama çalışmalarına yol gösterecek şekilde, enflasyon olduğu durumlarda çok dönemli çok ürünlü bulanık bütünleşik üretim planlama (B.B.Ü.P.) modeli kullanılmıştır. İşletmenin yapmış olduğu çadır imalatı için iş akışı aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Genel işlem akışı

Bulanık bütünleşik üretim planlama modelini oluşturmak için gereken veriler, firmada fiilen çalışıldığı dönemde toplanmıştır. Ancak değişen ekonomik şartlar sebebi ile güncel veriler ilgili firmadan istendiğinde, ticari kaygılardan dolayı bu veriler verilmemiştir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında gerçeğe uygun hipotetik veriler kullanılmıştır. Ürünlerin maliyetleri değişkenlik göstermektedir. Bu maliyetler bir tablo içerisinde EK-1’de belirtilmiştir (EK- 1-EK 7).

Üzerinde çalışılan modelde 6 aylık (dönemlik) satış durumu incelenmiştir. Talepler değişkenlik gösterdiğinden aralık şeklinde EK – 1’ de belirtilmiştir (Çizelge EK-1.16. ‘dan Çizelge EK-1.21.’ e kadar). Enflasyon, üretim kararlarını etkilemesi sebebiyle işletmenin dikkate almaz zorunda olduğu konudur, altı aylık (dönemlik) enflasyon miktarları tablo olarak verilmiştir (Çizelge EK-1.13).

İşgücü seviyesi için kısıtların kullanımı EK – 1’de 6 ürün, 6 dönem için (Çizelge EK-1.8) gösterilmiştir. Her dönem için, mümkün olan en fazla çalışma süresi saat olarak Çizelge EK-1.10. ‘da belirtilmiştir Maksimum depolama alanı 1 500 m³ olarak belirtilmiştir (Çizelge EK-1.12).

Makine kapasitelerini belirten bulanık kapasite EK – 1’ de (Çizelge EK-1.9) gibidir. 2 adet makine üretim aşamasında kullanılmaktadır. Birinci makine boru büküm makinesi olup tedarikçiden veya fabrikada düz sakilde gelen boruları uygun ebatta kesilme işleminden sonra bir yay oluşturacak şekilde kavis vermektedir. İkinci makine ise çadır bezini yapıştırmak /birleştirmek için kullanılan ultrasonic lehim makinesidir. Çeşitli ebatlarda kesilen çadır bezleri çadır standartlarına uygun şekilde bu makinede birleştirilir. Bu ürünleri üretmek için gereken makine saatleri EK – 1’ de (Çizelge EK-1.14) ve Çizelge EK-1.11.’de belirtilmiştir.

İmalatı yapılan ürünler sevkiyat yapılana kadar stoklanmaktadır. Dolayısıyla herbir ürünün ihtiyaç duyacağı depolama alanı EK – 1’ de (Çizelge EK-1.15) belirtilmiştir.

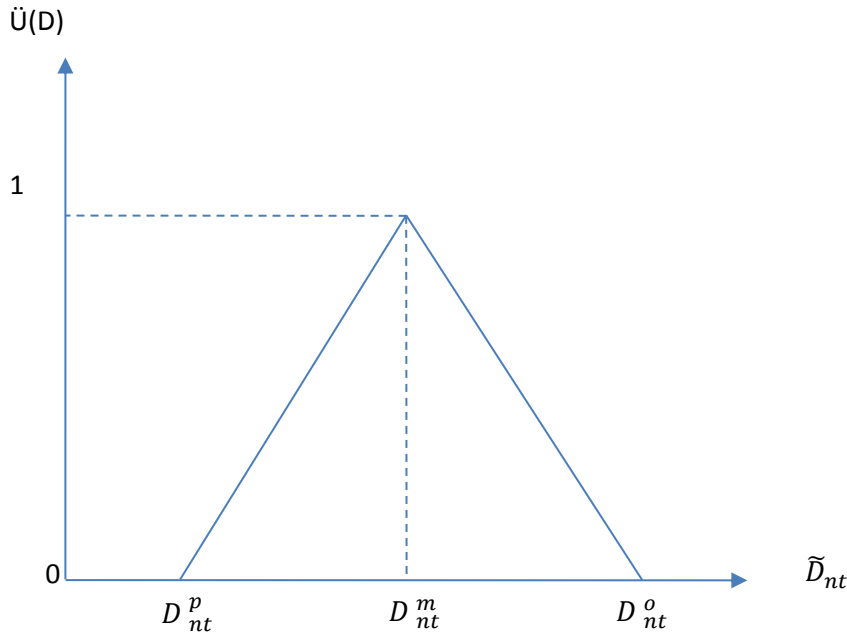
5. ÇÖZÜM METODOLOJİSİ

Yapılacak işlerin sırası aşağıda listelenmiştir:

- Bulanık bütünleşik üretim planlama modeli, dördüncü ana başlıkta belirtilen eşitsizlikler ve EK – 1’ de belirtilen maliyet tabloları kullanılarak formülleştirilir,
- Üzerinde çalışılan bütünleşik üretim planlama modelinde amaç fonksiyonu ve bazı kısıtların sağ taraflarında kesin olmayan datalar oluşur. Belirsizlik – bulanıklık içeren verileri modellemek için üçgen bulanık sayılar kullanılır,
- Bulanık sayılar w değerleri kullanılarak kesin ifadelerle dönüştürülür,
- Üç adet yeni bulanık amaç fonksiyonu oluşturulur (Z_1, Z_2, Z_3),
- Başlangıç çözümünün oluşturulabilmesi için Çok Amaçlı Doğrusal Programlama modelinden yararlanılır, diğer bir şekilde ifade etmek gerekirse üç adet amaç fonksiyonu bir adet tek amaçlı LP problemine *ağırlıklandırılmış toplam yöntemi* (Hwang ve Masud 1979, Sakada 1993) yardımı ile çevrilir ve LINGO paket programı kullanılarak çözülür,
- Bir önceki aşamada elde edilen sonuçlar kullanılarak, herbir amaç fonksiyonu (Z_1, Z_2, Z_3) için piecewise doğrusal denklemleri oluşturulur,
- Çok amaçlı bulanık bütünleşik üretim planlama modeli minimum operatörü kullanılarak (L), aynı özelliklerdeki sıradan DP modeline dönüştürülür,
- Oluşturulan bu modelin, LINGO paket programı ile çözümü yapılır.

5.1. Bulanık Değişkenlerin Kesin Hale Getirilmesi

Bulanık bütünleşik üretim planlama modelinde, amaç fonksiyonu ve kısıtların sahip olduğu bulanıklıklarının çözümü üzerine odaklanılır. Bulanıklıkların kesin hale getirilmesi için, üyelik fonksiyonları kullanılır. Bu fonksiyonlar 0 ve 1 arasında değerler alabilirler. Üçgen üyelik fonksiyonları genellikle tercih sebebidir çünkü, basitliği, alt ve üst sınırlarının kesin bir şekilde belirlenebilmesi bu üyelik fonksiyonunu avantajlı kılar. Örneğin, t. dönemde üretilen n ürünü için talep bulanık maliyetinin ($\tilde{D}_{nt}$) üçgensel üyelik fonksiyonları ile gösterimi aşağıdaki gibidir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. ($\tilde{D}_{nt}$) Parametresi için üçgensel üyelik fonksiyonları gösterimi

Burada:

D_{nt}^p : t döneminde üretilen n ürünü için en kötümser talep seviyesi (normalleştirildiği zaman üyelik derecesi 0, w_1 ile ifade edilmektedir),

D_{nt}^m : t döneminde üretilen n ürünü için ortalama talep seviyesi (normalleştirildiği zaman üyelik derecesi 1, w_2 ile ifade edilmektedir),

D_{nt}^o : t döneminde üretilen n ürünü için en iyimser talep seviyesi (normalleştirildiği zaman üyelik derecesi 0, w_3 ile ifade edilmektedir) şeklinde tanımlanmaktadır. Bütün üyelik derecelerinin toplamı 1' e eşit olmalıdır, formülasyon ile gösterimi eşitlik 5.1 'de gösterilmiştir (Liang ve diğerleri, 2011).

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (5.1)$$

Dolayısıyla, eşitlik 4.2.' de belirtilen bulanık stok taşıma denklemi eşitlik 5.2.' de yazılan bulanıklığı giderilmiş kısıda dönüştürülmüş olur.

$$I_{nt-1} - B_{nt-1} + Q_{nt} + O_{nt} + S_{nt} - I_{nt} + B_{nt} = \tilde{D}_{nt} \quad (5.2)$$

Dönüşüm yapıldığı zaman bulanık kısıtlar aşağıda yazıldığı gibi olurlar: (5.3)

$$I_{nt-1} - B_{nt-1} + Q_{nt} + O_{nt} + S_{nt} - I_{nt} + B_{nt} = w_1 D_{nt}^P + w_2 D_{nt}^m + w_3 D_{nt}^o$$

Aynı şekilde maksimum işgücü seviyesini gösteren işgücü kapasitesi denklemleri ve maksimum makine üretim kapasitesini gösteren kısıtlar eşitlik 5.3 ve eşitlik 5.4 gösterildiği gibi dönüşürler:

$$\sum_{n=1}^N I_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) = w_1 W_{tmax}^P + w_2 W_{tmax}^m + w_3 W_{tmax}^o \quad (5.4)$$

$$\sum_{n=1}^N r_{nt}(Q_{nt} + O_{nt}) = w_1 M_{tmax}^P + w_2 M_{tmax}^m + w_3 M_{tmax}^o \quad (5.5)$$

Eşitlik 4.1’ de belirtilen bulanık amaç fonksiyonu, üçgen üyelik fonksiyonları kullanılarak üç adet yardımcı amaç fonksiyonuna dönüştürülür. Bunlar sırasıyla Z_1 (eşitlik 5.8), Z_2 (eşitlik 5.9) ve Z_3 (eşitlik 5.10) şeklindedir. Bunları oluşturabilmek için Z^p (en kötümser durumu göstermektedir), Z^m (ortalama durumu ifade etmektedir) ve Z^o (en iyimser durumu göstermektedir) ile belirtilen amaç fonksiyonlarından yararlanılır. Burada:

$$Z_1 = Z^m, \quad (5.6)$$

$$Z_2 = Z^m - Z^p \text{ ve} \quad (5.7)$$

$$Z_3 = Z^o - Z^p \text{ formasyonları kullanılarak bu denklemler oluşturulur.} \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} \text{Min } \tilde{Z}_1 \quad & \sum_{n=1} \sum_{t=1} [a_{nt}^m Q_{nt} (1 + i_a)^t + b_{nt}^m O_{nt} (1 + i_b)^t + c_{nt}^m S_{nt} (1 + i_c)^t \\ & + \tilde{d}_{nt} I_{nt} (1 + i_d)^t + e_{nt}^m B_{nt} (1 + i_e)^t] + \sum_{t=1} (k_t^m H_t \\ & + m_{nt}^m F_t (1 + i_f)^t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Max \widetilde{Z}_2 \quad & \sum_{n=1} \sum_{t=1} [(a_{nt}^m - a_{nt}^p) Q_{nt} (1 + i_a)^t + (b_{nt}^m - b_{nt}^p) O_{nt} (1 + i_b)^t \\
& + (c_{nt}^m - c_{nt}^p) S_{nt} (1 + i_c)^t + (a_{nt}^m - a_{nt}^p) I_{nt} (1 + i_d)^t + (a_{nt}^m \\
& - a_{nt}^p) B_{nt} (1 + i_e)^t] + \sum_{t=1} [(k_t^m - k_t^p) H_t + (m_{nt}^m \\
& - m_{nt}^p) F_t] (1 + i_f)^t
\end{aligned} \tag{5.10}$$

$$\begin{aligned}
Min \widetilde{Z}_3 \quad & \sum_{n=1} \sum_{t=1} [(a_{nt}^o - a_{nt}^m) Q_{nt} (1 + i_a)^t + (b_{nt}^o - b_{nt}^m) O_{nt} (1 + i_b)^t + (c_{nt}^o \\
& - c_{nt}^m) S_{nt} (1 + i_c)^t + (d_{nt}^o - d_{nt}^m) I_{nt} (1 + i_d)^t + (e_{nt}^o \\
& - e_{nt}^m) B_{nt} (1 + i_e)^t] + \sum_{t=1} [(k_t^o - k_t^m) H_t \\
& + (m_t^o - m_t^m) F_t] (1 + i_f)^t
\end{aligned} \tag{5.11}$$

Eşitlik 5.8, eşitlik 5.9 ve eşitlik 5.10 ‘de gösterilen yardımcı bulanık amaç fonksiyonları ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak (Hwang ve Masud 1979) tek hedefli, kesin amaç fonksiyonu haline getirilir. Bu işlem sırasında J_1 , J_2 , ve J_3 katsayıları ile amaç fonksiyonları çarpılır ve sonuç toplanır. Bu çarpım işlemi sırasında minimizasyon olan amaç fonksiyonları pozitif “**J**” katsayısı ile maksimizasyon olan amaç fonksiyonu (-1) ile çarpılmış “**J**” katsayısı ile çarpılır (Zhang, Lu, Gao, 2015). Burada “**J**” katsayısı sıfırdan büyük bir değer almaktadır. Daha sonra kesin duruma getirilmiş olan amaç fonksiyonu ve kısıtlar LINGO paket yazılımı yardımı ile hesaplanarak başlangıç çözümüne ulaşılır.

5.2. Bulanık Bütünleşik Üretim Planlama Modeli İçin Başlangıç Çözümü

Z_1 amaç fonksiyonu oluşturulur (Çizelge EK-2,1), veriler EK-1’de bulunan maliyet tablolarının “moderate” sütunlarından gelmektedir. Bu amaç fonksiyonunu oluşturmak için eşitlik 5.8’den yararlanılır.

Z_2 amaç fonksiyonu oluşturulur (Çizelge EK-2,2.), veriler EK-1’de bulunan maliyet tablolarının “moderate” ve “en kötümser durum” sütunlarının farkından ($Z^m - Z^p$) gelmektedir. Bu amaç fonksiyonunu oluşturmak için eşitlik 5.9 ‘dan yararlanılır.

Z_3 amaç fonksiyonu oluşturulur (Çizelge EK-02.03.) veriler EK-01’de bulunan maliyet tablolarının “en iyimser durum” ve “moderate” sütunlarının farkından ($Z^o - Z^m$) gelmektedir. Bu amaç fonksiyonunu oluşturmak için eşitlik 5.10. ‘dan yararlanılır.

Modelin başlangıç çözümünü oluşturmak için formülleştirilen Çok amaçlı Doğrusal Programlama modeli, “*ağırlıklandırma yöntemi*” kullanılarak çözülür (Hwang ve Masud 1979, Hannan 1981, Sakawa 1993). Burada amaç fonksiyonunun ağırlık değerleri karar vericinin inisiyatifi ile belirlenir (eşitlik 5.11).

$$Z = (J_1 * Z_1) + (-1) * (J_2 * Z_2) + (J_3 * Z_3) \quad (5.12)$$

$$J_1 = 0.5$$

$$J_2 = 0.5$$

$J_3 = 0.5$ olarak alınmıştır. Başlangıç modeli LINGO formatı EK-02’ de detaylı olarak yazılmıştır.

Bahsedilen Bulanık Bütünleşik Üretim Planlama (BBÜP) başlangıç modeli LINGO paket programında tamsayı olarak çözülür ve aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılır. Bütün kısıtlar tamsayı olduğu için LINGO enflasyon içeren bulanık bütünleşik üretim planlama başlangıç modelini, Saf Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli (PILP) olarak çözmektedir. LINGO paket yazılımının çıktısı Çizelge 5.1’ de gösterilmiştir. Elde edilen sonuç değerleri Çizelge 5.2’ de belirtilmektedir.

Çizelge 5.1. Başlangıç çözümüne ait LINGO durum raporu

Tolerance	0,0001
Feasible solution found	
Objective value:	2 229 984,00
Objective bound:	2 229 374,00
Infeasibilities:	0,00
Extended solver steps:	2 200 912,00
Total solver iterations:	12 890 801,00
Elapsed runtime seconds:	2 349,37
Model Class:	PILP
Total variables:	192
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	192
Total constraints:	259
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	1122
Nonlinear nonzeros:	0

Çizelge 5.2. Başlangıç çözümü için karar değişkenlerinin aldığı değerler

Karar Değişkenleri	Değer	Karar Değişkenleri	Değer	Karar Değişkenleri	Değer
Q21	25	S11	35	B14	41
Q22	28	S12	37	B15	80
Q23	32	S13	43	B16	116
Q24	32	S21	5	B24	2
Q31	48	S22	4	B25	33

Çizelge 5.2. (Devam) Başlangıç çözümü için karar değişkenlerinin aldığı değerler

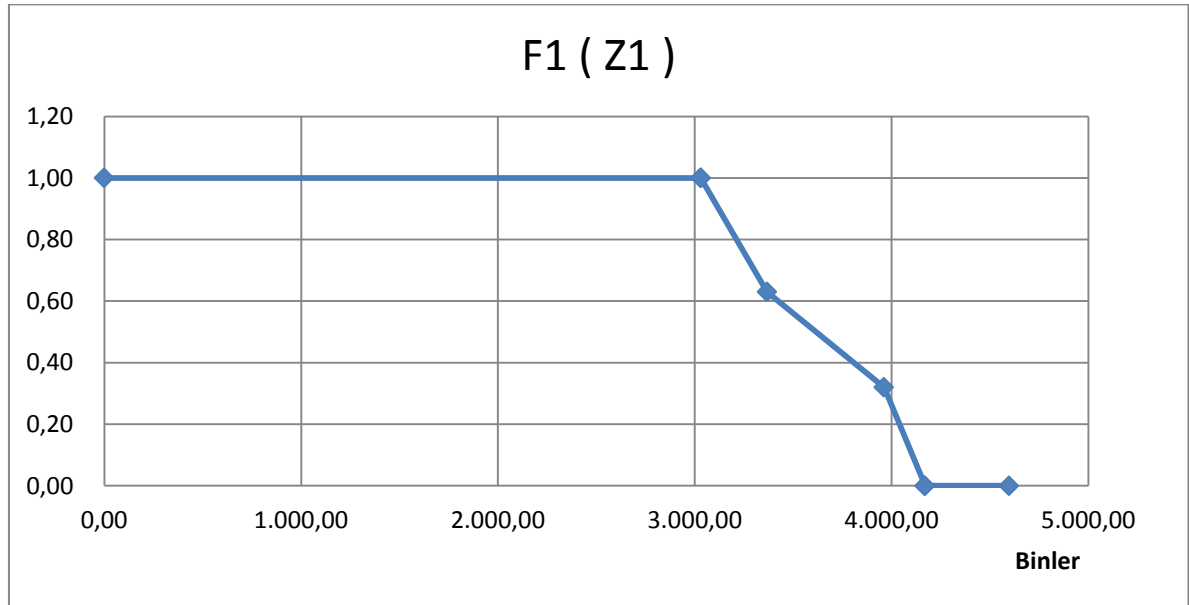
Q32	54	S23	4	B26	62
Q33	64	S42	40	B35	58
Q34	62	S43	48	B36	115
Q41	41	S62	1	B44	38
Q42	7	S63	1	B45	78
Q43	1	F2	80	B46	115
Q44	6	F5	760	B55	27
Q51	27	H1	772	B56	52
Q52	31	H3	65	B65	27
Q53	35	H4	3	B66	52
Q54	32	W2	1		
Q61	27				
Q62	29				
Q63	31				
Q64	32				

Yukarıdaki tablo ile 6 dönem – 6 ürün için normal mesai ile üretim, fazla mesai ile üretim, taşeronla imalat yaptırma, stokta tutma ve yoksatma yapma kararlarının alınması, işçi işe alma ve üretim dönemi sonunda işgücü azaltma kararları alınabilir.

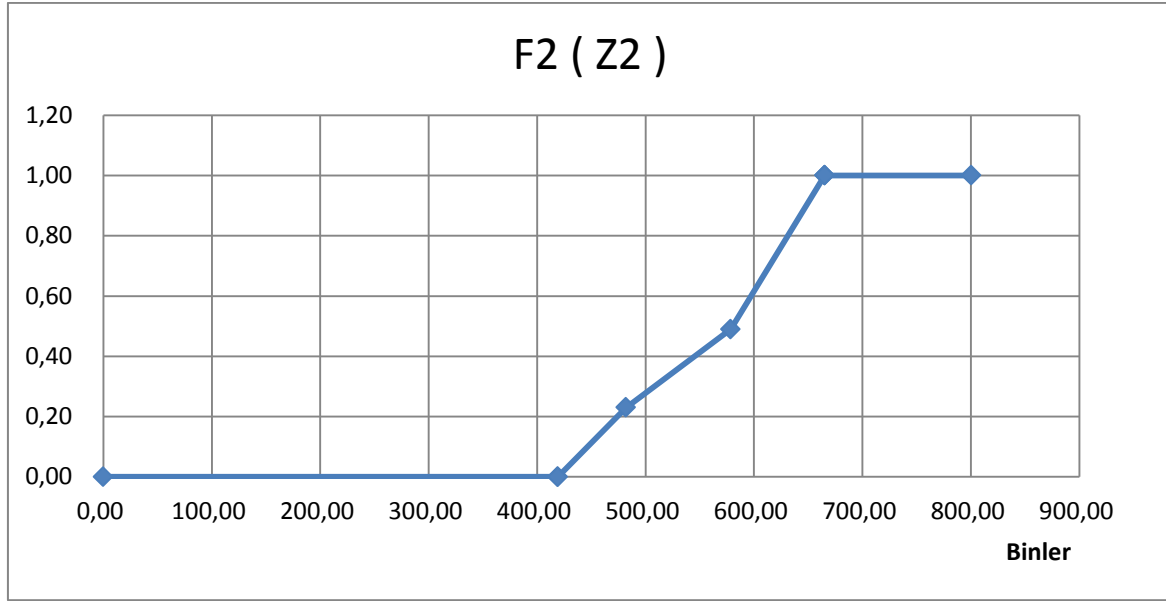
Bu sonuçlar kullanılarak Z_1 , Z_2 ve Z_3 değerlerinin hesaplanacağı tabloları oluşturulur. Bu tabloların hesaplamaları EK-2 'de detaylı olarak yazılmıştır. Piecewise doğrusal üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık üretim planlama modelinde etkinlik ve esneklik sağlanır. Üretim planlama modeline ait başlangıç çözümü yapıldıktan sonra Z_1 , Z_2 , Z_3 amaç fonksiyonları için Piecewise Doğrusal üyelik fonksiyonları oluşturulur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Z amaç fonksiyonları için olasılık değerleri tablosu

Z_1	4 170 814.05	4 170 814.05	3 962 273.34	3 367 932.34	3 031 139.11	3 031 139.11
$F_1(Z_1)$	0.00	0.00	0.32	0.63	1.00	1.00
Z_2	419 221.22	419 221.22	482 104.40	578 525.28	665 304.07	665 304.07
$F_2(Z_2)$	0.00	0.00	0.23	0.49	1.00	1.00
Z_3	707 140.52	707 140.52	601 069.44	480 855.55	442 387.11	442 387.11
$F_3(Z_3)$	0.00	0.00	0.32	0.55	1.00	1.00

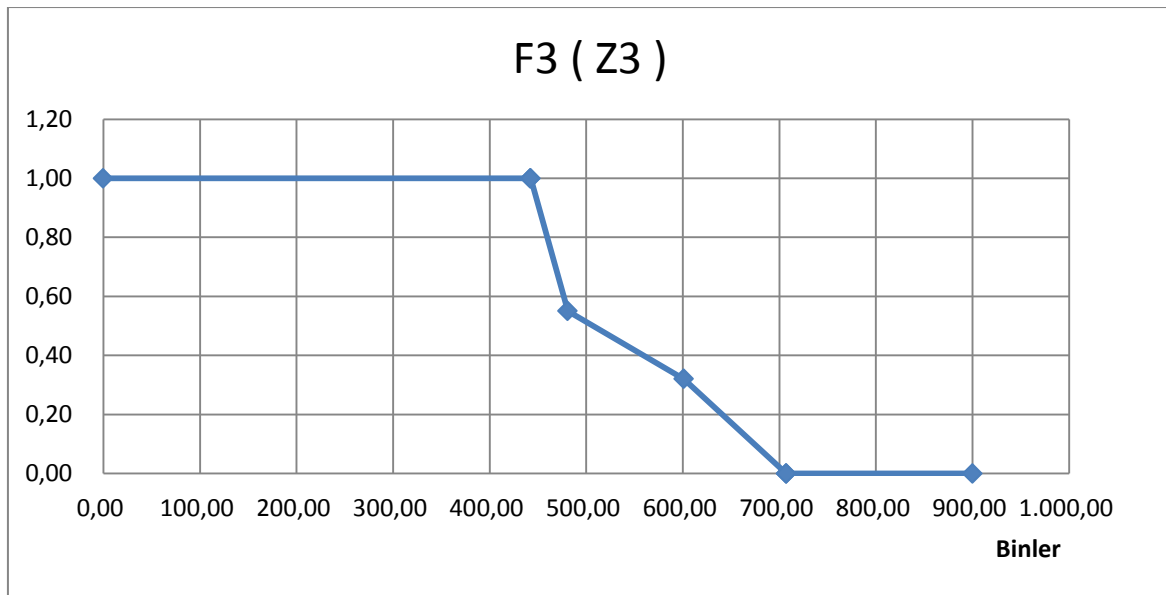
Şekil 5.2. $f_1(z_1)$ Piecewise lineer üyelik grafiği

Z_1 amaç fonksiyonu için F_1 üyelik fonksiyonunun aldığı değerler yukarıda bulunan şekil 5.2 grafiğinde gösterilmiştir. Amaç fonksiyonu minimizasyon olduğu için $F_1(Z_1)$ grafiği azalan yöndedir. Burada üyelik değerleri 1,00 ‘dan 0’ a azalmaktadır. En yüksek maliyet olan 4 170 814,05 TL, 0 üyelik fonksiyonu değerine sahip iken en düşük maliyet değeri olan 3 031 139,11 TL, 1 üyelik fonksiyonu değerine sahiptir.



Şekil 5.3. $f_2 (z_2)$ Piecewise lineer üyelik grafiği

Z2 amaç fonksiyonu için F2 üyelik fonksiyonunun almış olduğu değerler yukarıdaki şekil 5.3' te gösterilmiştir. Z2 amaç fonksiyonu maksimizasyon olduğu için $F_2 (Z_2)$ grafiği artan yöndedir, en düşük olan 0' dan en yüksek 1' e doğru artış göstermektedir. En düşük maliyet değeri olan 419 221,22 TL'den, en yüksek maliyet değeri olan 665 304,07 TL değerine artış göstermektedir.



Şekil 5.4. $f_3 (z_3)$ Piecewise lineer üyelik grafiği

Z3 amaç fonksiyonu için F3 üyelik fonksiyonunun aldığı değerler yukarıda bulunan şekil 5.4. grafiğinde gösterilmiştir. Amaç fonksiyonu minimizasyon olduğu için $F_3 (Z_3)$ grafiği azalan yöndedir. Burada üyelik değerleri 1,00 ‘dan 0’ a azalmaktadır. En yüksek maliyet olan 707 140,52 TL, 0 üyelik fonksiyonu değerine sahip iken en düşük maliyet maliyet değeri olan 442 387,11 TL, 1 üyelik fonksiyonu değerine sahiptir.

5.3. Enflasyon Ortamında Çok Dönemli Çok Ürünlü Bulanık Bütünleşik Üretim Planlama Modelinin Çözümü

Burada çok amaçlı üretim planlama modeli, PIECEWISE LINEAR membership fonksiyonları kullanılarak kesin modele dönüştürülür (Hannan 1981, Dombi 1990). Tek amaçlı – kesin LP modeli aşağıda belirtildiği gibidir:

Max L

SUBJECT TO

Eşitlik 5.12’de gösterildiği şekilde bulanıklık ifadesi L piecewise doğrusal üyelik fonksiyonu kullanılarak hesaplanır.

$$L \leq - \left(\frac{t_{g2} - t_{g1}}{2} \right) (d_{g1}^- - d_{g1}^+) - \left(\frac{t_{g3} - t_{g2}}{2} \right) (d_{g2}^- - d_{g2}^+) - \dots \dots \dots \quad (5.13)$$

$$- \left(\frac{t_{g,pg+1} - t_{g,pg}}{2} \right) (d_{g,pg}^- - d_{g,pg}^+) + \left(\frac{t_{g,pg} + t_{g,pg}}{2} \right) Z_g$$

$$+ \left(\frac{S_{g,pg+1} + S_{g,1}}{2} \right) \quad g = 1, 2, 3$$

$$Z_g + d_{ge}^- - d_{ge}^+ = X_{ge} \quad g = 1, 2, 3 \quad e = 1, 2, \dots, P_g \quad (5.14)$$

Eşitlik 5.14’de işgücü kapasitesi denklem olarak belirtilmiştir. t-1 dönemi (bir önceki dönem) sahip olunan iş gücü kapasitesi ile t dönemi (mevcut dönem) iş gücü kapasitesi arasındaki fark (ihtiyaç olunan veya fazla kapasite), işgücüne ekleme yaparak veya işgücünü azaltarak karşılanmalıdır.

$$\sum_{n=1}^N P_{nt-1} (Q_{nt-1} + O_{nt-1}) + H_t - F_t = \sum_{n=1}^N n_t (Q_{nt} + O_{nt}) \quad \forall t \text{ için}, \quad (5.15)$$

Eşitlik 5.15’ de depolama kısıtı yazılmıştır. Her ürün için bir depo alanı gereklidir ve toplam depolama sahası aşılamaz.

$$\sum_{n=1}^N V_{nt} I_{nt} \leq V_{t \max} \quad \forall t \text{ için}, \quad (5.16)$$

Eşitlik 5.16 ‘de bulanık bütünleşik üretim planlama modeli için bütçe kısıtı ifade edilmiştir. Amaç fonksiyonu değeri belirlenen bütçeyi aşamaz.

$$z_1 \leq Y \quad (5.17)$$

Eşitlik 5.17’de $t - 1$ döneminde ve t döneminde normal mesai, fazla mesai ile üretilen ve yoksatma – stokta tutma miktarının toplamı mevcut dönemin talebine eşit olmalıdır. Talep üçgen bulanıksal sayılar ile ifade edilir (en kötü durum – orta durum – en iyimser durum).

$$\begin{aligned} I_{nt-1} - B_{nt-1} + Q_{nt} + O_{nt} + S_{nt} - I_{nt} + B_{nt} \\ = w_1 D_{nt,\alpha}^P + w_2 D_{nt,\alpha}^m + w_3 D_{nt,\alpha}^O \quad \forall n, \forall t \text{ için} \end{aligned} \quad (5.18)$$

Eşitlik 5.18.’de işgücü bulanık kapasitesinden bahsedilmiştir. Üçgen sayılar bulanıklığı ifade etmek için kullanılmışlardır. Normal mesai ve fazla mesai ile üretilen ürünler için gereken iş gücü miktarı, maksimum kapasiteyi aşamaz.

$$\sum_{n=1}^N P_{nt} (Q_{nt} + O_{nt}) = w_1 W_{t\max,\alpha}^P + w_2 W_{t\max,\alpha}^m + w_3 W_{t\max,\alpha}^O \quad \forall t \text{ için}, \quad (5.19)$$

Eşitlik 5.19’de makinelerin bulanık kapasitesinden bahsedilmiştir. Üçgen sayılar bulanıklığı ifade etmek için kullanılmışlardır. Normal mesai ve fazla mesai ile üretilen ürünler için gereken makine gücü miktarı, maksimum kapasiteyi aşamaz.

$$\sum_{n=1}^N r_{nt} (Q_{nt} + O_{nt}) = w_1 M_{t\max,\alpha}^P + w_2 M_{t\max,\alpha}^m + w_3 M_{t\max,\alpha}^O \quad \forall t \text{ için}, \quad (5.20)$$

Üçgensel bulanık sayıların değerleri aşağıda belirtilmiştir.

$$w_1 = 0$$

$$w_2 = 1$$

$$w_3 = 0$$

$$Q_{nt}, O_{nt}, S_{nt}, I_{nt}, B_{nt}, H_t, F_t, d_{ge}^-, d_{ge}^+ \geq 0 \quad \forall n, \forall t, \forall g, \forall e \text{ için}$$

Bulanık üretim planlama modelinin başlangıç çözümü için gerekli modelleme 5.2 başlığı altında belirtilmiştir. Buradan elde edilen veriler kullanılarak enflasyon ortamında bulanık bütünleşik üretim planlama modeli EK-3’ te gösterildiği şekilde LINGO formatında yazılır. Enflasyon içeren bulanık bütünleşik üretim planlama modelini LINGO yazılımı yardımı ile çözümü yapılır. Çözüm sonucu ulaşılan değerler Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’ te belirtilmiştir.

Çizelge 5.4. Önerilen bulanık modelin çözüm özeti

Elapsed runtime seconds:	1.81
Model Class:	MILP
Total variables:	211
Integer variables:	192
Total constraints:	291
Total nonzeros:	2142

Çizelge 5.5. Önerilen bulanık LINGO modelinin çözüm tablosu

KARAR DEĞİŞKENLERİ	DEĞER
L	1
D11_P	1,323,526.00
D13_P	15,829,850.00
S11	35
S12	37
S13	43
S14	41
B15	39
B16	75
S21	30
S22	32

Çizelge 5.5. (Deavm) Önerilen bulanık LINGO modelinin çözüm tablosu

S23	36
S24	34
B25	31
B26	60
S31	48
S32	54
S33	64
S34	62
B35	58
B36	115
S41	41
S42	47
S43	49
S44	44
B45	40
B46	77
S51	27
S52	31
S53	35
S54	32
B55	27
B56	52
S61	27
S62	30
S63	32
S64	32
B65	27
B66	52
D21_P	46,476.25
D23_N	197,130.40
D31_P	355,985.00
D33_P	534,933.50
W2	1

Bulanık çok ürünli çok dönemli paranın zaman değerini de içeren bütünleşik üretim planlama modeli yukarıdaki veriler kullanılarak LINGO 'da çözülmüştür. Bu çözüme 96 döngüde ulaşılmıştır. Burada L bulanıklık değeri 1 'e ulaşmıştır. Piecewise doğrusal üyelik fonksiyonu kullanılarak çok dönem ve çok ürün için enflasyonlu durumlarda bütünleşik bulanık üretim planlama modeli oluşturularak çözümü yapılmıştır. Burada maliyet azaltımı yapılmıştır. Burada $L = 0$ olduğu zaman hiçbir hedef karşılanmamış, $0 < L < 1$ aralığında olduğu zaman amaçlar L değeri seviyesinde karşılanmış ve $L = 1$ olduğu zaman bütün hedefler karşılanmış demektir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tez çalışmasında bir işletme içindeki enflasyon içeren çok ürünlü çok dönemli üretim planlama problemine, bulanıklık yöntemi kullanılarak çözüm getirilmeye çalışılmıştır. Bunu sağlamak için Piecewise doğrusal üyelik fonksiyonlarından faydalanılmıştır. Öncelikle bulanık üretim planlama ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. 1965 yılında Lutfi AskerZadeh tarafından başlatılan bulanıklık kavramı, günümüze kadar pek çok ilave disiplinde kullanılmıştır. İlk olarak bir buhar makinasının denetimi ve yönetimini bulanık mantık kullanarak yapılmıştır ve diğer yöntemlere kıyasla büyük kolaylık sağladığı görülmüştür. Daha sonraları bulanık mantık kavramı üretim planlama alanında da uygulanmıştır.

Üyelik fonksiyonlarının belirsiz / bulanık veriler için farklı çeşitleri bulunabilmektedir. Bunlara örnek olarak üçgensel üyelik fonksiyonları, gauss üyelik fonksiyonları, yamuk üyelik fonksiyonları, S eğrisi üyelik fonksiyonları, üstel (exponential) üyelik fonksiyonları, hiperbolik (hyperbolic) üyelik fonksiyonları sayılabilir. Bahsedilen bütün bu üyelik fonksiyonları arasında üçgen üyelik fonksiyonundan basitliği, alt ve üst sınırlarının tanımlamanın göreceli kolay olması nedeniyle yararlanılmıştır.

Çadır imalatları yapan Ankara’ da yerleşik bulunan firmanın, taleplere karşılayabilmek için normal mesai, fazla mesai, taşeron kullanımı, stok yapma ve yoksatma gibi seçenekleri bulunmaktadır. Taleplerdeki değişiklikler de dikkate alındığında, düzgün bir üretim planı yapmak için bulanık bütünleşik üretim planlama yönteminden yararlanması faydalıdır.

Bu çalışmada 6 ürünlü işletmenin 6 aylık üretim planı çıkarılmıştır. Üzerinde çalışılan işletmenin maliyetleri burada belirtilmiştir. İşletmenin bütünleşik bulanık üretim planlama modeli oluşturulurken talepler değişkenlik gösterdiği için, bu belirsizlikler doğrusal programlamaya yazılırken Piecewise doğrusal üyelik fonksiyonlarından yararlanılarak ifade edilmiştir. Bu üyelik fonksiyonu bulanık bütünleşik üretim planlama modelini tek amaçlı hale getirip, etkin bir şekilde çözülebilmesi için esneklik ve verimlilik sağlamaktadır.

Doğrusal programlama modelinin başlangıç çözümü LINGO yazılımı kullanılarak yapılmış ve minimizasyon modelinin optimal çözümüne ulaşılmıştır. Çok amaçlı doğrusal

programlama yöntemleri ile burada kullanılarak model LINGO ile çözülecek hale getirilmiştir. Burada elde edilen normal mesai ile üretim miktarları, fazla mesai ile üretim miktarları, taşıyon kullanımı, stokta tutma miktarı, yoksatma miktarı, işe alma ve işten gönderme miktarları, daha sonraki bulanık bütünleşik üretim planlama modelinin çözümü için başlangıç değerleri olarak kullanılmıştır. Bu çözüme ulaşabilmek için tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanılmıştır.

Çok dönemli çok ürünlü paranın zaman değerini de içeren bulanık bütünleşik üretim planlama modeli yukarıda bahsedilen parametreler girdi olarak kullanılarak çözülmüştür. Bu tez çalışmasında üretim planlama içerisinde bulanık mantık kullanılmasının sebebi stokastik planlama modellerinde olmayan, kesin olmayan verilerin içerdiği (belirsizlik içeren durumlar) problemlerin ortaya çıkmasından dolayıdır. Bu yüzden bulanıklık hesaplama etkinlik ve esneklik sağlamaktadır.

Önerilen modelin geliştirilebileceği konular, normal mesai maliyeti, fazla mesai maliyeti, taşıyon kullanım maliyeti, stokta tutma ve yoksatma maliyetleri, işe alma ve işten gönderme maliyetleri bunun yanına ürünlere ait talep seviyeleri gibi karar parametrelerinin ve üretim zamanlarının değerlerinin tahmine dayalı olmalarıdır. Türkiye gibi ekonomik ve üretim koşulları açısından değişiklikler içeren bir ülkede bu bahsedilen konular her yeni yılda değişkenlik gösterebilmektedirler. Geleceğe yönelik olarak araştırmacılar bulanık üretim planlama konusunda belirtilen parametrelerin gerçek bir işletme ortamında incelemesini yapabilirler.

KAYNAKLAR

- Ayan, T.A. (2010). Toplam üretim planlaması problemi için bir bulanık hedef programlama yaklaşımı, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (34), Temmuz – Aralık 2009, 69 - 90.
- Byrne, M.D. and Bakir, M.A. (1999). Production planning using a hybrid simulation – analytical approach, *International Journal of Production Economics*, (59), 305 – 311.
- Djordjevic, I., Petrovic, D. and Stojic, G. (2019). A fuzzy linear programming model for aggregated production planning (APP) in the automotive industry, *Computers in Industry*, (110), 48 – 63.
- Dombi, J. (1990). Membership function as an evaluation”, *Fuzzy Sets Systems*, (35), 1 - 21.
- Demirel, E., Özelkan, E.C., and Lim, C. (2018). Aggregate planning with flexibility Requirements Profile, *International Journal of Production Economics*, (202), 45 – 58.
- Entezaminia, A., Heydari, M., and Rahmani, D. (2016). A multiobjective model for multi product multi site aggregate production planning in a green supply chain: Considering collection and recycling centers, *Journal of Manufacturing Systems*, (40), 63 – 75.
- Guisen, X., Offodile, O.F., Zhou M. and Trouttb, M.D. (2011). Integrated production planning with sequence – dependent family setup times, *Journal of Production Economics*, (131), 674 – 681.
- Gansterer, M. (2015). Aggregate planning and forecasting in make to order production systems, *International Journal of Production Economics*, (170), 521 – 528.
- Ha, C., Seok, H., and Ok, C. (2018). Evaluation of forecasting methods in aggregate production planning : A Cumulative Absolute Forecast Error (CAFE), *Computers and Industrial Engineering*, (118), 329 – 339.
- Hahn, G.J. and Branderburg, M. (2018). A Sustainable aggregate production planning model for the chemical process industry, *Computers and Operations Research*, (94), 154 – 168.
- Hannan, E.L. (1981). Linear programming with multiple fuzzy goals, *Fuzzy Sets Systems*, (6), 235 – 248.
- Mamdani, E.H., and Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7, 1,
- Hwang, C.L., and Masud, A.S.M. (1979). *Multiple objective decision making – methods and applications*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg,

- Jamalnia, A., Yang, J.B., Xiu, D.L., Feili, A., and Jamali, G. (2019). Evaluating the performance of aggregate production planning strategies under uncertainty in soft drink industry”, *Journal of Manufacturing Systems*, (50), 146 -162.
- Jamalnia, A., Yang, J.B., and Feili, A. et al. (2019). Aggreagte production planning under uncertainty : a comprehensive literature survey and future research directions, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (102), 159 – 181.
- Jamalnia, A., Yang, J.B., Xiu, D.L., and Feili, A. (2017). Novel decision model based on mixed chase and level strategy for aggregate production planning under uncertainty : Case study in beverage industry, *Computers and Industrial Engineering*, (114),54 – 68.
- Jain, A. and Palekar, U.S. (2005). Aggregate production planning for a contionuous reconfigurable manufacturing process, *Computers and Operations Research*, (32), 1213 – 1236.
- Kogan, K., and Khmelnitsky E. (1995). An optimal control method for aggregate production planning in large scale manufacturing systems with capacity expansions and deterioration, *Computers and Industrial Engineering*, (28), 851 – 859.
- Krajewski, L.J. and Ritzman, L.P. (199). *Operations Management : Strategyand Analysis*. Singapore : Addison – Wesley.
- Karmakar, U.S., and Rajaram, K. (2012). Aggregate production planning for process industries under oligopolistic competition, *European Journal of Operational Research*, (223), 680 – 689.
- Liang, T.F., Cheng, H.W., Chen, P.Y., and Shen, K.H. (2011). Application of fuzzy sets to aggregate production planning with multi products and multi time periods, *IEEE transactions of fuzzy systems*, (19), 465 – 477.
- Leung, S.C.H. and Chan, S.S.W. (2009). A goal programming model for aggregate production planning with resource utilization constraint, *Computers and Industrial Engineering*, (56), 1053 – 1064.
- Lai, Y.J. and Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy mathematical programming : methods and applications*, Heidelberg:Springer.
- Masud, S.M., and Hwang, C.L. (1980). An Aggregate production planning model and applications of three multiple objective decision methods”, *International Journal of Production Research*, (18), 741 – 752.
- Moreno, M.S. and Montagna, J.M. (2009). A multi Period model for production planning and design in a multi product batch enviroment, *Mathematical and Computer Modelling*, (49), 1372 – 1385.
- Mirzapour, Al-e-Hashem, S.M.J., Maleky, H. and Aryanezhad, M.B. (2011). A multi objective rubust optimization model formulti – site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty, *Journal of Production Economics*, (134), 28 – 42.

- Makui, A., Heydari, M., Aazami, A., and Dehghani, E. (2016). Acceleration benders decomposition approach for robust aggregate production planning of products with a very limited expiration date, *Computers & Industrial Engineers*, (100), 34-51.
- Modarres, M., and Izadpanahi, E. (2016). Aggregate production planning by focusing on energy saving : A robust optimization approach, *Journal of Cleaner Production*, (133), 1074 – 1085.
- Mehdizadeh, E., Niaki, S.T.A., and Hemati, M. (2018). A bi - objective aggregate production planning problem with learning effect and machine deterioration : Modeling and Solution, *Computers and Operations Research*, (91), 21 – 36.
- Ning, Y., Pang, N. and Wang, X. (2019). An uncertain aggregate production planning model considering investment in vegetable preservation technology, *Mathematical Problems in Engineering*, (2019), Article ID 8505868, 10.
- Narasimhan, S.L., McLeavey, D.W., and Billington, P.J. (1995). *Production planning and Inventory Control (Second Edition)*”,Pretince Hall Press.
- Ramezani, R., Rahmani, D, and Barzinpor, F. (2012). An aggregate production planning model for two phase production systems : Solving with genetic algorithm and tabu search, *Expert Systems with Applications*, (39), 1256 – 1263.
- Rahmani, D., Zandi, A., Behdad, S. and Entezaminia, A. (2019). A light robust model for aggregate production planning with consideration of environmental impacts of machines,*Operational Research*, 1-25.
- Saad, G. (1982) An overview of production planning model : structure classification and empirical assessment,” *International Journal of Production Research*, (20), 105 – 114.
- Sakawa, M. (1993). Interactive multiobjective linear programming with fuzzy parameters, *Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization*,*Applied Information Technology*, ABD : Springer, Boston, MA, 149-173.
- Shi, Y., and Haase C. (1996). Optimal trade – offs of aggregate production planning with multi objective and multi capacity – demand levels, *International Journal of Operations and Quantitive Management.*, (2), 127 – 143.
- Şen, Z. (2009). *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme* (Mühendislik ve Sosyal Bilimler) (Üçüncü Baskı). Türkiye : Su Vakfı Yayınları, 14
- Torabi, S.A. and Hassini, E. (2009). Multi – site production planning integrating procurement and distribution plans in multi – echelon supply chains ; an interactive fuzzy goal programming approach, *International Journal of Production Research*, 47(19), 5475 – 5499.

- Tirkolaee, E.B., Goli, A., and Weber, G.W. (2019). Multi – objective aggregate production planning model considering overtime and outsourcing options under fuzzy seasonal demand, *Advances in Manufacturing II., Manufacturing 2019, Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer, Cham.
- Topcuoglu, M.G., Yeni, F.B., Kose, Y., and Cevikcan, E. (2019). The optimization of aggregate production planning under fuzzy environment : An application from beverage industry, *Industrial Engineering in the Big Data Era. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*, Springer, Cham
- Wang, R.C. and Liang T.F. (2004). Application of fuzzy multi – objective linear programming to aggregate production planning, *Computers and Industrial Engineering*, (46), 17 – 41.
- Yaghin, G., Torabi, S.A., and Ghomi, S.M.T. (2012). Integrated mark down pricing and aggregate production planning in a two echelon supply chain: A hybrid fuzzy multiple objective approach, *Applied Mathematical Modelling*, (36), 6011 – 6030.
- Yih, Y.L. (1990). Fuzzy sets theory approach to aggregate production planning and inventory control (Doctoral Dissertation, Kansas State University, 1990)
- Yaghin, R.G. (2018). Integrated multi site aggregate production pricing planning in a two echelon supply chain with multiple demand classes, *Applied Mathematical Modelling*, (53), 276 – 295.
- Zhang, R., Zhang, L., Xiao, Y.Y., and Kaku, I. (2012). The activity based aggregate production planning with capacity expansion in manufacturing system, *Computers and industrial Engineering*, (62), 491 – 503.
- Zhang, G., Lu, J., and Gao, Y. (2015). *Multi-level decision making models, methods and applications*, Springer, XVI, 377.
- Zaidan, A.A., Atiya, B., and Abu Bakar, M.R. et al. (2019). A new hybrid algorithm of simulated annealing and simplex downhill for solving multiple-objective aggregate production planning on fuzzy environment, *Neural Computing and Applications*, (31), 1823 – 1834.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets, *Information and Control*, (8), 338 – 353.

EKLER

EK-1. Maliyet tabloları

Çizelge EK-1.1. Ürün bazlı normal mesai imalat maliyetleri (TL / adet)

	Min	Mod	Max
a_{x1}	1 489.50	1 655.00	1 986.00
a_{x2}	1 684.80	1 872.00	2 246.40
a_{x3}	2 340.00	2 600.00	3 120.00
a_{x4}	1 908.00	2 120.00	2 544.00
a_{x5}	5 049.90	5 611.00	6 733.20
a_{x6}	4 469.40	4 966.00	5 959.20

Çizelge EK-01.2. Ürün bazlı fazla mesai imalat maliyetleri (TL / adet)

	Min	Mod	Max
b_{x1}	1 861.88	2 068.75	2 482.50
b_{x2}	2 106.00	2 340.00	2 808.00
b_{x3}	2 925.00	3 250.00	3 900.00
b_{x4}	2 385.00	2 650.00	3 180.00
b_{x5}	6 312.38	7 014.75	8 416.50
b_{x6}	5 586.75	6 207.50	7 449.00

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.3. Taşeron için imalat maliyetleri (TL / adet)

	Min	Mod	Max
c_{x1}	2 234.25	2 482.50	2 979.00
c_{x2}	2 527.20	2 808.00	3 369.60
c_{x3}	3 510.00	3 900.00	4 680.00
c_{x4}	2 862.00	3 180.00	3 816.00
c_{x5}	7 574.85	8 416.50	10 099.80
c_{x6}	6 704.10	7 449.00	8 938.80

Çizelge EK-01.4. Ürün bazlı stok taşıma maliyetleri (TL / adet)

	Min	Mod	Max
d_{x1}	22.28	24.75	27.23
d_{x2}	19.35	21.50	23.65
d_{x3}	29.25	32.50	35.75
d_{x4}	24.98	27.75	30.53
d_{x5}	65.25	72.50	79.75
d_{x6}	56.70	63.00	69.30

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.5. Ürün bazlı yok satma maliyetleri (TL / adet)

	Min	Mod	Max
e_{x1}	222.75	247.50	272.25
e_{x2}	193.50	215.00	236.50
e_{x3}	292.50	325.00	357.50
e_{x4}	249.75	277.50	305.25
e_{x5}	652.50	725.00	797.50
e_{x6}	567.00	630.00	693.00

Çizelge EK-01.6. İşe Alma maliyetleri

	Min	Mod	Max
k_{x1}	16.00	20.00	22.00
k_{x2}	16.00	20.00	22.00
k_{x3}	16.00	20.00	22.00
k_{x4}	16.00	20.00	22.00
k_{x5}	16.00	20.00	22.00
k_{x6}	16.00	20.00	22.00

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.7. İşten Çıkarma maliyetleri

	Min	Mod	Max
m_{x1}	4.00	5.00	6.00
m_{x2}	4.00	5.00	6.00
m_{x3}	4.00	5.00	6.00
m_{x4}	4.00	5.00	6.00
m_{x5}	4.00	5.00	6.00
m_{x6}	4.00	5.00	6.00

Çizelge EK-01.8. İş gücü kapasitesi (adam saat)

	Min (w^P)	Mod (w^M)	Max (w^O)
1 Dönem	280.00	300.00	320.00
2 Dönem	280.00	300.00	320.00
3 Dönem	280.00	300.00	320.00
4 Dönem	280.00	300.00	320.00
5 Dönem	280.00	300.00	320.00
6 Dönem	280.00	300.00	320.00

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.9. Makine kapasitesi (Makine saat)

	Min	Mod	Max
1 Dönem	480.00	500.00	520.00
2 Dönem	480.00	500.00	520.00
3 Dönem	480.00	500.00	520.00
4 Dönem	480.00	500.00	520.00
5 Dönem	480.00	500.00	520.00
6 Dönem	480.00	500.00	520.00

Çizelge EK-01.10 Her dönem için kapasite kısıdı (saat)

	1. DONEM	2. DONEM	3. DONEM	4. DONEM	5. DONEM	6. DONEM
Max çalışma suresi (sa)	240	240	240	240	240	240
Gerçek çalışma suresi (sa)	208	208	208	208	208	208
Min çalışma suresi (sa)	184	184	184	184	184	184

Çizelge EK-01.11. Birim makine çalışma süreleri (saat)

Urun \ dönem	1. DONEM	2. DONEM	3. DONEM	4. DONEM	5. DONEM	6. DONEM
X ₁	2.1	2.4	2.1	2.1	2.1	2.1
X ₂	2.2	2.5	2.2	2.2	2.2	2.2
X ₃	2.6	2.8	2.6	2.6	2.6	2.6
X ₄	2.6	2.9	2.6	2.6	2.6	2.6
X ₅	3.9	4.2	3.9	3.9	3.9	3.9
X ₆	4.0	4.4	4.0	4.0	4.0	4.0

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.12. Depolama alanı limiti (m³)

	Hacim (M ³)
1 Dönem	1.500,00
2 Dönem	1.500,00
3 Dönem	1.500,00
4 Dönem	1.500,00
5 Dönem	1.500,00
6 Dönem	1.500,00

Çizelge EK-01.13. Dönemsel fiyat artış oranları

	Artış Değeri (%)
i _a	1
i _b	1
i _c	1
i _d	1
i _e	1

Çizelge EK-01.14. Makine üretim süreleri tablosu (birim / saat)

Ürün \ Dönem	1. DONEM	2. DONEM	3. DONEM	4. DONEM	5. DONEM	6. DONEM
X ₁	4.2	4.8	4.2	4.2	4.2	4.2
X ₂	4.4	5	4.4	4.4	4.4	4.4
X ₃	5.1	5.7	5.1	5.1	5.1	5.1
X ₄	5.2	5.9	5.2	5.2	5.2	5.2
X ₅	7.8	8.5	7.8	7.8	7.8	7.8
X ₆	8.1	8.8	8.1	8.1	8.1	8.1

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.15. Ürünlerin paket hacimleri (m³)

Urun \ Paket Hacmi	M^3
X ₁	3.1
X ₂	3.4
X ₃	4.4
X ₄	4.7
X ₅	5.9
X ₆	6.1

Çizelge EK-01.16. Periyod satış tahminleri (adet)

	Min	Mod	Max
D _{x1}	126.00	140.00	154.00
D _{x2}	108.00	120.00	132.00
D _{x3}	173.00	192.00	211.00
D _{x4}	150.00	166.00	183.00
D _{x5}	109.00	110.00	121.00
D _{x6}	109.00	110.00	121.00

Çizelge EK-01.17. Periyod satış tahminleri (adet)

	Min	Mod	Max
D _{x1}	143.00	150.00	173.00
D _{x2}	122.00	130.00	150.00
D _{x3}	200.00	218.00	251.00
D _{x4}	165.00	188.00	216.00
D _{x5}	100.00	125.00	144.00
D _{x6}	110.00	120.00	138.00

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.18. Periyod satış tahminleri (adet)

	Min	Mod	Max
D _{x1}	155.00	172.00	198.00
D _{x2}	130.00	144.00	166.00
D _{x3}	231.00	256.00	295.00
D _{x4}	179.00	199.00	229.00
D _{x5}	126.00	140.00	161.00
D _{x6}	117.00	130.00	150.00

Çizelge EK-01.19. Periyod satış tahminleri (adet)

	Min	Mod	Max
D _{x1}	149.00	166.00	191.00
D _{x2}	125.00	139.00	160.00
D _{x3}	223.00	248.00	285.00
D _{x4}	159.00	177.00	204.00
D _{x5}	116.00	129.00	148.00
D _{x6}	116.00	129.00	148.00

Çizelge EK-01.20. Periyod satış tahminleri (adet)

	Min	Mod	Max
D _{x1}	143.00	159.00	183.00
D _{x2}	112.00	125.00	144.00
D _{x3}	210.00	233.00	228.00
D _{x4}	147.00	163.00	188.00
D _{x5}	100.00	110.00	127.00
D _{x6}	100.00	110.00	127.00

EK-1. (devam) Maliyet tabloları

Çizelge EK-01.21. Periyod satış tahminleri (adet)

	Min	Mod	Max
D _{x1}	132.00	147.00	169.00
D _{x2}	107.00	119.00	137.00
D _{x3}	207.00	230.00	265.00
D _{x4}	135.00	150.00	173.00
D _{x5}	100.00	102.00	117.00
D _{x6}	100.00	102.00	117.00

EK-2. Başlangıç çizelgeleri

Çizelge EK-02.1. Başlangıç çözümü için gereken yardımcı amaç fonksiyonu Z_1

1,671.55	Q11 +	2,089.44	O11 +	2,507.33	S11 +	835.78	I11 +	835.78	B11 +
1,688.27	Q12 +	2,110.33	O12 +	2,532.40	S12 +	844.13	I12 +	844.13	B12 +
1,705.15	Q13 +	2,131.44	O13 +	2,557.72	S13 +	852.57	I13 +	852.57	B13 +
1,722.20	Q14 +	2,152.75	O14 +	2,583.30	S14 +	861.10	I14 +	861.10	B14 +
1,739.42	Q15 +	2,174.28	O15 +	2,609.13	S15 +	869.71	I15 +	869.71	B15 +
1,756.82	Q16 +	2,196.02	O16 +	2,635.22	S16 +	878.41	I16 +	878.41	B16 +
1,890.72	Q21 +	2,363.40	O21 +	2,836.08	S21 +	945.36	I21 +	945.36	B21 +
1,909.63	Q22 +	2,387.03	O22 +	2,864.44	S22 +	954.81	I22 +	954.81	B22 +
1,928.72	Q23 +	2,410.90	O23 +	2,893.09	S23 +	964.36	I23 +	964.36	B23 +
1,948.01	Q24 +	2,435.01	O24 +	2,922.02	S24 +	974.01	I24 +	974.01	B24 +
1,967.49	Q25 +	2,459.36	O25 +	2,951.24	S25 +	983.75	I25 +	983.75	B25 +
1,987.17	Q26 +	2,483.96	O26 +	2,980.75	S26 +	993.58	I26 +	993.58	B26 +
2,626.00	Q31 +	3,282.50	O31 +	3,939.00	S31 +	1,313.00	I31 +	1,313.00	B31 +
2,652.26	Q32 +	3,315.33	O32 +	3,978.39	S32 +	1,326.13	I32 +	1,326.13	B32 +
2,678.78	Q33 +	3,348.48	O33 +	4,018.17	S33 +	1,339.39	I33 +	1,339.39	B33 +
2,705.57	Q34 +	3,381.96	O34 +	4,058.36	S34 +	1,352.79	I34 +	1,352.79	B34 +
2,732.63	Q35 +	3,415.78	O35 +	4,098.94	S35 +	1,366.31	I35 +	1,366.31	B35 +
2,759.95	Q36 +	3,449.94	O36 +	4,139.93	S36 +	1,379.98	I36 +	1,379.98	B36 +
2,141.20	Q41 +	2,676.50	O41 +	3,211.80	S41 +	1,070.60	I41 +	1,070.60	B41 +
2,162.61	Q42 +	2,703.27	O42 +	3,243.92	S42 +	1,081.31	I42 +	1,081.31	B42 +
2,184.24	Q43 +	2,730.30	O43 +	3,276.36	S43 +	1,092.12	I43 +	1,092.12	B43 +
2,206.08	Q44 +	2,757.60	O44 +	3,309.12	S44 +	1,103.04	I44 +	1,103.04	B44 +
2,228.14	Q45 +	2,785.18	O45 +	3,342.21	S45 +	1,114.07	I45 +	1,114.07	B45 +
2,250.42	Q46 +	2,813.03	O46 +	3,375.63	S46 +	1,125.21	I46 +	1,125.21	B46 +
5,667.11	Q51 +	7,084.90	O51 +	8,500.67	S51 +	2,833.56	I51 +	2,833.56	B51 +
5,723.78	Q52 +	7,155.75	O52 +	8,585.67	S52 +	2,861.89	I52 +	2,861.89	B52 +
5,781.02	Q53 +	7,227.30	O53 +	8,671.53	S53 +	2,890.51	I53 +	2,890.51	B53 +

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

Çizelge EK-02.1. (Devam)Başlangıç çözümü için gereken yardımcı amaç fonksiyonu Z_1

5,838.83	Q54 +	7,299.58	O54 +	8,758.24	S54 +	2,919.41	I54 +	2,919.41	B54 +
5,897.22	Q55 +	7,372.57	O55 +	8,845.83	S55 +	2,948.61	I55 +	2,948.61	B55 +
5,956.19	Q56 +	7,446.30	O56 +	8,934.28	S56 +	2,978.09	I56 +	2,978.09	B56 +
5,015.66	Q61 +	6,269.58	O61 +	7,523.49	S61 +	2,507.83	I61 +	2,507.83	B61 +
5,065.82	Q62 +	6,332.27	O62 +	7,598.72	S62 +	2,532.91	I62 +	2,532.91	B62 +
5,116.47	Q63 +	6,395.59	O63 +	7,674.71	S63 +	2,558.24	I63 +	2,558.24	B63 +
5,167.64	Q64 +	6,459.55	O64 +	7,751.46	S64 +	2,583.82	I64 +	2,583.82	B64 +
5,219.32	Q65 +	6,524.14	O65 +	7,828.97	S65 +	2,609.66	I65 +	2,609.66	B65 +
5,271.51	Q66 +	6,589.39	O66 +	7,907.26	S66 +	2,635.75	I66 +	2,635.75	B66 +
20.20	H1 +								
20.40	H2 +								
20.61	H3 +								
20.81	H4 +								
21.02	H5 +								
21.23	H6 +								
5.05	F1 +								
5.10	F2 +								
5.15	F3 +								
5.20	F4 +								
5.26	F5 +								
5.31	F6,								

Çizelge EK-02.2. Başlangıç Çözümü için Gereken Yardımcı Amaç Fonksiyonu Z_2

167.16	Q11 +	208.94	O11 +	250.73	S11 +	83.58	I11 +	83.58	B11 +
168.83	Q12 +	211.03	O12 +	253.24	S12 +	84.41	I12 +	84.41	B12 +
170.51	Q13 +	213.14	O13 +	255.77	S13 +	85.26	I13 +	85.26	B13 +
172.22	Q14 +	215.27	O14 +	258.33	S14 +	86.11	I14 +	86.11	B14 +
173.94	Q15 +	217.42	O15 +	260.91	S15 +	86.97	I15 +	86.97	B15 +
175.68	Q16 +	219.60	O16 +	263.52	S16 +	87.84	I16 +	87.84	B16 +

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

Çizelge EK-02.2.(Devam) Başlangıç çözümü için gereken yardımcı amaç fonksiyonu Z_2

189.07	Q21 +	236.34	O21 +	283.61	S21 +	94.54	I21 +	94.54	B21 +
190.96	Q22 +	238.70	O22 +	286.44	S22 +	95.48	I22 +	95.48	B22 +
192.87	Q23 +	241.09	O23 +	289.31	S23 +	96.44	I23 +	96.44	B23 +
194.80	Q24 +	243.50	O24 +	292.20	S24 +	97.40	I24 +	97.40	B24 +
196.75	Q25 +	245.94	O25 +	295.12	S25 +	98.37	I25 +	98.37	B25 +
198.72	Q26 +	248.40	O26 +	298.07	S26 +	99.36	I26 +	99.36	B26 +
262.60	Q31 +	328.25	O31 +	393.90	S31 +	131.30	I31 +	131.30	B31 +
265.23	Q32 +	331.53	O32 +	397.84	S32 +	132.61	I32 +	132.61	B32 +
267.88	Q33 +	334.85	O33 +	401.82	S33 +	133.94	I33 +	133.94	B33 +
270.56	Q34 +	338.20	O34 +	405.84	S34 +	135.28	I34 +	135.28	B34 +
273.26	Q35 +	341.58	O35 +	409.89	S35 +	136.63	I35 +	136.63	B35 +
276.00	Q36 +	344.99	O36 +	413.99	S36 +	138.00	I36 +	138.00	B36 +
214.12	Q41 +	267.65	O41 +	321.18	S41 +	107.06	I41 +	107.06	B41 +
216.26	Q42 +	270.33	O42 +	324.39	S42 +	108.13	I42 +	108.13	B42 +
218.42	Q43 +	273.03	O43 +	327.64	S43 +	109.21	I43 +	109.21	B43 +
220.61	Q44 +	275.76	O44 +	330.91	S44 +	110.30	I44 +	110.30	B44 +
222.81	Q45 +	278.52	O45 +	334.22	S45 +	111.41	I45 +	111.41	B45 +
225.04	Q46 +	281.30	O46 +	337.56	S46 +	112.52	I46 +	112.52	B46 +
566.71	Q51 +	709.39	O51 +	850.07	S51 +	283.36	I51 +	283.36	B51 +
572.38	Q52 +	716.49	O52 +	858.57	S52 +	286.19	I52 +	286.19	B52 +
578.10	Q53 +	723.65	O53 +	867.15	S53 +	289.05	I53 +	289.05	B53 +
583.88	Q54 +	730.89	O54 +	875.82	S54 +	291.94	I54 +	291.94	B54 +
589.72	Q55 +	738.20	O55 +	884.58	S55 +	294.86	I55 +	294.86	B55 +
595.62	Q56 +	745.58	O56 +	893.43	S56 +	297.81	I56 +	297.81	B56 +
501.57	Q61 +	626.96	O61 +	752.35	S61 +	250.78	I61 +	250.78	B61 +
506.58	Q62 +	633.23	O62 +	759.87	S62 +	253.29	I62 +	253.29	B62 +
511.65	Q63 +	639.56	O63 +	767.47	S63 +	255.82	I63 +	255.82	B63 +
516.76	Q64 +	645.95	O64 +	775.15	S64 +	258.38	I64 +	258.38	B64 +

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

Çizelge EK-02.2.(Devam) Başlangıç çözümü için gereken yardımcı amaç fonksiyonu Z_2

521.93	Q65 +	652.41	O65 +	782.90	S65 +	260.97	I65 +	260.97	B65 +
527.15	Q66 +	658.94	O66 +	790.73	S66 +	263.58	I66 +	263.58	B66 +
4.04	H1 +								
4.08	H2 +								
4.12	H3 +								
4.16	H4 +								
4.20	H5 +								
4.25	H6 +								
1.01	F1 +								
1.02	F2 +								
1.03	F3 +								
1.04	F4 +								
1.05	F5 +								
1.06	F6,								

Çizelge EK-02.3. Başlangıç çözümü için gereken yardımcı amaç fonksiyonu Z_3

334.31	Q11 +	417.89	O11 +	501.47	S11 +	83.58	I11 +	83.58	B11 +
337.65	Q12 +	422.07	O12 +	506.48	S12 +	84.41	I12 +	84.41	B12 +
341.03	Q13 +	426.29	O13 +	511.54	S13 +	85.26	I13 +	85.26	B13 +
344.44	Q14 +	430.55	O14 +	516.66	S14 +	86.11	I14 +	86.11	B14 +
347.88	Q15 +	434.86	O15 +	521.83	S15 +	86.97	I15 +	86.97	B15 +
351.36	Q16 +	439.20	O16 +	527.04	S16 +	87.84	I16 +	87.84	B16 +
378.14	Q21 +	472.68	O21 +	567.22	S21 +	94.54	I21 +	94.54	B21 +
381.93	Q22 +	477.41	O22 +	572.89	S22 +	95.48	I22 +	95.48	B22 +
385.74	Q23 +	482.18	O23 +	578.62	S23 +	96.44	I23 +	96.44	B23 +
389.60	Q24 +	487.00	O24 +	584.40	S24 +	97.40	I24 +	97.40	B24 +
393.50	Q25 +	491.87	O25 +	590.25	S25 +	98.37	I25 +	98.37	B25 +
397.43	Q26 +	496.79	O26 +	596.15	S26 +	99.36	I26 +	99.36	B26 +
525.20	Q31 +	656.50	O31 +	787.80	S31 +	131.30	I31 +	131.30	B31 +

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

Çizelge EK-02.3.(Devam) Başlangıç çözümü için gereken yardımcı amaç fonksiyonu Z_3

530.45	Q32 +	663.07	O32 +	795.68	S32 +	132.61	I32 +	132.61	B32 +
535.76	Q33 +	669.70	O33 +	803.63	S33 +	133.94	I33 +	133.94	B33 +
541.11	Q34 +	676.39	O34 +	811.67	S34 +	135.28	I34 +	135.28	B34 +
546.53	Q35 +	683.16	O35 +	819.79	S35 +	136.63	I35 +	136.63	B35 +
551.99	Q36 +	689.99	O36 +	827.99	S36 +	138.00	I36 +	138.00	B36 +
428.24	Q41 +	535.30	O41 +	642.36	S41 +	107.06	I41 +	107.06	B41 +
432.52	Q42 +	540.65	O42 +	648.78	S42 +	108.13	I42 +	108.13	B42 +
436.85	Q43 +	546.06	O43 +	655.27	S43 +	109.21	I43 +	109.21	B43 +
441.22	Q44 +	551.52	O44 +	661.82	S44 +	110.30	I44 +	110.30	B44 +
445.63	Q45 +	557.04	O45 +	668.44	S45 +	111.41	I45 +	111.41	B45 +
450.08	Q46 +	562.61	O46 +	675.13	S46 +	112.52	I46 +	112.52	B46 +
1,133.42	Q51 +	1,415.77	O51 +	1,700.13	S51 +	283.36	I51 +	283.36	B51 +
1,144.76	Q52 +	1,429.93	O52 +	1,717.13	S52 +	286.19	I52 +	286.19	B52 +
1,156.20	Q53 +	1,444.22	O53 +	1,734.31	S53 +	289.05	I53 +	289.05	B53 +
1,167.77	Q54 +	1,458.67	O54 +	1,751.65	S54 +	291.94	I54 +	291.94	B54 +
1,179.44	Q55 +	1,473.25	O55 +	1,769.17	S55 +	294.86	I55 +	294.86	B55 +
1,191.24	Q56 +	1,487.99	O56 +	1,786.86	S56 +	297.81	I56 +	297.81	B56 +
1,003.13	Q61 +	1,253.92	O61 +	1,504.70	S61 +	250.78	I61 +	250.78	B61 +
1,013.16	Q62 +	1,266.45	O62 +	1,519.74	S62 +	253.29	I62 +	253.29	B62 +
1,023.29	Q63 +	1,279.12	O63 +	1,534.94	S63 +	255.82	I63 +	255.82	B63 +
1,033.53	Q64 +	1,291.91	O64 +	1,550.29	S64 +	258.38	I64 +	258.38	B64 +
1,043.86	Q65 +	1,304.83	O65 +	1,565.79	S65 +	260.97	I65 +	260.97	B65 +
1,054.30	Q66 +	1,317.88	O66 +	1,581.45	S66 +	263.58	I66 +	263.58	B66 +
2.02	H1 +								
2.04	H2 +								
2.06	H3 +								
2.08	H4 +								
2.10	H5 +								

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

Çizelge EK-02.3.(Devam) Başlangıç çözümü için gereken yardımcı amaç fonksiyonu Z_3

2.12	H6 +								
1.01	F1 +								
1.02	F2 +								
1.03	F3 +								
1.04	F4 +								
1.05	F5 +								
1.06	F6,								

Enflasyon içeren çok ürünlü, çok dönemli bulanık bütünleşik üretim planlama modelinin başlangıç çözümüne ait LINGO formülasyonu aşağıda belirtilmiştir.

MIN Z =

Eş. EK-02.1

$$\begin{aligned}
& 919.35 * Q11 + 1149.19 * O11 + 1379.03 * S11 + 417.89 * I11 + 417.89 * B11 + \\
& 928.55 * Q12 + 1160.69 * O12 + 1392.82 * S12 + 422.07 * I12 + 422.07 * B12 + \\
& 937.83 * Q13 + 1172.29 * O13 + 1406.75 * S13 + 426.29 * I13 + 426.29 * B13 + \\
& 947.21 * Q14 + 1184.01 * O14 + 1420.81 * S14 + 430.55 * I14 + 430.55 * B14 + \\
& 956.68 * Q15 + 1195.86 * O15 + 1435.02 * S15 + 434.86 * I15 + 434.86 * B15 + \\
& 966.25 * Q16 + 1207.81 * O16 + 1449.37 * S16 + 439.20 * I16 + 439.20 * B16 + \\
& 1039.90 * Q21 + 1299.87 * O21 + 1559.84 * S21 + 472.68 * I21 + 472.68 * B21 + \\
& 1050.29 * Q22 + 1312.87 * O22 + 1575.44 * S22 + 477.41 * I22 + 477.41 * B22 + \\
& 1060.80 * Q23 + 1326.00 * O23 + 1591.20 * S23 + 482.18 * I23 + 482.18 * B23 + \\
& 1071.41 * Q24 + 1339.26 * O24 + 1607.11 * S24 + 487.00 * I24 + 487.00 * B24 + \\
& 1082.12 * Q25 + 1352.65 * O25 + 1623.18 * S25 + 491.87 * I25 + 491.87 * B25 + \\
& 1092.94 * Q26 + 1366.18 * O26 + 1639.41 * S26 + 496.79 * I26 + 496.79 * B26 + \\
& 1444.30 * Q31 + 1805.38 * O31 + 2166.45 * S31 + 656.50 * I31 + 656.50 * B31 + \\
& 1458.74 * Q32 + 1823.43 * O32 + 2188.11 * S32 + 663.07 * I32 + 663.07 * B32 + \\
& 1473.33 * Q33 + 1841.66 * O33 + 2210.00 * S33 + 669.70 * I33 + 669.70 * B33 + \\
& 1488.06 * Q34 + 1860.08 * O34 + 2232.10 * S34 + 676.39 * I34 + 676.39 * B34 + \\
& 1502.94 * Q35 + 1878.68 * O35 + 2254.42 * S35 + 683.16 * I35 + 683.16 * B35 + \\
& 1517.97 * Q36 + 1897.47 * O36 + 2276.96 * S36 + 689.99 * I36 + 689.99 * B36 +
\end{aligned}$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

1177.66 * Q41 + 1472.08 * O41 + 1766.49 * S41 + 535.30 * I41 + 535.30 * B41 +
 1189.44 * Q42 + 1486.80 * O42 + 1784.15 * S42 + 540.65 * I42 + 540.65 * B42 +
 1201.33 * Q43 + 1501.66 * O43 + 1802.00 * S43 + 546.06 * I43 + 546.06 * B43 +
 1213.34 * Q44 + 1516.68 * O44 + 1820.02 * S44 + 551.52 * I44 + 551.52 * B44 +
 1225.48 * Q45 + 1531.85 * O45 + 1838.22 * S45 + 557.04 * I45 + 557.04 * B45 +
 1237.73 * Q46 + 1547.17 * O46 + 1856.60 * S46 + 562.61 * I46 + 562.61 * B46 +
 3116.91 * Q51 + 3895.64 * O51 + 4675.37 * S51 + 1416.78 * I51 + 1416.78 * B51 +
 3148.08 * Q52 + 3934.59 * O52 + 4722.12 * S52 + 1430.95 * I52 + 1430.95 * B52 +
 3179.56 * Q53 + 3973.94 * O53 + 4769.34 * S53 + 1445.25 * I53 + 1445.25 * B53 +
 3211.36 * Q54 + 4013.68 * O54 + 4817.03 * S54 + 1459.71 * I54 + 1459.71 * B54 +
 3243.47 * Q55 + 4053.81 * O55 + 4865.20 * S55 + 1474.30 * I55 + 1474.30 * B55 +
 3275.90 * Q56 + 4094.35 * O56 + 4913.86 * S56 + 1489.05 * I56 + 1489.05 * B56 +
 2758.61 * Q61 + 3448.27 * O61 + 4137.92 * S61 + 1253.92 * I61 + 1253.92 * B61 +
 2786.20 * Q62 + 3482.75 * O62 + 4179.30 * S62 + 1266.45 * I62 + 1266.45 * B62 +
 2814.06 * Q63 + 3517.58 * O63 + 4221.09 * S63 + 1279.12 * I63 + 1279.12 * B63 +
 2842.20 * Q64 + 3552.75 * O64 + 4263.30 * S64 + 1291.91 * I64 + 1291.91 * B64 +
 2870.62 * Q65 + 3588.28 * O65 + 4305.94 * S65 + 1304.83 * I65 + 1304.83 * B65 +
 2899.33 * Q66 + 3624.16 * O66 + 4348.99 * S66 + 1317.88 * I66 + 1317.88 * B66 +
 9.09 * H1 +
 9.18 * H2 +
 9.27 * H3 +
 9.37 * H4 +
 9.46 * H5 +
 9.55 * H6 +
 2.53 * F1 +
 2.55 * F2 +
 2.58 * F3 +
 2.60 * F4 +
 2.63 * F5 +
 2.65 * F6;

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

SUBJECT TO;

! STOK DENGİ DEKLEMLERİ;

Liang ve diğerleri (2011), yayınlamış oldukları makalede w_1 , w_2 ve w_3 değerlerini üçgen dağılıma uyacak şekilde göstermişlerdir.

$$W1=0;$$

$$W2=1;$$

$$W3=0;$$

$$I10- B10 + Q11 + O11 + S11- I11 + B11- 31 * W1- 35 * W2- 38 * W3 = 0;$$

$$I20- B20 + Q21 + O21 + S21- I21 + B21- 27 * W1- 30 * W2- 33 * W3 = 0;$$

$$I30- B30 + Q31 + O31 + S31- I31 + B31- 43 * W1- 48 * W2- 52 * W3 = 0;$$

$$I40- B40 + Q41 + O41 + S41- I41 + B41- 36 * W1- 41 * W2- 45 * W3 = 0;$$

$$I50- B50 + Q51 + O51 + S51- I51 + B51- 24 * W1- 27 * W2- 29 * W3 = 0;$$

$$I60- B60 + Q61 + O61 + S61- I61 + B61- 24 * W1- 27 * W2- 29 * W3 = 0;$$

$$I11- B11 + Q12 + O12 + S12- I12 + B12- 33 * W1- 37 * W2- 40 * W3 = 0;$$

$$I21- B21 + Q22 + O22 + S22- I22 + B22- 28 * W1- 32 * W2- 35 * W3 = 0;$$

$$I31- B31 + Q32 + O32 + S32- I32 + B32- 48 * W1- 54 * W2- 59 * W3 = 0;$$

$$I41- B41 + Q42 + O42 + S42- I42 + B42- 42 * W1- 47 * W2- 51 * W3 = 0;$$

$$I51- B51 + Q52 + O52 + S52- I52 + B52- 27 * W1- 31 * W2- 34 * W3 = 0;$$

$$I61- B61 + Q62 + O62 + S62- I62 + B62- 27 * W1- 30 * W2- 33 * W3 = 0;$$

$$I12- B12 + Q13 + O13 + S13- I13 + B13- 38 * W1- 43 * W2- 47 * W3 = 0;$$

$$I22- B22 + Q23 + O23 + S23- I23 + B23- 32 * W1- 36 * W2- 39 * W3 = 0;$$

$$I32- B32 + Q33 + O33 + S33- I33 + B33- 57 * W1- 64 * W2- 70 * W3 = 0;$$

$$I42- B42 + Q43 + O43 + S43- I43 + B43- 44 * W1- 49 * W2- 53 * W3 = 0;$$

$$I52- B52 + Q53 + O53 + S53- I53 + B53- 31 * W1- 35 * W2- 38 * W3 = 0;$$

$$I62- B62 + Q63 + O63 + S63- I63 + B63- 28 * W1- 32 * W2- 35 * W3 = 0;$$

$$I13- B13 + Q14 + O14 + S14- I14 + B14- 36 * W1- 41 * W2- 45 * W3 = 0;$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$I23- B23 + Q24 + O24 + S24- I24 + B24- 30 * W1- 34 * W2- 37 * W3 = 0;$$

$$I33- B33 + Q34 + O34 + S34- I34 + B34- 55 * W1- 62 * W2- 68 * W3 = 0;$$

$$I43- B43 + Q44 + O44 + S44- I44 + B44- 39 * W1- 44 * W2- 48 * W3 = 0;$$

$$I53- B53 + Q54 + O54 + S54- I54 + B54- 28 * W1- 32 * W2- 35 * W3 = 0;$$

$$I63- B63 + Q64 + O64 + S64- I64 + B64- 28 * W1- 32 * W2- 35 * W3 = 0;$$

$$I14- B14 + Q15 + O15 + S15- I15 + B15- 35 * W1- 39 * W2- 42 * W3 = 0;$$

$$I24- B24 + Q25 + O25 + S25- I25 + B25- 27 * W1- 31 * W2- 34 * W3 = 0;$$

$$I34- B34 + Q35 + O35 + S35- I35 + B35- 52 * W1- 58 * W2- 63 * W3 = 0;$$

$$I44- B44 + Q45 + O45 + S45- I45 + B45- 36 * W1- 40 * W2- 44 * W3 = 0;$$

$$I54- B54 + Q55 + O55 + S55- I55 + B55- 24 * W1- 27 * W2- 29 * W3 = 0;$$

$$I64- B64 + Q65 + O65 + S65- I65 + B65- 24 * W1- 27 * W2- 29 * W3 = 0;$$

$$I15- B15 + Q16 + O16 + S16- I16 + B16- 32 * W1- 36 * W2- 39 * W3 = 0;$$

$$I25- B25 + Q26 + O26 + S26- I26 + B26- 26 * W1- 29 * W2- 31 * W3 = 0;$$

$$I35- B35 + Q36 + O36 + S36- I36 + B36- 51 * W1- 57 * W2- 62 * W3 = 0;$$

$$I45- B45 + Q46 + O46 + S46- I46 + B46- 33 * W1- 37 * W2- 40 * W3 = 0;$$

$$I55- B55 + Q56 + O56 + S56- I56 + B56- 22 * W1- 25 * W2- 27 * W3 = 0;$$

$$I65- B65 + Q66 + O66 + S66- I66 + B66- 22 * W1- 25 * W2- 27 * W3 = 0;$$

! IS GUCU SEVIYELERİ;

Eş. EK-02.3

$$H1- F1- 4.2 * Q11- 4.2 * O11- 4.2 * Q21- 4.2 * O21- 4.4 * Q31- 4.4 * O31- 4.4 * Q41- 4.4 * O41- 5.1 * Q51- 5.1 * O51- 5.1 * Q61- 5.1 * O61 = 0;$$

$$4.2 * Q11 + 4.2 * O11 + 4.2 * Q21 + 4.2 * O21 + 4.4 * Q31 + 4.4 * O31 + 4.4 * Q41 + 4.4 * O41 + 5.1 * Q51 + 5.1 * O51 + 5.1 * Q61 + 5.1 * O61 + H2- F2- 4.2 * Q12- 4.2 * O12- 4.2 * Q22- 4.2 * O22- 4.4 * Q32- 4.4 * O32- 4.4 * Q42- 4.4 * O42- 5.1 * Q52- 5.1 * O52- 5.1 * Q62- 5.1 * O62 = 0;$$

$$4.2 * Q12 + 4.2 * O12 + 4.2 * Q22 + 4.2 * O22 + 4.4 * Q32 + 4.4 * O32 + 4.4 * Q42 + 4.4 * O42 + 5.1 * Q52 + 5.1 * O52 + 5.1 * Q62 + 5.1 * O62 + H3- F3- 4.2 * Q13- 4.2 * O13-$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$4.2 * Q23 - 4.2 * O23 - 4.4 * Q33 - 4.4 * O33 - 4.4 * Q43 - 4.4 * O43 - 5.1 * Q53 - 5.1 * O53 - 5.1 * Q63 - 5.1 * O63 = 0;$$

$$4.2 * Q13 + 4.2 * O13 + 4.2 * Q23 + 4.2 * O23 + 4.4 * Q33 + 4.4 * O33 + 4.4 * Q43 + 4.4 * O43 + 5.1 * Q53 + 5.1 * O53 + 5.1 * Q63 + 5.1 * O63 + H4 - F4 - 4.2 * Q14 - 4.2 * O14 - 4.2 * Q24 - 4.2 * O24 - 4.4 * Q34 - 4.4 * O34 - 4.4 * Q44 - 4.4 * O44 - 5.1 * Q54 - 5.1 * O54 - 5.1 * Q64 - 5.1 * O64 = 0;$$

$$4.2 * Q14 + 4.2 * O14 + 4.2 * Q24 + 4.2 * O24 + 4.4 * Q34 + 4.4 * O34 + 4.4 * Q44 + 4.4 * O44 + 5.1 * Q54 + 5.1 * O54 + 5.1 * Q64 + 5.1 * O64 + H5 - F5 - 4.2 * Q15 - 4.2 * O15 - 4.2 * Q25 - 4.2 * O25 - 4.4 * Q35 - 4.4 * O35 - 4.4 * Q45 - 4.4 * O45 - 5.1 * Q55 - 5.1 * O55 - 5.1 * Q65 - 5.1 * O65 = 0;$$

$$4.2 * Q15 + 4.2 * O15 + 4.2 * Q25 + 4.2 * O25 + 4.4 * Q35 + 4.4 * O35 + 4.4 * Q45 + 4.4 * O45 + 5.1 * Q55 + 5.1 * O55 + 5.1 * Q65 + 5.1 * O65 + H6 - F6 - 4.2 * Q16 - 4.2 * O16 - 4.2 * Q26 - 4.2 * O26 - 4.4 * Q36 - 4.4 * O36 - 4.4 * Q46 - 4.4 * O46 - 5.1 * Q56 - 5.1 * O56 - 5.1 * Q66 - 5.1 * O66 = 0;$$

! IS GUCU KAPASİTELERİ;

Eş. EK-02.4

$$W1 = 0;$$

$$W2 = 1;$$

$$W3 = 0;$$

$$4.2 * Q11 + 4.2 * O11 + 4.2 * Q21 + 4.2 * O21 + 4.4 * Q31 + 4.4 * O31 + 4.4 * Q41 + 4.4 * O41 + 5.1 * Q51 + 5.1 * O51 + 5.1 * Q61 + 5.1 * O61 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 * W3 \leq 0;$$

$$4.2 * Q12 + 4.2 * O12 + 4.2 * Q22 + 4.2 * O22 + 4.4 * Q32 + 4.4 * O32 + 4.4 * Q42 + 4.4 * O42 + 5.1 * Q52 + 5.1 * O52 + 5.1 * Q62 + 5.1 * O62 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 * W3 \leq 0;$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$4.2 * Q13 + 4.2 * O13 + 4.2 * Q23 + 4.2 * O23 + 4.4 * Q33 + 4.4 * O33 + 4.4 * Q43 + 4.4 * O43 + 5.1 * Q53 + 5.1 * O53 + 5.1 * Q63 + 5.1 * O63 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 * W3 \leq 0;$$

$$4.2 * Q14 + 4.2 * O14 + 4.2 * Q24 + 4.2 * O24 + 4.4 * Q34 + 4.4 * O34 + 4.4 * Q44 + 4.4 * O44 + 5.1 * Q54 + 5.1 * O54 + 5.1 * Q64 + 5.1 * O64 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 * W3 \leq 0;$$

$$4.2 * Q15 + 4.2 * O15 + 4.2 * Q25 + 4.2 * O25 + 4.4 * Q35 + 4.4 * O35 + 4.4 * Q45 + 4.4 * O45 + 5.1 * Q55 + 5.1 * O55 + 5.1 * Q65 + 5.1 * O65 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 * W3 \leq 0;$$

$$4.2 * Q16 + 4.2 * O16 + 4.2 * Q26 + 4.2 * O26 + 4.4 * Q36 + 4.4 * O36 + 4.4 * Q46 + 4.4 * O46 + 5.1 * Q56 + 5.1 * O56 + 5.1 * Q66 + 5.1 * O66 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 * W3 \leq 0;$$

! MAKINE KAPASİTELERİ;

Eş. EK-02.5

$$W1 = 0;$$

$$W2 = 1;$$

$$W3 = 0;$$

$$2.1 * Q11 + 2.1 * O11 + 2.2 * Q21 + 2.2 * O21 + 2.6 * Q31 + 2.6 * O31 + 2.6 * Q41 + 2.6 * O41 + 3.9 * Q51 + 3.9 * O51 + 4 * Q61 + 4 * O61 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0;$$

$$2.4 * Q12 + 2.4 * O12 + 2.5 * Q22 + 2.5 * O22 + 2.8 * Q32 + 2.8 * O32 + 2.9 * Q42 + 2.9 * O42 + 4.2 * Q52 + 4.2 * O52 + 4.4 * Q62 + 4.4 * O62 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0;$$

$$2.1 * Q13 + 2.1 * O13 + 2.2 * Q23 + 2.2 * O23 + 2.6 * Q33 + 2.6 * O33 + 2.6 * Q43 + 2.6 * O43 + 3.9 * Q53 + 3.9 * O53 + 4 * Q63 + 4 * O63 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0;$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$2.1 * Q14 + 2.1 * O14 + 2.2 * Q24 + 2.2 * O24 + 2.6 * Q34 + 2.6 * O34 + 2.6 * Q44 + 2.6 * O44 + 3.9 * Q54 + 3.9 * O54 + 4 * Q64 + 4 * O64 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0;$$

$$2.1 * Q15 + 2.1 * O15 + 2.2 * Q25 + 2.2 * O25 + 2.6 * Q35 + 2.6 * O35 + 2.6 * Q45 + 2.6 * O45 + 3.9 * Q55 + 3.9 * O55 + 4 * Q65 + 4 * O65 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0;$$

$$2.1 * Q16 + 2.1 * O16 + 2.2 * Q26 + 2.2 * O26 + 2.6 * Q36 + 2.6 * O36 + 2.6 * Q46 + 2.6 * O46 + 3.9 * Q56 + 3.9 * O56 + 4 * Q66 + 4 * O66 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0;$$

! DEPOLAMA ALANI KISITI;

Eş. EK-02.6

$$3.1 * I12 + 3.4 * I22 + 4.4 * I32 + 4.7 * I42 + 5.9 * I52 + 6.1 * I62 \leq 1.50000;$$

$$3.1 * I13 + 3.4 * I23 + 4.4 * I33 + 4.7 * I43 + 5.9 * I53 + 6.1 * I63 \leq 1.50000;$$

$$3.1 * I14 + 3.4 * I24 + 4.4 * I34 + 4.7 * I44 + 5.9 * I54 + 6.1 * I64 \leq 1.50000;$$

$$3.1 * I15 + 3.4 * I25 + 4.4 * I35 + 4.7 * I45 + 5.9 * I55 + 6.1 * I65 \leq 1.50000;$$

$$3.1 * I16 + 3.4 * I26 + 4.4 * I36 + 4.7 * I46 + 5.9 * I56 + 6.1 * I66 \leq 1.50000;$$

! BUTCE KISITI;

Eş. EK-02.7

$$1671.55 * Q11 + 2089.44 * O11 + 2507.33 * S11 + 835.78 * I11 + 835.78 * B11 + \\ 1688.27 * Q12 + 2110.33 * O12 + 2532.40 * S12 + 844.13 * I12 + 844.13 * B12 + \\ 1705.15 * Q13 + 2131.44 * O13 + 2557.72 * S13 + 852.57 * I13 + 852.57 * B13 + \\ 1722.20 * Q14 + 2152.75 * O14 + 2583.30 * S14 + 861.10 * I14 + 861.10 * B14 + \\ 1739.42 * Q15 + 2174.28 * O15 + 2609.13 * S15 + 869.71 * I15 + 869.71 * B15 + \\ 1756.82 * Q16 + 2196.02 * O16 + 2635.22 * S16 + 878.41 * I16 + 878.41 * B16 +$$

$$1890.72 * Q21 + 2363.40 * O21 + 2836.08 * S21 + 945.36 * I21 + 945.36 * B21 + \\ 1909.63 * Q22 + 2387.03 * O22 + 2864.44 * S22 + 954.81 * I22 + 954.81 * B22 + \\ 1928.72 * Q23 + 2410.90 * O23 + 2893.09 * S23 + 964.36 * I23 + 964.36 * B23 + \\ 1948.01 * Q24 + 2435.01 * O24 + 2922.02 * S24 + 974.01 * I24 + 974.01 * B24 + \\ 1967.49 * Q25 + 2459.36 * O25 + 2951.24 * S25 + 983.75 * I25 + 983.75 * B25 + \\ 1987.17 * Q26 + 2483.96 * O26 + 2980.75 * S26 + 993.58 * I26 + 993.58 * B26 +$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

2626.00 *Q31 + 3282.50 *O31 + 3939.00 *S31 + 1313.00 *I31 + 1313.00 *B31 +
 2652.26 *Q32 + 3315.33 *O32 + 3978.39 *S32 + 1326.13 *I32 + 1326.13 *B32 +
 2678.78 *Q33 + 3348.48 *O33 + 4018.17 *S33 + 1339.39 *I33 + 1339.39 *B33 +
 2705.57 *Q34 + 3381.96 *O34 + 4058.36 *S34 + 1352.79 *I34 + 1352.79 *B34 +
 2732.63 *Q35 + 3415.78 *O35 + 4098.94 *S35 + 1366.31 *I35 + 1366.31 *B35 +
 2759.95 *Q36 + 3449.94 *O36 + 4139.93 *S36 + 1379.98 *I36 + 1379.98 *B36 +

2141.20 *Q41 + 2676.50 *O41 + 3211.80 *S41 + 1070.60 *I41 + 1070.60 *B41 +
 2162.61 *Q42 + 2703.27 *O42 + 3243.92 *S42 + 1081.31 *I42 + 1081.31 *B42 +
 2184.24 *Q43 + 2730.30 *O43 + 3276.36 *S43 + 1092.12 *I43 + 1092.12 *B43 +
 2206.08 *Q44 + 2757.60 *O44 + 3309.12 *S44 + 1103.04 *I44 + 1103.04 *B44 +
 2228.14 *Q45 + 2785.18 *O45 + 3342.21 *S45 + 1114.07 *I45 + 1114.07 *B45 +
 2250.42 *Q46 + 2813.03 *O46 + 3375.63 *S46 + 1125.21 *I46 + 1125.21 *B46 +

5667.11 *Q51 + 7084.90 *O51 + 8500.67 *S51 + 2833.56 *I51 + 2833.56 *B51 +
 5723.78 *Q52 + 7155.75 *O52 + 8585.67 *S52 + 2861.89 *I52 + 2861.89 *B52 +
 5781.02 *Q53 + 7227.30 *O53 + 8671.53 *S53 + 2890.51 *I53 + 2890.51 *B53 +
 5838.83 *Q54 + 7299.58 *O54 + 8758.24 *S54 + 2919.41 *I54 + 2919.41 *B54 +
 5897.22 *Q55 + 7372.57 *O55 + 8845.83 *S55 + 2948.61 *I55 + 2948.61 *B55 +
 5956.19 *Q56 + 7446.30 *O56 + 8934.28 *S56 + 2978.09 *I56 + 2978.09 *B56 +

5015.66 *Q61 + 6269.58 *O61 + 7523.49 *S61 + 2507.83 *I61 + 2507.83 *B61 +
 5065.82 *Q62 + 6332.27 *O62 + 7598.72 *S62 + 2532.91 *I62 + 2532.91 *B62 +
 5116.47 *Q63 + 6395.59 *O63 + 7674.71 *S63 + 2558.24 *I63 + 2558.24 *B63 +
 5167.64 *Q64 + 6459.55 *O64 + 7751.46 *S64 + 2583.82 *I64 + 2583.82 *B64 +
 5219.32 *Q65 + 6524.14 *O65 + 7828.97 *S65 + 2609.66 *I65 + 2609.66 *B65 +
 5271.51 *Q66 + 6589.39 *O66 + 7907.26 *S66 + 2635.75 *I66 + 2635.75 *B66 +

20.20 * H1 +

20.40 * H2 +

20.61 * H3 +

20.81 * H4 +

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$21.02 * H5 +$$

$$21.23 * H6 +$$

$$5.05 * F1 +$$

$$5.10 * F2 +$$

$$5.15 * F3 +$$

$$5.20 * F4 +$$

$$5.26 * F5 +$$

$$5.31 * F6 \leq 7000000.00;$$

Pozitiflik kısıtları aşağıda belirtilmiştir.

Eş. EK-02.8

$Q11 \geq 0;$	$O11 \geq 0;$	$S11 \geq 0;$	$B11 \geq 0;$	$I11 \geq 0;$
$Q12 \geq 0;$	$O12 \geq 0;$	$S12 \geq 0;$	$B12 \geq 0;$	$I12 \geq 0;$
$Q13 \geq 0;$	$O13 \geq 0;$	$S13 \geq 0;$	$B13 \geq 0;$	$I13 \geq 0;$
$Q14 \geq 0;$	$O14 \geq 0;$	$S14 \geq 0;$	$B14 \geq 0;$	$I14 \geq 0;$
$Q15 \geq 0;$	$O15 \geq 0;$	$S15 \geq 0;$	$B15 \geq 0;$	$I15 \geq 0;$
$Q16 \geq 0;$	$O16 \geq 0;$	$S16 \geq 0;$	$B16 \geq 0;$	$I16 \geq 0;$
$Q21 \geq 0;$	$O21 \geq 0;$	$S21 \geq 0;$	$B21 \geq 0;$	$I21 \geq 0;$
$Q22 \geq 0;$	$O22 \geq 0;$	$S22 \geq 0;$	$B22 \geq 0;$	$I22 \geq 0;$
$Q23 \geq 0;$	$O23 \geq 0;$	$S23 \geq 0;$	$B23 \geq 0;$	$I23 \geq 0;$
$Q24 \geq 0;$	$O24 \geq 0;$	$S24 \geq 0;$	$B24 \geq 0;$	$I24 \geq 0;$
$Q25 \geq 0;$	$O25 \geq 0;$	$S25 \geq 0;$	$B25 \geq 0;$	$I25 \geq 0;$
$Q26 \geq 0;$	$O26 \geq 0;$	$S26 \geq 0;$	$B26 \geq 0;$	$I26 \geq 0;$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

Q31>= 0;	O31>= 0;	S31>= 0;	B31>= 0;	I31>= 0;
Q32>= 0;	O32>= 0;	S32>= 0;	B32>= 0;	I32>= 0;
Q33>= 0;	O33>= 0;	S33>= 0;	B33>= 0;	I33>= 0;
Q34>= 0;	O34>= 0;	S34>= 0;	B34>= 0;	I34>= 0;
Q35>= 0;	O35>= 0;	S35>= 0;	B35>= 0;	I35>= 0;
Q36>= 0;	O36>= 0;	S36>= 0;	B36>= 0;	I36>= 0;
Q41>= 0;	O41>= 0;	S41>= 0;	B41>= 0;	I41>= 0;
Q42>= 0;	O42>= 0;	S42>= 0;	B42>= 0;	I42>= 0;
Q43>= 0;	O43>= 0;	S43>= 0;	B43>= 0;	I43>= 0;
Q44>= 0;	O44>= 0;	S44>= 0;	B44>= 0;	I44>= 0;
Q45>= 0;	O45>= 0;	S45>= 0;	B45>= 0;	I45>= 0;
Q46>= 0;	O46>= 0;	S46>= 0;	B46>= 0;	I46>= 0;
Q51>= 0;	O51>= 0;	S51>= 0;	B51>= 0;	I51>= 0;
Q52>= 0;	O52>= 0;	S52>= 0;	B52>= 0;	I52>= 0;
Q53>= 0;	O53>= 0;	S53>= 0;	B53>= 0;	I53>= 0;
Q54>= 0;	O54>= 0;	S54>= 0;	B54>= 0;	I54>= 0;
Q55>= 0;	O55>= 0;	S55>= 0;	B55>= 0;	I55>= 0;
Q56>= 0;	O56>= 0;	S56>= 0;	B56>= 0;	I56>= 0;
Q61>= 0;	O61>= 0;	S61>= 0;	B61>= 0;	I61>= 0;

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$Q62 \geq 0;$	$O62 \geq 0;$	$S62 \geq 0;$	$B62 \geq 0;$	$I62 \geq 0;$
$Q63 \geq 0;$	$O63 \geq 0;$	$S63 \geq 0;$	$B63 \geq 0;$	$I63 \geq 0;$
$Q64 \geq 0;$	$O64 \geq 0;$	$S64 \geq 0;$	$B64 \geq 0;$	$I64 \geq 0;$
$Q65 \geq 0;$	$O65 \geq 0;$	$S65 \geq 0;$	$B65 \geq 0;$	$I65 \geq 0;$
$Q66 \geq 0;$	$O66 \geq 0;$	$S66 \geq 0;$	$B66 \geq 0;$	$I66 \geq 0;$
			$B10 \geq 0;$	$I10 \geq 0;$
			$B20 \geq 0;$	$I20 \geq 0;$
			$B30 \geq 0;$	$I30 \geq 0;$
			$B40 \geq 0;$	$I40 \geq 0;$
			$B50 \geq 0;$	$I50 \geq 0;$
			$B60 \geq 0;$	$I60 \geq 0;$

Birinci dönemde geçmişten gelen stok miktarı ve yoksatma mevcut değildir. Eş. EK-02.9

$I_{10} = 0;$	$I_{20} = 0;$	$I_{30} = 0;$	$I_{40} = 0;$	$I_{50} = 0;$	$I_{60} = 0;$
$B_{10} = 0;$	$B_{20} = 0;$	$B_{30} = 0;$	$B_{40} = 0;$	$B_{50} = 0;$	$B_{60} = 0;$

Model tamsayılı olarak çözülmelidir. Eş. EK-02.10

@GIN (Q11) ;	@GIN (O11) ;	@GIN (S11) ;	@GIN (B11) ;	@GIN (I11) ;	@GIN (H1)
@GIN (Q12) ;	@GIN (O12) ;	@GIN (S12) ;	@GIN (B12) ;	@GIN (I12) ;	@GIN (H2)
@GIN (Q13) ;	@GIN (O13) ;	@GIN (S13) ;	@GIN (B13) ;	@GIN (I13) ;	@GIN (H3)
@GIN (Q14) ;	@GIN (O14) ;	@GIN (S14) ;	@GIN (B14) ;	@GIN (I14) ;	@GIN (H4)

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

@GIN (Q15); @GIN (O15); @GIN (S15); @GIN (B15); @GIN (I15); @GIN (H5)
 @GIN (Q16); @GIN (O16); @GIN (S16); @GIN (B16); @GIN (I16); @GIN (H6)
 @GIN (Q21); @GIN (O21); @GIN (S21); @GIN (B21); @GIN (I21);
 @GIN (Q22); @GIN (O22); @GIN (S22); @GIN (B22); @GIN (I22); @GIN (F1)
 @GIN (Q23); @GIN (O23); @GIN (S23); @GIN (B23); @GIN (I23); @GIN (F2)
 @GIN (Q24); @GIN (O24); @GIN (S24); @GIN (B24); @GIN (I24); @GIN (F3)
 @GIN (Q25); @GIN (O25); @GIN (S25); @GIN (B25); @GIN (I25); @GIN (F4)
 @GIN (Q26); @GIN (O26); @GIN (S26); @GIN (B26); @GIN (I26); @GIN (F5)
 @GIN (Q31); @GIN (O31); @GIN (S31); @GIN (B31); @GIN (I31); @GIN (F6)
 @GIN (Q32); @GIN (O32); @GIN (S32); @GIN (B32); @GIN (I32);
 @GIN (Q33); @GIN (O33); @GIN (S33); @GIN (B33); @GIN (I33);
 @GIN (Q34); @GIN (O34); @GIN (S34); @GIN (B34); @GIN (I34);
 @GIN (Q35); @GIN (O35); @GIN (S35); @GIN (B35); @GIN (I35);
 @GIN (Q36); @GIN (O36); @GIN (S36); @GIN (B36); @GIN (I36);
 @GIN (Q41); @GIN (O41); @GIN (S41); @GIN (B41); @GIN (I41);
 @GIN (Q42); @GIN (O42); @GIN (S42); @GIN (B42); @GIN (I42);
 @GIN (Q43); @GIN (O43); @GIN (S43); @GIN (B43); @GIN (I43);
 @GIN (Q44); @GIN (O44); @GIN (S44); @GIN (B44); @GIN (I44);
 @GIN (Q45); @GIN (O45); @GIN (S45); @GIN (B45); @GIN (I45);

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

@GIN (Q46); @GIN (O46); @GIN (S46); @GIN (B46); @GIN (I46);
 @GIN (Q51); @GIN (O51); @GIN (S51); @GIN (B51); @GIN (I51);
 @GIN (Q52); @GIN (O52); @GIN (S52); @GIN (B52); @GIN (I52);
 @GIN (Q53); @GIN (O53); @GIN (S53); @GIN (B53); @GIN (I53);
 @GIN (Q54); @GIN (O54); @GIN (S54); @GIN (B54); @GIN (I54);
 @GIN (Q55); @GIN (O55); @GIN (S55); @GIN (B55); @GIN (I55);
 @GIN (Q56); @GIN (O56); @GIN (S56); @GIN (B56); @GIN (I56);
 @GIN (Q61); @GIN (O61); @GIN (S61); @GIN (B61); @GIN (I61);
 @GIN (Q62); @GIN (O62); @GIN (S62); @GIN (B62); @GIN (I62);
 @GIN (Q63); @GIN (O63); @GIN (S63); @GIN (B63); @GIN (I63);
 @GIN (Q64); @GIN (O64); @GIN (S64); @GIN (B64); @GIN (I64);
 @GIN (Q65); @GIN (O65); @GIN (S65); @GIN (B65); @GIN (I65);
 @GIN (Q66); @GIN (O66); @GIN (S66); @GIN (B66); @GIN (I66);
 @GIN (B10); @GIN (I10);
 @GIN (B20); @GIN (I20);
 @GIN (B30); @GIN (I30);
 @GIN (B40); @GIN (I40);
 @GIN (B50); @GIN (I50);
 @GIN (B60); @GIN (I60);

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

Piecewise doğrusal üyelik fonksiyonlarını oluşturmak için, başlangıç çözümü verileri amaç fonksiyonlarında (Z_1, Z_2, Z_3) yerlerine konur.

$Z_1 =$

Eş. EK-02.11

$$\begin{aligned}
& 1.671,55 * 0,00 + 2.089,44 * 0,00 + 2.507,33 * 35,00 + 835,78 * 0,00 + 835,78 * 0,00 + \\
& 1.688,27 * 0,00 + 2.110,33 * 0,00 + 2.532,40 * 37,00 + 844,13 * 0,00 + 844,13 * 0,00 + \\
& 1.705,15 * 0,00 + 2.131,44 * 0,00 + 2.557,72 * 43,00 + 852,57 * 0,00 + 852,57 * 0,00 + \\
& 1.722,20 * 0,00 + 2.152,75 * 0,00 + 2.583,30 * 0,00 + 861,10 * 0,00 + 861,10 * 41,00 + \\
& 1.739,42 * 0,00 + 2.174,28 * 0,00 + 2.609,13 * 0,00 + 869,71 * 0,00 + 869,71 * 80,00 + \\
& 1.756,82 * 0,00 + 2.196,02 * 0,00 + 2.635,22 * 0,00 + 878,41 * 0,00 + 878,41 * 116,00 + \\
\\
& 1.890,72 * 25,00 + 2.363,40 * 0,00 + 2.836,08 * 5,00 + 945,36 * 0,00 + 945,36 * 0,00 + \\
& 1.909,63 * 28,00 + 2.387,03 * 0,00 + 2.864,44 * 4,00 + 954,81 * 0,00 + 954,81 * 0,00 + \\
& 1.928,72 * 32,00 + 2.410,90 * 0,00 + 2.893,09 * 4,00 + 964,36 * 0,00 + 964,36 * 0,00 + \\
& 1.948,01 * 32,00 + 2.435,01 * 0,00 + 2.922,02 * 0,00 + 974,01 * 0,00 + 974,01 * 2,00 + \\
& 1.967,49 * 0,00 + 2.459,36 * 0,00 + 2.951,24 * 0,00 + 983,75 * 0,00 + 983,75 * 33,00 + \\
& 1.987,17 * 0,00 + 2.483,96 * 0,00 + 2.980,75 * 0,00 + 993,58 * 0,00 + 993,58 * 62,00 + \\
\\
& 2.626,00 * 48,00 + 3.282,50 * 0,00 + 3.939,00 * 0,00 + 1.313,00 * 0,00 + 1.313,00 * 0,00 + \\
& 2.652,26 * 54,00 + 3.315,33 * 0,00 + 3.978,39 * 0,00 + 1.326,13 * 0,00 + 1.326,13 * 0,00 + \\
& 2.678,78 * 64,00 + 3.348,48 * 0,00 + 4.018,17 * 0,00 + 1.339,39 * 0,00 + 1.339,39 * 0,00 + \\
& 2.705,57 * 62,00 + 3.381,96 * 0,00 + 4.058,36 * 0,00 + 1.352,79 * 0,00 + 1.352,79 * 0,00 + \\
& 2.732,63 * 0,00 + 3.415,78 * 0,00 + 4.098,94 * 0,00 + 1.366,31 * 0,00 + 1.366,31 * 58,00 + \\
& 2.759,95 * 0,00 + 3.449,94 * 0,00 + 4.139,93 * 0,00 + 1.379,98 * 0,00 + 1.379,98 * 115,00 + \\
\\
& 2.141,20 * 41,00 + 2.676,50 * 0,00 + 3.211,80 * 0,00 + 1.070,60 * 0,00 + 1.070,60 * 0,00 + \\
& 2.162,61 * 7,00 + 2.703,27 * 0,00 + 3.243,92 * 40,00 + 1.081,31 * 0,00 + 1.081,31 * 0,00 + \\
& 2.184,24 * 1,00 + 2.730,30 * 0,00 + 3.276,36 * 48,00 + 1.092,12 * 0,00 + 1.092,12 * 0,00 + \\
& 2.206,08 * 6,00 + 2.757,60 * 0,00 + 3.309,12 * 0,00 + 1.103,04 * 0,00 + 1.103,04 * 38,00 + \\
& 2.228,14 * 0,00 + 2.785,18 * 0,00 + 3.342,21 * 0,00 + 1.114,07 * 0,00 + 1.114,07 * 78,00 + \\
& 2.250,42 * 0,00 + 2.813,03 * 0,00 + 3.375,63 * 0,00 + 1.125,21 * 0,00 + 1.125,21 * 115,00 + \\
\\
& 5.667,11 * 27,00 + 7.084,90 * 0,00 + 8.500,67 * 0,00 + 2.833,56 * 0,00 + 2.833,56 * 0,00 +
\end{aligned}$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$\begin{aligned}
& 5.723,78 * 31,00 + 7.155,75 * 0,00 + 8.585,67 * 0,00 + 2.861,89 * 0,00 + 2.861,89 * 0,00 + \\
& 5.781,02 * 35,00 + 7.227,30 * 0,00 + 8.671,53 * 0,00 + 2.890,51 * 0,00 + 2.890,51 * 0,00 + \\
& 5.838,83 * 32,00 + 7.299,58 * 0,00 + 8.758,24 * 0,00 + 2.919,41 * 0,00 + 2.919,41 * 0,00 + \\
& 5.897,22 * 0,00 + 7.372,57 * 0,00 + 8.845,83 * 0,00 + 2.948,61 * 0,00 + 2.948,61 * 27,00 + \\
& 5.956,19 * 0,00 + 7.446,30 * 0,00 + 8.934,28 * 0,00 + 2.978,09 * 0,00 + 2.978,09 * 52,00 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 5.015,66 * 27,00 + 6.269,58 * 0,00 + 7.523,49 * 0,00 + 2.507,83 * 0,00 + 2.507,83 * 0,00 + \\
& 5.065,82 * 29,00 + 6.332,27 * 0,00 + 7.598,72 * 1,00 + 2.532,91 * 0,00 + 2.532,91 * 0,00 + \\
& 5.116,47 * 31,00 + 6.395,59 * 0,00 + 7.674,71 * 1,00 + 2.558,24 * 0,00 + 2.558,24 * 0,00 + \\
& 5.167,64 * 32,00 + 6.459,55 * 0,00 + 7.751,46 * 0,00 + 2.583,82 * 0,00 + 2.583,82 * 0,00 + \\
& 5.219,32 * 0,00 + 6.524,14 * 0,00 + 7.828,97 * 0,00 + 2.609,66 * 0,00 + 2.609,66 * 27,00 + \\
& 5.271,51 * 0,00 + 6.589,39 * 0,00 + 7.907,26 * 0,00 + 2.635,75 * 0,00 + 2.635,75 * 52,00 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 20,20 * 772,00 + \\
& 20,40 * 0,00 + \\
& 20,61 * 65,00 + \\
& 20,81 * 3,00 + \\
& 21,02 * 0,00 + \\
& 21,23 * 0,00 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 5,05 * 0,00 + \\
& 5,10 * 80,00 + \\
& 5,15 * 0,00 + \\
& 5,20 * 0,00 + \\
& 5,26 * 760,00 + \\
& 5,31 * 0,00 = 4\,170\,814.63 \text{ TL olarak bulunur.}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 = & 167,16 * 0,00 + 208,94 * 0,00 + 250,73 * 35,00 + 83,58 * 0,00 + 83,58 * 0,00 + \\
& 168,83 * 0,00 + 211,03 * 0,00 + 253,24 * 37,00 + 84,41 * 0,00 + 84,41 * 0,00 + \\
& 170,51 * 0,00 + 213,14 * 0,00 + 255,77 * 43,00 + 85,26 * 0,00 + 85,26 * 0,00 + \\
& 172,22 * 0,00 + 215,27 * 0,00 + 258,33 * 0,00 + 86,11 * 0,00 + 86,11 * 41,00 + \\
& 173,94 * 0,00 + 217,42 * 0,00 + 260,91 * 0,00 + 86,97 * 0,00 + 86,97 * 80,00 + \\
& 175,68 * 0,00 + 219,60 * 0,00 + 263,52 * 0,00 + 87,84 * 0,00 + 87,84 * 116,00 +
\end{aligned}$$

Eş. EK-02.12

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$189,07*25,00+236,34*0,00+283,61*5,00+94,54*0,00+94,54*0,00+$
 $190,96*28,00+238,70*0,00+286,44*4,00+95,48*0,00+95,48*0,00+$
 $192,87*32,00+241,09*0,00+289,31*4,00+96,44*0,00+96,44*0,00+$
 $194,80*32,00+243,50*0,00+292,20*0,00+97,40*0,00+97,40*2,00+$
 $196,75*0,00+245,94*0,00+295,12*0,00+98,37*0,00+98,37*33,00+$
 $198,72*0,00+248,40*0,00+298,07*0,00+99,36*0,00+99,36*62,00+$

$262,60*48,00+328,25*0,00+393,90*0,00+131,30*0,00+131,30*0,00+$
 $265,23*54,00+331,53*0,00+397,84*0,00+132,61*0,00+132,61*0,00+$
 $267,88*64,00+334,85*0,00+401,82*0,00+133,94*0,00+133,94*0,00+$
 $270,56*62,00+338,20*0,00+405,84*0,00+135,28*0,00+135,28*0,00+$
 $273,26*0,00+341,58*0,00+409,89*0,00+136,63*0,00+136,63*58,00+$
 $276,00*0,00+344,99*0,00+413,99*0,00+138,00*0,00+138,00*115,00+$

$214,12*41,00+267,65*0,00+321,18*0,00+107,06*0,00+107,06*0,00+$
 $216,26*7,00+270,33*0,00+324,39*40,00+108,13*0,00+108,13*0,00+$
 $218,42*1,00+273,03*0,00+327,64*48,00+109,21*0,00+109,21*0,00+$
 $220,61*6,00+275,76*0,00+330,91*0,00+110,30*0,00+110,30*38,00+$
 $222,81*0,00+278,52*0,00+334,22*0,00+111,41*0,00+111,41*78,00+$
 $225,04*0,00+281,30*0,00+337,56*0,00+112,52*0,00+112,52*115,00+$

$566,71*27,00+709,39*0,00+850,07*0,00+283,36*0,00+283,36*0,00+$
 $572,38*31,00+716,49*0,00+858,57*0,00+286,19*0,00+286,19*0,00+$
 $578,10*35,00+723,65*0,00+867,15*0,00+289,05*0,00+289,05*0,00+$
 $583,88*32,00+730,89*0,00+875,82*0,00+291,94*0,00+291,94*0,00+$
 $589,72*0,00+738,20*0,00+884,58*0,00+294,86*0,00+294,86*27,00+$
 $595,62*0,00+745,58*0,00+893,43*0,00+297,81*0,00+297,81*52,00+$

$501,57*27,00+626,96*0,00+752,35*0,00+250,78*0,00+250,78*0,00+$
 $506,58*29,00+633,23*0,00+759,87*1,00+253,29*0,00+253,29*0,00+$
 $511,65*31,00+639,56*0,00+767,47*1,00+255,82*0,00+255,82*0,00+$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$516,76 * 32,00 + 645,95 * 0,00 + 775,15 * 0,00 + 258,38 * 0,00 + 258,38 * 0,00 + \\ 521,93 * 0,00 + 652,41 * 0,00 + 782,90 * 0,00 + 260,97 * 0,00 + 260,97 * 27,00 + \\ 527,15 * 0,00 + 658,94 * 0,00 + 790,73 * 0,00 + 263,58 * 0,00 + 263,58 * 52,00 +$$

$$4,04 * 772,00 + \\ 4,08 * 0,00 + \\ 4,12 * 65,00 + \\ 4,16 * 3,00 + \\ 4,20 * 0,00 + \\ 4,25 * 0,00 +$$

$$1,01 * 0,00 + \\ 1,02 * 80,00 + \\ 1,03 * 0,00 + \\ 1,04 * 0,00 + \\ 1,05 * 760,00 + \\ 1,06 * 0,00 = 419 221,22 \text{ TL olarak bulunur.}$$

Eş. EK-02.13

 $Z_3 =$

$$334,31 * 0,00 + 417,89 * 0,00 + 501,47 * 0,00 + 83,58 * Q26 + 83,58 * 1.149,19 + \\ 337,65 * 0,00 + 422,07 * 0,00 + 506,48 * 0,00 + 84,41 * O26 + 84,41 * 1.379,03 + \\ 341,03 * 0,00 + 426,29 * 0,00 + 511,54 * 0,00 + 85,26 * S26 + 85,26 * 417,89 + \\ 344,44 * 0,00 + 430,55 * 0,00 + 516,66 * 0,00 + 86,11 * I26 + 86,11 * 417,89 + \\ 347,88 * 0,00 + 434,86 * 0,00 + 521,83 * 0,00 + 86,97 * B26 + 86,97 * 928,55 + \\ 351,36 * 0,00 + 439,20 * 0,00 + 527,04 * 0,00 + 87,84 * Q31 + 87,84 * 1.160,69 +$$

$$378,14 * 25,00 + 472,68 * 0,00 + 567,22 * 0,00 + 94,54 * S31 + 94,54 * 422,07 + \\ 381,93 * 28,00 + 477,41 * 0,00 + 572,89 * 0,00 + 95,48 * I31 + 95,48 * 422,07 + \\ 385,74 * 32,00 + 482,18 * 0,00 + 578,62 * 0,00 + 96,44 * B31 + 96,44 * 937,83 + \\ 389,60 * 32,00 + 487,00 * 0,00 + 584,40 * 0,00 + 97,40 * Q32 + 97,40 * 1.172,29 + \\ 393,50 * 0,00 + 491,87 * 0,00 + 590,25 * 0,00 + 98,37 * O32 + 98,37 * 1.406,75 + \\ 397,43 * 0,00 + 496,79 * 0,00 + 596,15 * 0,00 + 99,36 * S32 + 99,36 * 426,29 +$$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$525,20 * 48,00 + 656,50 * 0,00 + 787,80 * 0,00 + 131,30 * B32 + 131,30 * 947,21 +$
 $530,45 * 54,00 + 663,07 * 0,00 + 795,68 * 0,00 + 132,61 * Q33 + 132,61 * 1.184,01 +$
 $535,76 * 64,00 + 669,70 * 0,00 + 803,63 * 0,00 + 133,94 * O33 + 133,94 * 1.420,81 +$
 $541,11 * 62,00 + 676,39 * 0,00 + 811,67 * 0,00 + 135,28 * S33 + 135,28 * 430,55 +$
 $546,53 * 0,00 + 683,16 * 0,00 + 819,79 * 0,00 + 136,63 * I33 + 136,63 * 430,55 +$
 $551,99 * 0,00 + 689,99 * 0,00 + 827,99 * 0,00 + 138,00 * B33 + 138,00 * 956,68 +$

$428,24 * 41,00 + 535,30 * 0,00 + 642,36 * 0,00 + 107,06 * O34 + 107,06 * 1.435,02 +$
 $432,52 * 7,00 + 540,65 * 0,00 + 648,78 * 0,00 + 108,13 * S34 + 108,13 * 434,86 +$
 $436,85 * 1,00 + 546,06 * 0,00 + 655,27 * 0,00 + 109,21 * I34 + 109,21 * 434,86 +$
 $441,22 * 6,00 + 551,52 * 0,00 + 661,82 * 0,00 + 110,30 * B34 + 110,30 * 966,25 +$
 $445,63 * 0,00 + 557,04 * 0,00 + 668,44 * 0,00 + 111,41 * Q35 + 111,41 * 1.207,81 +$
 $450,08 * 0,00 + 562,61 * 0,00 + 675,13 * 0,00 + 112,52 * O35 + 112,52 * 1.449,37 +$

$1.133,42 * 27,00 + 1.415,77 * 0,00 + 1.700,13 * 0,00 + 283,36 * I35 + 283,36 * 439,20 +$
 $1.144,76 * 31,00 + 1.429,93 * 0,00 + 1.717,13 * 0,00 + 286,19 * B35 + 286,19 * 1.039,90 +$
 $1.156,20 * 35,00 + 1.444,22 * 0,00 + 1.734,31 * 0,00 + 289,05 * Q36 + 289,05 * 1.299,87 +$
 $1.167,77 * 32,00 + 1.458,67 * 0,00 + 1.751,65 * 0,00 + 291,94 * O36 + 291,94 * 1.559,84 +$
 $1.179,44 * 0,00 + 1.473,25 * 0,00 + 1.769,17 * 0,00 + 294,86 * S36 + 294,86 * 472,68 +$
 $1.191,24 * 0,00 + 1.487,99 * 0,00 + 1.786,86 * 0,00 + 297,81 * I36 + 297,81 * 472,68 +$
 $1.003,13 * 27,00 + 1.253,92 * 0,00 + 1.504,70 * 0,00 + 250,78 * Q41 + 250,78 * 1.312,87 +$
 $1.013,16 * 29,00 + 1.266,45 * 0,00 + 1.519,74 * 0,00 + 253,29 * O41 + 253,29 * 1.575,44 +$
 $1.023,29 * 31,00 + 1.279,12 * 0,00 + 1.534,94 * 0,00 + 255,82 * S41 + 255,82 * 477,41 +$
 $1.033,53 * 32,00 + 1.291,91 * 0,00 + 1.550,29 * 0,00 + 258,38 * I41 + 258,38 * 477,41 +$
 $1.043,86 * 0,00 + 1.304,83 * 0,00 + 1.565,79 * 0,00 + 260,97 * B41 + 260,97 * 1.060,80 +$
 $1.054,30 * 0,00 + 1.317,88 * 0,00 + 1.581,45 * 0,00 + 263,58 * Q42 + 263,58 * 1.326,00 +$

$2,02 * 772,00 +$

$2,04 * 0,00 +$

$2,06 * 65,00 +$

$2,08 * 3,00 +$

EK-2. (devam) Başlangıç çizelgeleri

$$2,10 * 0,00 +$$

$$2,12 * 0,00 +$$

$$1,01 * 0,00 +$$

$$1,02 * 80,00 +$$

$$1,03 * 0,00 +$$

$$1,04 * 0,00 +$$

$$1,05 * 760,00 +$$

$$1,06 * 0,00 = 707\ 140,52 \text{ TL olarak hesaplanır.}$$

EK-3. Bulanık üretim modeli lingo yazımı

MAX = L ;

Eş. EK-03.01

! SUBJECT TO (! işareti ile başlayan satırlar LINGO tarafından ihmal edilmektedir);

L <= -0.00000051 * D11_N + 0.00000051 * D11_P +
 0.00000029 * D12_N - 0.00000029 * D12_P +
 -0.00000055 * D13_N + 0.00000055 * D13_P +

Eş. EK-03.02

-0.0044013 * Q11 -0.0055016 * O11 -0.0066020 * S11 -0.0022007 * I11 -0.0022007 * B11 +
 -0.0044453 * Q12 -0.0055567 * O12 -0.0066680 * S12 -0.0022227 * I12 -0.0022227 * B12 +
 -0.0044898 * Q13 -0.0056122 * O13 -0.0067347 * S13 -0.0022449 * I13 -0.0022449 * B13 +
 -0.0045347 * Q14 -0.0056683 * O14 -0.0068020 * S14 -0.0022673 * I14 -0.0022673 * B14 +
 -0.0045800 * Q15 -0.0057250 * O15 -0.0068700 * S15 -0.0022900 * I15 -0.0022900 * B15 +
 -0.0046258 * Q16 -0.0057823 * O16 -0.0069387 * S16 -0.0023129 * I16 -0.0023129 * B16 +

-0.0049784 * Q21 -0.0062230 * O21 -0.0074676 * S21 -0.0024892 * I21 -0.0024892 * B21 +
 -0.0050282 * Q22 -0.0062852 * O22 -0.0075423 * S22 -0.0025141 * I22 -0.0025141 * B22 +
 -0.0050785 * Q23 -0.0063481 * O23 -0.0076177 * S23 -0.0025392 * I23 -0.0025392 * B23 +
 -0.0051292 * Q24 -0.0064116 * O24 -0.0076939 * S24 -0.0025646 * I24 -0.0025646 * B24 +
 -0.0051805 * Q25 -0.0064757 * O25 -0.0077708 * S25 -0.0025903 * I25 -0.0025903 * B25 +
 -0.0052323 * Q26 -0.0065404 * O26 -0.0078485 * S26 -0.0026162 * I26 -0.0026162 * B26 +

-0.0069144 * Q31 -0.0086431 * O31 -0.0103717 * S31 -0.0034572 * I31 -0.0034572 * B31 +
 -0.0069836 * Q32 -0.0087295 * O32 -0.0104754 * S32 -0.0034918 * I32 -0.0034918 * B32 +
 -0.0070534 * Q33 -0.0088168 * O33 -0.0105801 * S33 -0.0035267 * I33 -0.0035267 * B33 +
 -0.0071240 * Q34 -0.0089049 * O34 -0.0106859 * S34 -0.0035620 * I34 -0.0035620 * B34 +
 -0.0071952 * Q35 -0.0089940 * O35 -0.0107928 * S35 -0.0035976 * I35 -0.0035976 * B35 +
 -0.0072671 * Q36 -0.0090839 * O36 -0.0109007 * S36 -0.0036336 * I36 -0.0036336 * B36 +

-0.0056379 * Q41 -0.0070474 * O41 -0.0084569 * S41 -0.0028190 * I41 -0.0028190 * B41 +
 -0.0056943 * Q42 -0.0071179 * O42 -0.0085415 * S42 -0.0028472 * I42 -0.0028472 * B42 +
 -0.0057513 * Q43 -0.0071891 * O43 -0.0086269 * S43 -0.0028756 * I43 -0.0028756 * B43 +
 -0.0058088 * Q44 -0.0072610 * O44 -0.0087131 * S44 -0.0029044 * I44 -0.0029044 * B44 +
 -0.0058669 * Q45 -0.0073336 * O45 -0.0088003 * S45 -0.0029334 * I45 -0.0029334 * B45 +
 -0.0059255 * Q46 -0.0074069 * O46 -0.0088883 * S46 -0.0029628 * I46 -0.0029628 * B46 +

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

-0.0149219 * Q51 -0.0186550 * O51 -0.0223828 * S51 -0.0074609 * I51 -0.0074609 * B51 +
 -0.0150711 * Q52 -0.0188416 * O52 -0.0226067 * S52 -0.0075356 * I52 -0.0075356 * B52 +
 -0.0152218 * Q53 -0.0190300 * O53 -0.0228327 * S53 -0.0076109 * I53 -0.0076109 * B53 +
 -0.0153740 * Q54 -0.0192203 * O54 -0.0230611 * S54 -0.0076870 * I54 -0.0076870 * B54 +
 -0.0155278 * Q55 -0.0194125 * O55 -0.0232917 * S55 -0.0077639 * I55 -0.0077639 * B55 +
 -0.0156831 * Q56 -0.0196066 * O56 -0.0235246 * S56 -0.0078415 * I56 -0.0078415 * B56 +

-0.0132066 * Q61 -0.0165082 * O61 -0.0198099 * S61 -0.0066033 * I61 -0.0066033 * B61 +
 -0.0133386 * Q62 -0.0166733 * O62 -0.0200080 * S62 -0.0066693 * I62 -0.0066693 * B62 +
 -0.0134720 * Q63 -0.0168400 * O63 -0.0202081 * S63 -0.0067360 * I63 -0.0067360 * B63 +
 -0.0136068 * Q64 -0.0170084 * O64 -0.0204101 * S64 -0.0068034 * I64 -0.0068034 * B64 +
 -0.0137428 * Q65 -0.0171785 * O65 -0.0206142 * S65 -0.0068714 * I65 -0.0068714 * B65 +
 -0.0138802 * Q66 -0.0173503 * O66 -0.0208204 * S66 -0.0069401 * I66 -0.0069401 * B66 +

-0.0000532 * H1 +
 -0.0000537 * H2 +
 -0.0000543 * H3 +
 -0.0000548 * H4 +
 -0.0000553 * H5 +
 -0.0000559 * H6 +

-0.0000133 * F1 +
 -0.0000134 * F2 +
 -0.0000136 * F3 +
 -0.0000137 * F4 +
 -0.0000138 * F5 +
 -0.0000140 * F6 +

5.5364706;

L <= 0.0000005 * D21_N -0.0000005 * D21_P +
 -0.0000016 * D22_N +0.0000016 * D22_P +
 0.0000029 * D23_N -0.0000029 * D23_P +

Eş. EK-03.03

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

0.0007969 * Q11 + 0.0009961 * O11 + 0.0011953 * S11 + 0.0003984 * I11 + 0.0003984 * B11 +
 0.0008048 * Q12 + 0.0010060 * O12 + 0.0012073 * S12 + 0.0004024 * I12 + 0.0004024 * B12 +
 0.0008129 * Q13 + 0.0010161 * O13 + 0.0012193 * S13 + 0.0004064 * I13 + 0.0004064 * B13 +
 0.0008210 * Q14 + 0.0010263 * O14 + 0.0012315 * S14 + 0.0004105 * I14 + 0.0004105 * B14 +
 0.0008292 * Q15 + 0.0010365 * O15 + 0.0012439 * S15 + 0.0004146 * I15 + 0.0004146 * B15 +
 0.0008375 * Q16 + 0.0010469 * O16 + 0.0012563 * S16 + 0.0004188 * I16 + 0.0004188 * B16 +

0.0009014 * Q21 + 0.0011267 * O21 + 0.0013520 * S21 + 0.0004507 * I21 + 0.0004507 * B21 +
 0.0009104 * Q22 + 0.0011380 * O22 + 0.0013656 * S22 + 0.0004552 * I22 + 0.0004552 * B22 +
 0.0009195 * Q23 + 0.0011493 * O23 + 0.0013792 * S23 + 0.0004597 * I23 + 0.0004597 * B23 +
 0.0009287 * Q24 + 0.0011608 * O24 + 0.0013930 * S24 + 0.0004643 * I24 + 0.0004643 * B24 +
 0.0009380 * Q25 + 0.0011725 * O25 + 0.0014069 * S25 + 0.0004690 * I25 + 0.0004690 * B25 +
 0.0009473 * Q26 + 0.0011842 * O26 + 0.0014210 * S26 + 0.0004737 * I26 + 0.0004737 * B26 +

0.0012519 * Q31 + 0.0015649 * O31 + 0.0018778 * S31 + 0.0006259 * I31 + 0.0006259 * B31 +
 0.0012644 * Q32 + 0.0015805 * O32 + 0.0018966 * S32 + 0.0006322 * I32 + 0.0006322 * B32 +
 0.0012771 * Q33 + 0.0015963 * O33 + 0.0019156 * S33 + 0.0006385 * I33 + 0.0006385 * B33 +
 0.0012898 * Q34 + 0.0016123 * O34 + 0.0019347 * S34 + 0.0006449 * I34 + 0.0006449 * B34 +
 0.0013027 * Q35 + 0.0016284 * O35 + 0.0019541 * S35 + 0.0006514 * I35 + 0.0006514 * B35 +
 0.0013158 * Q36 + 0.0016447 * O36 + 0.0019736 * S36 + 0.0006579 * I36 + 0.0006579 * B36 +

0.0010208 * Q41 + 0.0012760 * O41 + 0.0015312 * S41 + 0.0005104 * I41 + 0.0005104 * B41 +
 0.0010310 * Q42 + 0.0012887 * O42 + 0.0015465 * S42 + 0.0005155 * I42 + 0.0005155 * B42 +
 0.0010413 * Q43 + 0.0013016 * O43 + 0.0015619 * S43 + 0.0005206 * I43 + 0.0005206 * B43 +
 0.0010517 * Q44 + 0.0013146 * O44 + 0.0015776 * S44 + 0.0005259 * I44 + 0.0005259 * B44 +
 0.0010622 * Q45 + 0.0013278 * O45 + 0.0015933 * S45 + 0.0005311 * I45 + 0.0005311 * B45 +
 0.0010728 * Q46 + 0.0013411 * O46 + 0.0016093 * S46 + 0.0005364 * I46 + 0.0005364 * B46 +

0.0027017 * Q51 + 0.0033819 * O51 + 0.0040525 * S51 + 0.0013508 * I51 + 0.0013508 * B51 +
 0.0027287 * Q52 + 0.0034157 * O52 + 0.0040930 * S52 + 0.0013643 * I52 + 0.0013643 * B52 +
 0.0027560 * Q53 + 0.0034499 * O53 + 0.0041340 * S53 + 0.0013780 * I53 + 0.0013780 * B53 +
 0.0027835 * Q54 + 0.0034844 * O54 + 0.0041753 * S54 + 0.0013918 * I54 + 0.0013918 * B54 +
 0.0028114 * Q55 + 0.0035192 * O55 + 0.0042171 * S55 + 0.0014057 * I55 + 0.0014057 * B55 +
 0.0028395 * Q56 + 0.0035544 * O56 + 0.0042592 * S56 + 0.0014197 * I56 + 0.0014197 * B56 +

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$$\begin{aligned}
&0.0023911 * Q61 + 0.0029889 * O61 + 0.0035867 * S61 + 0.0011956 * I61 + 0.0011956 * B61 + \\
&0.0024150 * Q62 + 0.0030188 * O62 + 0.0036225 * S62 + 0.0012075 * I62 + 0.0012075 * B62 + \\
&0.0024392 * Q63 + 0.0030490 * O63 + 0.0036588 * S63 + 0.0012196 * I63 + 0.0012196 * B63 + \\
&0.0024636 * Q64 + 0.0030795 * O64 + 0.0036953 * S64 + 0.0012318 * I64 + 0.0012318 * B64 + \\
&0.0024882 * Q65 + 0.0031103 * O65 + 0.0037323 * S65 + 0.0012441 * I65 + 0.0012441 * B65 + \\
&0.0025131 * Q66 + 0.0031414 * O66 + 0.0037696 * S66 + 0.0012565 * I66 + 0.0012565 * B66 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0.0000193 * H1 + \\
&0.0000195 * H2 + \\
&0.0000196 * H3 + \\
&0.0000198 * H4 + \\
&0.0000200 * H5 + \\
&0.0000202 * H6 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0.0000048 * F1 + \\
&0.0000049 * F2 + \\
&0.0000049 * F3 + \\
&0.0000050 * F4 + \\
&0.0000050 * F5 + \\
&0.0000051 * F6 + \\
&-2.0683333;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L \leq &-0.000000552 * D31_N + 0.000000552 * D31_P + \\
&0.0000049 * D32_N - 0.0000049 * D32_P + \\
&-0.0000058 * D33_N + 0.0000058 * D33_P +
\end{aligned}$$

Eş. EK-03.04

$$\begin{aligned}
&-0.0024596 * Q11 - 0.0030746 * O11 - 0.0036895 * S11 - 0.0006149 * I11 - 0.0006149 * B11 + \\
&-0.0024842 * Q12 - 0.0031053 * O12 - 0.0037264 * S12 - 0.0006211 * I12 - 0.0006211 * B12 + \\
&-0.0025091 * Q13 - 0.0031364 * O13 - 0.0037636 * S13 - 0.0006273 * I13 - 0.0006273 * B13 + \\
&-0.0025342 * Q14 - 0.0031677 * O14 - 0.0038013 * S14 - 0.0006335 * I14 - 0.0006335 * B14 + \\
&-0.0025595 * Q15 - 0.0031994 * O15 - 0.0038393 * S15 - 0.0006399 * I15 - 0.0006399 * B15 + \\
&-0.0025851 * Q16 - 0.0032314 * O16 - 0.0038777 * S16 - 0.0006463 * I16 - 0.0006463 * B16 +
\end{aligned}$$

$$-0.0027821 * Q21 - 0.0034777 * O21 - 0.0041732 * S21 - 0.0006955 * I21 - 0.0006955 * B21 +$$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

-0.0028100 * Q22 -0.0035125 * O22 -0.0042150 * S22 -0.0007025 * I22 -0.0007025 * B22 +
 -0.0028381 * Q23 -0.0035476 * O23 -0.0042571 * S23 -0.0007095 * I23 -0.0007095 * B23 +
 -0.0028664 * Q24 -0.0035831 * O24 -0.0042997 * S24 -0.0007166 * I24 -0.0007166 * B24 +
 -0.0028951 * Q25 -0.0036189 * O25 -0.0043427 * S25 -0.0007238 * I25 -0.0007238 * B25 +
 -0.0029241 * Q26 -0.0036551 * O26 -0.0043861 * S26 -0.0007310 * I26 -0.0007310 * B26 +

-0.0038641 * Q31 -0.0048301 * O31 -0.0057961 * S31 -0.0009660 * I31 -0.0009660 * B31 +
 -0.0039027 * Q32 -0.0048784 * O32 -0.0058541 * S32 -0.0009757 * I32 -0.0009757 * B32 +
 -0.0039418 * Q33 -0.0049272 * O33 -0.0059126 * S33 -0.0009854 * I33 -0.0009854 * B33 +
 -0.0039812 * Q34 -0.0049765 * O34 -0.0059718 * S34 -0.0009953 * I34 -0.0009953 * B34 +
 -0.0040210 * Q35 -0.0050262 * O35 -0.0060315 * S35 -0.0010052 * I35 -0.0010052 * B35 +
 -0.0040612 * Q36 -0.0050765 * O36 -0.0060918 * S36 -0.0010153 * I36 -0.0010153 * B36 +

-0.0031507 * Q41 -0.0039384 * O41 -0.0047261 * S41 -0.0007877 * I41 -0.0007877 * B41 +
 -0.0031822 * Q42 -0.0039778 * O42 -0.0047733 * S42 -0.0007956 * I42 -0.0007956 * B42 +
 -0.0032141 * Q43 -0.0040176 * O43 -0.0048211 * S43 -0.0008035 * I43 -0.0008035 * B43 +
 -0.0032462 * Q44 -0.0040577 * O44 -0.0048693 * S44 -0.0008115 * I44 -0.0008115 * B44 +
 -0.0032787 * Q45 -0.0040983 * O45 -0.0049180 * S45 -0.0008197 * I45 -0.0008197 * B45 +
 -0.0033114 * Q46 -0.0041393 * O46 -0.0049672 * S46 -0.0008279 * I46 -0.0008279 * B46 +

-0.0083390 * Q51 -0.0104163 * O51 -0.0125085 * S51 -0.0020848 * I51 -0.0020848 * B51 +
 -0.0084224 * Q52 -0.0105205 * O52 -0.0126336 * S52 -0.0021056 * I52 -0.0021056 * B52 +
 -0.0085066 * Q53 -0.0106257 * O53 -0.0127599 * S53 -0.0021267 * I53 -0.0021267 * B53 +
 -0.0085917 * Q54 -0.0107320 * O54 -0.0128875 * S54 -0.0021479 * I54 -0.0021479 * B54 +
 -0.0086776 * Q55 -0.0108393 * O55 -0.0130164 * S55 -0.0021694 * I55 -0.0021694 * B55 +
 -0.0087644 * Q56 -0.0109477 * O56 -0.0131466 * S56 -0.0021911 * I56 -0.0021911 * B56 +

-0.0073804 * Q61 -0.0092255 * O61 -0.0110706 * S61 -0.0018451 * I61 -0.0018451 * B61 +
 -0.0074542 * Q62 -0.0093178 * O62 -0.0111813 * S62 -0.0018636 * I62 -0.0018636 * B62 +
 -0.0075288 * Q63 -0.0094110 * O63 -0.0112931 * S63 -0.0018822 * I63 -0.0018822 * B63 +
 -0.0076040 * Q64 -0.0095051 * O64 -0.0114061 * S64 -0.0019010 * I64 -0.0019010 * B64 +
 -0.0076801 * Q65 -0.0096001 * O65 -0.0115201 * S65 -0.0019200 * I65 -0.0019200 * B65 +
 -0.0077569 * Q66 -0.0096961 * O66 -0.0116353 * S66 -0.0019392 * I66 -0.0019392 * B66 +

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$$\begin{aligned} &-0.0000149 * H1 + \\ &-0.0000150 * H2 + \\ &-0.0000152 * H3 + \\ &-0.0000153 * H4 + \\ &-0.0000155 * H5 + \\ &-0.0000156 * H6 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &-0.0000074 * F1 + \\ &-0.0000075 * F2 + \\ &-0.0000076 * F3 + \\ &-0.0000077 * F4 + \\ &-0.0000077 * F5 + \\ &-0.0000078 * F6 + \\ &4.7422917 ; \end{aligned}$$

Eş. EK-03.05

$$! Z 1 + D 11 N - D 11 P = X11 ;$$

$$\begin{aligned} &1671.55 * Q11 + 2089.44 * O11 + 2507.33 * S11 + 835.78 * I11 + 835.78 * B11 + \\ &1688.27 * Q12 + 2110.33 * O12 + 2532.40 * S12 + 844.13 * I12 + 844.13 * B12 + \\ &1705.15 * Q13 + 2131.44 * O13 + 2557.72 * S13 + 852.57 * I13 + 852.57 * B13 + \\ &1722.20 * Q14 + 2152.75 * O14 + 2583.30 * S14 + 861.10 * I14 + 861.10 * B14 + \\ &1739.42 * Q15 + 2174.28 * O15 + 2609.13 * S15 + 869.71 * I15 + 869.71 * B15 + \\ &1756.82 * Q16 + 2196.02 * O16 + 2635.22 * S16 + 878.41 * I16 + 878.41 * B16 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &1890.72 * Q21 + 2363.40 * O21 + 2836.08 * S21 + 945.36 * I21 + 945.36 * B21 + \\ &1909.63 * Q22 + 2387.03 * O22 + 2864.44 * S22 + 954.81 * I22 + 954.81 * B22 + \\ &1928.72 * Q23 + 2410.90 * O23 + 2893.09 * S23 + 964.36 * I23 + 964.36 * B23 + \\ &1948.01 * Q24 + 2435.01 * O24 + 2922.02 * S24 + 974.01 * I24 + 974.01 * B24 + \\ &1967.49 * Q25 + 2459.36 * O25 + 2951.24 * S25 + 983.75 * I25 + 983.75 * B25 + \\ &1987.17 * Q26 + 2483.96 * O26 + 2980.75 * S26 + 993.58 * I26 + 993.58 * B26 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &2626.00 * Q31 + 3282.50 * O31 + 3939.00 * S31 + 1313.00 * I31 + 1313.00 * B31 + \\ &2652.26 * Q32 + 3315.33 * O32 + 3978.39 * S32 + 1326.13 * I32 + 1326.13 * B32 + \\ &2678.78 * Q33 + 3348.48 * O33 + 4018.17 * S33 + 1339.39 * I33 + 1339.39 * B33 + \end{aligned}$$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

2705.57 * Q34 + 3381.96 * O34 + 4058.36 * S34 + 1352.79 * I34 + 1352.79 * B34 +
 2732.63 * Q35 + 3415.78 * O35 + 4098.94 * S35 + 1366.31 * I35 + 1366.31 * B35 +
 2759.95 * Q36 + 3449.94 * O36 + 4139.93 * S36 + 1379.98 * I36 + 1379.98 * B36 +

2141.20 * Q41 + 2676.50 * O41 + 3211.80 * S41 + 1070.60 * I41 + 1070.60 * B41 +
 2162.61 * Q42 + 2703.27 * O42 + 3243.92 * S42 + 1081.31 * I42 + 1081.31 * B42 +
 2184.24 * Q43 + 2730.30 * O43 + 3276.36 * S43 + 1092.12 * I43 + 1092.12 * B43 +
 2206.08 * Q44 + 2757.60 * O44 + 3309.12 * S44 + 1103.04 * I44 + 1103.04 * B44 +
 2228.14 * Q45 + 2785.18 * O45 + 3342.21 * S45 + 1114.07 * I45 + 1114.07 * B45 +
 2250.42 * Q46 + 2813.03 * O46 + 3375.63 * S46 + 1125.21 * I46 + 1125.21 * B46 +

5667.11 * Q51 + 7084.90 * O51 + 8500.67 * S51 + 2833.56 * I51 + 2833.56 * B51 +
 5723.78 * Q52 + 7155.75 * O52 + 8585.67 * S52 + 2861.89 * I52 + 2861.89 * B52 +
 5781.02 * Q53 + 7227.30 * O53 + 8671.53 * S53 + 2890.51 * I53 + 2890.51 * B53 +
 5838.83 * Q54 + 7299.58 * O54 + 8758.24 * S54 + 2919.41 * I54 + 2919.41 * B54 +
 5897.22 * Q55 + 7372.57 * O55 + 8845.83 * S55 + 2948.61 * I55 + 2948.61 * B55 +
 5956.19 * Q56 + 7446.30 * O56 + 8934.28 * S56 + 2978.09 * I56 + 2978.09 * B56 +

5015.66 * Q61 + 6269.58 * O61 + 7523.49 * S61 + 2507.83 * I61 + 2507.83 * B61 +
 5065.82 * Q62 + 6332.27 * O62 + 7598.72 * S62 + 2532.91 * I62 + 2532.91 * B62 +
 5116.47 * Q63 + 6395.59 * O63 + 7674.71 * S63 + 2558.24 * I63 + 2558.24 * B63 +
 5167.64 * Q64 + 6459.55 * O64 + 7751.46 * S64 + 2583.82 * I64 + 2583.82 * B64 +
 5219.32 * Q65 + 6524.14 * O65 + 7828.97 * S65 + 2609.66 * I65 + 2609.66 * B65 +
 5271.51 * Q66 + 6589.39 * O66 + 7907.26 * S66 + 2635.75 * I66 + 2635.75 * B66 +

20.20 * H1 +

20.40 * H2 +

20.61 * H3 +

20.81 * H4 +

21.02 * H5 +

21.23 * H6 +

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

5.05 * F1 +

5.10 * F2 +

5.15 * F3 +

5.20 * F4 +

5.26 * F5 +

5.31 * F6 +

D11_N- D11_P =3962273.34 ;

! Z 2 + D 21 N - D 21 P = X21 ;

Eş. EK-03.06

167.16 * Q11 + 208.94 * O11 + 250.73 * S11 + 83.58 * I11 + 83.58 * B11 +

168.83 * Q12 + 211.03 * O12 + 253.24 * S12 + 84.41 * I12 + 84.41 * B12 +

170.51 * Q13 + 213.14 * O13 + 255.77 * S13 + 85.26 * I13 + 85.26 * B13 +

172.22 * Q14 + 215.27 * O14 + 258.33 * S14 + 86.11 * I14 + 86.11 * B14 +

173.94 * Q15 + 217.42 * O15 + 260.91 * S15 + 86.97 * I15 + 86.97 * B15 +

175.68 * Q16 + 219.60 * O16 + 263.52 * S16 + 87.84 * I16 + 87.84 * B16 +

189.07 * Q21 + 236.34 * O21 + 283.61 * S21 + 94.54 * I21 + 94.54 * B21 +

190.96 * Q22 + 238.70 * O22 + 286.44 * S22 + 95.48 * I22 + 95.48 * B22 +

192.87 * Q23 + 241.09 * O23 + 289.31 * S23 + 96.44 * I23 + 96.44 * B23 +

194.80 * Q24 + 243.50 * O24 + 292.20 * S24 + 97.40 * I24 + 97.40 * B24 +

196.75 * Q25 + 245.94 * O25 + 295.12 * S25 + 98.37 * I25 + 98.37 * B25 +

198.72 * Q26 + 248.40 * O26 + 298.07 * S26 + 99.36 * I26 + 99.36 * B26 +

262.60 * Q31 + 328.25 * O31 + 393.90 * S31 + 131.30 * I31 + 131.30 * B31 +

265.23 * Q32 + 331.53 * O32 + 397.84 * S32 + 132.61 * I32 + 132.61 * B32 +

267.88 * Q33 + 334.85 * O33 + 401.82 * S33 + 133.94 * I33 + 133.94 * B33 +

270.56 * Q34 + 338.20 * O34 + 405.84 * S34 + 135.28 * I34 + 135.28 * B34 +

273.26 * Q35 + 341.58 * O35 + 409.89 * S35 + 136.63 * I35 + 136.63 * B35 +

276.00 * Q36 + 344.99 * O36 + 413.99 * S36 + 138.00 * I36 + 138.00 * B36 +

214.12 * Q41 + 267.65 * O41 + 321.18 * S41 + 107.06 * I41 + 107.06 * B41 +

216.26 * Q42 + 270.33 * O42 + 324.39 * S42 + 108.13 * I42 + 108.13 * B42 +

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$218.42 * Q_{43} + 273.03 * O_{43} + 327.64 * S_{43} + 109.21 * I_{43} + 109.21 * B_{43} +$
 $220.61 * Q_{44} + 275.76 * O_{44} + 330.91 * S_{44} + 110.30 * I_{44} + 110.30 * B_{44} +$
 $222.81 * Q_{45} + 278.52 * O_{45} + 334.22 * S_{45} + 111.41 * I_{45} + 111.41 * B_{45} +$
 $225.04 * Q_{46} + 281.30 * O_{46} + 337.56 * S_{46} + 112.52 * I_{46} + 112.52 * B_{46} +$

$566.71 * Q_{51} + 709.39 * O_{51} + 850.07 * S_{51} + 283.36 * I_{51} + 283.36 * B_{51} +$
 $572.38 * Q_{52} + 716.49 * O_{52} + 858.57 * S_{52} + 286.19 * I_{52} + 286.19 * B_{52} +$
 $578.10 * Q_{53} + 723.65 * O_{53} + 867.15 * S_{53} + 289.05 * I_{53} + 289.05 * B_{53} +$
 $583.88 * Q_{54} + 730.89 * O_{54} + 875.82 * S_{54} + 291.94 * I_{54} + 291.94 * B_{54} +$
 $589.72 * Q_{55} + 738.20 * O_{55} + 884.58 * S_{55} + 294.86 * I_{55} + 294.86 * B_{55} +$
 $595.62 * Q_{56} + 745.58 * O_{56} + 893.43 * S_{56} + 297.81 * I_{56} + 297.81 * B_{56} +$

$501.57 * Q_{61} + 626.96 * O_{61} + 752.35 * S_{61} + 250.78 * I_{61} + 250.78 * B_{61} +$
 $506.58 * Q_{62} + 633.23 * O_{62} + 759.87 * S_{62} + 253.29 * I_{62} + 253.29 * B_{62} +$
 $511.65 * Q_{63} + 639.56 * O_{63} + 767.47 * S_{63} + 255.82 * I_{63} + 255.82 * B_{63} +$
 $516.76 * Q_{64} + 645.95 * O_{64} + 775.15 * S_{64} + 258.38 * I_{64} + 258.38 * B_{64} +$
 $521.93 * Q_{65} + 652.41 * O_{65} + 782.90 * S_{65} + 260.97 * I_{65} + 260.97 * B_{65} +$
 $527.15 * Q_{66} + 658.94 * O_{66} + 790.73 * S_{66} + 263.58 * I_{66} + 263.58 * B_{66} +$

$4.04 * H_1 +$

$4.08 * H_2 +$

$4.12 * H_3 +$

$4.16 * H_4 +$

$4.20 * H_5 +$

$4.25 * H_6 +$

$1.01 * F_1 +$

$1.02 * F_2 +$

$1.03 * F_3 +$

$1.04 * F_4 +$

$1.05 * F_5 +$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

1.06 * F6 +

D21_N- D21_P =482104.40 ;

! Z 3 + D 31 N - D 31 P = X31 ;

Eş. EK-03.07

334.31 * Q11 + 417.89 * O11 + 501.47 * S11 + 83.58 * I11 + 83.58 * B11 +
 337.65 * Q12 + 422.07 * O12 + 506.48 * S12 + 84.41 * I12 + 84.41 * B12 +
 341.03 * Q13 + 426.29 * O13 + 511.54 * S13 + 85.26 * I13 + 85.26 * B13 +
 344.44 * Q14 + 430.55 * O14 + 516.66 * S14 + 86.11 * I14 + 86.11 * B14 +
 347.88 * Q15 + 434.86 * O15 + 521.83 * S15 + 86.97 * I15 + 86.97 * B15 +
 351.36 * Q16 + 439.20 * O16 + 527.04 * S16 + 87.84 * I16 + 87.84 * B16 +

378.14 * Q21 + 472.68 * O21 + 567.22 * S21 + 94.54 * I21 + 94.54 * B21 +
 381.93 * Q22 + 477.41 * O22 + 572.89 * S22 + 95.48 * I22 + 95.48 * B22 +
 385.74 * Q23 + 482.18 * O23 + 578.62 * S23 + 96.44 * I23 + 96.44 * B23 +
 389.60 * Q24 + 487.00 * O24 + 584.40 * S24 + 97.40 * I24 + 97.40 * B24 +
 393.50 * Q25 + 491.87 * O25 + 590.25 * S25 + 98.37 * I25 + 98.37 * B25 +
 397.43 * Q26 + 496.79 * O26 + 596.15 * S26 + 99.36 * I26 + 99.36 * B26 +

525.20 * Q31 + 656.50 * O31 + 787.80 * S31 + 131.30 * I31 + 131.30 * B31 +
 530.45 * Q32 + 663.07 * O32 + 795.68 * S32 + 132.61 * I32 + 132.61 * B32 +
 535.76 * Q33 + 669.70 * O33 + 803.63 * S33 + 133.94 * I33 + 133.94 * B33 +
 541.11 * Q34 + 676.39 * O34 + 811.67 * S34 + 135.28 * I34 + 135.28 * B34 +
 546.53 * Q35 + 683.16 * O35 + 819.79 * S35 + 136.63 * I35 + 136.63 * B35 +
 551.99 * Q36 + 689.99 * O36 + 827.99 * S36 + 138.00 * I36 + 138.00 * B36 +

428.24 * Q41 + 535.30 * O41 + 642.36 * S41 + 107.06 * I41 + 107.06 * B41 +
 432.52 * Q42 + 540.65 * O42 + 648.78 * S42 + 108.13 * I42 + 108.13 * B42 +
 436.85 * Q43 + 546.06 * O43 + 655.27 * S43 + 109.21 * I43 + 109.21 * B43 +
 441.22 * Q44 + 551.52 * O44 + 661.82 * S44 + 110.30 * I44 + 110.30 * B44 +
 445.63 * Q45 + 557.04 * O45 + 668.44 * S45 + 111.41 * I45 + 111.41 * B45 +
 450.08 * Q46 + 562.61 * O46 + 675.13 * S46 + 112.52 * I46 + 112.52 * B46 +

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$1133.42 * Q51 + 1415.77 * O51 + 1700.13 * S51 + 283.36 * I51 + 283.36 * B51 +$
 $1144.76 * Q52 + 1429.93 * O52 + 1717.13 * S52 + 286.19 * I52 + 286.19 * B52 +$
 $1156.20 * Q53 + 1444.22 * O53 + 1734.31 * S53 + 289.05 * I53 + 289.05 * B53 +$
 $1167.77 * Q54 + 1458.67 * O54 + 1751.65 * S54 + 291.94 * I54 + 291.94 * B54 +$
 $1179.44 * Q55 + 1473.25 * O55 + 1769.17 * S55 + 294.86 * I55 + 294.86 * B55 +$
 $1191.24 * Q56 + 1487.99 * O56 + 1786.86 * S56 + 297.81 * I56 + 297.81 * B56 +$

$1003.13 * Q61 + 1253.92 * O61 + 1504.70 * S61 + 250.78 * I61 + 250.78 * B61 +$
 $1013.16 * Q62 + 1266.45 * O62 + 1519.74 * S62 + 253.29 * I62 + 253.29 * B62 +$
 $1023.29 * Q63 + 1279.12 * O63 + 1534.94 * S63 + 255.82 * I63 + 255.82 * B63 +$
 $1033.53 * Q64 + 1291.91 * O64 + 1550.29 * S64 + 258.38 * I64 + 258.38 * B64 +$
 $1043.86 * Q65 + 1304.83 * O65 + 1565.79 * S65 + 260.97 * I65 + 260.97 * B65 +$
 $1054.30 * Q66 + 1317.88 * O66 + 1581.45 * S66 + 263.58 * I66 + 263.58 * B66 +$

$2.02 * H1 +$
 $2.04 * H2 +$
 $2.06 * H3 +$
 $2.08 * H4 +$
 $2.10 * H5 +$
 $2.12 * H6 +$

$1.01 * F1 +$
 $1.02 * F2 +$
 $1.03 * F3 +$
 $1.04 * F4 +$
 $1.05 * F5 +$
 $1.06 * F6 +$

$D31_N - D31_P = 601069.44 ;$

! İŞ GÜCÜ SEVİYESİ ;

Eş. EK-03.08

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$$H1 - F1 - 4.2 * Q11 - 4.2 * O11 - 4.2 * Q21 - 4.2 * O21 - 4.4 * Q31 - 4.4 * O31 - 4.4 * Q41 - 4.4 * O41 - 5.1 * Q51 - 5.1 * O51 - 5.1 * Q61 - 5.1 * O61 = 0 ;$$

$$4.2 * Q11 + 4.2 * O11 + 4.2 * Q21 + 4.2 * O21 + 4.4 * Q31 + 4.4 * O31 + 4.4 * Q41 + 4.4 * O41 + 5.1 * Q51 + 5.1 * O51 + 5.1 * Q61 + 5.1 * O61 + H2 - F2 - 4.2 * Q12 - 4.2 * O12 - 4.2 * Q22 - 4.2 * O22 - 4.4 * Q32 - 4.4 * O32 - 4.4 * Q42 - 4.4 * O42 - 5.1 * Q52 - 5.1 * O52 - 5.1 * Q62 - 5.1 * O62 = 0 ;$$

$$4.2 * Q12 + 4.2 * O12 + 4.2 * Q22 + 4.2 * O22 + 4.4 * Q32 + 4.4 * O32 + 4.4 * Q42 + 4.4 * O42 + 5.1 * Q52 + 5.1 * O52 + 5.1 * Q62 + 5.1 * O62 + H3 - F3 - 4.2 * Q13 - 4.2 * O13 - 4.2 * Q23 - 4.2 * O23 - 4.4 * Q33 - 4.4 * O33 - 4.4 * Q43 - 4.4 * O43 - 5.1 * Q53 - 5.1 * O53 - 5.1 * Q63 - 5.1 * O63 = 0 ;$$

$$4.2 * Q13 + 4.2 * O13 + 4.2 * Q23 + 4.2 * O23 + 4.4 * Q33 + 4.4 * O33 + 4.4 * Q43 + 4.4 * O43 + 5.1 * Q53 + 5.1 * O53 + 5.1 * Q63 + 5.1 * O63 + H4 - F4 - 4.2 * Q14 - 4.2 * O14 - 4.2 * Q24 - 4.2 * O24 - 4.4 * Q34 - 4.4 * O34 - 4.4 * Q44 - 4.4 * O44 - 5.1 * Q54 - 5.1 * O54 - 5.1 * Q64 - 5.1 * O64 = 0 ;$$

$$4.2 * Q14 + 4.2 * O14 + 4.2 * Q24 + 4.2 * O24 + 4.4 * Q34 + 4.4 * O34 + 4.4 * Q44 + 4.4 * O44 + 5.1 * Q54 + 5.1 * O54 + 5.1 * Q64 + 5.1 * O64 + H5 - F5 - 4.2 * Q15 - 4.2 * O15 - 4.2 * Q25 - 4.2 * O25 - 4.4 * Q35 - 4.4 * O35 - 4.4 * Q45 - 4.4 * O45 - 5.1 * Q55 - 5.1 * O55 - 5.1 * Q65 - 5.1 * O65 = 0 ;$$

$$4.2 * Q15 + 4.2 * O15 + 4.2 * Q25 + 4.2 * O25 + 4.4 * Q35 + 4.4 * O35 + 4.4 * Q45 + 4.4 * O45 + 5.1 * Q55 + 5.1 * O55 + 5.1 * Q65 + 5.1 * O65 + H6 - F6 - 4.2 * Q16 - 4.2 * O16 - 4.2 * Q26 - 4.2 * O26 - 4.4 * Q36 - 4.4 * O36 - 4.4 * Q46 - 4.4 * O46 - 5.1 * Q56 - 5.1 * O56 - 5.1 * Q66 - 5.1 * O66 = 0 ;$$

! DEPOLAMA ALANI ;

Eş. EK-03.09

$$3.1 * I12 + 3.4 * I22 + 4.4 * I32 + 4.7 * I42 + 5.9 * I52 + 6.1 * I62 \leq 1500.00 ;$$

$$3.1 * I13 + 3.4 * I23 + 4.4 * I33 + 4.7 * I43 + 5.9 * I53 + 6.1 * I63 \leq 1500.00 ;$$

$$3.1 * I14 + 3.4 * I24 + 4.4 * I34 + 4.7 * I44 + 5.9 * I54 + 6.1 * I64 \leq 1500.00 ;$$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$$3.1 * I15 + 3.4 * I25 + 4.4 * I35 + 4.7 * I45 + 5.9 * I55 + 6.1 * I65 \leq 1500.00 ;$$

$$3.1 * I16 + 3.4 * I26 + 4.4 * I36 + 4.7 * I46 + 5.9 * I56 + 6.1 * I66 \leq 1500.00 ;$$

Eş. EK-03.10

! BUTCE KISITI Z 1 <= Z ;

$$\begin{aligned} &1671.55 * Q11 + 2089.44 * O11 + 2507.33 * S11 + 835.78 * I11 + 835.78 * B11 + \\ &1688.27 * Q12 + 2110.33 * O12 + 2532.40 * S12 + 844.13 * I12 + 844.13 * B12 + \\ &1705.15 * Q13 + 2131.44 * O13 + 2557.72 * S13 + 852.57 * I13 + 852.57 * B13 + \\ &1722.20 * Q14 + 2152.75 * O14 + 2583.30 * S14 + 861.10 * I14 + 861.10 * B14 + \\ &1739.42 * Q15 + 2174.28 * O15 + 2609.13 * S15 + 869.71 * I15 + 869.71 * B15 + \\ &1756.82 * Q16 + 2196.02 * O16 + 2635.22 * S16 + 878.41 * I16 + 878.41 * B16 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &1890.72 * Q21 + 2363.40 * O21 + 2836.08 * S21 + 945.36 * I21 + 945.36 * B21 + \\ &1909.63 * Q22 + 2387.03 * O22 + 2864.44 * S22 + 954.81 * I22 + 954.81 * B22 + \\ &1928.72 * Q23 + 2410.90 * O23 + 2893.09 * S23 + 964.36 * I23 + 964.36 * B23 + \\ &1948.01 * Q24 + 2435.01 * O24 + 2922.02 * S24 + 974.01 * I24 + 974.01 * B24 + \\ &1967.49 * Q25 + 2459.36 * O25 + 2951.24 * S25 + 983.75 * I25 + 983.75 * B25 + \\ &1987.17 * Q26 + 2483.96 * O26 + 2980.75 * S26 + 993.58 * I26 + 993.58 * B26 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &2626.00 * Q31 + 3282.50 * O31 + 3939.00 * S31 + 1313.00 * I31 + 1313.00 * B31 + \\ &2652.26 * Q32 + 3315.33 * O32 + 3978.39 * S32 + 1326.13 * I32 + 1326.13 * B32 + \\ &2678.78 * Q33 + 3348.48 * O33 + 4018.17 * S33 + 1339.39 * I33 + 1339.39 * B33 + \\ &2705.57 * Q34 + 3381.96 * O34 + 4058.36 * S34 + 1352.79 * I34 + 1352.79 * B34 + \\ &2732.63 * Q35 + 3415.78 * O35 + 4098.94 * S35 + 1366.31 * I35 + 1366.31 * B35 + \\ &2759.95 * Q36 + 3449.94 * O36 + 4139.93 * S36 + 1379.98 * I36 + 1379.98 * B36 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &2141.20 * Q41 + 2676.50 * O41 + 3211.80 * S41 + 1070.60 * I41 + 1070.60 * B41 + \\ &2162.61 * Q42 + 2703.27 * O42 + 3243.92 * S42 + 1081.31 * I42 + 1081.31 * B42 + \\ &2184.24 * Q43 + 2730.30 * O43 + 3276.36 * S43 + 1092.12 * I43 + 1092.12 * B43 + \\ &2206.08 * Q44 + 2757.60 * O44 + 3309.12 * S44 + 1103.04 * I44 + 1103.04 * B44 + \\ &2228.14 * Q45 + 2785.18 * O45 + 3342.21 * S45 + 1114.07 * I45 + 1114.07 * B45 + \\ &2250.42 * Q46 + 2813.03 * O46 + 3375.63 * S46 + 1125.21 * I46 + 1125.21 * B46 + \end{aligned}$$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$$\begin{aligned}
 &5667.11 * Q51 + 7084.90 * O51 + 8500.67 * S51 + 2833.56 * I51 + 2833.56 * B51 + \\
 &5723.78 * Q52 + 7155.75 * O52 + 8585.67 * S52 + 2861.89 * I52 + 2861.89 * B52 + \\
 &5781.02 * Q53 + 7227.30 * O53 + 8671.53 * S53 + 2890.51 * I53 + 2890.51 * B53 + \\
 &5838.83 * Q54 + 7299.58 * O54 + 8758.24 * S54 + 2919.41 * I54 + 2919.41 * B54 + \\
 &5897.22 * Q55 + 7372.57 * O55 + 8845.83 * S55 + 2948.61 * I55 + 2948.61 * B55 + \\
 &5956.19 * Q56 + 7446.30 * O56 + 8934.28 * S56 + 2978.09 * I56 + 2978.09 * B56 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &5015.66 * Q61 + 6269.58 * O61 + 7523.49 * S61 + 2507.83 * I61 + 2507.83 * B61 + \\
 &5065.82 * Q62 + 6332.27 * O62 + 7598.72 * S62 + 2532.91 * I62 + 2532.91 * B62 + \\
 &5116.47 * Q63 + 6395.59 * O63 + 7674.71 * S63 + 2558.24 * I63 + 2558.24 * B63 + \\
 &5167.64 * Q64 + 6459.55 * O64 + 7751.46 * S64 + 2583.82 * I64 + 2583.82 * B64 + \\
 &5219.32 * Q65 + 6524.14 * O65 + 7828.97 * S65 + 2609.66 * I65 + 2609.66 * B65 + \\
 &5271.51 * Q66 + 6589.39 * O66 + 7907.26 * S66 + 2635.75 * I66 + 2635.75 * B66 +
 \end{aligned}$$

$$20.20 * H1 +$$

$$20.40 * H2 +$$

$$20.61 * H3 +$$

$$20.81 * H4 +$$

$$21.02 * H5 +$$

$$21.23 * H6 +$$

$$5.05 * F1 +$$

$$5.10 * F2 +$$

$$5.15 * F3 +$$

$$5.20 * F4 +$$

$$5.26 * F5 +$$

$$5.31 * F6 \leq 7000000.00 ;$$

! STOK TASIMA DENKLEMLERİ ;

Eş. EK-03.11

$$I10 - B10 + Q11 + O11 + S11 - I11 + B11 - 31 * W1 - 35 * W2 - 38 * W3 = 0 ;$$

$$I20 - B20 + Q21 + O21 + S21 - I21 + B21 - 27 * W1 - 30 * W2 - 33 * W3 = 0 ;$$

$$I30 - B30 + Q31 + O31 + S31 - I31 + B31 - 43 * W1 - 48 * W2 - 52 * W3 = 0 ;$$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$$I40 - B40 + Q41 + O41 + S41 - I41 + B41 - 36 * W1 - 41 * W2 - 45 * W3 = 0 ;$$

$$I50 - B50 + Q51 + O51 + S51 - I51 + B51 - 24 * W1 - 27 * W2 - 29 * W3 = 0 ;$$

$$I60 - B60 + Q61 + O61 + S61 - I61 + B61 - 24 * W1 - 27 * W2 - 29 * W3 = 0 ;$$

$$I11 - B11 + Q12 + O12 + S12 - I12 + B12 - 33 * W1 - 37 * W2 - 40 * W3 = 0 ;$$

$$I21 - B21 + Q22 + O22 + S22 - I22 + B22 - 28 * W1 - 32 * W2 - 35 * W3 = 0 ;$$

$$I31 - B31 + Q32 + O32 + S32 - I32 + B32 - 48 * W1 - 54 * W2 - 59 * W3 = 0 ;$$

$$I41 - B41 + Q42 + O42 + S42 - I42 + B42 - 42 * W1 - 47 * W2 - 51 * W3 = 0 ;$$

$$I51 - B51 + Q52 + O52 + S52 - I52 + B52 - 27 * W1 - 31 * W2 - 34 * W3 = 0 ;$$

$$I61 - B61 + Q62 + O62 + S62 - I62 + B62 - 27 * W1 - 30 * W2 - 33 * W3 = 0 ;$$

$$I12 - B12 + Q13 + O13 + S13 - I13 + B13 - 38 * W1 - 43 * W2 - 47 * W3 = 0 ;$$

$$I22 - B22 + Q23 + O23 + S23 - I23 + B23 - 32 * W1 - 36 * W2 - 39 * W3 = 0 ;$$

$$I32 - B32 + Q33 + O33 + S33 - I33 + B33 - 57 * W1 - 64 * W2 - 70 * W3 = 0 ;$$

$$I42 - B42 + Q43 + O43 + S43 - I43 + B43 - 44 * W1 - 49 * W2 - 53 * W3 = 0 ;$$

$$I52 - B52 + Q53 + O53 + S53 - I53 + B53 - 31 * W1 - 35 * W2 - 38 * W3 = 0 ;$$

$$I62 - B62 + Q63 + O63 + S63 - I63 + B63 - 28 * W1 - 32 * W2 - 35 * W3 = 0 ;$$

$$I13 - B13 + Q14 + O14 + S14 - I14 + B14 - 36 * W1 - 41 * W2 - 45 * W3 = 0 ;$$

$$I23 - B23 + Q24 + O24 + S24 - I24 + B24 - 30 * W1 - 34 * W2 - 37 * W3 = 0 ;$$

$$I33 - B33 + Q34 + O34 + S34 - I34 + B34 - 55 * W1 - 62 * W2 - 68 * W3 = 0 ;$$

$$I43 - B43 + Q44 + O44 + S44 - I44 + B44 - 39 * W1 - 44 * W2 - 48 * W3 = 0 ;$$

$$I53 - B53 + Q54 + O54 + S54 - I54 + B54 - 28 * W1 - 32 * W2 - 35 * W3 = 0 ;$$

$$I63 - B63 + Q64 + O64 + S64 - I64 + B64 - 28 * W1 - 32 * W2 - 35 * W3 = 0 ;$$

$$I14 - B14 + Q15 + O15 + S15 - I15 + B15 - 35 * W1 - 39 * W2 - 42 * W3 = 0 ;$$

$$I24 - B24 + Q25 + O25 + S25 - I25 + B25 - 27 * W1 - 31 * W2 - 34 * W3 = 0 ;$$

$$I34 - B34 + Q35 + O35 + S35 - I35 + B35 - 52 * W1 - 58 * W2 - 63 * W3 = 0 ;$$

$$I44 - B44 + Q45 + O45 + S45 - I45 + B45 - 36 * W1 - 40 * W2 - 44 * W3 = 0 ;$$

$$I54 - B54 + Q55 + O55 + S55 - I55 + B55 - 24 * W1 - 27 * W2 - 29 * W3 = 0 ;$$

$$I64 - B64 + Q65 + O65 + S65 - I65 + B65 - 24 * W1 - 27 * W2 - 29 * W3 = 0 ;$$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$$\begin{aligned}
 I15 - B15 + Q16 + O16 + S16 - I16 + B16 - 32 * W1 - 36 * W2 - 39 * W3 &= 0 ; \\
 I25 - B25 + Q26 + O26 + S26 - I26 + B26 - 26 * W1 - 29 * W2 - 31 * W3 &= 0 ; ; \\
 I35 - B35 + Q36 + O36 + S36 - I36 + B36 - 51 * W1 - 57 * W2 - 62 * W3 &= 0 ; \\
 I45 - B45 + Q46 + O46 + S46 - I46 + B46 - 33 * W1 - 37 * W2 - 40 * W3 &= 0 ; \\
 I55 - B55 + Q56 + O56 + S56 - I56 + B56 - 22 * W1 - 25 * W2 - 27 * W3 &= 0 ; \\
 I65 - B65 + Q66 + O66 + S66 - I66 + B66 - 22 * W1 - 25 * W2 - 27 * W3 &= 0 ;
 \end{aligned}$$

! İŞGÜCÜ KAPASİTESİ DENKLEMLERİ ;

Eş. EK-03.12

$$\begin{aligned}
 4.2 * Q11 + 4.2 * O11 + 4.2 * Q21 + 4.2 * O21 + 4.4 * Q31 + 4.4 * O31 + 4.4 * Q41 + 4.4 \\
 * O41 + 5.1 * Q51 + 5.1 * O51 + 5.1 * Q61 + 5.1 * O61 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 \\
 * W3 \leq 0 ;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.2 * Q12 + 4.2 * O12 + 4.2 * Q22 + 4.2 * O22 + 4.4 * Q32 + 4.4 * O32 + 4.4 * Q42 + 4.4 \\
 * O42 + 5.1 * Q52 + 5.1 * O52 + 5.1 * Q62 + 5.1 * O62 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 \\
 * W3 \leq 0 ;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.2 * Q13 + 4.2 * O13 + 4.2 * Q23 + 4.2 * O23 + 4.4 * Q33 + 4.4 * O33 + 4.4 * Q43 + 4.4 \\
 * O43 + 5.1 * Q53 + 5.1 * O53 + 5.1 * Q63 + 5.1 * O63 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 \\
 * W3 \leq 0 ;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.2 * Q14 + 4.2 * O14 + 4.2 * Q24 + 4.2 * O24 + 4.4 * Q34 + 4.4 * O34 + 4.4 * Q44 + 4.4 \\
 * O44 + 5.1 * Q54 + 5.1 * O54 + 5.1 * Q64 + 5.1 * O64 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 \\
 * W3 \leq 0 ;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.2 * Q15 + 4.2 * O15 + 4.2 * Q25 + 4.2 * O25 + 4.4 * Q35 + 4.4 * O35 + 4.4 * Q45 + 4.4 \\
 * O45 + 5.1 * Q55 + 5.1 * O55 + 5.1 * Q65 + 5.1 * O65 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 \\
 * W3 \leq 0 ;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.2 * Q16 + 4.2 * O16 + 4.2 * Q26 + 4.2 * O26 + 4.4 * Q36 + 4.4 * O36 + 4.4 * Q46 + 4.4 \\
 * O46 + 5.1 * Q56 + 5.1 * O56 + 5.1 * Q66 + 5.1 * O66 - 1800 * W1 - 2100 * W2 - 3000 \\
 * W3 \leq 0 ;
 \end{aligned}$$

Eş. EK-03.13

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

! MAKİNE KAPASİTESİ DENKLEMLERİ ;

$$2.1 * Q11 + 2.1 * O11 + 2.2 * Q21 + 2.2 * O21 + 2.6 * Q31 + 2.6 * O31 + 2.6 * Q41 + 2.6 * O41 + 3.9 * Q51 + 3.9 * O51 + 4 * Q61 + 4 * O61 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0 ;$$

$$2.4 * Q12 + 2.4 * O12 + 2.5 * Q22 + 2.5 * O22 + 2.8 * Q32 + 2.8 * O32 + 2.9 * Q42 + 2.9 * O42 + 4.2 * Q52 + 4.2 * O52 + 4.4 * Q62 + 4.4 * O62 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0 ;$$

$$2.1 * Q13 + 2.1 * O13 + 2.2 * Q23 + 2.2 * O23 + 2.6 * Q33 + 2.6 * O33 + 2.6 * Q43 + 2.6 * O43 + 3.9 * Q53 + 3.9 * O53 + 4 * Q63 + 4 * O63 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0 ;$$

$$2.1 * Q14 + 2.1 * O14 + 2.2 * Q24 + 2.2 * O24 + 2.6 * Q34 + 2.6 * O34 + 2.6 * Q44 + 2.6 * O44 + 3.9 * Q54 + 3.9 * O54 + 4 * Q64 + 4 * O64 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0 ;$$

$$2.1 * Q15 + 2.1 * O15 + 2.2 * Q25 + 2.2 * O25 + 2.6 * Q35 + 2.6 * O35 + 2.6 * Q45 + 2.6 * O45 + 3.9 * Q55 + 3.9 * O55 + 4 * Q65 + 4 * O65 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0 ;$$

$$2.1 * Q16 + 2.1 * O16 + 2.2 * Q26 + 2.2 * O26 + 2.6 * Q36 + 2.6 * O36 + 2.6 * Q46 + 2.6 * O46 + 3.9 * Q56 + 3.9 * O56 + 4 * Q66 + 4 * O66 - 480 * W1 - 500 * W2 - 520 * W3 \leq 0 ;$$

! POZİTİFLİK DENKLEMLERİ ;

Eş. EK-03.14

$Q11 \geq 0 ;$	$O11 \geq 0 ;$	$S11 \geq 0 ;$	$B11 \geq 0 ;$	$I11 \geq 0 ;$
$Q12 \geq 0 ;$	$O12 \geq 0 ;$	$S12 \geq 0 ;$	$B12 \geq 0 ;$	$I12 \geq 0 ;$
$Q13 \geq 0 ;$	$O13 \geq 0 ;$	$S13 \geq 0 ;$	$B13 \geq 0 ;$	$I13 \geq 0 ;$
$Q14 \geq 0 ;$	$O14 \geq 0 ;$	$S14 \geq 0 ;$	$B14 \geq 0 ;$	$I14 \geq 0 ;$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$Q15 \geq 0 ;$	$O15 \geq 0 ;$	$S15 \geq 0 ;$	$B15 \geq 0 ;$	$I15 \geq 0 ;$
$Q16 \geq 0 ;$	$O16 \geq 0 ;$	$S16 \geq 0 ;$	$B16 \geq 0 ;$	$I16 \geq 0 ;$
$Q21 \geq 0 ;$	$O21 \geq 0 ;$	$S21 \geq 0 ;$	$B21 \geq 0 ;$	$I21 \geq 0 ;$
$Q22 \geq 0 ;$	$O22 \geq 0 ;$	$S22 \geq 0 ;$	$B22 \geq 0 ;$	$I22 \geq 0 ;$
$Q23 \geq 0 ;$	$O23 \geq 0 ;$	$S23 \geq 0 ;$	$B23 \geq 0 ;$	$I23 \geq 0 ;$
$Q24 \geq 0 ;$	$O24 \geq 0 ;$	$S24 \geq 0 ;$	$B24 \geq 0 ;$	$I24 \geq 0 ;$
$Q25 \geq 0 ;$	$O25 \geq 0 ;$	$S25 \geq 0 ;$	$B25 \geq 0 ;$	$I25 \geq 0 ;$
$Q26 \geq 0 ;$	$O26 \geq 0 ;$	$S26 \geq 0 ;$	$B26 \geq 0 ;$	$I26 \geq 0 ;$
$Q31 \geq 0 ;$	$O31 \geq 0 ;$	$S31 \geq 0 ;$	$B31 \geq 0 ;$	$I31 \geq 0 ;$
$Q32 \geq 0 ;$	$O32 \geq 0 ;$	$S32 \geq 0 ;$	$B32 \geq 0 ;$	$I32 \geq 0 ;$
$Q33 \geq 0 ;$	$O33 \geq 0 ;$	$S33 \geq 0 ;$	$B33 \geq 0 ;$	$I33 \geq 0 ;$
$Q34 \geq 0 ;$	$O34 \geq 0 ;$	$S34 \geq 0 ;$	$B34 \geq 0 ;$	$I34 \geq 0 ;$
$Q35 \geq 0 ;$	$O35 \geq 0 ;$	$S35 \geq 0 ;$	$B35 \geq 0 ;$	$I35 \geq 0 ;$
$Q36 \geq 0 ;$	$O36 \geq 0 ;$	$S36 \geq 0 ;$	$B36 \geq 0 ;$	$I36 \geq 0 ;$
$Q41 \geq 0 ;$	$O41 \geq 0 ;$	$S41 \geq 0 ;$	$B41 \geq 0 ;$	$I41 \geq 0 ;$
$Q42 \geq 0 ;$	$O42 \geq 0 ;$	$S42 \geq 0 ;$	$B42 \geq 0 ;$	$I42 \geq 0 ;$
$Q43 \geq 0 ;$	$O43 \geq 0 ;$	$S43 \geq 0 ;$	$B43 \geq 0 ;$	$I43 \geq 0 ;$
$Q44 \geq 0 ;$	$O44 \geq 0 ;$	$S44 \geq 0 ;$	$B44 \geq 0 ;$	$I44 \geq 0 ;$
$Q45 \geq 0 ;$	$O45 \geq 0 ;$	$S45 \geq 0 ;$	$B45 \geq 0 ;$	$I45 \geq 0 ;$
$Q46 \geq 0 ;$	$O46 \geq 0 ;$	$S46 \geq 0 ;$	$B46 \geq 0 ;$	$I46 \geq 0 ;$
$Q51 \geq 0 ;$	$O51 \geq 0 ;$	$S51 \geq 0 ;$	$B51 \geq 0 ;$	$I51 \geq 0 ;$
$Q52 \geq 0 ;$	$O52 \geq 0 ;$	$S52 \geq 0 ;$	$B52 \geq 0 ;$	$I52 \geq 0 ;$
$Q53 \geq 0 ;$	$O53 \geq 0 ;$	$S53 \geq 0 ;$	$B53 \geq 0 ;$	$I53 \geq 0 ;$
$Q54 \geq 0 ;$	$O54 \geq 0 ;$	$S54 \geq 0 ;$	$B54 \geq 0 ;$	$I54 \geq 0 ;$
$Q55 \geq 0 ;$	$O55 \geq 0 ;$	$S55 \geq 0 ;$	$B55 \geq 0 ;$	$I55 \geq 0 ;$
$Q56 \geq 0 ;$	$O56 \geq 0 ;$	$S56 \geq 0 ;$	$B56 \geq 0 ;$	$I56 \geq 0 ;$
$Q61 \geq 0 ;$	$O61 \geq 0 ;$	$S61 \geq 0 ;$	$B61 \geq 0 ;$	$I61 \geq 0 ;$
$Q62 \geq 0 ;$	$O62 \geq 0 ;$	$S62 \geq 0 ;$	$B62 \geq 0 ;$	$I62 \geq 0 ;$

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

$Q63 \geq 0$; $O63 \geq 0$; $S63 \geq 0$; $B63 \geq 0$; $I63 \geq 0$;
 $Q64 \geq 0$; $O64 \geq 0$; $S64 \geq 0$; $B64 \geq 0$; $I64 \geq 0$;
 $Q65 \geq 0$; $O65 \geq 0$; $S65 \geq 0$; $B65 \geq 0$; $I65 \geq 0$;
 $Q66 \geq 0$; $O66 \geq 0$; $S66 \geq 0$; $B66 \geq 0$; $I66 \geq 0$;
 $B10 \geq 0$; $B20 \geq 0$; $B30 \geq 0$; $B40 \geq 0$; $B50 \geq 0$;
 $B60 \geq 0$; $I10 \geq 0$; $I20 \geq 0$; $I30 \geq 0$; $I40 \geq 0$;
 $I50 \geq 0$; $I60 \geq 0$;

 $I10 = 0$; $I20 = 0$; $I30 = 0$; $I40 = 0$; $I50 = 0$;
 $I60 = 0$; $B10 = 0$; $B20 = 0$; $B30 = 0$; $B40 = 0$;
 $B50 = 0$; $B60 = 0$; $D11_N \geq 0$; $D11_P \geq 0$; $D12_N \geq 0$;
 $D12_P \geq 0$; $D31_N \geq 0$; $D31_P \geq 0$; $D32_N \geq 0$; $D32_P \geq 0$;
 $D13_N \geq 0$; $D13_P \geq 0$; $D33_N \geq 0$; $D33_P \geq 0$; $D21_N \geq 0$;
 $D21_P \geq 0$; $D22_N \geq 0$; $D22_P \geq 0$; $D23_N \geq 0$; $D23_P \geq 0$;
 $w1 = 00$; $w2 = 1$; $w3 = 0$; $L \geq 0$; $L \leq 1$;
 $H1 \geq 0$; $H2 \geq 0$; $H3 \geq 0$; $H4 \geq 0$; $H5 \geq 0$;
 $H6 \geq 0$; $F1 \geq 0$; $F2 \geq 0$; $F3 \geq 0$; $F4 \geq 0$;
 $F5 \geq 0$; $F6 \geq 0$;

Bulanık bütünleşik üretim planlama modeli tamsayılı doğrusal programlama olarak çözülmelidir. Bu yüzden aşağıdaki kısıtlar, LINGO modeline eklenmelidir.

Eş. EK-03.15

$@GIN (Q11)$; $@GIN (O11)$; $@GIN (S11)$; $@GIN (B11)$; $@GIN (I11)$; $@GIN (H1)$;
 $@GIN (Q12)$; $@GIN (O12)$; $@GIN (S12)$; $@GIN (B12)$; $@GIN (I12)$; $@GIN (H2)$;
 $@GIN (Q13)$; $@GIN (O13)$; $@GIN (S13)$; $@GIN (B13)$; $@GIN (I13)$; $@GIN (H3)$;
 $@GIN (Q14)$; $@GIN (O14)$; $@GIN (S14)$; $@GIN (B14)$; $@GIN (I14)$; $@GIN (H4)$;
 $@GIN (Q15)$; $@GIN (O15)$; $@GIN (S15)$; $@GIN (B15)$; $@GIN (I15)$; $@GIN (H5)$;
 $@GIN (Q16)$; $@GIN (O16)$; $@GIN (S16)$; $@GIN (B16)$; $@GIN (I16)$; $@GIN (H6)$;
 $@GIN (Q21)$; $@GIN (O21)$; $@GIN (S21)$; $@GIN (B21)$; $@GIN (I21)$;

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

@GIN (Q22); @GIN (O22); @GIN (S22); @GIN (B22); @GIN (I22); @GIN (F1);
 @GIN (Q23); @GIN (O23); @GIN (S23); @GIN (B23); @GIN (I23); @GIN (F2);
 @GIN (Q24); @GIN (O24); @GIN (S24); @GIN (B24); @GIN (I24); @GIN (F3);
 @GIN (Q25); @GIN (O25); @GIN (S25); @GIN (B25); @GIN (I25); @GIN (F4);
 @GIN (Q26); @GIN (O26); @GIN (S26); @GIN (B26); @GIN (I26); @GIN (F5);
 @GIN (Q31); @GIN (O31); @GIN (S31); @GIN (B31); @GIN (I31); @GIN (F6);
 @GIN (Q32); @GIN (O32); @GIN (S32); @GIN (B32); @GIN (I32);
 @GIN (Q33); @GIN (O33); @GIN (S33); @GIN (B33); @GIN (I33);
 @GIN (Q34); @GIN (O34); @GIN (S34); @GIN (B34); @GIN (I34);
 @GIN (Q35); @GIN (O35); @GIN (S35); @GIN (B35); @GIN (I35);
 @GIN (Q36); @GIN (O36); @GIN (S36); @GIN (B36); @GIN (I36);
 @GIN (Q41); @GIN (O41); @GIN (S41); @GIN (B41); @GIN (I41);
 @GIN (Q42); @GIN (O42); @GIN (S42); @GIN (B42); @GIN (I42);
 @GIN (Q43); @GIN (O43); @GIN (S43); @GIN (B43); @GIN (I43);
 @GIN (Q44); @GIN (O44); @GIN (S44); @GIN (B44); @GIN (I44);
 @GIN (Q45); @GIN (O45); @GIN (S45); @GIN (B45); @GIN (I45);
 @GIN (Q46); @GIN (O46); @GIN (S46); @GIN (B46); @GIN (I46);
 @GIN (Q51); @GIN (O51); @GIN (S51); @GIN (B51); @GIN (I51);
 @GIN (Q52); @GIN (O52); @GIN (S52); @GIN (B52); @GIN (I52);
 @GIN (Q53); @GIN (O53); @GIN (S53); @GIN (B53); @GIN (I53);
 @GIN (Q54); @GIN (O54); @GIN (S54); @GIN (B54); @GIN (I54);
 @GIN (Q55); @GIN (O55); @GIN (S55); @GIN (B55); @GIN (I55);
 @GIN (Q56); @GIN (O56); @GIN (S56); @GIN (B56); @GIN (I56);
 @GIN (Q61); @GIN (O61); @GIN (S61); @GIN (B61); @GIN (I61);
 @GIN (Q62); @GIN (O62); @GIN (S62); @GIN (B62); @GIN (I62);
 @GIN (Q63); @GIN (O63); @GIN (S63); @GIN (B63); @GIN (I63);
 @GIN (Q64); @GIN (O64); @GIN (S64); @GIN (B64); @GIN (I64);
 @GIN (Q65); @GIN (O65); @GIN (S65); @GIN (B65); @GIN (I65);

EK-3. (devam) Bulanık üretim modeli lingo yazımı

@GIN (Q66); @GIN (O66); @GIN (S66); @GIN (B66); @GIN (I66);
 @GIN (B10); @GIN (I10);
 @GIN (B20); @GIN (I20);
 @GIN (B30); @GIN (I30);
 @GIN (B40); @GIN (I40);
 @GIN (B50); @GIN (I50);
 @GIN (B60); @GIN (I60);

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı,adı : ÇETİN, Evren
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 11.1976, Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0(90)533 761 28 65
 Faks :
 e-mail : evrencetin76@yahoo.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yükseklisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013 – Halen	Çok uluslu inşaat şirketi Suudi Arabistan	Planlama – Sözleşmeler – Bütçeleme – Taşeron Hakedişleri – Maliyet Kontrolü Şefi
2011 – 2013	United Turkish Construction Company (Suudi Arabistan)	ARAMCO Engineer – Malzeme planlama Şefi
2005– 2011	Çeşitli Fabrikalar – Türkiye	Üretim planlama mühendisi olarak çeşitli firmalarda çalıştım. Ayrıca ERP sistemlerinin üretim planlama modüllerinin kurulumunu yaptım. Lojistik olarak depoların yönetimi de bana bağlı idi.
2003 – 2005	GAP inşaat – Türkmenistan	Planlama ve lojistik müdürü

2001 – 2003 ZMÇ - Ankara

Teknik ofis mühendisi olarak görev aldım, Ms Project ve excel ile ilerleme, planlama raporları hazırladım.

YabancıDil

İngilizce (Çok İyi), Rusça ve Türkmençe (Orta)

Yayınlar

-

Hobiler

Yüzme, Kitap, Takım oyunları, Bilgisayar

DİZİN

A Abstract–vi,	L Literatür – 6, LINGO, 52,	Ü Üyelik Fonk. – 11 Üçgen üyelik fonk. – 11,
B Bulanık üretim planlama – 2,	M Maliyetlendirme – 3,4,	Y Yamuk üyelik fonk. – 13,
C	N	Z
Ç Çözüm yöntemi – 37,	O	
D	Ö Özet – v,	
E Etik beyan – iv,	P PiecewiseLinear üyelik fonk. – 14, PILP - 42	
F Fabrika uygulaması – 20,	R	
G Gauss üyelik fonk. – 12,	S Simgeler ve kısaltmalar – xi, Saf Tamsayılı Doğrusal Programlama	
H	Ş Şekillerin Listesi – viii,	
I İçindekiler – xiv,	T Teşekkür – vii, Tablolar Listesi – ix,	
K Karar Değişkenleri –2,	U	



GAZİ GELECEKTİR..