

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEDARİK ZİNCİRİNİN BULANIK MANTIK İLE
OPTİMİZASYONU**

**SEÇİL UĞURER BIYIKLI
2501070838**

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. NECDET ÖZÇAKAR**

İSTANBUL – 2016

Yüksek Lisans Tez Onayı
İstanbul Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yüksek Lisans Tez Onayı
Formu
T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN:

Adı ve Soyadı : SEÇİL UĞURER BİYİKLİ Numarası : 2501070838
Anabilim Dalı /
Anasayışık Dalı / Programı : ÖRETIM Danışmanı : PROF.DR NECDET ÖZÇAKAR
Tez Savunma Tarihi : 15.07.2016 Saati : 11.00
Tez Başlığı : TEDARİK ZİNCİRİNİN BULANIK MANTIK İLE OPTİMİZASYONU

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönelmeliliğinin 36. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezini **KABULÜNE** OYBIRI İLE YETERLİ KARAR VERİLMİŞTİR.

Jüri Üyesi	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-PROF.DR NECDET ÖZÇAKAR		KABUL
2-PROF.DR MEHPARE TİMOR		Kabul
3-DOÇ.DR ALİ GÖRENER		KABUL

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-PROF.DR BELİM ZALİM		
2-YRD.DOÇ.DR İBRAHİM ZEKİ AKYURT		

ÖZ

**TEDARİK ZİNCİRİNİN BULANIK MANTIK İLE
OPTİMİZASYONU**

SEÇİL UĞURER BIYIKLI

“Tedarik zincirinin bulanık mantık ile optimizasyonu” isimli bu çalışmada bulanık karar verme metodolojisi incelenmiş ve tedarik zincirinin günlük hayattaki sorunlarının giderilmesi yönünde çalışılmıştır.

Bu kapsamda Peidro vd. Tedarik zincirindeki belirsizliklerin bulanık optimizasyonu konulu çalışmalarının kurdukları model kullanılarak değerlendirmeler yapılmış. Tedarik zinciri ve bulanık mantık konuları incelenmiştir. Peidro vd. kullanmış olduğu bulanık doğrusal programlama yöntemi Matlab® programı yardımı ile model çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri; Tedarik zinciri yönetimi; Bulanık sayılar; Bulanık mantık; Optimizasyon

ABSTRACT

FUZZY OPTIMIZATION IN SUPPLY CHAIN

SEÇİL UĞURER BIYIKLI

In this thesis called “ Fuzzy optimization in supply chain” , the fuzzy decision making methodology examined and encouraging the supply chain, tried to eliminate conflicts of daily life.

In this context Peidro et al. uncertainties in the supply chain using fuzzy optimization model establish working on evaluations made using the model. Supply chain and fuzzy logic are searched topics. Peidro et al.’s fuzzy linear programming method solved with Matlab[®] program.

Keywords: Supply chain; Supply chain management; Fuzzy sets; Fuzzy Logic; Optimization

ÖNSÖZ

Günümüz gelişen rekabet koşullarında firmalar tek başlarına markalarla ve mağazalarla rekabet edemez duruma gelmişlerdir. Bu ortamı rahatlatmak için tedarik zinciri yaklaşımı ön plana çıkmıştır.

Tedarik zincirinin yapısından kaynaklı bir çok belirsizlik barındırmaktadır. Ve bu belirsizliklerin giderilebilmesi için bir çok çalışma yapılmaktadır. Son yıllarda çok büyük hız kazanan bulanık mantık yaklaşımı bunlardan birisidir. Zadeh'in 1965 yılında ortaya attığı bulanık mantık yaklaşımı insan kaynaklı bir çok belirsizliğin giderilmesinde kullanılabilmekte ve bilgisayarların insan gibi düşünebilmesi için zemin hazırlamaktadır.

İnsan doğası gereği birçok değeri tam olarak belirtemez. Bunun yerine yaklaşık olarak değerler verir. Bulanık mantığın amacı ise bu yaklaşık değerleri kullanarak kesin sonuçlar elde etmektir.

Tedarik zincirinde oluşan bilgi eksiklerini giderebilmek için bulanık mantık yöntemi kullanılarak hazırlanan model ile tedarik zincirinin bulanık optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Tezin konusunun seçiminde ve hazırlanmasında gösterdiği kolaylık için sayın hocam Prof.Dr. Necdet Özçakar'a ve tüm desteği ve yardımları için Prof. Dr. Mehpare Timor hocama teşekkür ederim.

Tezi hazırlamamda en büyük desteği gördüğüm aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SEMBOLLER LİSTESİ.....	x
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ TEDARİKÇİ İLİŞKİLERİNİN YÖNETİMİ ...	8
1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE PERFORMANSI	11
1.3. TEDARİK ZİNCİRİNDE PLANLAMA	15
1.4. TEDARİK ZİNCİRİNDE BELİRSİZLİKLER.....	17
1.5. TEDARİK ZİNCİRİ STOK YÖNETİMİ	19
1.5.1. TEDARİKÇİ SEÇİMİ :	19
1.5.2. ULAŞIM PLANLAMA :	20
1.5.3. ÜRETİM-DAĞITIM PLANLAMA :	20
1.5.4. TEDARİK- ÜRETİM-DAĞITIM PLANLAMA :	21
1.6. TEDARİK ZİNCİRİNDE KULLANILAN MODELLEMELER.....	21
1.7. TEDARİK ZİNCİRİ MODELLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	22
1.7.2. STOKASTİK/OLASILIKLI MODELLER	24
1.7.3. BULANIK/OLABİLİRLİKLİ(POSSİBİLİSTİC) MODELLER.....	25
1.7.4. SİMÜLASYON TABANLI MODELLER	26
1.7.5. MELEZ (HYBRİD) MODELLER.....	27
1.7.6. BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ (BT) TABANLI MODELLER	28

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK MANTIK

2.1. BULANIK MANTIK TARİHÇESİ.....	30
2.2. SÖZEL DEĞİŞKENLER.....	34
2.3. BULANIK SAYILARDA ARİTMETİK İŞLEMLER	35
2.3.1. ÜÇGENSEL BULANIK SAYILARDA ARİTMETİK İŞLEMLERİN ÖZELLİKLERİ.....	36

2.4.	BULANIK KÜME TEORİSİ.....	36
2.5.	BULANIK KÜMELERDE İŞLEM.....	39
2.6.	BULANIK KÜMENİN A KESİMİ (THE A –CUT OF A FUZZY SET).....	40
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM		
DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA		
3.1.	BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	42
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		
PROBLEMİN TANIMLANMASI		
4.1.	BULANIK MODEL FORMÜLASYONU	44
4.2.	BULANIK KARMA TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA FORMÜLASYONU (FUZZY MIX INTEGER LINEAR PROGRAMMING/FMILP) ...	44
4.2.1.	BULANIK TAKTİKSEL PLANLAMANIN ÇÖZÜMÜ	52
BEŞİNCİ BÖLÜM		
UYGULAMA		
5.1.	UYGULAMADA KULLANILAN PROGRAM VE ÖZELLİKLERİ.....	63
5.1.1.	BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ (FUZZY INFERENCE SYSTEM /FIS)	64
5.1.2.	BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE MODELİN ÇÖZÜMÜ	67
SONUÇ		77
KAYNAKÇA.....		78

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 : Tedarik zinciri evi	4
Şekil 2 : Tedarik zinciri çeşitleri	6
Şekil 3 : Tedarik zinciri yönetim çemberi.....	7
Şekil 4 : Tedarik zinciri prosesi	8
Şekil 5 : Tedarik zinciri planlama döngüsü.....	16
Şekil 6: Tedarik zinciri planlama	17
Şekil 7 : Basitleştirilmiş dağıtım modeli	22
Şekil 8: Planlama düzeyi ile model özellikleri arasındaki ilişki	24
Şekil 9: Simülasyon modelleme örneği	26
Şekil 10: Seri Tedarik Zinciri	27
Şekil 11: Bulanık mantık işlem süreci	32
Şekil 12 : Bulanık küme örnekleri	38
Şekil 13: Denklemeye göre üçgen bulanık sayı.....	56
Şekil 14: FIS Editor Model seçim ekran görüntüsü.....	64
Şekil 15: Adım 1 Girdi üyelik fonksiyonlarının sisteme tanıtılması.....	66
Şekil 16 : Fuzzy Logic Toolbox Girdi/Çıktı değişkenlerinin işlenmesi	68
Şekil 17: Kuralların belirlendiği ekrandan görüntü	69
Şekil 18: Belirlenen kurallardan örnekler	69
Şekil 19 : Kurallara bağlı olarak oluşturulan sonuç ekranı	70
Şekil 20 : Girdi değişkenlerinin değiştirilmesi ile oluşan sonuç ekranı.....	70
Şekil 21: Üretim girdisi ile Üretim maliyeti değişim grafiği	74
Şekil 22: Taşıma miktarı ve Gelen/Giden Sevkiyat miktarı ile Taşıma maliyeti değişim grafiği	75
Şekil 23: Üretim miktarı ve karşılanmayan talebin karşılanmayan talep maliyeti değişim grafiği	76

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1 : Tedarik zinciri İçerik Matrisi	14
Tablo 2: Gerçek tablosu	39
Tablo 3: Genellenmiş operatörler	39
Tablo 4: Ve, Veya ve Değil operatörlerinin örnekle gösterimi.....	40
Tablo 5: Modelde kullanılan bulanık parametreler	51
Tablo 6: Girdi değişkenlerinin bulanık değişkenler tablosu	67
Tablo 7 : Çıktı değişkenlerinin bulanık değişkenler tablosu.....	68
Tablo 8: FIS uygulamasında alınan potansiyel değerlere karşılık gelen maliyet değerleri (Düşük)	71
Tablo 9: FIS uygulamasında alınan potansiyel değerlere karşılık gelen maliyet değerleri (Orta).....	72
Tablo 10: FIS uygulamasında alınan potansiyel değerlere karşılık gelen maliyet değerleri (Yüksek).....	72

SEMBOLLER LİSTESİ

İndeks Kümesi

T	Planlama periyodu ($t=1,2,\dots,T$)
I	Ürün grubu(hammadde, yarımamül, bitmiş ürün) ($i=1,2,\dots,I$)
N	SC Nodları ($n=1,2,\dots,N$)
J	Üretim kaynakları ($j=1,2,\dots,J$)
L	Dağıtım ($l=1,2,\dots,L$)
P	BOM'daki ürün ailesi ($p=1,2,\dots,P$)
O	Dağıtımdaki başlangıç nodları ($o=1,2,\dots,O$)
D	Dağıtımdaki hedef nodları ($d=1,2,\dots,D$)

Amaç fonksiyonu maliyet değişkenleri

$V\tilde{P}C_{inj t}$	Her bir birim ürün için üretim maliyeti değişkenleri i ve j 'de n 'den t 'ye kadar
$O\tilde{T}C_{nj t}$	Fazla mesai maliyeti j ve n 'den t 'ye kadar
$U\tilde{T}C_{nj t}$	Boş geçen zaman maliyeti j ve n 'den t 'ye kadar
RMC_{int}	Hammadde fiyatı i ve n 'den t 'ye kadar
$T\tilde{C}_{odlt}$	Ulaşım maliyeti t de l, o 'dan d 'ye kadar
$I\tilde{C}_{int}$	Elde bulundurma maliyeti i için t 'de n
$D\tilde{B}C_{int}$	Karşılanmayan talep maliyeti i için t 'de n

Genel Bilgiler

B_{pint}	t 'de n 'den p için bir birim ürün üretim miktarı
$MP\tilde{R}C_{nt}$	t 'de n 'den maksimum tedarikçiden satın alma kapasitesi
\tilde{D}_{int}	t 'de n 'den i için üretim ihtiyacı
$M\tilde{O}T_{nj t}$	t 'de n 'den j için fazla mesai kapasitesi
$M\tilde{P}C_{nj t}$	t 'de n 'den j için üretim kapasitesi
IO_{in}	0 periyottan n 'ye kadar i için stok miktarı
$PR_{inj t}$	t 'de n 'den j 'ye kadar i 'deki üretim

MPR_{injt}	t 'de n 'den j 'ye kadar i 'deki minimum üretim
DBO_{int}	0 periyottan n 'ye kadar i için karşılanmayan ihtiyaç
SRO_{iodlt}	0 periyot başlangıcından l 'ye kadar o 'dan d 'ye yüklemeler
$SIPO_{iodl}$	0 periyot başlangıcından l 'ye kadar o 'dan i 'ye süren yüklemeler
$P\tilde{T}_{injt}$	t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresi
$T\tilde{L}T_{odlt}$	o dan t ye taşıma yükleme süresi
V_{it}	i ürünü için fiziksel hacim
$M\tilde{T}C_{nt}$	Maksimum taşıma kapasitesi
$M\tilde{I}C_{nt}$	Maksimum stok kapasitesi
χ_{odlt}^1	0-1 fonksiyonu. $T\tilde{L}T_{odlt} > 0$ ise 1 değil ise 0 olur.
χ_{odlt}^2	0-1 fonksiyonu. $T\tilde{L}T_{odlt}=0$ ise 1 değil ise 0 olur.
Karar değişkenleri	
P_{injt}	J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı.
k_{injt}	j de i üretmek için gerekli üretim süreci sayısı
S_{int}	i ürünü için tedarik
DB_{int}	i için karşılanmayan talep $t/DBC_{int} > 0$
TQ_{iodlt}	o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$
SR_{iodlt}	d 'den o 'ya kabul edilen sevkiyat $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$ periyot başlangıcında
SIP_{iodlt}	o 'dan d ye devam eden sevkiyat $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0, TLT_{odlt} > 0$ periyot başlangıcında
$F\tilde{T}L\tilde{T}_{iodlt}$	o 'dan d 'ye taşıma yükleme süresi (sadece bulanık modelde)
I_{int}	i ürün için t periyot sonunda stok miktarı
PQ_{int}	i ürün için satınalma miktarı $t/RMC_{int} > 0$
OT_{njt}	j tezgahı için fazla mesai
UT_{njt}	j tezgahı için boş geçen zaman
YP_{injt}	j de bir birim i üretildiği gösteren ikili değişken

GİRİŞ

Günümüz koşullarında zorlaşan rekabet şartlarına işletmelerin kendilerini rakip firmalardan öne çıkarmak için tasarım, tedarik, üretim, pazarlama ve lojistik gibi işletme faaliyetlerini verimli bir şekilde yönetmeleri gerekmektedir. Tedarik Zinciri Yönetimi, işletmelerde kullanılan hammaddeden, üretime, ürünlerin nihai müşterilere ulaştırılmasına kadar tedarikçilerden üreticilere aracı işletmelerden müşterilere kadar bütün aşamalarda malzeme, ürün, bilgi ve finansal bilgi akışının etkin olarak yönetilmesini sağlayan sistemdir. Bu sayede tedarik zincirinde bulunan bütün işletmelerin verimliliğinin ve karlılığının artırılmasında tedarik zinciri yönetimi etkin bir rol almaktadır.

Globalleşen dünyada işletmeler artan rekabet koşullarında müşteri beklentilerini, tedarik zinciri üzerinde oluşan stok maliyetlerini düşürmeye ve müşteri memnuniyetini artırmaya yönelmişlerdir. Bu durum stokların azaltılarak, üretim ve dağıtım süreçlerinin birbirleriyle daha sıkı bir ilişki içinde olma zorunluluğunu doğurmuştur. Bu nedenle maliyetleri azaltmak ve müşteri memnuniyetini artırmak için tedarik zincirinde bulunan satın alma, üretim, dağıtım, satış gibi faaliyetlerin tedarik zinciri yönetimi gibi bir oluşumda optimize edilmesi gerekmektedir.

Birçok alt sistemin birleşmesinden oluşan tedarik zinciri, gerek bütünleşik yapısı gerekse içinde barındırdığı insan faktörü nedeniyle çok sayıda belirsizlik içermektedir. Bir tedarik zinciri boyunca, tesadüfi olaylar, verilen kararlardaki öznel istek düzeyleri, veri eksikliği, mevcut verilerin kesin olmaması gibi çeşitli belirsizlik kaynakları ve türleri söz konusudur.

Zadeh tarafından 1965'te ortaya atılmasının ardından yöneylem araştırması, yönetim bilimi ve yapay zekâ gibi farklı disiplinlerde geniş uygulama alanı bulan bulanık küme teorisi, gerçek hayatta karşılaşılan belirsizlikleri tanımlamak ve modellemede hesaba katmak için kullanılabilir uygun ve yararlı bir araçtır. (Liang,2007). Özellikle tutulan verilerin eksik olması, kesinliğinin tartışılır olması ya da hiç kaydedilmiş veri bulunmaması gibi sebeplerden dolayı standart olasılıklı mantığa dayalı yöntemlerin kullanılmasının uygun olmadığı durumlarda bulanık yaklaşımlar etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Nitekim tedarik zincirlerinin modellenmesinde

bulanık matematiksel modelleri kullanarak çözüm arayan araştırmacıların sayısı son on yılda giderek artmıştır.

Yapılan alışmalar doğrultusunda tedarik zincirinde oluşan belirsizliklerin nedenleri şöyle açıklanmıştır; tedarikçi kaynaklı belirsizlikler, müşteri kaynaklı belirsizlikler ve üretim kaynaklı belirsizlikler olduğu ortaya konmuştur. Bu belirsizliklerin giderilmesinde bir çok araştırmacı bulanık mantık kullanmıştır. Belirsizliklerin bulanık mantık ile ifade edilmesi ve özömlenmesi diğer yöntemlere göre daha kolay olmuştur. En çok üzerinde durulan belirsizlik ise müşteri kaynaklı yani ihtiyacın belirsiz olması üzerine yoğunlaşmıştır. Tedarik zincirinin yapısından kaynaklı olarak her bir tedarik zincir modölu bir sonraki modölu müşterisi olmaktadır. Bu nedenle ihtiyacın belirsiz olması bütün tedarik zincirini etkilemektedir.

Bulanık mantık ile sözlü olarak belirtilen belirsizlikler sayısal olarak özömlenmektedir. Bulanık mantık problemleri farklı modellerle birleştirilerek kullanılmaktadır. Bu modellerden birisi de Doğrusal programlama modelidir. Doğrusal programlama modeline bulanıklık (fuzzy) kavramının dahil edilmesi ile bulanık doğrusal programlama modeli ortaya çıkmıştır. Bulanık doğrusal programlama ile giriş parametreleri bulanık olan fakat doğrusal fonksiyonlar kullanılarak modellenmektedir. Bulanık doğrusal programlama ile problemlerin daha hızlı ve kolay bir şekilde özömlenmesine ve karar vericinin taleplerini daha esnek bir şekilde belirtmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmada tedarik zincirinde bulunan belirsizliklerin bulanık doğrusal programlama ile giderilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu bağlamda tedarik zinciri yönetimi ve buna bağlı olarak modellenmesi, planlanması ve belirsizlikleri ikinci bölümde incelenmiştir. Üçüncü bölümde bulanık sayılar, kümeler ve doğrusal programlama konularına değinilmiştir. Dördüncü bölümde ise uygulanacak modelin formölasyonu ortaya konmuş olup beşinci bölümde Matlab programı ile örnek uygulama çözümü gerçekleştirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tedarik zinciri yönetimi anlayışı 1982 yılında ortaya çıktığından beri hem akademik çevrelerde hem de endüstriyel olarak büyük ilgi görmüştür.

Handfield ve Nichols'a göre tedarik zinciri hammaddeden nihai müşteriye kadar ürünlerin akışı ve dönüşümü ile bilgi akışının bir bütünüdür. (Handfield ve Nichols, 1999; alıntıyı yapan Lambert ve Cooper,2000).

Tedarik zinciri yönetiminin Global tedarik zinciri forumu tarafından tanımı şöyledir:

“Tedarik zinciri yönetimi son kullanıcıdan hammadde tedarikçisinin üretim, servis ve bilgi akışını sağlayan, müşteriye ve diğer paydaşlara değer katan kilit işletmelerin entegrasyonudur. Modern işletme yönetiminin en önemli dönüşümü bireysel işletmelerin bağımsız kuruluşlar olarak rekabet etmemesidir fakat tedarik zinciri olarak rekabet eder. Marka markaya yada mağaza mağazaya rekabet yerine, tedarik zinciri tedarik zinciriyle rekabet eder.” (Lambert ve Cooper, 2000)

Cristopherin 1998 de yazdığı makalede tedarik zinciri aşağı ve yukarı doğru bağlantılarla birbirine bağlı farklı prosesler ve aktivitelerden oluşan bir ağdır. Bu ağın en önemli özelliği müşteri memnuniyetini en yüksek seviyeye getirmektir. (Christopher,1998; alıntıyı yapan Stadtler, 2004)

Tedarik zinciri yönetimi tedarik zincirindeki organizasyonel birimlerin entegrasyonu ve malzeme, bilgi ve finansal akışı, müşteri ihtiyaçları doğrultusunda koordine eden, bütün tedarik zinciriyle rekabet edebilmeyi hedefler. Bu tanım en iyi Tedarik zinciri eviyle tanımlanabilir.

Şekil 1 : Tedarik zinciri evi

(Stadtler, 2004)



Bütün tedarik zincirlerinin ana amacı oluşan toplam değeri maksimum seviyeye getirmektir. Tedarik zincirinin yarattığı değer nihai ürünün müşteri için değeri ile bu ürün için işletmenin harcadığı çaba arasında oluşan farktır. Tedarik zincirinde oluşan değer ile karlılık arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Karlılık tüm tedarik zincirinde oluşan maliyetlerin toplamının elde edilen gelirden çıkarılması ile bulunan değerdir.

Tedarik zinciri coğrafik olarak düzenlenmiş bir ağ sistemidir. Bu ağ sisteminin içinde tedarikçi, fabrikalar, depolar ve dağıtım merkezleri bulunur. Yani hammaddeden, yarı mamule ve bitmiş ürünün üretim, dağıtım, depolama ve satışını içerir. Tedarik zincirinde ilk halka tedarikçi ise son halka müşteridir.

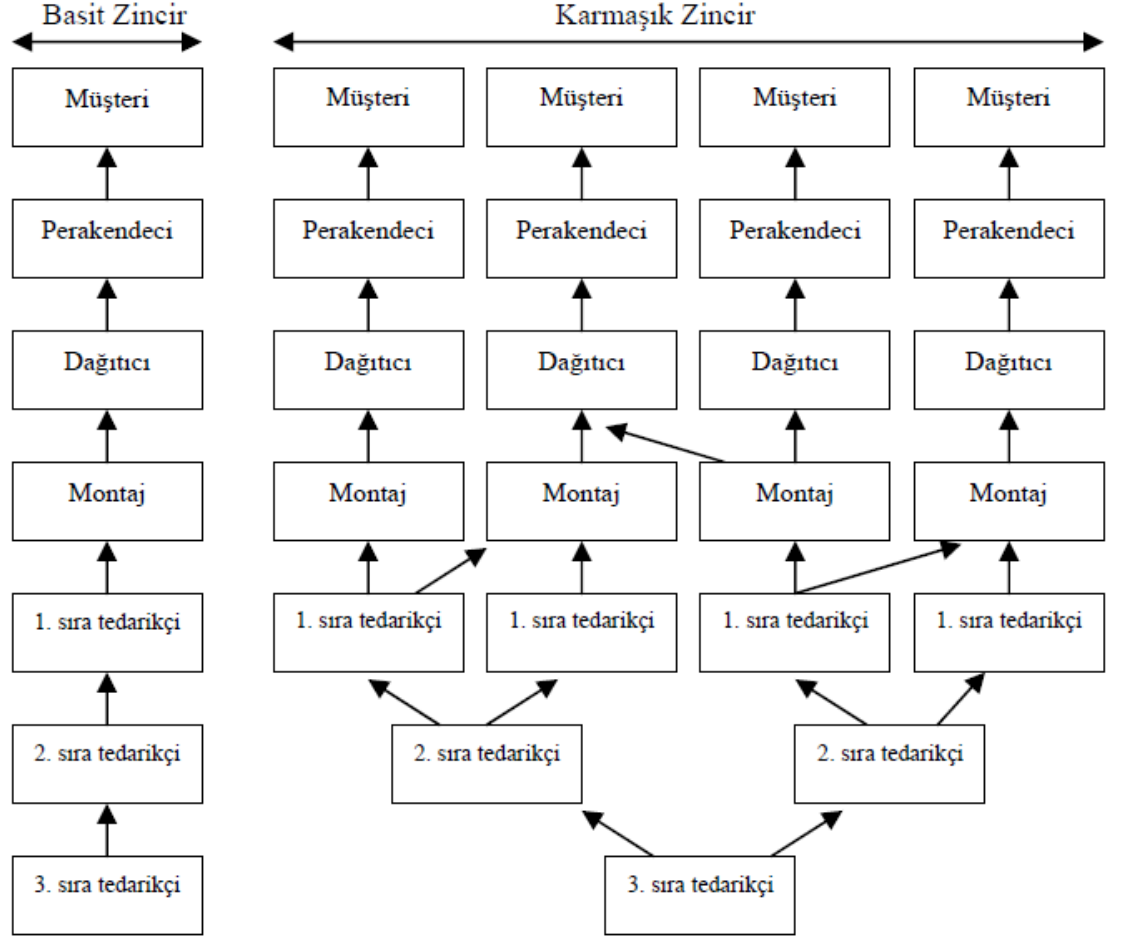
Tedarik zincirinin en önemli sorununda farklı fiziksel ürünlerin, bilginin ve finansal verilerin aktarımını kontrol etmektir. Bu durum yöneticiler ve araştırmacılar için büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu sorunu en iyi şekilde kontrol etmek tedarik zincirinin yönetimini daha etkin ve verimli hale getirmektedir. (Villa,2001)

Tedarik zinciri yönetiminin daha etkin ve verimli hale getirilmesi endüstriyel seviyede daha etkin yönetim mantığı ve teknik desteği gerektirmektedir. Tüm bu desteğin başlangıç noktası ürün dizaynından başlayarak, üretim sürecini, ürünün tedarikçilerden temin edilip üçüncü parti lojistiğe ve dağıtım kanallarına dağıtımında koordinasyonun sağlanması aşamalarında kullanılmaktadır. (Villa,2001)

Tedarik zincirinin en önemli özelliği doğru miktarda ürünün doğru zamanda doğru yerde olmasıdır. Eğer ürünler üreticiden direkt müşteriye ulaştırılıyorsa tek kademe model, tedarikçi ile müşteri arasında farklı kademeler var ise çoklu kademe modeli denir. Çoklu kademe modeli şekildedir.(Xu ve arkadaşları, 2009)

Şekil 2 : Tedarik zinciri çeşitleri

(Vergara vd., 2002)



Tedarik zinciri yönetimi tek bir firmanın farklı departmanları aracılığıyla gerçekleştirilebilirken, her aşaması outsourcing hizmeti ile farklı firmalara yaptırılarak kontrolü tek bir firma ile de gerçekleştirilebilmektedir. Bu kontrol firmalar arasında hızlı iletişim sağlanabilmesi için B2B (İşletmeden işletmeye-Business to Business) sistemleri ile gerçekleştirilir. Bu sistemler ile firma tedarikçisi, lojistik firmaları veya dağıtıcıları ile anında iletişime girerek hızlı ve etkin bir şekilde sistem kontrolü sağlanabilmektedir.

Şekil 3 : Tedarik zinciri yönetim çemberi

(<http://www.chainconveyordesign.net/chain-management/>)



Tedarik zinciri yönetimi bir çok alt sistemden oluşur ve herbirinin yönetimi ve planlaması ayrı ayrı yapılmaktadır. Şekil 3'de görüldüğü üzere tedarik zinciri yönetimi merkezde olmak üzere tedarik zincirinin planlanması ile başlayan döngü tedarik zincirinin işletme uygulamalarının seçimi ve aktiflerin yönetimi ile devam eder. Bu aşamadan sonra tedarik süreci ve ürün ömrü çemberinin yönetimi ve lojistik süreçleri ile çember tamamlanır.

Tedarik zinciri yönetimi 3 alt sistemden oluşur. Tedarik, üretim ve dağıtım alt sistemleri. Bu alt sistemler kendi aralarında bağlantılıdır. Bir sistemde alınan karar diğer sistemleri dolayısıyla tedarik zincirinin performansını etkiler.

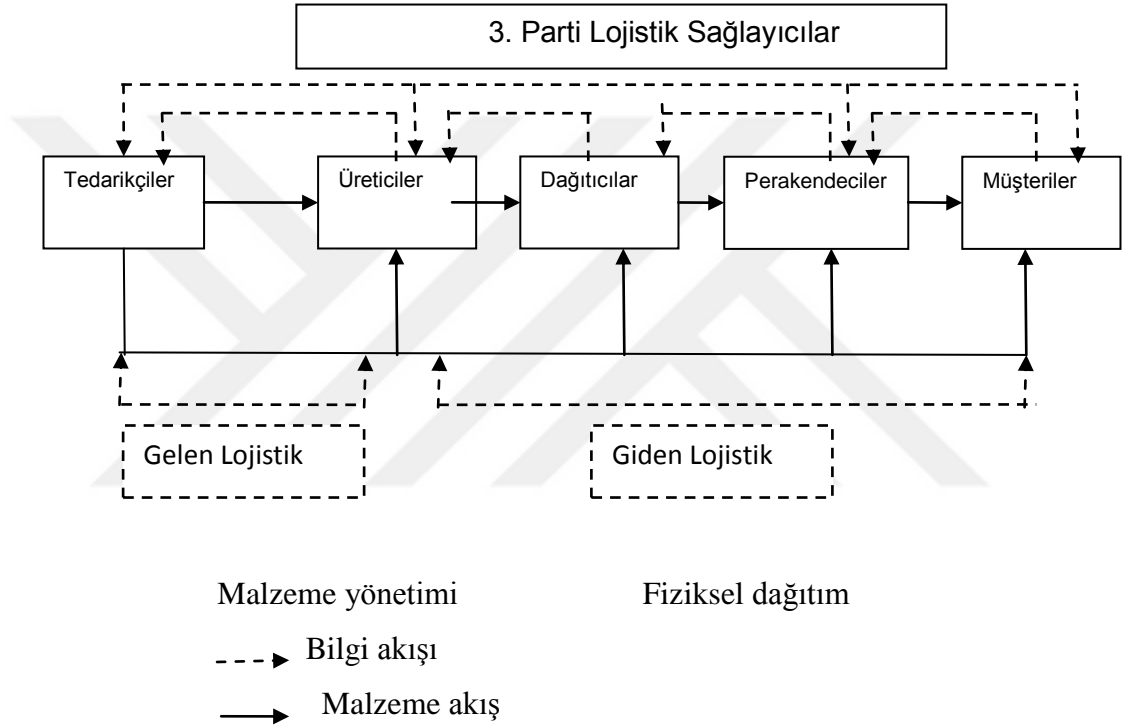
Tedarik zinciri yönetiminin 4 adet kullanım şekli bulunur;

1. İç Tedarik Zinciri şirket içinde malzeme ve bilgi akışının inbound'dan outbound'da doğru olarak
2. Yönetim ikili veya 2. Parti tedarikçiler ile ilişkilerin orta seviyede olduğu;

3. Tedarik Zinciri yönetimi tedarikçi, tedarikçinin tedarikçisi, müşteri ve müşterinin müşterisi şeklinde devam eden;
4. Tedarik Zinciri yönetimi, bir ağ şeklinde birbirine bağlı işletmelerden oluşan nihai ürün ve hizmetlerin sunulduğu. (Harland, 1996)

Şekil 4 : Tedarik zinciri prosesi

(Min. ve Zhou, 2002)



1.1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ TEDARİKÇİ İLİŞKİLERİNİN YÖNETİMİ

Tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi ilişkileri yönetimi önemli noktalardan biridir. Üretim için gerekli olan malzemenin tedarikçiden doğru zamanda ve doğru miktarda gelmesi üretim ayağının hızlı ve etkin bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır. Bu nedenle tedarik zinciri yönetimi iş trendleri açısından ele alındığında aşağıda belirtilen iş trendleri ortaya çıkmaktadır.

1. Dikey dağılımlı
2. Tedarikçi sayısının azaltılmasına dayanan
3. Operasyonlara odaklanarak
4. Dış kaynak kullanımı
5. Tam zamanında ortaklıklar
6. Ortaklık ve ortaklık kaynaklarının artırılması (Harland,1996)

I. Dikey dağılımlı;

Bir aralık çerçevesinde endüstriler dikey eğilimli olarak düşünülmüştür. Dikey dağılım için gösterilen nedenlerden biri, entegre işletmelerin uygunsuz teknoloji kullanarak risklerle yüzyüze gelmeleridir. Bu teknolojileri kullanarak firmanın kendi içindeki esnekliğinin azaldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte şirketler başka iş kollarındaki tedarikçi ve piyasa koşullarında bu teknolojilerin daha uygun olduğu öngörülmüştür. Dikey dağılım entegrasyon kolay olmayabilir fakat mevcut durumdan daha iyi sonuçlar vermiştir.

II. Tedarikçi sayısının azaltılması;

Tedarikçi hareketlerinin çoklu tedarikçi anlayışında olması tekli veya çoklu tedarikçi kullanımını sağlar. Birçok büyük firma Örneğin 3000 tedarikçiden 200 tedarikçi sayısına düşmüştür. Kalan tedarikçiler ile daha iyi ilişkiler geliştirilmektedir.

III. Operasyonlara odaklanma;

Operasyonlara odaklanma limitli, yönetilebilir görevlere odaklanma ile sağlanır. Odaklanma farklı seviyelerde yapılabilir, fabrikada, fabrika içinde hücreler gibi. Fabrikaya odaklanıldığında her fabrika farklı ürün ve piyasaya, proseslere, hacimlere veya sipariş hacimlerine odaklanma kriterlerine sahip olur. Bu durum Tedarik Zincirinin dikey dağılımına örnektir.

IV. Dış kaynak kullanımı;

Dış kaynak kullanımı ana faaliyetler dışında kalan proseslerin yemek, tedarik, emlak, hukuk, lojistik, insan kaynakları ve bilgi sistemlerinin dışarıdan uzmanlık alanı olan firmalara devredilmesi işidir.

Burada önemli olan hangi proseslerin ana faaliyet olduğuna karar verilmesidir. Operasyonlara odaklanma ile dış kaynak kullanımı arasında benzerlikler vardır. Operasyonlara odaklanmada ise odaklanılan ana faaliyetlerdir geri kalan bütün faaliyetler dış kaynak kullanımına devredilir.

V. Tam zamanında;

Tam zamanında boş ihtiyaçların elemine edilerek doğru miktarda ürünün doğru zamanda doğru yerde olması prensibine göre işler.

VI. İş ortaklığı ve iş ortaklığı kaynakları;

İş ortaklığı ilişkileri artık eşit olarak tanımlanamamaktadır. Son zamanlarda iş ortaklıklarına ilgi artmaktadır. “Kazan-Kazan” anlayışı işletmelere cazip gelmektedir. Ancak, tüm ilişkiler ortaklık çerçevesinde olmak zorunda değildir. Bütün işletmelerde bu ortaklık yapısı bazı durumlarda işletmelere uymayabilir.

Ağlar ve zincirler kurmak tedarik zinciri yönetiminin yapı taşlarıdır. Fakat iki halka bir zincir oluşturmayacağından zincirin şirket içindeki kısmı devreye girer.

Yapılan araştırmalarda tedarik zincirinin dinamiklerini kaynağa yakın işletmeler ve kaynaktan uzak işletmeler oluşturmaktadır. Dinamiklerin hareketlerini lojistik bilgiler olan siparişler, tahminler, iş hacimleri ve zamanlama etkilemiştir.

Tedarik zincirinde ilişkileri oluşturanlar insanlar, objeler veya olaylardır. Bu kümelere ağ içinde aktörler denmektedir. (Mitchell,1969; alıntıyı yapan Harland,1996)

Christopher (1992; alıntıyı yapan Giannoccaro vd., 2003)'de tedarik zinciri yönetimini “Organizasyon ağında, yukarı ve aşağı bağlantılar bulunur, bunlar farklı üretim değerlerinde prosesler ve aktiviteler üretir ve üretilen hizmetlerin her biri farklı müşteriye sahiptir. Örneğin, t-shirt üreticisinin Tedarik Zincirinin bir bölümünde yukarı doğru kumaş üreticisinden iplik üreticisine ve aşağıya doğru dağıtıcılar ve nihai müşteriye doğrudur.”

1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE PERFORMANSI

Tedarik zinciri yönetiminin performansının belli kriterler ile daha kapsamlı incelenmesi tedarik zincirinin yönetiminin daha etkin ve verimli olmasını sağlamaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin performansı aşağıdaki kriterlere göre incelenmektedir.

Bunlar;

1. Ağ Performansı
2. Zincir Performansı
3. İlişki Performansı

1. Ağ Performansı

Easton ve Quayle (1990)'in araştırması tek kaynaklı ve çok kaynaklı ağların performansındaki farkları incelemiştir. Tek kaynaklı ağlar değişime karşı daha katı ve güçlüdür. Aynı zamanda tek kaynakta gizliliği korumak daha kolaydır. Bunun yanında çoklu kaynakların avantajları arasında değişikliklere adapte olmak ve büyük ölçekli değişiklikleri yapmak daha kolaydır.

Puto vd. (1985) çoklu kaynak kullanımının firmalar için daha önemli bir strateji olduğunu savunmuştur. Çoklu kaynak kullanımı firmalarda satınalmada oluşan belirsizliklerin oranını da düşürür.

2. Zincir Performansı

Zincir performansı endüstriyel dinamikler ve lojistik konuları ele alınarak incelenmiştir.

Endüstriyel dinamikler ile ilgili yapılan araştırmalarda ihtiyaç bilgisi, zaman ve hacim tedarik zincirinde yukarıya çıkıldıkça giderek bozulur. Bu bozulma ile sipariş zamanlarında gecikmeler, bilgi ve gereksinimlerde aksamalar, emniyet stok değişimler, iletişim problemleri ve hatalı tahmin yapılmasına neden olur.

Zincir performansında lojistik konusundaki araştırmalar ise öncelikle hızı ve maliyeti iyileştirme yönünde yapılmıştır. Hızdaki ve maliyetteki iyileştirmeler fiziksel tedarik zinciriyle alakalı olabildiği gibi hangi malzemenin çevrimine ve bitmiş ürünlerin nihai müşteriye akışına veya zincirdeki sipariş ve ihtiyaçların iletimine bağlıdır.

Zincir performansında asıl önemli nokta müşteri memnuniyetidir. Müşteri memnuniyeti ise teslimatın güvenilir olması, piyasadaki maliyet/fiyat rekabeti ve zamanında teslim performansına bağlıdır.

3. İlişki performansı

Mevcut satınalmanın performans ölçüm ve kontrolü için ilişkiler önem taşımaktadır. Çünkü iletişim tedarikçiler arasındaki bağımlılığı artırmaktadır.

Satınalma performans ölçümü sat-al ilişkisine dayalıdır. Bunun yanısıra bir çok performans ölçüm sistemi pratikte 3 nedenden dolayı başarısız olmaktadır. İlki çoğunlukla sabit, objektif olmayan önlemler ile yeteneği ve performansın etkilenmesidir.

İkincisi, ölçüm sistemleri genellikle yarı örgüt ilişkisi yerine satınalma organizasyonuna göre tasarlanmıştır.

Üçüncü neden ise ölçüm sistemlerinin tedarikçilere güç kullanarak empoze edilmesidir. Bu üç başarısızlığın ortak kaderi ilkeleri ve uzun vadeli ilişkilerinin olmamasıdır. Bu nedenle yeni performans ölçümleri için uzun vadeli ilişkileri destekleyen ölçüm formları oluşturulmalıdır.

Pazarlama ve hizmet yönetimi temel olarak alındığında müşterinin yüzdesi ilişkide daha kritik noktadadır. Beklentiler ile arasındaki bağ, performansın

yüzdesi ve memnuniyet/memnuniyetsizlik ilişkisidir. Ancak bir ilişkinin tarafları birbirlerinin eylemlerini yanlış anlayabilirler.

Tedarik zincirine genel olarak bakıldığında fiziksel, fonksiyonel ve yasal kısıtlamalar firmalar için mevcuttur. Bu problem tedarik zincirinin tek fonksiyona veya firmanın tek bir bölümünü analiz etmeye konsantre olmasıdır bu problemin çözümü daha interaktif ve bağımsız fonksiyonlara, gruplara ve organizasyonlara yoğunlaşmaktır. (Giannakis ve Croom,2004)



Tablo 1 : Tedarik zinciri İçerik Matrisi

(Croom vd. ,2000)

Aşağıda bulunan tablo ile hangi tedarik zinciri yönetimi anlayışının benimsenebileceğinin haritası çıkarılmıştır.

ANALİZ SEVİYESİ	DEĞİŞİM BEKLENEN ELEMANLAR				
	AKTİFLER	İNFORMASYON	BİLGİ	İLİŞKİLER	
DYADİC	Tedarikçi-Üretici	Aktiflere ait hareket maliyeti dağıtım rutları optimizasyonu Değişim teknolojisi İK tekrar tasarlanması Organizasyon teşviki	Bilgi teknolojilerine dayanmak. Akış analiz gereçleri İnterplant planlama ve lojistik entegrasyonu (EDI)	Ortak dizayn Misafir Mühendis İK gelişimi	Outsource/Alt yüklenici Güven/güç/Bağlılık Tedarikçi gelişimi İşlem Maliyeti yaklaşımı
	Üretici-Dağıtıcı	Dağıtım kanallarının tekrar dizaynı Lokasyonların özellikleri Dağıtım rutlarının optimizasyonu	Bilgi teknolojilerine destek İnterplant planlama ve lojistik entegrasyonu (EDI) İletişim Prosesleri	Üretim Takımları	Lojistik ortaklar/Lojistik servis sağlayıcılar Güven/güç/Bağlılık Outsource/Alt yüklenici
ZİNCİR	Tedarikçi-Üretici-Dağıtıcı	Hızlı cevap ECR vs. (Efficient Consumer Response) Endüstriyel dinamikler Ters tedarik zinciri yönetimi Toplam mülkiyet maliyeti Sistem analiz değeri	Endüstriyel dinamik yaklaşımı Bilgi teknolojilerine destek Yapılandırılmış sistem analizi ve tasarım yönetimi Modellemede bilgi akış İletişim prosesleri	Tedarik zinciri konsepleri	Tedarik zinciri yönetimi için iyi senaryolar Fırsatçılık/Güven/Güç/Bağlılık Zincirde konumlanma Ürün teknolojisinin tedarik zinciri ilişkisine etkisi
	Yukarı doğru	Tedarik ağ kaynakları Dağıtım rutlarının rasyonelasyonu Tedarik ağ yapısı İK organizasyonunun yeniden yapılanması	Bilgi teknolojilerine destek Tedarik ağı iletişim prosesleri İnterplant planlama ve lojistik entegrasyonu	Tedarikçi toplantıları	Kaynak ortaklı Yalın tedarik Kaynak ağı Tedarik tabanlı entegrasyon Güven/Güç/Bağlılık
AĞ	Aşağı doğru	Dağıtım rutları optimizasyonu Dağıtım kanallarının tekrar dizaynı Lokasyon özellikleri Tedarik zinciri yönetiminin dizaynı İş ağı tekrar dizaynı Değer sistem analizi	Bilgi teknolojilerine destek Tedarik ağı iletişim prosesleri İnterplant planlama ve lojistik entegrasyonu		Lojistik ortaklar(lojistik servis sağlayıcılar) Güven/Güç/Bağlılık/Fırsatçılık Outsource/Alt yüklenici
	Tamamı	İş ağı tekrar dizaynı Değer sistem analizi Tedarik zinciri yönetimi dizaynı Endüstriyel dinamiklere yaklaşımı	Bilgi teknolojilerine destek İş ağı yeniden tasarlanması yaklaşımı Tedarik ağı iletişim prosesler		Sistem değer analizi Tedarik ağı ortaklık Güven/Güç/Bağlılık/Fırsatçılık

1.3. TEDARİK ZİNCİRİNDE PLANLAMA

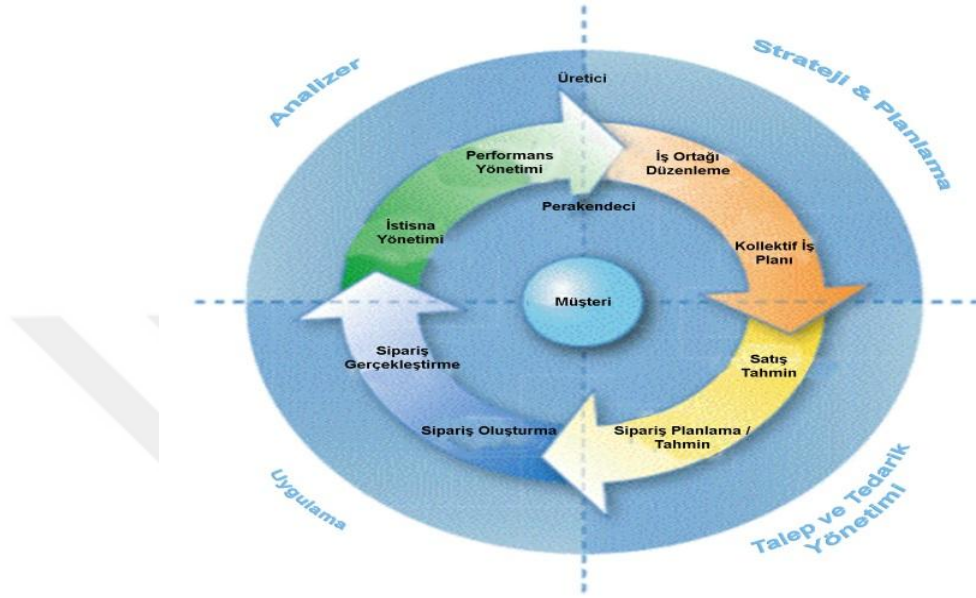
Tedarik zinciri planlama, tedarik zinciri yönetiminde önemli bir problemidir. Tedarik zinciri planlama problemi zaman periyodlarına göre sınıflandırılır. Stratejik, taktiksel ve operasyonel planlama. Stratejik planlama Tedarik zinciri dizaynı ve düzenlemesini uzun zaman aralığında, 5-10 yıl göz önüne alınarak planlar. Taktiksel planlama ise kaynakların optimum kullanımı, bunlar üretici fabrikalar, depolar, tedarikçiler, dağıtım merkezleri, ulaşım vb. kaynakların 1 veya 2 yıllık planlanmasıdır. Operasyonel planlama ise detaylı çizelgeleme, rota çizelgeleme, lot büyüklüğü, yüklemeler, araç çizelgeleme vb. planlamaları kapsar ve süresi bir veya iki haftadır.(Peidro ve ark., 2009)

Birçok şirket üretim ve dağıtım sistemlerini ayrı ayrı optimize etmeye çalışır. Araştırmacılar belirsizliğin Tedarik Zinciri dinamikliği ve birçok kademedeki oluşmasına ve her seviyede belirsizlik oluşturacak bir elemanın bulunmasından kaynaklandığını düşünüyorlar. Bulanıklık müşteri talepleri ve üretim maliyetlerinde meydana gelmektedir.

İki şekilde strateji geliştirilebilir.

1. Üretici ve perakendeci birlikte hareket eder ve entegre bir firma oluşur.
2. Üretici zincirin lideri pozisyonundadır.

Şekil 5 : Tedarik zinciri planlama döngüsü
(<http://www.fashion-writings.com/collaborative-planning-forecasting-replenishment>)



Tedarik zincirinin planlanmasında müşteri odaklı olarak planlama yapıldığında stratejik planlama aşamasında iş ortağı seçilmesi ve bu ilişkilerin düzenlenmesi ve bu ilişkilere bağlı olarak kolektif iş planlarının hazırlanması ile başlanır. Bir sonraki aşama olan talep ve tedarik yönetimi kapsamında satış tahminlerinin gerçekleştirilmesi ve sipariş planlamaların yapılarak tahminlerin yapılması gerçekleştirilir. Bu planlamalara bağlı olarak uygulama aşamasında siparişler oluşturularak bu siparişlere bağlı tedarik ve üretim aşamaları gerçekleştirilir. En son olarak sistemde oluşabilecek aksaklıklara ve beklenmeyen durumlara karşı istisnaların yönetimi gerçekleştirilerek gerek tedarikçilerin gerekse üretim ve dağıtımın performans ölçümleri gerçekleştirilir.

Şekil 6: Tedarik zinciri planlama

(Stadtler, 2004)



Bu araştırmanın konusu taktiksel planlamanın içerisindeki belirsizliklerin bulanık mantık ile optimizasyonudur.

1.4. TEDARİK ZİNCİRİNDE BELİRSİZLİKLER

Günümüzün zorlaşan rekabet koşullarında ve gelişen teknolojisinde tedarik zincirindeki belirsizliklerin minimum düzeye indirilmesi bir zorunluluk haline almıştır. Tedarik zincirindeki belirsizlikler gerçek dünyanın karakterini oluşturmaktadır. Fakat bu belirsizlikler tedarik zincirinin tam olarak doğru işlemesine engel olmaktadır. Tedarik zincirindeki belirsizlikler tedarikçiden müşteriye herkesi etkilemektedir. Tedarik zincirindeki belirsizliklerin en büyük nedeni işleyişin devam edebilmesi için gerekli olan bilginin eksikliğidir. Bu eksiklik yıllardır geçmiş bilgilere dayanarak tahmin yürütülerek giderilmeye çalışılmıştır. Olasılık hesapları yapılmasına rağmen

tam verim sağlanamamış olup geçmiş bilgilerin olmadığı durumlarda sıkıntı yaşanmıştır. Son yıllarda çok fazla kullanılmaya başlayan bulanık mantık bu sıkıntının ortadan kalkmasına neden olmuştur.

Bulanık mantık günümüzde birçok alanda belirsizliklerin giderilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin; çizelgeleme, endüstriyel tasarım, üretim yönetimi vb.

Tedarik zincirindeki belirsizlikler tedarikçi kaynaklı, ihtiyaç bilgisinin eksikliği ve üretimde meydana gelen sorunların hesaplamalara katılamamasından ortaya çıkar.

Tedarikçi kaynaklı belirsizlikler, stok miktarlarının yanlış hesaplanması, tedarikçi firmanın yanlış ürün sevkiyatı yapması, yanlış zamanda geç veya erken sevkiyat yapılması, yanlış fabrikaya yada dağıtım merkezine ürün sevk edilmesi gibi...

İhtiyacın belirsiz olması, piyasa koşullarının dinamik olarak değişmesi, müşterinin karar değiştirmesi veya karar verememesi, isteklerin sürekli değişmesi gibi koşullarda ortaya çıkmaktadır.

Üretimdeki belirsizlik ise üretim hattında meydana gelen sorunlar, makine arızaları, üretim hataları vb.

Belirsizliklerin temelinde yatan en büyük etken insan varlığıdır. İnsan etkeninin her aşamada fazlaca bulunması belirsizliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. İnsan faktörünün hiç bir aşamada tamamen kaldıramadığımız için belirsizliklerin tamamen ortadan kaldırılması söz konusu değildir.

Literatürde bulanık mantık ve olasılık teorisinin kullanılarak tedarik zinciri planlamasında değişik problemler ele alınmıştır.

1.5. TEDARİK ZİNCİRİ STOK YÖNETİMİ

Tedarik zinciri yönetiminde stok yönetimi tedarik zincirinin önemli maliyet oluşturan kalemlerinden biri olduğundan dolayı stok yönetiminin iyi yapılması büyük önem taşır. Stok yönetimi bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Her araştırmacı stok yönetiminde farklı odak noktaları üzerinde çalışmıştır.

Petrovic ve arkadaşları bulanık modelleme ve simulasyon ile tedarik zincirindeki belirsizlik ortamı üzerine çalışmışlardır. Odak noktaları her stok için stok seviyesi ve sipariş miktarının kısıtlı zaman aralığında kabul edilebilir teslimat performansına bağlı toplam maliyettir. Giannoccaro ve arkadaşları stok yönetimi politikası üzerine metodoloji tanımlamış ve kademeli stok konsepti ve bulanık sayı teorisi modeldeki belirsizlikler olan ihtiyaç ve stok maliyetleri için kullanılmıştır.

1.5.1. TEDARİKÇİ SEÇİMİ :

Tedarik zincirinde stok yönetiminde tedarikçi seçimi büyük önem taşımaktadır. Tedarikçilerin istenilen ürünlerin doğru zamanda ve doğru miktarda ürünü getirmesi tedarik zincirinin yönetimi açısından önemlidir. Bu aşamda oluşabilecek herhangi bir olumsuzluk tedarik zincirindeki akışın bozulmasına ve belirsizliklerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Kumar ve arkadaşları tedarik zincirinde tedarikçi seçimini bulanık mantıkla incelemiştir. Bulanık hedef programlama ile net maliyeti tedarikçi ağındaki, defolu ürünler ve teslimattaki ertelemelerin minimize edilmesi üzerine çalışmışlardır.

1.5.2. ULAŞIM PLANLAMA :

Tedarik zinciri yönetiminde ulaşım planlama stoğa girecek olan ve çıkacak ürünün planması açısından önem arz etmektedir. Ulaşım planlamada rotaların belirlenmesi, doğru araç ve araç kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Fazla sayıda araç çıkışının olması ulaşım maliyetinin artmasına sebep olurken, doğru sayıda ve kapasitede araç kullanılması toplam maliyeti düşürmektedir. Kullanılan araçların rota planlamalarında doğru yapılması hem zaman hem de maliyetlerin düşürülmesi açısından önemlidir.

Chanas ve arkadaşları değişik seviyelerde tedarik ve ihtiyaç seviyelerinde ulaşım problemleri üzerine çalışmışlardır. Shih ulaşım planlama problemini bulanık doğrusal programlama ile çözmüştür. Petve Kao toplam ulaşım maliyetlerinin üyelik fonksiyonunu kapsayan bir method geliştirmişlerdir. Bu model yükleme maliyeti, tedarik ve ihtiyaç değişkenlerini bulanık olarak kullanmaktadır.

1.5.3. ÜRETİM-DAĞITIM PLANLAMA :

Tedarik zincirinin planlanmasında üretim ve dağıtım ağında doğru olarak planlanması gerekmektedir. Üretilen ürünün doğru zamanda dağıtılması arz ve talebin karşılanmasını ve gereksiz stok tutulmasını engelleyerek hem stok maliyetini hem de karşılanamayan talep maliyetini düşürecektir.

Sakawa ve arkadaşları üretim ve ulaşım problemlerini üreticiye deterministik programlama ile bağlamışlar. Bu programlama kapasite ve ihtiyaçlar üzerinden maliyetleri minimize etmektedir. Matematiksel bulanık programlama modeli geliştirmişlerdir. Dağıtımın karlılığını ve maliyeti temel alan oyun teorisini kullanmışlardır. Liang interaktif bulanık çok odaklı doğrusal programlama modeli ile entegre üretim-ulaşım planlama problemini çözmüş. Selim ve arkadaşları merkezi ve merkezi olmayan tedarik zincirinde üretim - dağıtım problemini bulanık hedef programlama kullanarak çözmüştür.

1.5.4. TEDARİK- ÜRETİM-DAĞITIM PLANLAMA :

Tedarik zincirinin planmasında en kapsamlı planlama aşaması tedarik- üretim ve dağıtım planlamasının yapılmasıdır. Bu aşamada herhangi bir aşamada yaşanacak olan aksilik tüm tedarik zincirinin aksamasına ve maliyetlerin artmasına sebep olacaktır. Bu nedenle her aşama ayrı ayrı kendi içinde planlanırken aynı zamanda bir bütün olarakda planlamanın yapılması ve tüm aşamaların planlama aşamalarına uyulması yolunda bütün aşamaların kontrol edilmesi gerekmektedir.

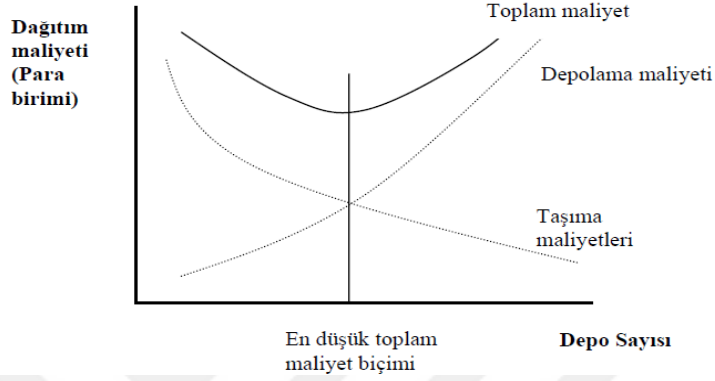
Chen ve Chang çoklu ürün, çoklu kademe ve çoklu periyotta tedarik zincirinde bulanık minimum toplam maliyetin üyelik fonksiyonunu hammadde maliyet birimini tedarikçide, ulaşım maliyeti birimini ve ihtiyaç miktarını bulanık sayı kullanarak geliştirmişlerdir.

1.6. TEDARİK ZİNCİRİNDE KULLANILAN MODELLEMELELER

Tedarik zinciri kurulurken, tedarikçilerden nihai müşteriye ulaşana kadar bütün kademelerin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Tedarik zincirinin başarısı bu özelliklerin zincir yöneticisi tarafından bütün yönlerinin incelenmesi ve ortaya konması ile sağlanacaktır. Bu nedenle tedarik zinciri modellenirken tedarik zincirini oluşturan bütün kademelerin fonksiyonları, kritik katkı derecelerine göre sınıflandırılması ilk aşamayı oluşturmaktadır.(Shapiro,2001)

Şekil 7 : Basitleştirilmiş dağıtım modeli

(Harmelik, 1994)



Tedarik zinciri modellemesinin ikinci aşaması modelin amaçlarının belirlenmesidir. İkinci aşamada modeli kuran tarafından müşteri odaklılık, tedarikçi sayısının azaltılması, dikey entegrasyon vb. işletmeye özgü önceliklerin ve işletme stratejisinin bilinmesi gerekmektedir. Belirlenecek amaçlar, fabrika açılması, dağıtım merkezi yeri ve sayısı, dağıtım merkezinin dağıtım yapacağı bölgelerin tespiti vb. gibi karar değişkenleri fonksiyon olarak belirlenir. Aynı zamanda tedarik zincirini oluşturan bütün kademelerin kapasiteleri, talep miktarları, teslimat süreleri vb. gibi kısıtlarında doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir.

1.7. TEDARİK ZİNCİRİ MODELLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Tedarik zinciri modellemeleri bir çok araştırmacı tarafından araştırılmış ve ortaya farklı görüşler çıkmıştır. Gelişen teknoloji ile modelleme çeşitleride farklılık göstermeye başlamıştır. Her geçen gün modellemelerde yeni anlayışlar ortaya çıkmaktadır.

Beamon (1998), tedarik zincirini modellerken 4 gruba ayırmıştır. Bunlar deterministik analitik modeller, stokastik analitik modeller, ekonomik modeller ve simülasyon modelleridir. Min ve Zhou (2002), tedarik zincirini modellerken deterministik, stokastik, melez, bilişim tabanlı model şeklinde incelemişlerdir.

Bu çalışmada altı grup olarak aşağıdaki şekilde incelenmiştir;

- 1) Deterministik,
- 2) Stokastik,
- 3) Bulanık,
- 4) Simülasyon tabanlı,
- 5) Melez,
- 6) Bilişim teknolojileri tabanlı modeller

1.7.1. DETERMİNİSTİK MODELLER

Bütün parametrelerin kesin olarak bilindiği ve sabit olduğu varsayılan modeller deterministik modeller olarak tanımlanır. Tedarik zincirinde deterministik modelleri birçok araştırmacı farklı açılardan değerlendirerek kullanmıştır. İlk kullanan araştırmacı 1983 yılında Williams olmuştur. (Paksoy, Altıparmak,2003)

Araştırmacıların yıllardır yapmış oldukları araştırmalarda ortalama maliyeti minimize etmek için tedarik zincirini oluşturan her bir kademedeki üretim ve dağıtım hacimlerini aynı anda belirleyen dinamik programlama algoritması geliştirilmiş ayrıca değişkenlerden sadece bir bölümünün tamsayılı değerler aldığı doğrusal olmayan bir programlama modeli geliştirilmiştir. Doğrusal olmayan programlama modelinde amaç fonksiyonu, üretim ve dağıtım merkezleri için karı maksimize etmektir. Kısıtlar, üretim, uygunluk, elde edilebilirlik, talep gibi kısıtlardan oluşmaktadır. Benzer şekilde ortaya çıkarılan bir başka modelde karma tamsayılı bir global tedarik zinciri . (GTZM) modelidir. GTZM çok sayıda ürün için birçok aşama barındıran

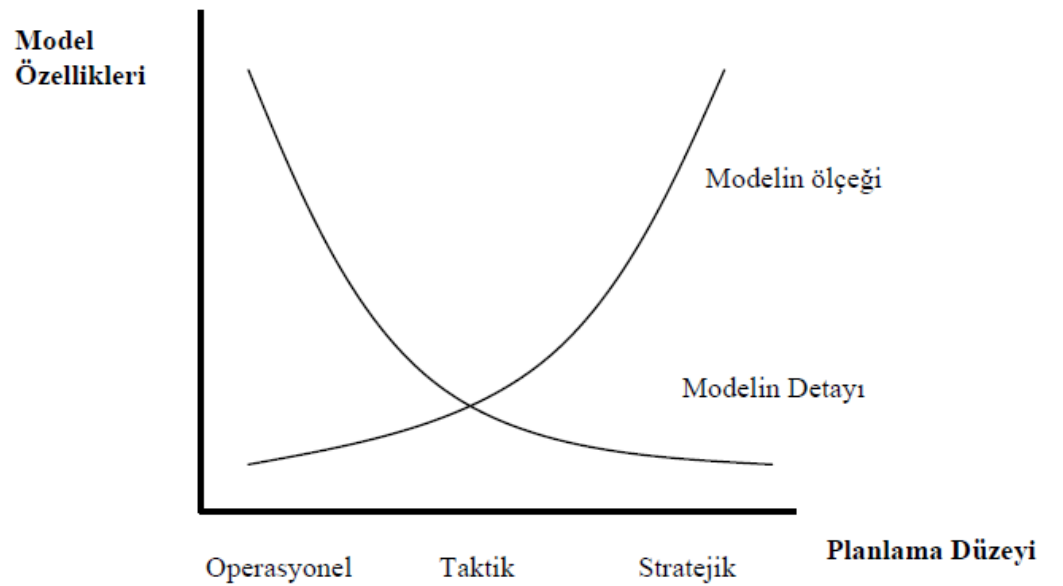
GTZM'nin amacı ürün ağacı, talep miktarları, maliyetleri kullanarak, üretim, stok, malzeme ile ilgili iç ve dış lojistik maliyetlerini minimize etmektir. Dağıtım merkezleri ile ilgili olarak sayıları ve yerleri ile müşteri-dağıtım merkezi ve ürün-tesis ilişkileri belirlenmektedir. (Beamon,1998)

1.7.2. STOKASTİK/OLASILIKLI MODELLER

Tedarik zinciri yönetimi, üç planlama aşamasına ayrılır. Stratejik, taktik ve operasyonel. Planlama dönemleri ve kullanılan modelin özellikleri sıkı bir ilişki içindedir. Stratejik planlamadan operasyonel planlamaya kadar kullanılan bilginin büyüklüğü ve niteliği artış göstermektedir. Operasyonel düzeyde net ve ayrıntılı bilgiye ihtiyaç varken daha küçük model ile çalışılır. Bu tür modeller karma tamsayılı programlama veya doğrusal programlama modeline uygun olduğundan deterministik olarak sınıflandırılır.

Şekil 8: Planlama düzeyi ile model özellikleri arasındaki ilişki

(Paksoy, Altınparmak,2003)



Tedarik zincirinin bu olasılıklı yapısını modellenirken, kademeli olarak üretim ile tedarik zincirinin her kademesi için ayrı olarak malzeme ihtiyaç planlaması yapılarak model geliştirilmiştir. Üretim aşamaları için ayrı ayrı olasılıklı alt model oluşturularak, malzeme sipariş miktarları, yeniden sipariş aralıkları, tedarik zincirleri için gerekli olan tahmini süreleri, üretim parti hacimleri ve süreleri; ekonomik sipariş miktarı belirlenirken nihai ürün stoğu ve bütüm dağıtım birimlerinin stok- sipariş limitleri ile dağıtım alt modelleri ile amaç fonksiyonunun maliyeti minimuma getirecek dört alt model oluşturulmuştur. Bu modelle en iyi sipariş politikaları belirlenirken bütün modellere ait maliyetlerin toplamı minimize edilmektedir. (Paksoy,Altıparmak, 2003)

“Kırbaç etkisi” tedarik zincirinde bulunan bilgi eksikliklerinin veya hataların maliyetlerini olasılıklı modeller ile analiz edilerek sipariş ve fiyatla oluşan değişimler ile talep gibi nedenlerle müşteri taleplerinin anlaşamadığında tedarik zincirinde aşağıdan yukarıya doğru hatalı bilgi her kademedede artarak oluşan tedarik ile talep arasında büyük uçurumlar oluşturmaktadır. (Paksoy,Altıparmak, 2003)

1.7.3. BULANIK/OLABİLİRLİKLİ(POSSİBİLİSTİC) MODELLER

Bulanık Küme Teorisi, gerçek dünyada bulunan belirsizlik içeren sistemlerinin sanal ortamda modellenerek belli kurallar çerçevesinde varsayımlar üretilerek belirsizliklerin giderilmesi için geliştirilmiştir. (Paksoy, 2002)

Karar verici, mevcutta var olan değerlerin modele aktarılırken çözümlenebilir olması için bazı noktaların olmadığı varsayılmamıştır, karmaşık bir sistem olan tedarik zincirinin modellenmesinde bulanık/olabilirlik modelleri çok avantaj sağlamaktadır.

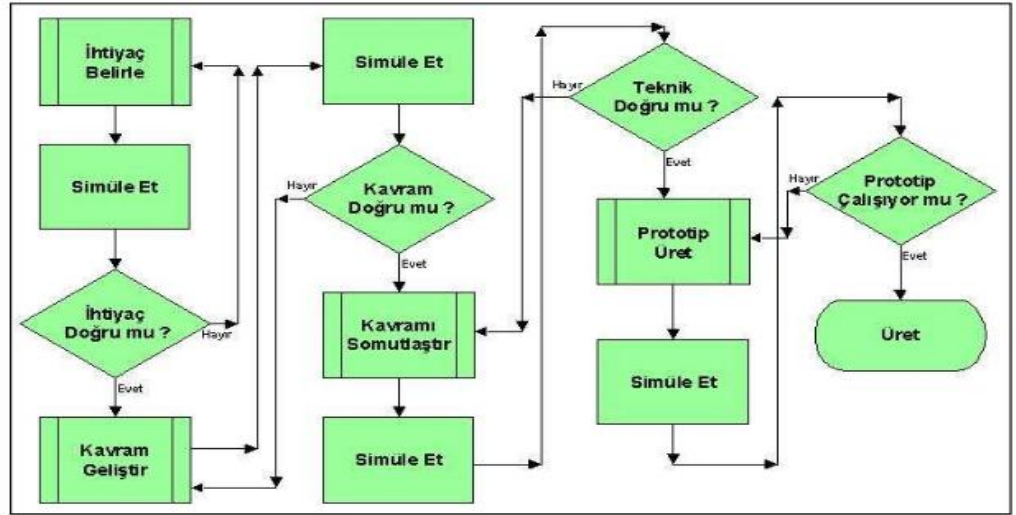
Bulanık modeller, kesinliği olmayan bilgilerin sayısal olarak gösterilmesi bulanık sayılar vasıtasıyla sağlanırken, klasik/kesin modellerden daha farklı yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bazen oluşan durumlarda, amaç fonksiyonu maksimize veya minimize edilmesi yerine, belirsiz bir hedef oluşturulmaktadır. Örneğin maliyetlerin düşürülmesi gibi. Kesin tanımlanamayan duyular veya nitel özellikler doğal yapıları gereği bulanık bir karakter oluşturmaktadırlar.(Paksoy, 2002)

1.7.4. SİMÜLASYON TABANLI MODELLER

Simülasyon kavramı genel olarak bir sistemin veya sürecin taklit edilerek yaratılması olarak tanımlanabilir. Simülasyon ile taklit edilen sistem veya sürecin gerçek hayatta uygulanması riskli veya tehlikeli olan işlemlerin kolaylıkla yapılmasını sağlarken, yeni üretilecek bir ürünün tüm aşamalarında oluşabilecek aksaklıkların belirlenmesi, test ve denemelerin yapılması gibi işlemlerin kolaylıkla gerçekleştirilmesine olanak sağlar.

Şekil 9: Simülasyon modelleme örneği

(Kiper, 2005)



Simülasyon modeli ile imalat sistemlerinin yapım aşaması ve analizi, bilgisayar ile ilgili yazılım ve donanım gerekliliklerinin belirlenmesi, ordu teknolojilerinde kullanılan sistemlerin veya tekniğin değerlendirilmesi, depolarda stok-sipariş seviyelerinin belirlenmesi, haberleşme sistemlerinin

yapımı, otoyollar, havalimanları, metrolar gibi ulaşım hatlarının yapımı ve işletimi gibi uygulama alanlarında ve birçok problem için gayet etkin ve kullanışlı bir araçtır. (Law ve Kelton, 1991) Tedarik zinciri yönetimi simülasyon modelinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardandır.

Simülasyon modeli ile tedarik zinciri entegrasyonunda karar tekniklerini açısından aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır;

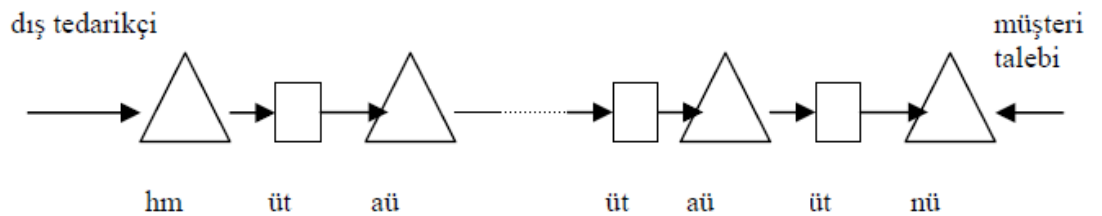
- 1) Tedarik zinciri ağının optimizasyonu,
- 2) Tedarik zinciri ağının simülasyonu,
- 3) Tedarik zincirinin analizi ve karar politikalarının belirlenmesi aşamalarında,
- 4) Tasarım dayanıklılığı.

1.7.5. MELEZ (HYBRİD) MODELLER

Melez modeller, deterministik, stokastik, bulanık ve simülasyon tabanlı modeller minimum iki modelinin aynı anda kullanılmasıdır. Örneğin; Tedarik zincirinin optimizasyonu için deterministik modeller kullanılırken optimizasyon modellenirken simülasyon modelini kullanılarak analiz edilebilmektedir. (Beamon, 1998)

Şekil 10: Seri Tedarik Zinciri

(Petrovic,2001)



hm- hammadde stoğu
aü- ara ürün stoğu
nü- nihai ürün stoğu
üt- üretim tesisi

Petrovic vd. (2001) ise bulanık mantık ile simülasyon modelini kullanarak, seri bağlı üretim hattına sahip tedarik zincirini analiz etmişlerdir. Tedarik zincirinin belirsizlik durumlarda bulunmasından ötürü bulanık mantık kullanımı öngörülmüştür. Müşteri talebi, tedarik zincirinde iç tedarik ve dış tedarik teslimleri belirsiz olarak tanımlanarak bulanık mantık modeli kullanılmıştır. Belirsiz talep ve tedarik, “talep haftalık olarak yaklaşık k ürün” veya “tedarikçinin teslimatlarında sorun oluşmaz” gibi bulanık dilsel tabirler ile tanımlanmaktadır. Bulanık mantık ile belirsizlik ortamında seri bağlı tedarik zincirinin modellemesi amaçlanmıştır. Bulanık mantık ile tedarik zincirinde bulunan stoklar belirsizken kabul edilebilir maliyetler ile tedarik zincirinin servis düzeyine bağlı sipariş miktarını belirlemek için geliştirilmiş ve sınırlı sürede tedarik zincirinin performans ölçümleri ve değişen dinamikleri gözlemlenmiştir. Yapılan analizin sonucunda, müşteri talebindeki belirsizlik ve tedarik zincirinde bulunan teslim belirsizliğinin tedarik zincirinin davranışına nasıl büyük bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

1.7.6. BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ (BT) TABANLI MODELLER

Bilişim teknolojileri tabanlı modeller son yıllarda geliştirilirken, ağ döneminin spesifik özelliklerini yansıtır ve tedarik zincirinde kullanılan bilgisayar yazılımlarının bu alandaki rolü ve etkinliği üzerine odaklanılmıştır. Tedarik zinciri yönetiminde ağ yapısının hızlı ve etkin şekilde yönetilmesi bilişim teknolojileri ile mümkün olabilmektedir. Tüm ağın kontrolü tek bir program ile kolaylıkla sağlanabilmektedir. Bunun için geliştirilmiş programlar bulunmaktadır.

Kurumsal Kaynak Planlama (ERP: Enterprise Resource Planning) olarak adlandırılan yazılım paketleri ile kurumların en alt kademesi olan tedarikten en üst kademesi olan müşteri memnuniyetine kadar bütün süreçlerin bütünlük olarak veri/bilgi yönetimi sistemi ile yönetilmesini sağlayan ayrıntılı ve modüler program yapılarıdır.

Kurumsal kaynak planlama programları ile işletme özelliklerine göre işletme için özel olarak hazırlanmış yazılım paketleri kullanılarak her firma için ayrı bir kurumsal kaynak planlama yazılımı sağlanabilmektedir. Hali hazırda bir çok işletme bu tür yazılımları kullanarak bir çok iş yükünden kurtulduğu gibi zamandan ve işgücündende kazanmaktadır. Fakat bu tür yazılımların en büyük sıkıntısı bu yazılımlarının maliyetinin ilk başta işletmelere fazla gelmesidir.



İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK MANTIK

2.1. BULANIK MANTIK TARİHÇESİ

İlk dijital bilgisayarların gelişmesiyle 1930'lar ve 1940'larda insan zekasının bilgisayarla birleştirilmesi fikride gelişmeye başlamıştır. Makineyi düşünür hale getirme fikrinin araştırılması büyük bir hızla gelişmeye devam etmiştir. İlk tekniklerde mantıksal sonuçlandırma, görüş ve dildeki karşılaştırma problemleri çözülmüş fakat daha sonra insan zekasının tamamen bilgisayarlara aktarılmasının eldeki tekniklerle mümkün olmadığı fark edilmiştir. Bundan sonra alternatif teknikler geliştirilmeye başlanmıştır. Zadeh'in 1965'te çalışmaya başladığı bulanık mantık ile olasılık teorisi, dağıtılmış yapay zeka, nöral ağlar ve bir çok hibrit teknik geliştirilmiştir.

Yapay zeka sistemi geliştirmek için gerekli bilgiyi insanlar, prosedürler, donanımlar ve programlar ile sağlar. Yapay zekanın geliştirilmesi ile insanların karar verme süreçlerini tamamen olmasa bile yardımcı olabilecek şekilde teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler ile karar verici kendi deneyimlerine, bulunduğu ortama göre ve daha önce yapılan çalışmalara göre daha kolay karar vermesi sağlanmıştır.

Birçok durumda karar vericinin önemli kriterleri ve hangi alternatiflerin iyi olduğu konusunda tam karar verme yetkisine sahip değildir. Genel olarak karar vericiler kararlarını verirken sözel kavramları bulanık mantık konsepti ile kullanırlar ki bulanık mantık gerçel sayılardan daha rahat kullanılmaktadır.

Bulanık mantık, matematiksel olarak tanımlanamayan şeyleri ve değerleri uygun bir şekilde matematiksel olarak tanımlayan bir mantıktır.

Zadeh; “Bulanık mantık her şeyin, doğrunun dahi bir dereceleme olduğu insani akıl yürütme için modeldir. Temelde, bulanık mantık sözcüklerle hesaplama imkanı sunmaktadır.” (Zadeh, 1994).

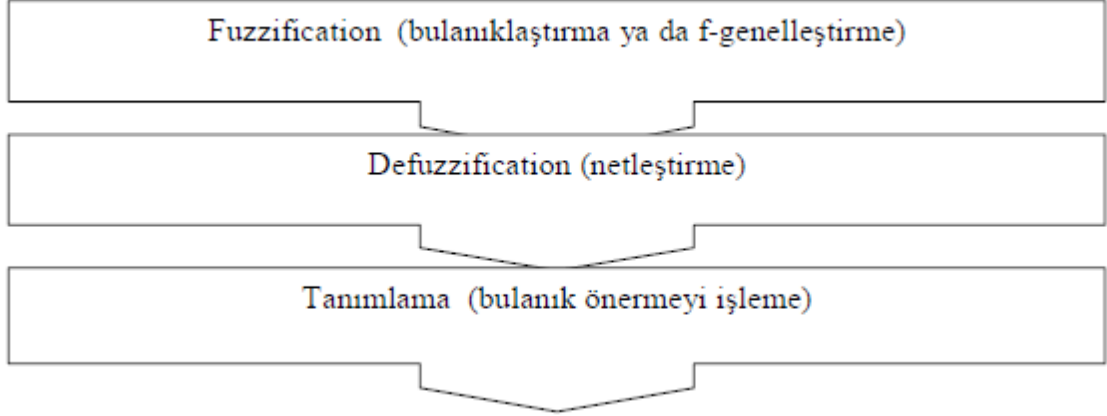
Zadeh için bulanık mantık kuramında adı geçen bulanık sözcüğü matematiksel olarak bir niceliği belirtmektedir. Dünyamızın görünümü, 0 ile 1 arasında bulunan binlerce aralıktan, benzerlikten ve karşıtlıktan oluşmaktadır. Basit olarak dünyamız kesikli-kesintili net sayılardan değil; sürekli- kesintisizdir. Yani, yeşil ile yeşilimsi arasındaki sınır, sarı ile sarımsı arasındaki sınır net değildir; sarıdan sarımsıya geçiş sürekli kesintisizdir; süreklilik gösterir.

Bulanık mantık, karar verici tarafından olayların gerçeğe uygun olarak tanımlanmasıdır. Örneğin "büyük veya küçük", "doğru veya yanlış", "yeşil veya yeşil değil" gibi nitelermelerle, hakkında karar verilecek olan olayların “ne kadar büyük veya ne kadar küçük”, “ ne kadar doğru veya yanlış”, “ne kadar yeşil” olduğuna dair karar verici tarafından tanımlanan bulanık kümelerle tanımlanarak olayın “ne kadar” olumlu veya olumsuz değerinde olduğunun matematiksel olarak tanımlanmasıdır. Oluşturulan tüm bulanık işlemler belli bulanık kümelerle göre oluşturulmaktadır. Bulanık işlemlerin tanımlandığı kümeler bir çok yöntem kullanılarak tanımlanır. En çok kullanılan yöntem üyelik fonksiyonu yöntemidir. Üyelik fonksiyonu ile kümeler, karar vericinin tanımladığı fonksiyonlarla kurulur. Bu fonksiyonlar 0-1 aralığında üyelik fonksiyonlarına dönüştürülür. Kümlerin alt ve üst sınırları karar vericinin yaklaşık/tahmini ve akıl yürütmelerine göre yapılmış olduğu tanımlamalar ile belirlenir. Bu durum karar vericinin tecrübesine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Bulanık mantık işleminin aşamaları;

1. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması [fuzzification]
2. Bulanık operatörlerinin seçimi, üyelik fonksiyonu tanımlama
3. Bulanıklığın çözülmesi ile bulanıksızlaştırma [defuzzification]

Şekil 11: Bulanık mantık işlem süreci



İlk iki aşama genel olarak bulanık olmayan değişkenlerin bulanık küme için bulanıklaştırılması ve üyelik fonksiyonlarının, operatörlerin belirlenmesi aşamalarından oluşur. Bulanık girdi değerleri oluşturmak için üyelik fonksiyonları oluşturulur. Netleştirme ile oluşturulan bulanık küme veya bulanık sayı tam sayılara dönüştürülür. Sonuç olarak bulanık sayılardan kesin sonuçlar üretilmez ve karar vericinin kullanacağı tek ve kesin bir sonuç oluşturulur. Sonuç en yüksek değerler olarak alınır fakat eğer tek bir sonuç elde edilemez ise oluşan en yüksek değerlerin ortalaması alınır veya oluşan çözüm alanının ağırlık merkezi alınarak çözüm değeri bulunur.

Bulanık işlem, çözülecek probleme ait değişkenlerin bulanık hale getirilmesi, üyelik fonksiyonlarının oluşturulması ve karar verici tarafından belirlenen kuralların oluşturulmasıdır. Örneğin; su sıcaklığını “normal” olarak tanımlanması değişkenin adında “normal” olarak tanımlanır. Üyelik fonksiyonu ile hangi sıcaklığın normal olarak belirlendiğini ve sıcaklığın “normal” olma değerini belirler. Üyelik değeri 0 ila 1 arasında bir değer olarak belirlenir. Üyelik değerinin 1 olması tam üyeliği, 0 olması ise üye olmama değerini gösterir. Üyelik değeri aynı zamanda “olasılık değeri” olarak da görülmelidir. Böylece tüm sıcaklık değerlerinin üyelik katsayılarını belirlemek mümkündür.

Bilgisayar ile Bulanık mantık çözümünde öncelikle üyelik fonksiyonları oluşturularak VE/VEYA operatörlerinden biri seçilerek uygulanacak işlem belirlenir. Eğer VE operatörü seçilir ise üyelik fonksiyonlarının küçük değeri, VEYA operatörü seçilir ise üyelik fonksiyonlarının büyük değeri alınarak çözüm alanı oluşturulur. İkinci aşamada ise, bulanık kümelere uygulanacak kurallar belirlenerek dilbilimsel kurallar sayısal sembollere dönüştürülür. Son aşamada, netleştirme veya defuzzification'da, elde edilen tüm sonuçlar birleştirilir ve tek bir sayısal bir sembole gösterilir.

Zadeh, bulanık mantığın uygulama alanını belirlerken şunları söylemiştir: “Bulanık mantık düşüncesiyle oluşturulan küçük ve ucuz cihazlar ile makineler insan seslerini algılayabilecekler ve bulanık mantığa dayanarak sese duyarlı otomatik cihazlarla sıradan kelimelerle işlem yapılabilecektir.” (Semed, 2000)

Bulanık modeller;

- Kavramsal olarak kolay anlaşılabilir.
- Esnek bir yapıya sahiptir, her türlü sisteme adapte edilebilir.
- Karmaşık, doğrusal olmayan tüm fonksiyonları içerebilir.
- Kesin olmayan verilerin kullanılmasına imkân sağlar.
- Geleneksel kontrol teknikleriyle beraber kullanılabilir.
- Uzmanların deneyimlerinden büyük ölçüde faydalanılmasına olanak tanır.
- Karar vericinin yargılarındaki belirsizliği de modele dahil edebilir.
- Karar problemlerine yönelik bilgi alışverişinde, uzmanlar ile yöneticiler arasında daha iyi bir iletişim kurulmasını sağlar. (Türksen ve Fazel Zarandi, 1999).

2.2. SÖZEL DEĞİŞKENLER

Zadeh (1965) te tanımladığı bulanık mantık ve devamı olan sözel değişkenlerin popularitesinin karar vermede kullanımını geliştirmiştir.

Sözel değişkenler, kelimeler veya cümleler ile durumun tanımlanmasıyla açıklanabilir. Sözel değişkenlere örnek olarak yaş değerleri yerine sözel terimler kullanılmaktadır. Genç, genç değil, orta yaşlı, yaşlı, çok genç vb. gibi. Bu tanımlar kişiden kişiye değişebilmektedir. Bazı insanlara göre 65 yaş yaşlı iken bazı insanlara göre yaşlı değildir. Bu da kavramlarda karışıklığa neden olmaktadır. Bu karışıklığı ortadan kaldırmak için bulanık sayılar kullanılmaktadır.

Tanım 1: Sözel değişkenler beşlemeler ile tanımlanır.

$\{X; T(X); U; G; M\}$

1. X değişkenin adı
2. $T(X)$ X in sözel değerlerinin kümesi
3. U söylemlerin evreni
4. G $T(X)$ teki elemanları üretmek için sözdizimsel kural
5. M sözel değerler için anlam ilişkilendirilmesi için kural
(Cascales ve Lamata, 2007)

2.3. BULANIK SAYILARDA ARİTMETİK İŞLEMLER

$A=(a_1,a_2,a_3)$ ve $B=(b_1, b_2, b_3)$ iki üçgen bulanık sayı;

Eşitlik

A ve B bulanık sayıların eşitliği karşılıklı bütün üyelik fonksiyonlarının eşitliğidir.

$A=B \Leftrightarrow (a_1,a_2,a_3)=(b_1, b_2, b_3) \Leftrightarrow a_1=b_1, a_2=b_2, a_3=b_3$ dir.

Toplama

$A(+)$ $B = (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3)$ şeklindedir. Sonuç gene bir bulanık sayıdır.

Çıkarma

$A(-)$ $B = (a_1-b_3, a_2-b_2, a_3-b_1)$ şeklindedir. Sonuç gene bir bulanık sayıdır.

Simetriği

$A=(a_1,a_2,a_3)$ üçgen bulanık sayının simetriği $-(A)=(-a_3,-a_2,-a_1)$ olur.

Çarpma

Sadece pozitif bulanık sayılarda kullanılır.

$A \odot B = (a_1.b_1, a_2.b_2, a_3.b_3)$ şeklindedir.

Bölme

$A : B = \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1} \right)$ şeklindedir.

2.3.1. ÜÇGENSEL BULANIK SAYILARDA ARİTMETİK İŞLEMLERİN ÖZELLİKLERİ

- 1- İki üçgensel bulanık sayının toplanması ve çıkarılması yine bir üçgensel bulanık sayıdır.
- 2- Çarpma, ters alma ve bölme işlemleri sonucu üçgensel bulanık sayı vermeyebilir.
- 3- Maksimum ve minimum işlemleri sonucunda bir bulanık üçgensel sayı olmak zorunda değildir. Buna rağmen bu işlemlerin sonucu üçgensel bulanık sayı olacak şekilde gösterilebilir.

2.4. BULANIK KÜME TEORİSİ

Bulanık küme teorisi 1965'te Zadeh tarafından belirsiz ve kesin olmayan problemler için tanımlanmıştır. Karmaşık sistemlerin modellenmesinde insanların kontrol etmesi zor durumlarda kullanılmaktadır.

A sözel terimlerin kümesini oluşturmaktadır. X ise bu kümenin bulanık kümesini temsil etmektedir.

A nin üyelik fonksiyonu değerleri $[0,1]$ aralığındadır.

$$f_A: X \rightarrow [0,1]$$

Bu durumda A kümesi şu şekilde gösterilebilir.

$$A = \{f_A(x) | x \in X\}$$

Bulanık sayılar üçgen, yamuk ve eğri şeklinde olabilir. Genel olarak işlem kolaylığı açısından üçgen sayılar kullanılmaktadır. Üçgen sayılar alternatifleri, önemleri ve sayıları temsil etmek için kullanılır.

Tanım 2 :

Gerçel bir bulanık sayı şu özellikleri göstermelidir.

1. $f_A(x)$ için \mathfrak{R} kümesinde kapalı aralığı $[0,1]$ olarak eşleşmelidir.
2. $f_A(x) = 0$ ise bütün $x \in (-\infty, a)$
3. $f_A(x)$ $[a,b]$ aralığında büyümelidir.
4. $f_A(x) = w$ bütün $x \in [b, c]$
5. $f_A(x)$ $[c,d]$ aralığında küçülmelidir.
6. $f_A(x) = 0$ olduğunda $x \in (d, \infty)$

a, b, c, d gerçel sayılardır.

Tanım 3:

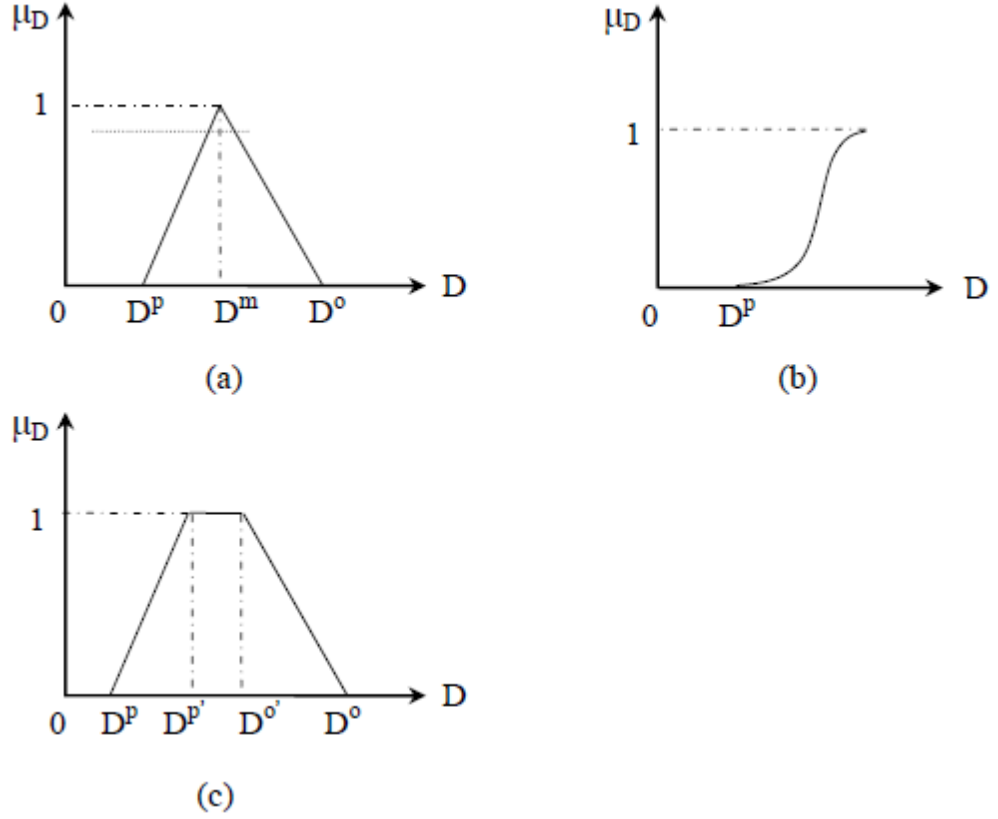
Eğer A bulanık sayısı üçgen sayı ise üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi olmalıdır.

$$f_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{Diğer koşullar} \end{cases}$$

Bu formülde c ve a gerçel sayıları en üst ve en düşük değerleri temsil etmektedir ve b sayısı medyan değeridir. Bir üçgen sayı (a, b, c) olarak gösterilir.

Bir üçgensel sayı “ b civarında” veya “ neredeyse b’ ye eşit” olarak tanımlanabilir.

Şekil 12 : Bulanık küme örnekleri



- a) Üçgensel yapıdaki bulanık küme b) “S” yapısındaki bulanık küme
c) İkizkenar yamuk yapısındaki bulanık küme

Üyelik fonksiyonun 1 değerinde olması ile amaca ulaşıldığı, 0 değerini olması ile ise amaca ulaşılamadığı anlaşılacaktır. Üyelik fonksiyonun 0 ile 1 değerleri arasında bir değer alması ile amaca kısmen ulaşıldığı anlaşılmaktadır.

Bir karar vericiye problem ile ilgili soru sorulduğunda karar vericinin verdiği cevap genellikle kesin olmayan değerlerdir. Örneğin bir ürünün maliyetini sorduğumuzda karar vericinin bize verdiği cevap “500 den fazla değil” veya “yaklaşık olarak 500” gibidir. Genelde bu tür cevaplarda günlük yaşamda bu

cevaplar yuvarlama yöntemi ile gerçel sayılara çevrilir. “500 den fazla değil” cevabı 500 olarak yuvarlanır fakat gerçekte bu değer 490 veya 510 olabilir. Fakat bu tür yuvarlamalar hesaplama hatalarına sebep olmaktadır.

Örnekte de verildiği üzere “yaklaşık olarak 500” değeri 490 alt sınırı ve 510 üst sınırı olmak üzere bu aralıkta değerler alabilir. Bu değerlerin üyelik fonksiyonları hesaplanarak işlemler yapılabilir.

2.5. BULANIK KÜMELERDE İŞLEM

Geleneksel ikili mantıkta kullanılan Boolean işlemci VE, VEYA ve DEĞİL operatörleri kesişim, birleşim ve tümleyici olarak kullanılır. Bu operatörler ikili sistemlerde aşağıdaki gerçel tablosundaki gibi kullanılırlar.

Tablo 2: Gerçek tablosu

X	Y	x VE y	x VEYA y	x DEĞİL
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

Gerçeklik tablosu ikili sistemlerde iyi çalışmaktadır. Fakat bulanık kümelerde her değer için sonsuz olasılık olduğu için çok büyük gerçeklik tabloları hazırlanmalıdır. Mümkün olan bütün bulanık değişkenler için fonksiyon tanımlanmalıdır. Bulanık mantık ikili sistemin alt kümesidir aslında her ne kadar (0, 1) aralığında bir çok değere sahipse de bu nedenle operatörleri genellemek gerekir.

Tablo 3: Genellenmiş operatörler

x VE y	Min(x, y)
x VEYA y	Max (x, y)
x DEĞİL	1- x

Tablo 4: Ve, Veya ve Değil operatörlerinin örnekle gösterim

X	Y	Min(x, y)	Max (x, y)	1- x
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0
0.2	0.5	0.2	0.5	0.8
0.7	0.2	0.2	0.7	0.3
0.6	0.6	0.6	0.6	0.4

2.6. BULANIK KÜMENİN A KESİMİ (THE A -CUT OF A FUZZY SET)

Bir A bulanık kümesinin α kesimi A α olan bir keskin kümedir ve bu kümenin elemanları x kümesine ait ve α üyelik derecesinden büyük veya eşit üyelik derecesine sahip olan elemanlardır.

α arttıkça ona karşı gelen α -kesim kümesi küçülmektedir.

$$A_\alpha = \{ x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha \}, 0 \leq \alpha \leq 1$$

Kuvvetli α -kesimi ise;

$$A_\alpha^+ = \{ x \in X \mid \mu_A(x) > \alpha \}, 0 \leq \alpha \leq 1$$

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

İşletmede bulunan kaynakların optimum seviyelerde yönetilmesi işletme için önemli bir sorun oluşturmaktadır. İşletme, ürün üretimde kullanacağı hammaddeyi temin ederken ihtiyacından daha çok hammaddeye kaynak ayırmak istemeyecektir. Benzer olarak ürün veya hizmet üretirken tüketilen hammadde, işgücü, makine gibi gerekli tüm kaynaklarında en verimli şekilde kullanmayı amaçlar.

Doğrusal (Linear) Programlama 1940'lı yıllarda Rus Matematikçi A.N. Kolmogorov tarafından ortaya çıkarılmıştır. Doğrusal programlama ilk olarak askeri alanda uygulanmıştır, daha sonra endüstri alanında daha fazla kullanım alanı oluşmuştur. Doğrusal programlamanın endüstrideki ilk uygulamacısı Stigler olmuştur ve "Diet Problemi" olarak bilinmektedir. G. Dantzig'in 1947 yılında geliştirdiği "Simpleks Yöntemi" Doğrusal Programlamanın en büyük gelişmelerindendir. Doğrusal Programlama "Kısıtlı kaynakların alternatif faaliyetler içinden en uygun şekilde tahsisi" olarak tanımlanmaktadır. Doğrusal programlamanın kullanıldığı yerlere ait örnekler aşağıdaki gibidir;

- Lojistik problemi
- Üretim stok problemi
- Mamul karışım problemi
- Makine-işgücü atama problemi
- İşgücü-programlama problemi
- Pazarlama problemi
- Müşteri yönetimi problemi
- Radyoterapi tedavi problemi,

birbirinden çok farklı alanlar verilebilir. (Timor, 2001)

Bir matematik probleminin modeli bir "Doğrusal Program" (DP; linear program - LP) olabilmesi için gerekli olan koşullar aşağıdaki gibidir;

- Mevcut tüm değişkenler süreklidir (continuous)
- Amaç tektir.(enbüyükleme (maximize) veya enküçükleme (minimize))
- Amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusaldır. Fonksiyonda bulunan her terim ya sabit bir sayıdır ya da bir sabitle çarpılmış değişkenden oluşmaktadır.

3.1. BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

1976 da, H-J Zimmermann ilk olarak geleneksel lineer programlama problemini bulanık küme teorisini kullanarak modellemeyi önermiştir. Bu çalışma Bellman ve Zadeh in 1970'deki çalışmalarını takiben yapılmıştır . Zimmermann modelinde bulanık hedef ve bulanık kısıtları ele almıştır. Bugün bulanık lineer programlama gerek parametrelerin bulanık verilmesi halinde ve gerekse çözüm tekniklerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Peidro vd. yaptıkları çalışmalarda tedarik zincirindeki, talep, üretim ve tedarik belirsizliklerinin optimizasyonunda bulanık doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Bulanık doğrusal programlama kısıt ve hedeflerin belirsiz olması ve çözümün diğer programlamalara göre daha kolay olması bulanık doğrusal programlamanın kullanılmasının en büyük sebebidir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

PROBLEMİN TANIMLANMASI

Tedarik zincirinin optimasyonu için gerekli olan bilgiler aşağıdaki gibidir.

Verilenler

- Tedarik zinciri topolojisi : Tedarik zinciri bölümleri ve tipleri (Tedarikçiler, üretici fabrikalar, depolar, dağıtım merkezleri, perakendeciler vb.)
- Her bir maliyet parametresi; üretim, stok, ulaşım. Karşılanamayan ihtiyaç vb.
- Üretim verileri; proses zamanı, üretim kapasitesi, fazla mesai kapasitesi, ürün ağaçları vb.
- Ulaşım verileri; yükleme zamanı, taşıma kapasitesi vb. gibi
- Satınalma verileri; satınalma kapasitesi gibi
- Stok verileri; stok kapasitesi gibi.
- Planlama periyodundaki tahmini ürün ihtiyacı

Karar verilecekler

- Her bir üretim bölümü için üretim planı
- Her bölüm arasındaki dağıtım ulaşım planı
- Her tedarikçi için satınalma planı
- Her bölüm için stok seviyesi
- Satışlar ve karşılanamayan ihtiyaç

Hedefimiz ise kaynak kullanımını en iyi düzeye getirmek ve planlama zamanında müşteri ihtiyaçları karşılarken minimum maliyetle gerçekleştirmektir. (Peidro, 2009)

4.1. BULANIK MODEL FORMÜLASYONU

Peidro ve arkadaşlarının geliştirdiği takstiksel tedarik zinciri planlamada bulanık karışık tamsayılı doğrusal programlama (FMILP) ile tedarik zincirinin bulanık optimizasyonu gerçekleştirilecektir.

Sembol listesinde indeks kümesi, parametreler ve karar değişkenleri tanımlanmıştır. Tablo 5' te ise belirsizlik parametreleri belirsizlik kaynaklarına göre sınıflandırılmıştır.

4.2. BULANIK KARMA TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA FORMÜLASYONU (FUZZY MIX INTEGER LINEAR PROGRAMMING/FMILP)

Peidro vd.(2009) yılında yapmış oldukları çalışmada tedarik zincirinin FMILP ile optimizasyonunda maliyetleri minimize etmek için aşağıda verilmiş olan formülasyonları öngörmüşlerdir.

Maliyeti minimize etmek için

$$z = \sum_{j=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (V\tilde{P}C_{ijn t} \cdot P_{ijn t}) + \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (O\tilde{T}C_{njt} \cdot OT_{njt} + U\tilde{T}C_{njt} \cdot UT_{njt}) + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T (RMC_{int} \cdot PQ_{int} + I\tilde{C}_{int} \cdot I_{int} + D\tilde{B}C_{int} \cdot DB_{int}) + \sum_{i=1}^I \sum_{o=1}^O \sum_{d=1}^D \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T (T\tilde{C}_{odlt} \cdot TQ_{iodlt}) \quad (1)$$

$V\tilde{P}C_{ijn t}$:Her bir birim ürün için üretim maliyeti değişkenleri i ve j 'de n 'den t 'ye kadar

$P_{ijn t}$:J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{ijn t} > 0$ olmalı.

$O\tilde{T}C_{njt}$:Fazla mesai maliyeti j ve n 'den t 'ye kadar

OT_{njt} : j tezgahı için fazla mesai

$U\tilde{T}C_{njt}$:Bos gecen zaman maliyeti j ve n 'den t 'ye kadar

UT_{njt} : j tezgahı için boş geçen zaman
 RMC_{int} : Hammadde fiyatı i ve n 'den t 'ye kadar
 PQ_{int} : i ürün için satınalma miktarı $t/RMC_{int} > 0$
 $I\tilde{C}_{int}$:Elde bulundurma maliyeti i için t 'de n
 I_{int} :i ürün için t periyot sonunda stok miktarı
 $D\tilde{B}C_{int}$:Karşılanmayan talep maliyeti i için t 'de n
 DB_{int} :i için karşılanmayan talep $t/DBC_{int} > 0$
 $T\tilde{C}_{odlt}$:Ulaşım maliyeti t de l, o 'dan d 'ye kadar
 TQ_{iodlt} :o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o <> d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$

Buna bağlı olarak

$$\sum_{i=1}^I (P_{injt} \cdot P\tilde{T}_{injt}) \cong M\tilde{P}C_{njt} + M\tilde{O}T_{njt} \quad \forall n, j, t \quad (2)$$

P_{injt} :J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı.

$P\tilde{T}_{injt}$:t de n deki j de bir birim i üretmek için proses ssi

$M\tilde{P}C_{njt}$:t'de n'den j için üretim kapasitesi

$M\tilde{O}T_{njt}$:t'de n'den j için fazla mesai kapasitesi

$$P_{injt} = k_{injt} \cdot PR_{injt} \quad \forall i, n, j, t \quad (3)$$

P_{injt} :J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı.

k_{injt} : j de i üretmek için gerekli üretim süreci sayısı

PR_{injt} : t'de n'den j'ye kadar i 'deki üretim

$$P_{injt} \cdot PT_{injt} \leq M\tilde{P}C_{njt} \cdot YP_{injt} + M\tilde{O}T_{njt} \cdot YP_{injt} \quad \forall i, n, j, t \quad (4)$$

P_{injt} :J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı.

$P\tilde{T}_{injt}$:t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresi

$M\tilde{P}C_{njt}$:t'de n'den j için üretim kapasitesi

YP_{injt} : j de bir birim i üretildiği gösteren ikili değişken

$M\tilde{O}T_{njt}$:t'de n'den j için fazla mesai kapasitesi

$$P_{injt} \geq MPR_{injt} \cdot YP_{injt} \quad \forall i, n, j, t \quad (5)$$

P_{injt} :J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı.

MPR_{injt} :t'de n'den j'ye kadar i 'deki minimum üretim

YP_{injt} : j de bir birim i üretildiği gösteren ikili değişken

$$I_{int} = I_{in,t-1} + \sum_{j=1}^J P_{injt} + \sum_{o=1}^O \sum_{l=1}^L SR_{io,d=n,lt} + PQ_{int} - \sum_{d=1}^D \sum_{l=1}^L TQ_{i,o=n,dlt} - S_{int} - \sum_{p=1}^P (B_{pint} \sum_{j=1}^J P_{i=p,njt}) \quad \forall i, n, t \quad (6)$$

I_{int} :i ürün için t periyot sonunda stok miktarı

P_{injt} :J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı

SR_{iodlt} :d'den o'ya kabul edilen sevkiyat $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$ periyot başlangıcında

PQ_{int} :i ürün için satınalma miktarı $t/RMC_{int} > 0$

TQ_{iodlt} :o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$

S_{int} :i ürünü için tedarik

B_{pint} :t'de n'den p için bir birim ürün üretim miktarı

$$SR_{iodlt} = SRO_{iodlt} + TQ_{iodl.t-TLT} \quad \forall i, o, d, l, t \quad (7)$$

SR_{iodlt} :d'den o'ya kabul edilen sevkiyat $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0$, $IC_{i,n=d,t} > 0$ periyot başlangıcında

SRO_{iodlt} :0 periyot başlangıcından l 'ye kadar o 'dan d 'ye yüklemeler

TQ_{iodlt} :o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0$, $IC_{i,n=d,t} > 0$

$$SIP_{iodlt} = SIPO_{iodlt} + SIP_{iodl,t-1} + TQ_{iodlt} - SR_{iodlt} \quad \forall i, o, d, l, t \quad (8)$$

SIP_{iodlt} :o'dan d ye devam eden sevkiyat sevkiyat $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0$, $IC_{i,n=d,t} > 0$, $TLT_{odlt} > 0$ periyot başlangıcında

$SIPO_{iodl}$: 0 periyot başlangıcından l 'ye kadar o 'dan i 'ye süren yüklemeler

TQ_{iodlt} :o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0$, $IC_{i,n=d,t} > 0$

SR_{iodlt} :d'den o'ya kabul edilen sevkiyat $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0$, $IC_{i,n=d,t} > 0$ periyot başlangıcında

$$\sum_{i=1}^I I_{int} \cdot V_{it} \lesssim M\tilde{C}_{nt} \quad \forall n, t \quad (9)$$

I_{int} :i ürün için t periyot sonunda stok miktarı

V_{it} : i ürünü için fiziksel hacim

$M\tilde{C}_{nt}$ Maksimum stok kapasitesi

$$\sum_{i=1}^I \sum_{o=1}^O \sum_{d=1}^D SIP_{iodlt} \cdot V_{it} \cdot \chi_{odlt}^1 + \sum_{i=1}^I \sum_{o=1}^O \sum_{d=1}^D TQ_{iodlt} \cdot V_{it} \cdot \chi_{odlt}^2 \lesssim M\tilde{C}_{lt} \quad \forall l, t \quad (10)$$

SIP_{iodlt} :o'dan d ye devam eden sevkiyat sevkiyat $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0$, $IC_{i,n=d,t} > 0$, $TLT_{odlt} > 0$ periyot başlangıcında

V_{it} : i ürünü için fiziksel hacim

χ_{odlt}^1 : 0-1 fonksiyonu. $TLT_{odlt} > 0$ ise 1 değil ise 0 olur.

TQ_{iodlt} : o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$

χ_{odlt}^2 : 0-1 fonksiyonu. $TLT_{odlt}=0$ ise 1 değil ise 0 olur.

$M\tilde{T}C_{nt}$:Maksimum taşıma kapasitesi

$$\sum_{i=1}^I PQ_{int} \lesseqgtr MP\tilde{R}C_{nt} \quad \forall n, t \quad (11)$$

PQ_{int} : i ürün için satınalma miktarı $t/RMC_{int} > 0$

$MP\tilde{R}C_{nt}$: t' de n' den maksimum tedarikçiden satın alma kapasitesi

$$DB_{int} \approx DB_{in,t-1} + \tilde{D}_{int} - S_{int} \quad \forall i, n, t \quad (12)$$

DB_{int} : i için karşılanmayan talep $t/DBC_{int} > 0$

\tilde{D}_{int} : t' de n' den i için üretim ihtiyacı

S_{int} : i ürünü için tedarik

$$OT_{njt} \approx \sum_{i=1}^I P_{injt} \cdot P\tilde{T}_{injt} - M\tilde{P}C_{njt} + UT_{njt} \quad \forall n, j, t \quad (13)$$

OT_{njt} : j tezgahı için fazla mesai

P_{injt} : J de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı

$P\tilde{T}_{injt}$: t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresi

$M\tilde{P}C_{njt}$: t' de n' den j için üretim kapasitesi

UT_{njt} : j tezgahı için boş geçen zaman

$$\sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T S_{int} \cong \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T (\tilde{D}_{int} + DBO_{int}) \quad \forall i \quad (14)$$

S_{int} : i ürünü için tedarik

\tilde{D}_{int} : t'de n'den i için üretim ihtiyacı

DBO_{int} : 0 periyottan n'ye kadar i için karşılanmayan ihtiyaç

$$P_{injt} \cdot k_{injt} \geq 0 \quad \forall i, n, j, t \quad (15)$$

P_{injt} : j de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{injt} > 0$ olmalı

k_{injt} : j de i üretmek için gerekli üretim süreci sayısı

$$S_{int} \cdot DB_{int} \cdot I_{int} \cdot PQ_{int} \geq 0 \quad \forall i, n, t \quad (16)$$

S_{int} : i ürünü için tedarik

DB_{int} : i için karşılanmayan talep $t/DBC_{int} > 0$

I_{int} : i ürün için t periyot sonunda stok miktarı

PQ_{int} : i ürün için satınalma miktarı $t/RMC_{int} > 0$

$$SR_{iodlt} \cdot SIP_{iodlt} \cdot TQ_{iodlt} \geq 0 \quad \forall i, o, d, l, t \quad (17)$$

SR_{iodlt} : d'den o'ya kabul edilen sevkiyat $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$ periyot başlangıcında

SIP_{iodlt} : o'dan d ye devam eden sevkiyat sevkiyat $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0, TLT_{odlt} > 0$ periyot başlangıcında

TQ_{iodlt} : o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o \ll d, TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$

$$OT_{njt} \cdot UT_{njt} \geq 0 \quad \forall n, j, t$$

(18)

OT_{njt} : j tezgahı için fazla mesai

UT_{njt} : j tezgahı için boş geçen zaman

1 numaralı denklem ile toplam maliyet minimize edilmiştir. Toplam maliyet, üretim maliyetleri, fazla mesai maliyetleri, hammadde maliyeti, stok maliyeti, dağıtım maliyetlerinin toplamı olarak formüle edilmiştir. Bu maliyetler kolaylıkla ölçülemediğinden ve çok büyük yüzde ile insan etmenine bağlı olduğundan belirsiz veri olarak ve bulanık sayı olarak modellenmiştir. Sadece hammadde maliyeti biliniyor sayılır.

2 numaralı denklem üretim zamanı her periyot için normal zaman ve fazla mesai zamanında fazla olamaz. \lesseqgtrdot sembolü “ aslında daha az yada eşit” anlamına gelen \leq sembolünün bulanık gösterimidir. 3 numaralı denklem ile üretim miktarı her ürün ve her planlama periyodu bütün üretim parti büyüklüğünün toplamı kadar olmalıdır.

4 ve 5 numaralı denklemler değişik üretim kaynaklarında farklı periyotlarda minimum üretim miktarını garanti etmektedir.

6 numaralı denklem stoğu dengelemektedir. 7 ve 8 numaralı denklem ise ürünün tedarik zincirinde bölümler arasındaki yüklemeyi kontrol etmektedir. 9 numaralı denklem ile hacim olarak stok seviyesi her bir ürün için mümkün olan maksimum hacimden az olması şartı belirtilmiştir. 10 numaralı denklem her yükleme için yükleme miktarı ürünlerin taşıma kapasitesini belirler. Periyottaki taşıma hacmi olası düşüş ve çıkışlara bağlıdır.

11 numaralı denklem ise her bir bölüm ve periyottaki ürün için maksimum satınalma miktarını belirtir. Fazla mesaide birikimli talebi 12 numaralı denklem belirtir. Birikimli talep her bir periyot ve ürün için bir önceki periyottaki birikimli talep toplamının tedarik ve talep arasındaki farka eşit olmalıdır.

13 numaralı denklem farklı üretim kaynaklarında fazla mesai ve eksik zaman üretimini verir. Fazla mesai üretimi toplam üretim zamanı normal üretim zamanı ve boş geçen zaman toplamından farklıdır. Eğer toplam üretim zamanı normal üretim zamanından fazla ise fazla üretim ve eksik zaman üretimi 0'a eşit veya fazla olmalıdır.

14 numaralı denklem toplam tedarik miktarı ihtiyaç ve bir önceki karşılanmayan talep toplamından az veya eşit olmalıdır.

15 ile 18 numaralar arasındaki denklemler karar değişkenlerinin negatif olmamasını garanti eder.

Tablo 5: Modelde kullanılan bulanık parametreler

Tedarik zincirinde belirsizlik kaynakları	Bulanık değişken	Formülasyon
Talep	Üretim talebi Karşılanmayan talep maliyeti	\tilde{D}_{int} $D\tilde{B}C_{int}$
Proses	Üretim zamanı Üretim kapasitesi Üretim maliyeti Elde bulundurma maliyeti Maksimum stok kapasitesi	$P\tilde{T}_{inj}$ $M\tilde{P}C_{njt}, M\tilde{O}T_{njt}$ $V\tilde{P}C_{inj}, O\tilde{T}C_{njt}, U\tilde{T}C_{njt}$ $I\tilde{C}_{int}$ $M\tilde{I}C_{nt}$
Tedarik	Yükleme zamanı Taşıma maliyeti Maksimum taşıma kapasitesi Maksimum satınalma kapasitesi	$T\tilde{L}T_{odlt}$ $T\tilde{C}_{odlt}$ $M\tilde{T}C_{nt}$ $M\tilde{P}\tilde{R}C_{nt}$

4.2.1. BULANIK TAKTİKSEL PLANLAMANIN ÇÖZÜMÜ

FMILP nin MILP ye dönüştürülerek çözümlene sağlanır.

FMILP de tamamlanmamış veya kesin olmayan veriler (üretim talebi, karşılanmayan talep maliyeti, üretim süresi, üretim kapasitesi, üretim maliyeti, stok elde bulundurma maliyeti, maksimum stok kapasitesi, taşıma yükleme süresi, taşıma maliyeti, maksimum taşıma kapasitesi ve maksimum satınalma kapasitesi) ve bulanıklıktan esneklik sınırlaması için bize bulanık optimizasyonunun bilgi eksikliğinden arındırılması gerekir.

Cadenas ve Verdegay in çalışması adapte edilerek bulanık doğrusal programlamada bulanık maliyet katsayısı, bulanık teknik katsayılar ve bulanık sağ el sınırlaması getirilmiştir.

Genel bulanık doğrusal programlama formülü (Peidro vd.,2009)

$$\text{Maksimum } z = \sum_{j=1}^n \tilde{c}_j \chi_j$$

$$\text{Bağlı olarak } \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \chi_j \lesseqgtr \tilde{b}_i$$

$$\chi_j \geq 0 \quad i \in M, \quad j \in N$$

Bulanık elemanlar verildiğinde;

- Her maliyet için $\exists \mu_j \in \mathcal{F}(\mathcal{R})$ olduğunda $\mu_j : \mathcal{R} \rightarrow [0,1]$ $j \in N$ bulanık maliyetleri tanımlar
- Her sıra için $\exists \mu_i \in \mathcal{F}(\mathcal{R})$ olduğunda $\mu_i : \mathcal{R} \rightarrow [0,1]$ $i \in M$ sağ el katsayılarında bulanık sayıları tanımlar.
- Her $i \in M$ ve $j \in N$ için $\exists \mu_{ij} \in \mathcal{F}(\mathcal{R})$ olduğunda $\mu_{ij} : \mathcal{R} \rightarrow [0,1]$ teknoloji matrisinde bulanık sayıları tanımlar.

- Her sıra için $\exists \mu_i \in \mathcal{F}[\mathcal{F}(\mathfrak{R})]$ olduğunda $\mu_i : \mathcal{F}(\mathfrak{R}) \rightarrow [0,1]$ $i \in M$ her bir $\chi \in \mathfrak{R}^n$ için bulanık sayıların başarı derecesini sağlar.

$\tilde{a}_{i1}x_1 + \tilde{a}_{i2}x_2 + \dots + \tilde{a}_{in}x_n, i \in M$ i'inci katsayıya gelince, bulanık sayı ile \tilde{b}_i ilişkisindeki yeterliliğini gösterir.

Cardenas ve Verdegay bulanık sayıların karşılaştırma mekanizması ile konveks bulanık seti kullanarak çözüm yolu geliştirmişlerdir. Bu basit metotta bulanık sayılar gerçek yerlerine göre sıralama fonksiyonlarına göre sıralanır.

Buna göre;

$A, B \in \mathcal{F}(\mathfrak{R})$ ve $g: \mathcal{F}(\mathfrak{R}) \rightarrow \mathfrak{R}$

Eğer $g(\cdot)$ fonksiyonu biliniyor ise;

$g(A) < g(B) \Leftrightarrow A, B$ 'den küçük

$g(A) > g(B) \Leftrightarrow A, B$ 'den büyük

Genellikle g doğrusal sıralama fonksiyonudur.

Eğer;

$\forall A, B \in \mathcal{F}(\mathfrak{R}), g(A + B) = g(A) + g(B)$

$\forall r \in \mathfrak{R}, r > 0, g(rA) = rg(A) \forall A \in \mathcal{F}(\mathfrak{R})$

Genel bulanık doğrusal programlamanın çözümü için, g bulanık sayı doğrusal sıralama fonksiyonu ve verilen fonksiyon,

$\psi : \mathcal{F}(\mathfrak{R}) \times \mathcal{F}(\mathfrak{R}) \rightarrow \mathcal{F}(\mathfrak{R})$ ise

$$\psi(\tilde{a}_i x, \tilde{b}_i) = \begin{cases} \tilde{t}_i, & \tilde{a}_i x \leq_g \tilde{b}_i \\ \tilde{t}_i(-)\tilde{a}_i x(+)\tilde{b}_i, & \tilde{b}_i \leq_g \tilde{a}_i x \leq_g \tilde{b}_i(+)\tilde{t}_i \\ 0, & \tilde{a}_i x \leq_g \tilde{b}_i(+)\tilde{t}_i \end{cases}$$

$\tilde{t}_i \in \mathcal{F}(\mathfrak{R})$ \mathfrak{R}^+ ve \leq_g içeren bulanık sayı olduğunda bu ilişki ölçtüğünde $A \leq_g B, \forall A, B \in \mathcal{F}(\mathfrak{R})$ ve (-) ve (+) bulanık sayılarda operatörleri kullanılır.

Cadenas ve verdegay a göre, üyelik fonksiyonu bulanık katsayılar ile $\tilde{a}_i x \lesssim \tilde{b}_i$ ve \tilde{t}_i bulanık sayısı i. katsayı ile maksimum bozulma verir.

$$\mu^i : \mathcal{F}(\mathfrak{R}) \rightarrow [0,1] / \mu^i(\tilde{a}_i x, \tilde{b}_i) = \frac{g(\psi(\tilde{a}_i x, \tilde{b}_i))}{g(\tilde{t}_i)} \quad (20)$$

G'nin doğrusal sıralama fonksiyonu olduğu durumda,

Genel bulanık doğrusal programlamada \lesssim ile üyelik fonksiyonu 20 numaralı denklem ve bulanık kümeler için dağılıma teorimi kullanıldığında;

$$\begin{aligned} \mu^i(\tilde{a}_i x, \tilde{b}_i) \geq \alpha &\Leftrightarrow \frac{g(\psi(\tilde{a}_i x, \tilde{b}_i))}{g(\tilde{t}_i)} \geq \alpha \Leftrightarrow \frac{g(\psi(\tilde{a}_i x, \tilde{b}_i)) g(\tilde{t}_i(-)\tilde{a}_i x(+)\tilde{b}_i)}{g(\tilde{t}_i)} \\ &\geq \alpha \\ &\Leftrightarrow g(\tilde{t}_i) - g(\tilde{a}_i x) + g(\tilde{b}_i) \geq g(\tilde{t}_i)\alpha \Leftrightarrow g(\tilde{a}_i x) \leq \\ &g(\tilde{b}_i(+)\tilde{t}_i(1 - \alpha)) \\ &\Leftrightarrow \tilde{a}_i x \leq_g \tilde{b}_i + \tilde{t}_i(1 - \alpha) \end{aligned}$$

Burada \leq_g g ile ilişkiyi sağlar.

Bu durumda bulanık doğrusal programlamanın çözümü;

$$\text{Maksimum } z = \sum_{j=1}^n \tilde{c}_j x_j$$

$$\text{Bağlı olarak } \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} x_j \leq_g \tilde{b}_i + \tilde{t}_i(1 - \alpha)$$

$$x_j \geq 0, \quad i \in M, \quad j \in N, \quad \alpha \in [0,1] \quad (21)$$

Bu denklemi çözmek için farklı bulanık sayı sıralama metodu kullanılabilir. Hem katsayılar ve objektif fonksiyonlarda veya sıralama metodları katsayı ve α kesimlerde kullanılabilir.

Yager'in ilk indeksine göre doğrusal sıralama fonksiyonu kullanılarak methodun etkileri canlandırılmıştır. Başka bir çok indekse adapte edilebilir. Yager'in ilk indeksine ve üçgensel bulanık sayıların kullanımına göre bulanık doğrusal programlama denklem 21 deki, aşağıdaki denkleme çevrilebilir.

$$\text{Maksimum } z = \sum_{j=1}^n \left(\tilde{c}_j + \frac{d_{cj} - d'_{cj}}{3} \right) x_j$$

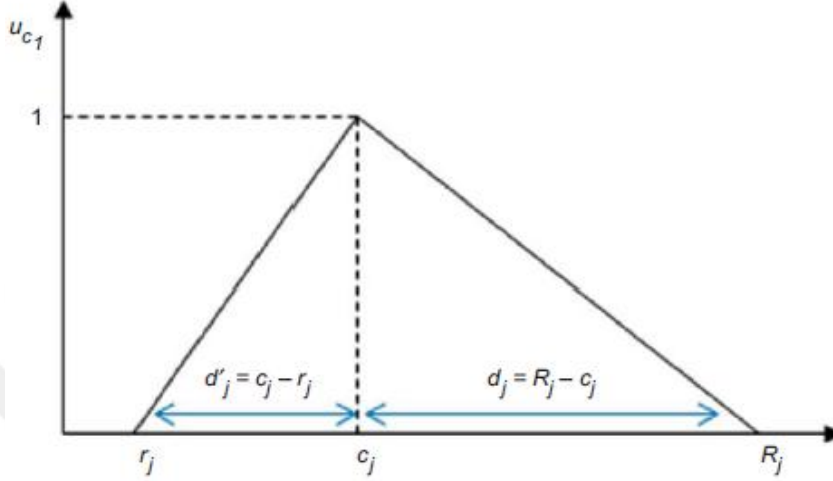
$$\text{Bağlı olarak } \sum_{j=1}^n \left(\tilde{a}_{ij} + \frac{d_{aij} - d'_{aij}}{3} \right) x_j \leq \left(\tilde{b}_i + \frac{d_{bi} - d'_{bi}}{3} \right) + \left(\tilde{t}_i + \frac{d_{ti} - d'_{ti}}{3} \right) (1 - \alpha)$$

$$x_j \geq 0, \quad i \in M, \quad j \in N, \quad \alpha \in [0,1] \quad (22)$$

d_{cj} ve d'_{cj} bulanık üçgen sayının alt ve üst sınırları belirtirken c_j merkez noktasını belirtir.

Şekil 13: Denklem göre üçgen bulanık sayı

(Peidro vd., 2009)



FMILP daha önce tanımlanmıştı, bu uygulamaları eklediğimizde MILP modeli ortaya çıkmış olur.

Peidro vd.(2009) yapmış olduğu çalışma ile FMILP modelinin bulanık mantık ile çözümünde kullanılmak üzere aşağıda verilmiş olan modeli geliştirmişlerdir;

Model (Peidro vd.,2009)

$$\begin{aligned}
\text{Minimize } z = & \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \left[(VPC_{ijn} + \frac{d_{VPC} - d'_{VPC}}{3}) \cdot P_{ijn} \right] \\
& + \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \left[\left(OTC_{njt} + \frac{d_{OTC} - d'_{OTC}}{3} \right) \cdot OT_{njt} + (UTC \right. \\
& \left. + \frac{d_{UTC} - d'_{UTC}}{3}) \cdot UT_{njt} \right] \\
& + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T \left[RMC_{int} \cdot PQ_{int} + \left(IC_{int} + \frac{d_{IC} - d'_{IC}}{3} \right) \cdot I_{int} \right. \\
& \left. + \left(DBC_{int} + \frac{d_{DBC} - d'_{DBC}}{3} \right) \cdot DB_{int} \right] \\
& + \sum_{i=1}^I \sum_{o=1}^O \sum_{d=1}^D \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \left[\left(TC_{odlt} + \frac{d_{TC} - d'_{TC}}{3} \right) \cdot TQ_{iodlt} \right]
\end{aligned} \tag{23}$$

$V\tilde{P}C_{ijn}$: Her bir birim ürün için üretim maliyeti değişkenleri i ve j 'de n 'den t 'ye kadar

$\frac{d_{VPC} - d'_{VPC}}{3}$: Her bir birim ürün üretim maliyetinin üçgen bulanık sayısı ile gösterimi

P_{ijn} : j de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{ijn} > 0$ olmalı.

$O\tilde{T}C_{njt}$: Fazla mesai maliyeti j ve n 'den t 'ye kadar

$\frac{d_{OTC} - d'_{OTC}}{3}$: Fazla mesai maliyetinin üçgen bulanık sayılar ile gösterimi

OT_{njt} : j tezgahı için fazla mesai

$U\tilde{T}C_{njt}$: Boş geçen zaman maliyeti j ve n 'den t 'ye kadar

$\frac{d_{UTC} - d'_{UTC}}{3}$: Boş geçen zaman maliyetinin üçgen bulanık sayısı ile gösterimi

UT_{njt} : j tezgahı için boş geçen zaman

RMC_{int} : Hammadde fiyatı i ve n 'den t 'ye kadar

PQ_{int} : i ürün için satınalma miktarı $t/RMC_{int} > 0$

$I\tilde{C}_{int}$: Elde bulundurma maliyeti i için t 'de n

$\frac{d_{IC} - d'_{IC}}{3}$: Elde bulundurma maliyetinin üçgen bulanık sayısı ile gösterimi

I_{int} :i ürün için t periyot sonunda stok miktarı

$D\tilde{B}C_{int}$:Karşılanmayan talep maliyeti i için t de n

$\frac{d_{DBC} - d'_{DBC}}{3}$: Karşılanmayan talep maliyetinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

DB_{int} :i için karşılanmayan talep t/DBC_{#t} > 0

$T\tilde{C}_{odlt}$:Ulaşım maliyeti t de l ,o'dan d'ye kadar

$\frac{d_{TC} - d'_{TC}}{3}$: Ulaşım maliyetinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

TQ_{iodlt} :o dan d ye i ürün için taşıma miktarı t/o<>d, TC_{odlt} >0, IC_{i,n=d,t} >0

$$\begin{aligned} \text{Bağlı olarak } \sum_{i=1}^I \left[P_{injt} \left(PT_{injt} + \frac{d_{PT} - d'_{PT}}{3} \right) \right] \\ \leq MPC_{njt} + \frac{d_{MPC} - d'_{MPC}}{3} + MOT_{njt} + \frac{d_{MOT} - d'_{MOT}}{3} \\ + \left(t_1 + \frac{d_{t1} - d'_{t1}}{3} \right) (1 - \alpha) \quad \forall n, j, t \end{aligned}$$

(24)

P_{injt} :J de üretilen i nin üretim miktarı t/P \tilde{T}_{injt} > 0 olmalı.

$P\tilde{T}_{injt}$:t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresi

$\frac{d_{PT} - d'_{PT}}{3}$: t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$M\tilde{P}C_{njt}$:t de n'den j için üretim kapasitesi

$\frac{d_{MPC} - d'_{MPC}}{3}$: t de n'den j için üretim kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$M\tilde{O}T_{njt}$:t de n'den j için fazla mesai kapasitesi

$\frac{d_{MOT} - d'_{MOT}}{3}$: t de n'den j için fazla mesai kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$$\begin{aligned}
\left(PT_{inj t} + \frac{d_{PT} - d'_{PT}}{3} \right) PT_{inj t} & \\
& \leq \left(MPC_{nj t} + \frac{d_{MPC} - d'_{MPC}}{3} \right) YP_{inj t} \\
& + \left(MOT_{nj t} + \frac{d_{MOT} - d'_{MOT}}{3} \right) YP_{inj t} \\
& + \left(t_3 + \frac{d_{t3} - d'_{t3}}{3} \right) (1 - \alpha) \quad \forall i, n, j, t
\end{aligned}$$

(25)

$P_{inj t}$: j de üretilen i nin üretim miktarı $t/P\tilde{T}_{inj t} > 0$ olmalı.

$P\tilde{T}_{inj t}$: t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresi

$\frac{d_{PT} - d'_{PT}}{3}$: t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$M\tilde{P}C_{nj t}$: t de n 'den j için üretim kapasitesi

$\frac{d_{MPC} - d'_{MPC}}{3}$: t de n 'den j için üretim kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$M\tilde{O}T_{nj t}$: t de n 'den j için fazla mesai kapasitesi

$\frac{d_{MOT} - d'_{MOT}}{3}$: t de n 'den j için fazla mesai kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$YP_{inj t}$: j de bir birim i üretildiği gösteren ikili değişken

$$SR_{iodlt} = SRO_{iodlt} + TQ_{iodl,t-FTLT} \quad \forall i, o, d, l, t$$

(26)

SR_{iodlt} : d 'den o 'ya kabul edilen sevkiyat $t/o <> d$, $TC_{odlt} > 0$, $IC_{i,n=d,t} > 0$ periyot başlangıcında

SRO_{iodlt} : 0 periyot başlangıcından l 'ye kadar o 'dan d 'ye yüklemeler

TQ_{iodlt} : o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o <> d$, $TC_{odlt} > 0$

$$\sum_{i=1}^I I_{int} \cdot V_{it} \leq \left(MIC_{nt} + \frac{d_{MIC} - d'_{MIC}}{3} \right) + \left(t_8 + \frac{d_{t8} - d'_{t8}}{3} \right) (1 - \alpha) \quad \forall n, t$$

(27)

I_{int} : i ürün için t periyot sonunda stok miktarı

V_{it} : i ürünü için fiziksel hacim

$M\tilde{C}_{nt}$: Maksimum stok kapasitesi

$\frac{d_{MIC} - d'_{MIC}}{3}$: Maksimum stok kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$$\sum_{i=1}^I \sum_{o=1}^O \sum_{d=1}^D SIP_{iodlt} \cdot V_{it} \cdot \chi_{odlt}^1 + \sum_{i=1}^I \sum_{o=1}^O \sum_{d=1}^D TQ_{iodlt} \cdot V_{it} \cdot \chi_{odlt}^2 \leq \left(MTC_{it} + \frac{d_{MTC} - d'_{MTC}}{3} \right) + \left(t_9 + \frac{d_{t9} - d'_{t9}}{3} \right) (1 - \alpha) \forall l, t \quad (28)$$

SIP_{iodlt} : o'dan d ye devam eden sevkiyat sevkiyat $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0, TLT_{odlt} > 0$ periyot başlangıcında

V_{it} : i ürünü için fiziksel hacim

χ_{odlt}^1 : 0-1 fonksiyonu. $TLT_{odlt} > 0$ ise 1 değil ise 0 olur.

TQ_{iodlt} : o dan d ye i ürün için taşıma miktarı $t/o \langle \rangle d$, $TC_{odlt} > 0, IC_{i,n=d,t} > 0$

χ_{odlt}^2 : 0-1 fonksiyonu. $TLT_{odlt} = 0$ ise 1 değil ise 0 olur.

$M\tilde{C}_{nt}$: Maksimum taşıma kapasitesi

$\frac{d_{MTC} - d'_{MTC}}{3}$: Maksimum taşıma kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$$\sum_{i=1}^I PQ_{int} \leq \left(MPRC_{nt} + \frac{d_{MPRC} - d'_{MPRC}}{3} \right) - \left(t_{10} + \frac{d_{t10} - d'_{t10}}{3} \right) (1 - \alpha) \forall n, t \quad (29)$$

PQ_{int} : i ürün için satınalma miktarı $t/RMC_{int} > 0$

$MP\tilde{R}C_{nt}$: t'de n'den maksimum tedarikçiden satın alma kapasitesi

$\frac{d_{MPRC} - d'_{MPRC}}{3}$: t'de n'den maksimum tedarikçiden satın alma kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$$DB_{int} - DB_{in,t-1} + S_{int} \leq \left(D_{int} + \frac{d_D - d'_D}{3} \right) + \left(t_{11} + \frac{d_{t11} - d'_{t11}}{3} \right) (1 - \alpha) \forall i, n, t \quad (30)$$

DB_{int} : i için karşılanmayan talep $t/DBC_{int} > 0$

S_{int} : i ürünü için tedarik

\tilde{D}_{int} : t'de n'den i için üretim ihtiyacı

$\frac{d_D - d'_D}{3}$: t'de n'den i için üretim ihtiyacının üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$$DB_{int} - DB_{in,t-1} + S_{int} \geq \left(D_{int} + \frac{d_D - d'_D}{3} \right) - \left(t_{12} + \frac{d_{t12} - d'_{t12}}{3} \right) (1 - \alpha) \forall i, n, t \quad (31)$$

$$\sum_{i=1}^I P_{inj t} \cdot PT_{inj t} + UT_{nj t} - OT_{nj t} \leq \left(MPC_{nj t} + \frac{d_{MPC} - d'_{MPC}}{3} \right) - \left(t_{13} + \frac{d_{t13} - d'_{t13}}{3} \right) (1 - \alpha) \forall n, j, t \quad (32)$$

$P_{inj t}$: J de üretilen i nin üretim miktarı $t/PT_{inj t} > 0$ olmalı.

$PT_{inj t}$: t de n deki j de bir birim i üretmek için proses süresi

$UT_{nj t}$: j tezgahı için boş geçen zaman

$OT_{nj t}$: j tezgahı için fazla mesai

$MPC_{nj t}$: t'de n'den j için üretim kapasitesi

$\frac{d_{MPC} - d'_{MPC}}{3}$: t'de n'den j için üretim kapasitesinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$$\sum_{i=1}^I P_{inj t} \cdot PT_{inj t} + UT_{nj t} - OT_{nj t} \geq \left(MPC_{nj t} + \frac{d_{MPC} - d'_{MPC}}{3} \right) - \left(t_{14} + \frac{d_{t14} - d'_{t14}}{3} \right) (1 - \alpha) \forall n, j, t \quad (33)$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T S_{int} \leq \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T \left(D_{int} + \frac{d_D - d'_D}{3} + DBO_{int} \right) + \left(t_{15} + \frac{d_{t15} - d'_{t15}}{3} \right) (1 - \alpha) \quad \forall i \quad (34)$$

S_{int} :i ürünü için tedarik

\tilde{D}_{int} : t 'de n 'den i için üretim ihtiyacı

$\frac{d_D - d'_D}{3}$: t 'de n 'den i için üretim ihtiyacının üçgen bulanık sayı ile gösterimi

DBO_{int} :0 periyottan n 'ye kadar i için karşılanmayan ihtiyaç

$$FLLT_{odt} \leq \left(TLT_{odt} + \frac{d_{TLT} - d'_{TLT}}{3} \right) + \left(t_{16} + \frac{d_{t16} - d'_{t16}}{3} \right) (1 - \alpha) \quad \forall o, d, l, t \quad (35)$$

$FLLT_{iodt}$:o'dan d'ye taşıma yükleme süresi

$T\tilde{L}T_{odt}$: o dan t ye taşıma yükleme süresi

$\frac{d_{TLT} - d'_{TLT}}{3}$: o dan t ye taşıma yükleme süresinin üçgen bulanık sayı ile gösterimi

$$FLLT_{odt} \geq \left(TLT_{odt} + \frac{d_{TLT} - d'_{TLT}}{3} \right) + \left(t_{17} + \frac{d_{t17} - d'_{t17}}{3} \right) (1 - \alpha) \quad \forall o, d, l, t \quad (36)$$

$$FLLT_{odt} \geq 0 \quad \forall o, d, l, t \quad (37)$$

Bulanık olmayan katsayılar ki bunlar (3),(5),(6),(8),(15)-(18) nolu denklemler bu modelde aynen kullanılmaktadır.

Denklem 22' yi çözmek için α parametresi ayarlanır. ($\alpha \in [0,1]$) farklı seviyelerde α kesim değeri bulanık olarak modelde kullanılır. Sonuç bulanık kümedir ve tedarik zinciri planlayıcı hangi çiftin α veya z ile daha kesin sonuç vereceğine karar verir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

Bu çalışmada, Bulanık Mantık uygulaması ev mobilyası üretimi yapan Y firmasının yemek masası üretimi üzerinden gerçekleştirilmiş olup uygulama için Matlab programının Fuzzy Logic Toolbox modülü kullanılmıştır.

Uygulamada ele alınan Y firması Arnavutköy’de ev mobilyası üretimi yapmaktadır. Y firmasının uygulamada kullandığı tedarikçi sayısı oldukça fazladır. Uygulamada ele alınan Y firmasının masa üretiminde kullanılan Suntalam hammaddesi , bağlantı elemanları ve ambalaj malzemeleri ilk seviye tedarikçi, kimyasal ürünler ikinci seviye tedarikçilerden temin edilmektedir. Tedarikçilerden ürün temini sipariş üzerine yapılmaktadır.

Uygulamada ele alınan Y firması üretimini seri üretim olarak gerçekleştirmektedir. Üretim planlaması bayiilerden gelen haftalık talepler doğrultusunda uzman görüşlerine dayanılarak fabrika müdürü tarafından yapılmaktadır. Üretim planlama aylık olarak yapılmakta olup bir önceki ay gelen talepler hesaplanarak ve mevsimsel dalgalanmalar göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Bu nedenle firma taleplerin ne olacağı konusunda kesin bir bilgiye sahip olamamakta ve bu nedenle gerek hammadde gerek de ürün stoğu bulundurma gereksinimi duymaktadır. Talepte meydana gelen belirsizlik üretimin, satınalmanın ve lojistik departmanına hem maliyet hemde iş yükü getirmektedir. Bu sebeple uygulamada Y firmasının tedarik zincirinin planlaması yapılırken değişkenlerin belirsizliğinden kaynaklı olarak karar verme süreci bulanık mantık ile gerçekleştirilmektedir.

5.1. UYGULAMADA KULLANILAN PROGRAM VE ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada Y firmasının masa üretimine ait üretim, satınalma ve sevkiyat bölümlerinde oluşan belirsizlerin çözümünde Pedro vd. FMILP için geliştirmiş oldukları formülasyonlar dikkate alınarak MATLAB® Fuzzy Logic Toolbox modülü kullanılarak uygulamada oluşan belirsizlikler çözümlenmiştir. Bu modülün kullanılma nedeni ise diğer birçok programda kullanılan ve uzun uzun yazılan kodlar

yerine daha kolay ve kısa sürede belirlenen değişkenlerin MATLAB® Fuzzy Logic Toolbox modülüne işlenerek sonuçlar elde edilmiştir.

5.1.1. BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ (FUZZY INFERENCE SYSTEM /FIS)

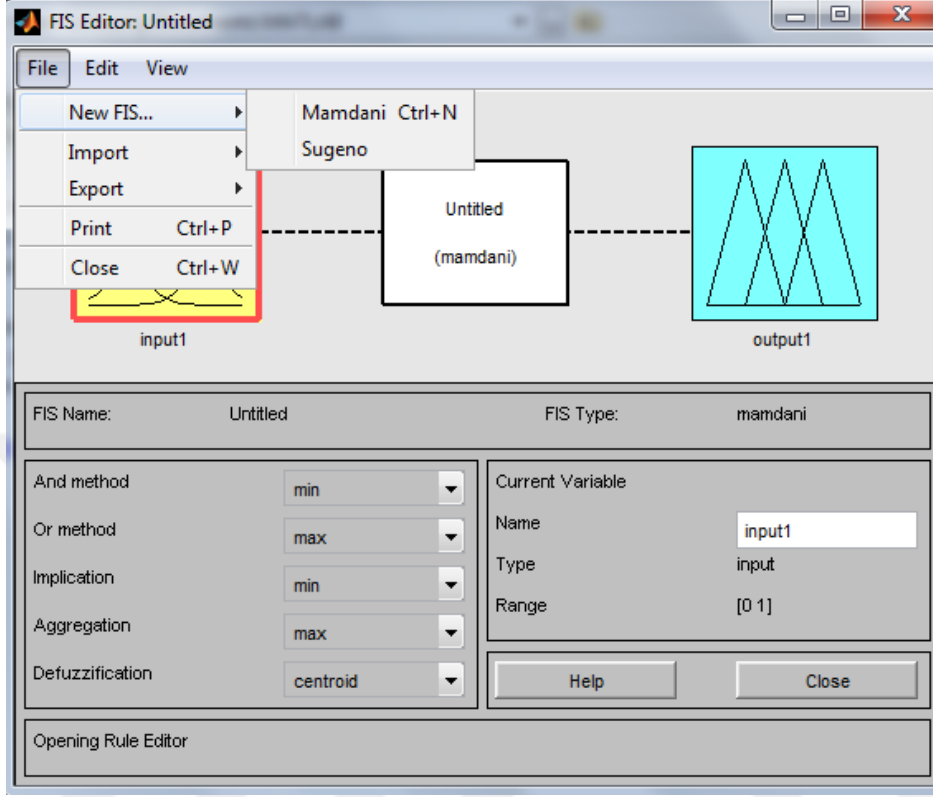
Bulanık mantık çıkarım sisteminde uzman bilgisi kullanılarak dilsel bazı kurallar oluşturulur. Sistem oluşturulan bu kurallar üzerinden çalışarak sonuç verir.

Bulanık mantık çıkarım sisteminde iki sistem bulunur. Bunlar Takagi-Sugeno ve Mamdani modelidir.

Takagi-sugeno modelinde veriler üyelik fonksiyonları ve kurallar geliştirilerek data oluşturulur. Üyelik fonksiyonları ve kurallar hataları ayıklamak için optimize edilir. Takagi-Sugeno modeli daha kesin bilgiler üzerinden çalışır.

Mamdani modelinde temel uzman bilgisidir ve son model optimize edilmez. Her iki modelde benzerdir fakat Mamdani bulanık girdileri bulanık çıktı olarak verirken Takagi-Sugeno modeli bulanık girdileri daha net sonuçlar olarak verir. Mamdani modeli için veri setine gerek yoktur ve uzmanlık bilgisi ile genelleştirilmiş modeller oluşturulur. Sözel kuralların kullanılmasında Mamdani modelinin avantajı bulunmaktadır.

Şekil 14: FIS Editor Model seçim ekran görüntüsü

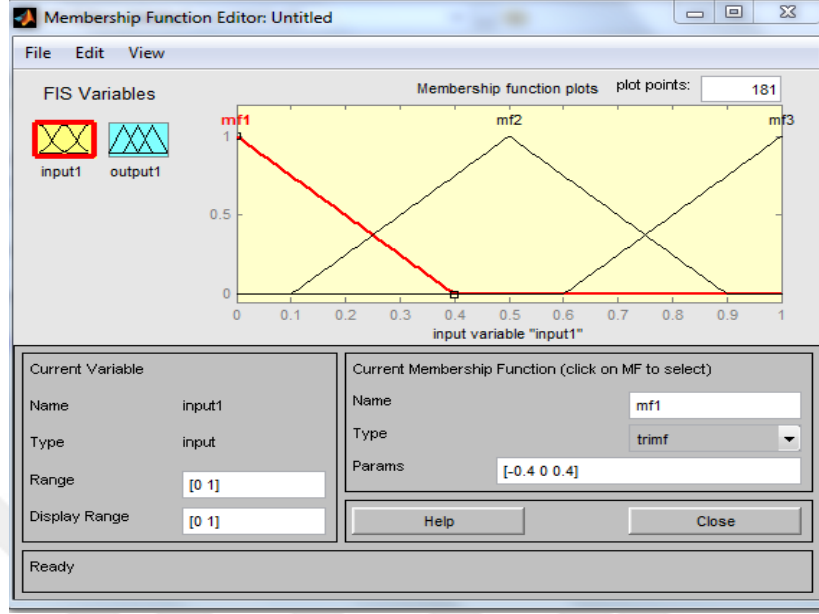


Fuzzy Inference prosesi 5 aşamadan oluşur. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması, Bulanık operatörünün seçimi (Ve / Veya), Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması, Kuralların oluşturulması ve Bulanıksızlaştırma (Defuzzification).

Adım 1: Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması

Bu adım girdilerin bulanık mantık setinde üyelik fonksiyonlarının tanımlandığı adımdır. Girdilerin değerleri genelde kesin rakamlardan oluşur fakat bu rakam belli bir aralık belirlenir ve çıktı değerleri genelde dilsel terimlerden oluşur ve her zaman 0 ile 1 aralığında değerler verilir.

Şekil 15: Adım 1 Girdi üyelik fonksiyonlarının sisteme tanıtılması



Adım 2: Bulanık operatörünün seçimi (Ve / Veya)

Girdi değişkenlerinin ve çıktı değişkenlerinin bulanıklaştırılmasından sonra operatörün seçimi gerçekleştirilir. Ve operatöründe iki tip method kullanılmaktadır. Bunlar min(minimum) ve prod(üretim)'dur. Veya operatöründe aynı şekilde iki tip method kullanır; Max(maksimum) ve olası veya(probor)'dır. Olası veya aynı zamanda cebirsel toplam olarakda bilinir.

Bu operatörlerin fonksiyonlarının yanında kendi Ve/Veya methodunuzu da oluşturabilirsiniz.

Adım 3: Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

Kurallar oluşturulmadan önce kuralların ağırlıkları belirlenir. Her kuralın 0 ila 1 arasında ağırlığı vardır. Kuralların ağırlığı atandıktan sonra uygun dilsel özellikler bir üyelik fonksiyonu tarafından belirlenir.

Adım 4: Kuralların oluşturulması

Karar verme sistemi kuralların FIS üzerinde işlenmesinden oluştuğu için kuralların oluşturulması büyük önem taşır. Bütün çıktıların bulanık kümesi toplanarak tek bir çıktı oluşturulur.

Adım 5: Bulanıksızlaştırma(Defuzzification)

Bulanıksızlaştırma prosesinde bütün çıktılar toplanarak tek bir çıktı ortaya konur. Beş çeşit bulanıksızlaştırma metodu bulunmaktadır. Bunlar; ağırlık merkezi, açıortay, maksimum orta, maksimum en büyük ve maksimum en küçük. En çok kullanılan bulanıksızlaştırma methodu ağırlık merkezi (centroid) hesaplama metodudur. Eğrinin altında kalan alanın merkezi değer olarak alınır. (Matlab programı Yardım dosyası,R2010a)

5.1.2. BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE MODELİN ÇÖZÜMÜ

Uygulamada amacımız maliyetimizi minimum yapmaktır. Bu durumda girdi değişkenleri maliyeti düşürecek kalemlerden oluşmaktadır. Girdi/çıktı değişkenlerinde üçgensel üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.

Tablo 6: Girdi değişkenlerinin bulanık değişkenler tablosu

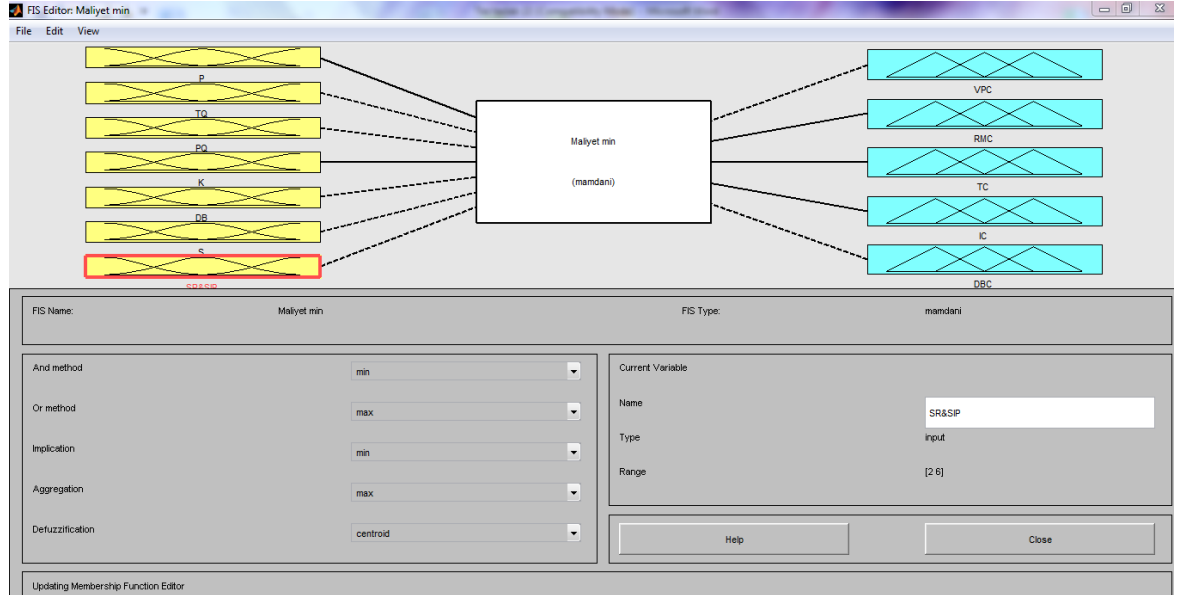
GİRDİ	BULANIK DEĞİŞKEN	BULANIK SAYILAR
ÜRETİM (P)		
TAŞIMA MİKTARI (TQ)		
SATINALMA(PQ)	YÜKSEK	[420 500 580]
PROSES SÜRECİ (k)	ORTA	[320 400 480]
TEDARİK (S)	DÜŞÜK	[220,5 300,5 380,5]
KARŞILANMAYAN TALEP (DB)		
GİDEN/GELEN SEVKİYAT (SR&SIP)		

Tablo 7 : Çıktı değişkenlerinin bulanık değişkenler tablosu

ÇIKTI	BULANIK DEĞİŞKEN	BULANIK SAYILAR
ÜRETİM MALİYETİ (VPC)		
HAMMADDE MALİYETİ (RMC)	YÜKSEK MALİYET	[255 325 395]
ULAŞIM MALİYETİ (TC)	ORTA MALİYET	[167 237 307]
ELDE BULUNDURMA MALİYETİ (IC)	DÜŞÜK MALİYET	[80 150 220]
KARŞILANMAYAN TALEP MALİYETİ (DBC)		

Girdi/Çıktı değişkenlerinin belirlenmesinden sonra Girdi ve Çıktı değişkenleri Matlab programı Fuzzy Logic Toolbox programına aşağıda görüntüsü bulunan ekrandan işlendi. Önce Girdi değişkenleri ve üyelik fonksiyonları belirlendi. Bir sonraki aşamada Çıktı değişkenleri ve üyelik fonksiyonları belirlendi.

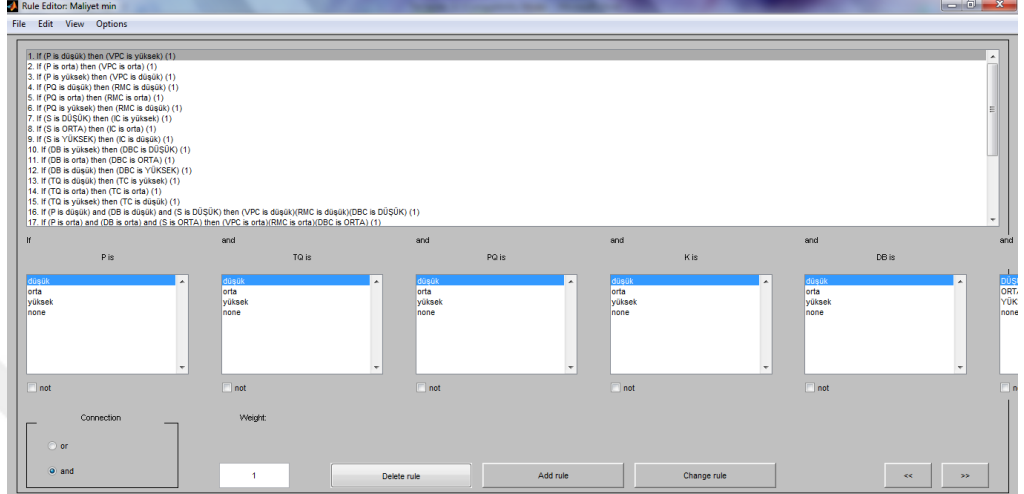
Şekil 16 : Fuzzy Logic Toolbox Girdi/Çıktı değişkenlerinin işlenmesi



Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinden sonra kurallar (Rules) oluşturuldu. Kurallar oluşturulurken uzman görüşleri ve Pedro vd. ait formülasyonlardan yola

çıkıldı. 27 adet kural oluşturuldu. Bulanık kurallar IF-THEN prensibine göre hazırlandı. Kuralların ağırlığı 1 olarak belirlendi.

Şekil 17: Kuralların belirlendiği ekrandan görüntü

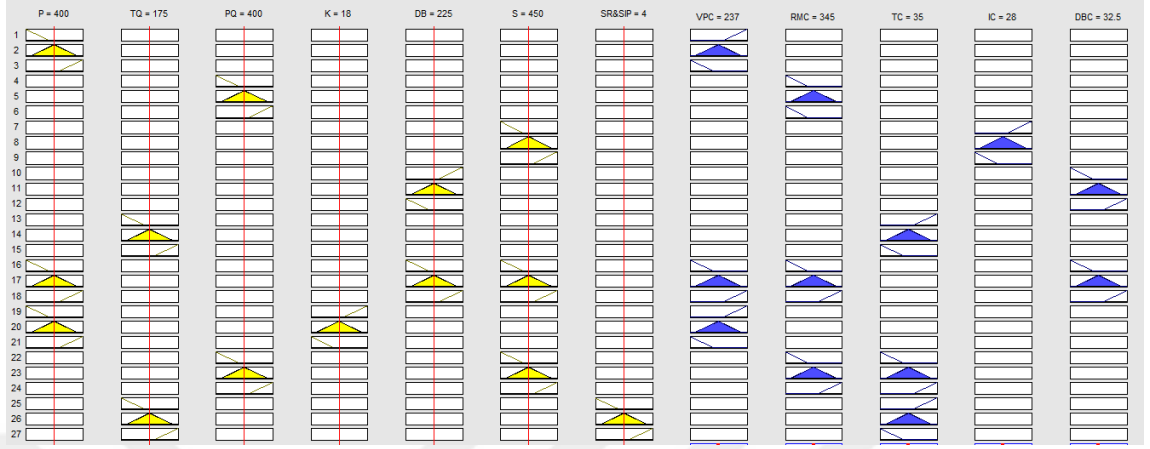


Şekil 18: Belirlenen kurallardan örnekler

1. If (P is düşük) then (VPC is yüksek) (1)
2. If (P is orta) then (VPC is orta) (1)
3. If (P is yüksek) then (VPC is düşük) (1)
4. If (PQ is düşük) then (RMC is düşük) (1)
5. If (PQ is orta) then (RMC is orta) (1)
6. If (PQ is yüksek) then (RMC is düşük) (1)
7. If (S is DÜŞÜK) then (IC is yüksek) (1)
8. If (S is ORTA) then (IC is orta) (1)
9. If (S is YÜKSEK) then (IC is düşük) (1)
10. If (DB is yüksek) then (DBC is DÜŞÜK) (1)
11. If (DB is orta) then (DBC is ORTA) (1)
12. If (DB is düşük) then (DBC is YÜKSEK) (1)
13. If (TQ is düşük) then (TC is yüksek) (1)
14. If (TQ is orta) then (TC is orta) (1)
15. If (TQ is yüksek) then (TC is düşük) (1)
16. If (P is düşük) and (DB is düşük) and (S is DÜŞÜK) then (VPC is düşük)(RMC is düşük)(DBC is DÜŞÜK) (1)
17. If (P is orta) and (DB is orta) and (S is ORTA) then (VPC is orta)(RMC is orta)(DBC is ORTA) (1)

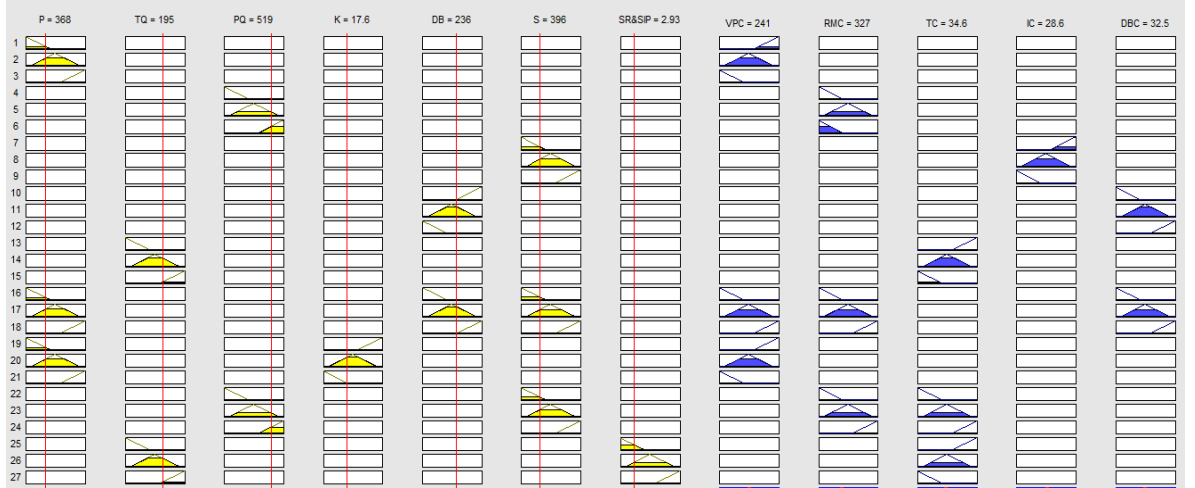
Kuralların belirlenmesinden sonra FIS arayüzü belirlenen kurallara ve girilen değişken değer aralıklarında göre çalışarak sonuç ekranlarını oluşturuldu.

Şekil 19 : Kurallara bağlı olarak oluşturulan sonuç ekranı



Ekranda girdi değişkenleri sarı renk ile çıktı değişkenleri mavi renk ile belirtilmiştir. Klasik yöntemler ile bu tür bir maliyet hesaplaması yapıldığında tek bir maliyet sonucu alınırken bu sistemde girdi değişkenleri üzerinde bulunan kırmızı band sağa ve sola hareket ettirilerek maliyet değişkenlerinin nasıl sonuç verdiği gözlenebilmektedir.

Şekil 20 : Girdi değişkenlerinin değiştirilmesi ile oluşan sonuç ekranı



Yukarıdaki örnekte üretim sayısı düşürülüp, taşıma miktarı, satılma miktarı artırılmış, proses süreci düşürülmüş, karşılanmayan talep miktarı artırılmış, tedarik miktarı ve giden gelen tedarik miktarı düşürülmüştür. Buna bağlı olarak üretim maliyetinin arttığı, hammadde maliyetinin ve ulaşım maliyetinin düştüğü, elde

bulundurma maliyetinin artığı, karşılanmayan talep maliyetinin değişmediği gözlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan Y firmasının verilerine ve uzman görüşlerine göre hazırlanan bulanık mantık çözümünde düşük, orta ve yüksek seviyelerde maliyet değişkenlerinin nasıl değiştiği aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 8: FIS uygulamasında alınan potansiyel değerlere karşılık gelen maliyet değerleri (Düşük)

GİRDİ	POTANSİYEL DEĞER	ÇIKTI	MALİYET DEĞERİ
ÜRETİM (P)	340		
TAŞIMA MİKTARI (TQ)	132	ÜRETİM MALİYETİ (VPC)	240
SATINALMA(PQ)	281	HAMMADDE MALİYETİ (RMC)	317
PROSES SÜRECİ (k)	16,8	ULAŞIM MALİYETİ (TC)	34,8
TEDARİK (S)	360	ELDE BULUNDURMA MALİYETİ (IC)	30,4
KARŞILANMAYAN TALEP (DB)	185	KARŞILANMAYAN TALEP MALİYETİ (DBC)	32,5
GİDEN/GELEN SEVKİYAT (SR&SIP)	2,69		

Tablo 9: FIS uygulamasında alınan potansiyel değerlere karşılık gelen maliyet değerleri (Orta)

GİRDİ	POTANSİYEL DEĞER	ÇIKTI	MALİYET DEĞERİ
ÜRETİM (P)	400		
TAŞIMA MİKTARI (TQ)	175	ÜRETİM MALİYETİ (VPC)	237
SATINALMA(PQ)	400	HAMMADDE MALİYETİ (RMC)	345
PROSES SÜRECİ (k)	18	ULAŞIM MALİYETİ (TC)	35
TEDARİK (S)	450	ELDE BULUNDURMA MALİYETİ (IC)	28
KARŞILANMAYAN TALEP (DB)	225	KARŞILANMAYAN TALEP MALİYETİ (DBC)	32,5
GİDEN/GELEN SEVKİYAT (SR&SIP)	4		

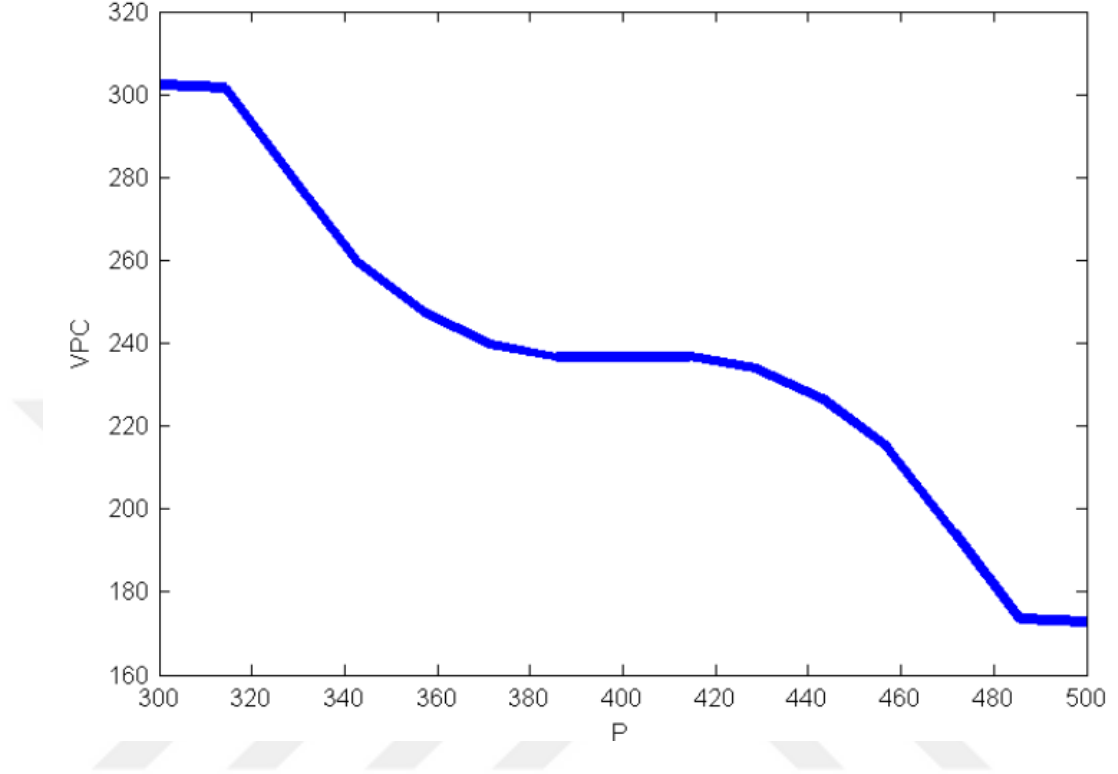
Tablo 10: FIS uygulamasında alınan potansiyel değerlere karşılık gelen maliyet değerleri (Yüksek)

GİRDİ	POTANSİYEL DEĞER	ÇIKTI	MALİYET DEĞERİ
ÜRETİM (P)	496		
TAŞIMA MİKTARI (TQ)	215	ÜRETİM MALİYETİ (VPC)	226
SATINALMA(PQ)	531	HAMMADDE MALİYETİ (RMC)	342
PROSES SÜRECİ (k)	19,2	ULAŞIM MALİYETİ (TC)	35,5
TEDARİK (S)	540	ELDE BULUNDURMA MALİYETİ (IC)	25,7
KARŞILANMAYAN TALEP (DB)	285	KARŞILANMAYAN TALEP MALİYETİ (DBC)	31,8
GİDEN/GELEN SEVKİYAT (SR&SIP)	5,07		

Kurallar ekranında sonuç bölümü olarak değişkenlerin grafik olarak görselleri de alınabilmektedir. Tek girdi değişkenine karşılık tek çıktı değişkeni alınabileceği gibi iki girdi değişkenine karşılık tek çıktı değişkenine ait görsel olarak grafikler alınabilmektedir. Bu görsellere ait örnekler aşağıda verilmiştir.

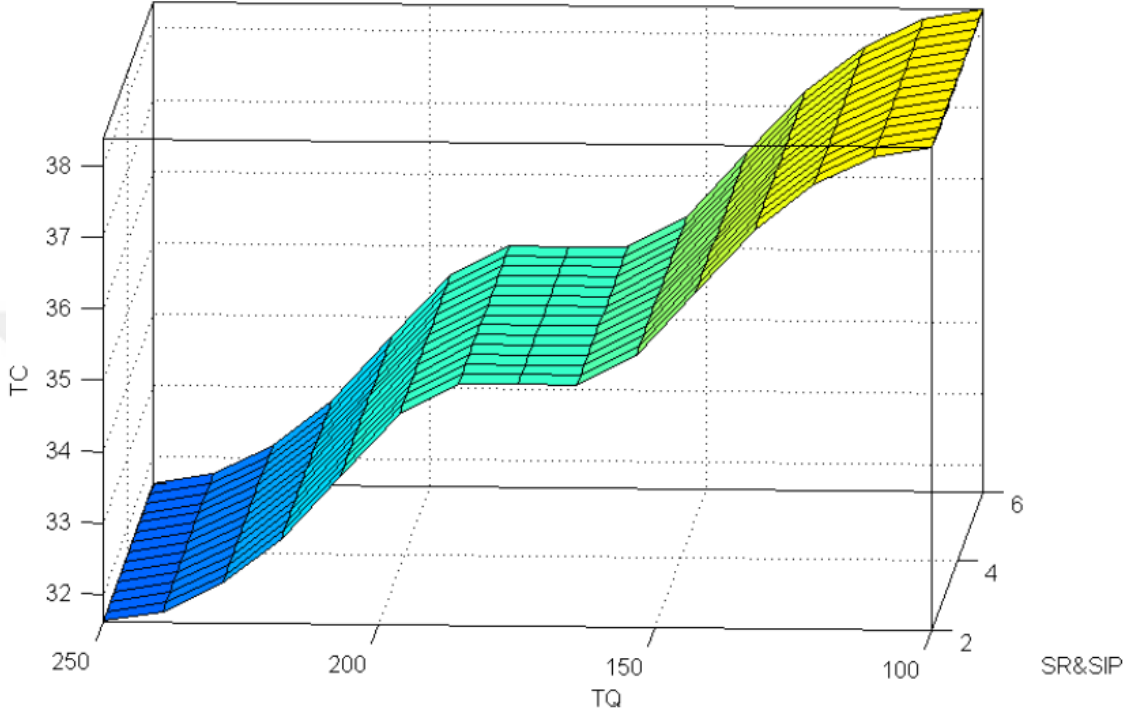


Şekil 21: Üretim girdisi ile Üretim maliyeti değişim grafiği



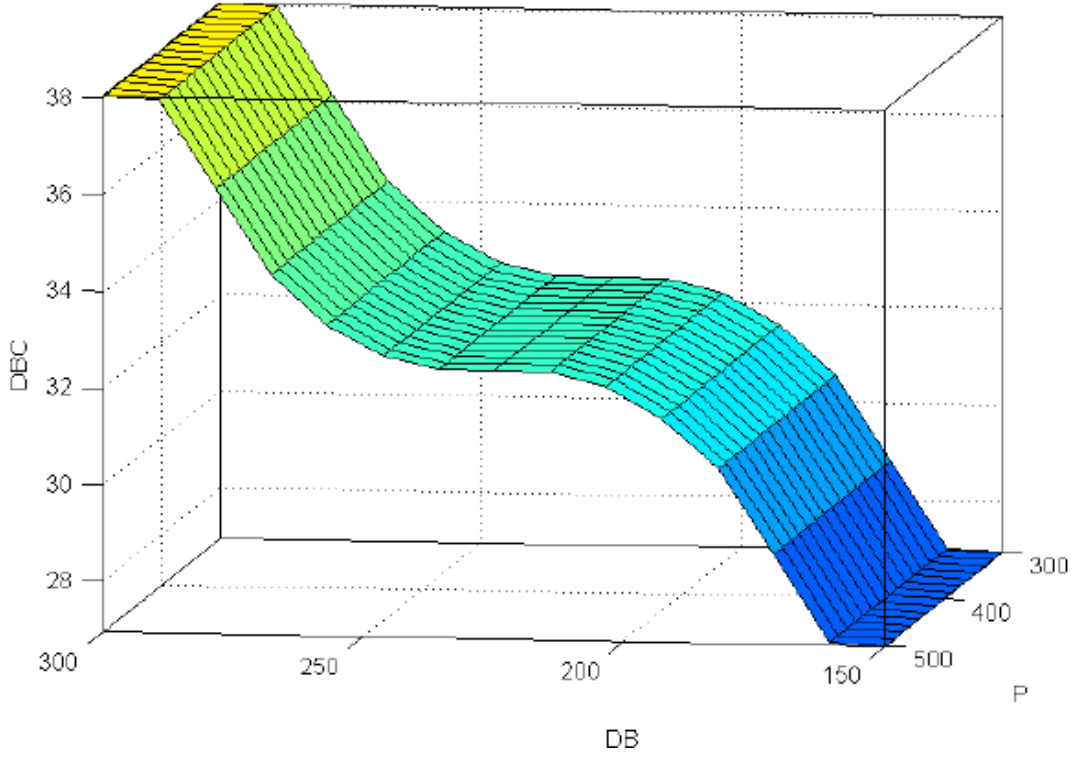
Grafikte üretim ile üretim maliyetinin değişimi gösterilmektedir. Üretilen ürün sayısının artması ile üretim maliyetinin ters orantılı olarak değişimi gözlenmektedir. Üretim miktarı arttıkça üretim maliyetinin önce sabit seyrettiği fakat daha sonra düştüğü görülmektedir. 300 adet ürün üretiminde maliyet 300 birim iken 400 adet ürün üretiminde maliyet 240 birim olduğu görülmektedir. Matlab programının Fuzzy Logic Toolbox modülü ile her bir ürün için oluşan maliyet tek tek elde edilebilmektedir.

Şekil 22: Taşıma miktarı ve Gelen/Giden Sevkiyat miktarı ile Taşıma maliyeti değişim grafiği



Şekil 22’de verilen grafikte ise taşıma miktarı ve gelen/giden sevkiyat miktarları girdi olarak alınmış taşıma maliyeti ise çıktı olarak ele alınmıştır. Grafik incelendiğinde taşıma miktarı 250 adet ve gelen/giden sevkiyat miktarı 2 iken taşıma maliyeti 31.6 birim olmaktadır. Taşıma miktarı 150 adet olarak değiştirildiğinde ve gelen/gide sevkiyat sayısı 4 olarak alındığında taşıma maliyeti 35.7 olmaktadır. Taşıma miktarı arttıkça ve sevkiyat sayıları azaldığında taşıma maliyetlerinin düştüğü gözlenmektedir.

Şekil 23: Üretim miktarı ve karşılanmayan talebin karşılanmayan talep maliyeti değişim grafiği



Şekil 23'te üretim miktarı ve karşılanmayan talep miktarına bağlı olarak karşılanmayan talep maliyetinin değişimi gösterilmektedir. Üretim miktarı artarken karşılanamayan talep miktarı düşerken buna bağlı olarak karşılanmayan talep maliyeti düşmektedir. Karşılanmayan talep 250 adet üretim 400 iken karşılanmayan talep maliyeti 33 birim olmaktadır.

SONUÇ

Tedarik zincirinin ortaya çıkışından itibaren her zaman belli konularda belirsizlikler olduğu bilinmektedir. Belirsizliklerin genel olarak talep miktarının değişken olması, talep miktarının belirsizliğine bağlı olarak üretim miktarında belirsizleşmesi, stok maliyetlerinin bu durumdan etkilenmesi, tedarikçiden gelecek ürünün hangi gün hangi saatte geleceğinin bilinmemesi, lojistik ayağında yükleme aracının ne zaman geleceği ve ne kadar sürede yükleneceğinin bilinmemesi vb. kriterlerin belirsizliği maliyetlerin tam olarak hesaplanamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle maliyet hesaplanırken sabit sayılar göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmaktadır.

Tedarik zincirinin optimizasyonu konusunda literatürde bir çok yöntem kullanılmıştır. Bulanık mantık yöntemi kullanılarak yapılan optimizasyonların çoğunda Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ve Hedef Programlama yöntemi kullanılmıştır. Peidro vd. araştırmasına konu olan doğrusal programlama yöntemi ile ilgili sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır.

Bu çalışmada diğerlerinden farklı olarak Bulanık Mantık ile yapılan hesaplamalarda maliyetlere bağlı değişkenlerin bulanık olarak görülmesi ve hesaplanması sonucunda tek bir maliyet değeri yerine değişkenlere göre değişen maliyetler ortaya çıkarılmaktadır. Bu durum karar vericinin iş yükünü hafifleterek daha doğru ve verimli bir şekilde karar vermesini sağlamaya yöneliktir.

Karar verme süreci doğası gereği güç bir işlemdir. Ancak günümüzde kesin verilerin olmaması, sürekli değişen ekonomik şartlar gözönüne alındığında karar vericilerin karar vermesi gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Karar sürecini kolaylaştırabilecek paket programlara erişmek mümkündür. Yine de karar sürecinde belirsizliklerin minimum seviyeye indirilmesi için yaklaşımlar geliştirilse de yeterli seviyeye gelememiştir.

Bulanık mantık yaklaşımı, 1965 yılında Zadeh tarafından ortaya atıldıktan sonra, yapılan araştırmalar genel olarak bulanık mantığın genel yaklaşımı ve kullanım alanları üzerinde neler yapılabileceğini içermektedir.

Bulanık mantık kullanımı çok yaygın değildir. Karar vermede, bulanık mantığın kullanılmasının muhtemel nedenleri çözümün elle yapılamıyor olması, kullanımını

kolaylaştıracak paket program sayısının az olması ve bulanık mantık kullanan kurumsal kaynak planlama paket programların maliyetlerin yüksek olmasıdır.

Bu çalışmada ele alınan uygulamada MATLAB® programının Fuzzy Logic Toolbox modülü kullanılmıştır. Çalışmanın ana amacı uygulamada uzun programlama dillerinin kullanılmaması ve çok hızlı bir şekilde sonuç alınmasıdır. MATLAB® Fuzzy Logic Toolbox modülünde değişkenler istenilen seviyede değiştirilerek buna bağlı maliyetlerin de değişimini hızlı bir şekilde izlemek mümkündür.

Hem iç müşterilere hem de dış müşterilere hızlı bir şekilde cevap verebilmek ve günümüz rekabet koşullarına ayak uydurabilmek için, belirsizliklerin hızlı bir şekilde ortadan kaldırılması gerekmektedir. Rekabet koşullarını yakalamak isteyen firmalar kurumsal kaynak planlama programları kullanarak bu belirsizlikleri minimum seviyeye indirmektedir.

Bu çalışmada ele alınan Y firmasında ev mobilyası üretilmekte olup talep tahmini, üretim planlama ve sevkiyat planlama işlemleri tamamen sipariş odaklı olarak ve uzmanların görüşlerine göre yapılmaktadır. Bu durum firmanın hem karşılanamayan talepler için hem de emniyet stoğu olarak elde bulundurdukları ürün ve hammadde stokları için fazla maliyetlere katlanmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada gerçekleştirilmek istenen Y firmasının yemek masası üretiminde kullanılan hammadde ve ürün stoklarının azaltılması ile bunlara bağlı olarak oluşan üretim, taşıma ve tedarik maliyetlerinin minimize edilmesidir. Bu amaçla Y firmasının mevcut koşullarda varolan üretim sayıları, tedarik sayıları vb. değerler firma yetkililerinden sözel olarak alınmış ve MATLAB programına işlenerek hızlı ve kolay bir şekilde sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma ile Y firması üretim değişkenini değiştirdiğinde oluşacak olan maliyetleri fazla işlem yapmadan kolayca elde edebilir hale gelmiştir. Bununla birlikte karar verici üretim planlama, sevkiyat planlama ve satınalma taleplerini daha doğru ve hızlı bir şekilde varsayımlara dayanmadan, kesin sonuçlar ile gerçekleştirebilmektedir. Böylece Y Firması hem işgücünden hem de oluşacak olan maliyetlerden tasarruf etmiştir.

KAYNAKÇA

- Beamon, B. M.: “Supply chain design and analysis: Models and methods”, **International Journal of Production Economics**, Vol 55, s 281-294, 1998.
- Blair B.: “Interview with Lotfi Zadeh Creator of Fuzzy Logic”, **Azerbaijan International**, Vol 2.4, s 46-47,50, Winter 1994
- Cadenas J. M., Verdegay J.L.: “Using Fuzzy Numbers in Linear Programming” , **IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part B: Cybernetics**, Vol. 27, No. 6, Aralık 1997.
- Chen S., Chang P.: “A mathematical programming approach to supply chain models with fuzzy parameters” , **Engineering Optimization**, Vol. 38, No. 6, s 647–669, Eylül 2006.
- Croom, S.R., Romano and Giannakis.: P. M. “Supply Chain Management: An Analytical Framework for Critical Literature Review,” **European Journal of Purchasing and Supply Management**, Vol 6:1, s 67-83, 2000.
- Garcia-Cascale M.S., Lamata M.T. : Solving a decision problem with linguistic information, **Pattern Recognition Letters**, Vol 28,s 2284–2294,2007.
- Giannakis M., Croom, S.R., “Toward the Development of a Supply Chain Management Paradigm:A Conceptual Framework” , **The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply** , s 27-37, Spring 2004.
- Giannoccaro I., Pontrandolfo P., Scozzi “A fuzzy echelon approach for inventory management in

- B.: supply chains”, **European Journal of Operational Research**, Vol 149, s 185-196, 2003.
- Harland C.M.: “Supply Chain Management: Relationships, Chains and Networks”, **British Journal of Management**, Vol.7 Özel sayı, s 63-80, Mart 1996.
- Harmelink, D. A.: “Distribution Network Systems: Planning, Design and Site Selection”, in: Tompkins, J. A., Harmelink, D. A. (Eds.), “**The Distribution Management Handbook**”, McGraw-Hil, Inc., New York, 1.4.8-9 (Part1, Bölüm 4, s 8-9), 1994.
- Kiper,T.: “Simülasyon Tabanlı Tedarik Yöntemi”; **USMOS 2005**, s 167-17
- Lambert D.M., Cooper M.C.: “Issues in Supply Chain Management”, **Industrial Marketing Management** , Vol 29, s 65–83,2000.
- Law, A. M., Kelton, W. D.: “Simulation Modeling and Analysis”, 2. baskı, McGraw-Hill Book Co., Singapore, s 2, 1991.
- Lee, H. L., Min K.C., Kim S.J.,Kim Y.B.: “Supply Chain simulation with discrete-continuous combined modelling”, **Computers & Industrial Engineering**, Vol 43, s 375-392,2002.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., Whang, S.: “Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect”, **Management Science**, Vol 43-4, s 546-558, 1997.

- Liang T.F.: “Applying fuzzy goal programming to production/transportation planning decisions in a supply chain”, **International Journal of Systems Science**, Vol 38: 4, s 293 -304.
- Matlab® R2010a : **Matlab programı Yardım dosyası**, Version 7.10.0.
- Min, H., Zhou, G.: “Supply chain modeling: past, present and future”, **Computers and Industrial Engineering**, Vol 43/ 1-2, s 231-249, 2002.
- Paksoy T, Altıparmak F.: “Dağıtım Ağlarının Tasarımı Ve Eniyilemesi Kapsamında Tedarik Zinciri Ve Lojistik Yönetimine Bir Bakış: Son Gelişmeler Ve Genel Durum” ,Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya,Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara , 2003.
- Paksoy, T.: “Bulanık Küme Teorisi ve Doğrusal Programlamada Kullanımı:Karşılaştırmalı Bir Analiz”, Selçuk Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2002.
- Peidro D., Mula J., Poler R., Verdegay J.L.: “Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties”, **Fuzzy sets and systems**, Vol 160, s. 2640-2657, 2009.
- Petrovic D.: “Simulation of supply chain behaviour and performance in an uncertain environment”, **International Journal of**

Production Economics, Vol 71, s 429-438, 2001.

Porter, M. E.: “Rekabet Stratejisi; Sektör ve Rakip Analizi Teknikleri”,
Çeviren:
Ulubilgen, G., Sistem Yayıncılık, s 375-404, 2000.

Semed M.: Dünya Dahilersiz Yaşayamaz, Emre yayınları, s 136,
2000.

Shapiro, J. F.: “Modeling the Supply Chain”, **Duxbury Thomson Learning Inc.**, CA, s 8, 2001.

Stadtler H.: “Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges”, **European Journal of Operational Research** ,Vol 163 ,s 575–588,2005.

Timor, M.: “Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları”,
İstanbul: İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları, 2001,

Tzafestas, S., Kapsiotis, G.: Coordinated control of manufacturing/supply chains using multi-level techniques”, **Computer Integrated Manufacturing Systems**, Vol 7/ 3, s 206-212, 1994.

Vergara, F. E., Khouja, M., Michalewicz, Z.: “An evolutionary algorithm for optimizing material flow in supply chains”, **Computers and Industrial Engineering**, Vol 43/ 3, s 407-421, 2002.

Villa,A.: “Introducing some Supply Chain Management problems”,
International Production Economics, Vol 73, s 1-4,
2001

Xu J.,He Y.,Gen M.:

“A class of random fuzzy programming and its application to supply chain design”, **Computers & Industrial Engineering**, Vol 56, s 937–950, 2009.

<http://www.fashion-writings.com/collaborative-planning-forecasting-replenishment>, Haziran 2015

<http://www.chainconveyordesign.net/chain-management/>, Haziran 2015