**T.C.**

**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# ÇOK AŞAMALI ÇOK KRİTERLİ AŞAMALAR ARASINDA FİRE BULUNAN TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA TEDARİKÇİ SEÇİMLİ SİPARİŞ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME PROBLEMİNİN İNCELENMESİ

**Hazırlayan**
**İsmet SÖYLEMEZ**

**Danışman**
**Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Haziran 2013**
**KAYSERİ**

**T.C.**

**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# ÇOK AŞAMALI ÇOK KRİTERLİ AŞAMALAR ARASINDA FİRE BULUNAN TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA TEDARİKÇİ SEÇİMLİ SİPARİŞ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME PROBLEMİNİN İNCELENMESİ

**Hazırlayan**
**İsmet SÖYLEMEZ**

**Danışman**
**Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2012-4165 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Haziran 2013**
**KAYSERİ**

# BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı İsmet SÖYLEMEZ

İmza:

# YÖNERGEYE UYGUNLUK

"Çok aşamalı çok kriterli aşamalar arasında fire bulunan tedarik zinciri ağında tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme probleminin incelenmesi" adlı yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan — Danışman

İsmet SÖYLEMEZ — Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı

Doç. Dr. Mithat Zeydan

iii

## ONAY SAYFASI

**Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT** danışmanlığında **İsmet SÖYLEMEZ** tarafından hazırlanan **"Çok Aşamalı Çok Kriterli Aşamalar Arasında Fire Bulunan Tedarik Zinciri Ağında Tedarikçi Seçimli Sipariş Büyüklüğü Belirleme Probleminin İncelenmesi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

03/06/2013

**JÜRİ:**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT .....

Üye : Doç. Dr. Zek ÖZBAKIR .....

Üye : Doç. Dr. M. Duran TOKSARI .....

ONAY:
Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 18/06/2013 tarih ve 2013/23-35 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

18/06/2013

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI

Enstitü Müdürü

# TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında bilimsel olarak gelişimim için desteklerini esirgemeyen değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT' e tüm katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İsmet SÖYLEMEZ

Kayseri, Haziran 2013

# ÇOK AŞAMALI ÇOK KRİTERLİ AŞAMALAR ARASINDA FİRE BULUNAN TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA TEDARİKÇİ SEÇİMLİ SİPARİŞ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME PROBLEMİNİN İNCELENMESİ

**İsmet SÖYLEMEZ**

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2013**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ercan ŞENYİĞİT**

## KISA ÖZET

Bu çalışmada iki adet ürün için çok kriterli çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan tedarik zincir ağında tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme problemi incelenmiş ve bir uygulama yapılmıştır. İlk olarak karar verici tarafından kriter sırası belirlenmiş ve bu önem sırasına göre en iyi puana sahip tedarikçiler hesaplanmıştır.

Belirlenen tedarikçiler ile stokastik durum için statik belirsizlik yaklaşımı dikkate alınarak beklenen talep değerleri kullanılarak tahmini talep miktarları hesaplanıp deterministik durum için en iyi çözüm bulunmuştur. Stokastik talep durumunda ürünler için gerekli olan hammadde miktarının satın alınmasından müşterilere bitmiş ürün teslimine kadar süreç incelenmiştir. Aşamalar arasında gerçekleşen firelerde göz önünde bulundurularak müşterilere eksik ürün teslimi önlenmiştir. Bu çalışmada Arena 4.0 programı kullanılarak 5 tekrar ve statik belirsizlik yaklaşımı ile elde edilen tahmini talep için sonuçlar bulunmuştur. Tedarikçilerden alınan hammadde miktarları, müşterilerin tahmini talep miktarları ve gerçekleşen maliyetler ve sapma yüzdeleri hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tedarik zincir yönetimi; benzetim; çok kriterli; çok aşamalı; matematiksel modelleme; stokastik talep.

# THE INVESTIGATION OF MULTI-CRITERIA MULTI-ECHOLON DEFECTIVE LOT SIZING WITH SUPPLIER SELECTION PROBLEM

**İsmet SÖYLEMEZ**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**M.Sc. Thesis, May 2013**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ercan ŞENYİĞİT**

## ABSTRACT

In this study, the problem of lot sizing with supplier selection problem in multi-echelon multi-product defective supply chain network is investigated and an application is studied. Firstly, decision maker decides sequences of criteria and suppliers with the best ratings are calculated via weighted mathematical modelling.

The static uncertainty model is considered for stochastic model to determine estimated demand. The processes from determining the amount of raw materials to delivering final products are examined. Defects take place between stages missing product delivery to customers prevented from considering. In this study, using Arena 4.0 software program is used to find 5 replication and results of the estimated demand is calculated. Quantities of raw materials from suppliers, the amount of expected demand and the actual cost and the amount of deviation were calculated.

**Keywords:** Supply chain management, mathematical model, multi criteria; multi echelon; simulation, stochastic demand.

# KISALTMALAR VE SİMGELER

**P** Ürün

**I** Tedarikçiler

**S** Bileşenler

**M** Dağıtım merkezleri

**C1** Kalite kriteri

**C2** Fiyat kriteri

**C2** Uzaklık kriteri

$\mathbf{P_p}$ Ürün p için üretim kapasite miktarı.

$\mathbf{K_{pm}}$ Ürün p için m dağıtım merkezinin kapasite miktarı.

$\mathbf{K_{sip}}$ Ürün p için i tedarikçisinin s bileşeni kapasite miktarı.

$\mathbf{C_{sip}}$ Ürün p için i tedarikçisinden fabrikaya s bileşenin taşıma maliyeti.

$\mathbf{SC_{sip}}$ Ürün p için i tedarikçisinden fabrikaya s bileşenin satın alma maliyeti.

$\mathbf{C_{pm}}$ Ürün p için fabrikadan m dağıtım merkezine birim taşıma maliyeti.

$\mathbf{CC_{pm}}$ Ürün p için m dağıtım merkezinden müşterisine birim taşıma maliyeti.

$\mathbf{F_p}$ Ürün p için fabrikanın sabit işletme maliyeti.

$\mathbf{F_{pm}}$ Ürün p için m dağıtım merkezinin sabit işletme maliyeti.

$\boldsymbol{\omega_{sp}}$ Ürün p nin üretim için bileşen başına gerekli miktarı.

$\mathbf{U_p}$ Ürün p için fabrikadaki ortalama fire oranı.

$\mathbf{V_{pm}}$ Ürün p için m dağıtım merkezindeki ortalama fire oranı.

$\mathbf{T_{sip}}$ P ürününün s bileşeni için i tedarikçisinin ortalama fire oranı.

$\mathbf{PC_p}$ Ürün p için üretim maliyeti.

$\mathbf{LC_p}$ Ürün p için yok satma maliyeti.

$\mathbf{UD_p}$ Ürün p için karşılanamayan talep miktarı.

$\mathbf{D_{pm}}$ p' inci ürün için m'inci dağıtım merkezinin ilgili olduğu müşteri grubunun talebi

**TC** Toplam maliyet.

$\mathbf{X_{sip}}$ Ürün p için i tedarikçisinden s bileşeninden satın alınan miktar.

$\mathbf{Y_{pm}}$ Fabrikadan dağıtım merkezine gönderilen p ürünü miktarı.

$\mathbf{Z_{pm}}$ m dağıtım merkezinden müşterisine gönderilen p ürünü miktarı.

$\mathbf{X_{ij}}$ i' inci tedarikçinin j' inci kritere göre değeri

$\mathbf{W_{ij}}$ i' inci tedarikçinin j' inci kriterinin ağırlığı

$\mathbf{Y_{ij}}$ i'inci tedarikçinin j' inci kriterinin dönüştürülmüş değeri

$\mathbf{S_{si}}$ i' inci tedarikçisinin fayda puanı.

$\mathbf{G_{D(t)}^{-1}}$ Tahmin edilen talep miktarıdır.

**HC** Sezgisel politika maliyeti (tahmin edilen talep maliyeti)

**F 1** Fransa ürün 1 talebi

**F 2** Fransa ürün 2 talebi

**İ 1** İran ürün 1 talebi

**İ 2** İran ürün 2 talebi

**K 1** Kayseri ürün 1 talebi

**K 2** Kayseri ürün 2 talebi

**CV** Değişim katsayısı

$\boldsymbol{\alpha}$ Servis düzeyi

**ÇAFTZA** Çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan tedarik zincir ağı.

$\mathbf{\propto_{sip}}$ Ürün p′nin, s′inci bileşeni için i tedarikçisinin seçilme durumu

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ..... ii
ONAY SAYFASI ..... iii
TEŞEKKÜR ..... iiiv
KISA ÖZET ..... v
ABSTRACT ..... vi
KISALTMALAR VE SİMGELER ..... vii
TABLO LİSTESİ ..... xi
ŞEKİL LİSTESİ ..... xii

**GİRİŞ ..... 1**

**1. BÖLÜM**

**GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

**1.1.Genel Bilgiler……4**

**1.2.Önceki Çalışmalar……5**

**2. BÖLÜM**

**YÖNTEM**

**2.1. Tedarik zincir yönetimi ..... 10**
**2.2. Tek-çok aşamalı tedarik zincir ağı ..... 10**
**2.3. Statik Belirsizlik Modeli ..... 11**
**2.4. Matematiksel modelleme ..... 13**
**2.5. Benzetim ..... 14**

## 3. BÖLÜM

## PROBLEM TANIMI VE VERİLER

**3.1. Problem Tanımı.....16**
**3.2. Tedarikçi Seçim Aşaması .....18**
**3.3. Sipariş Büyüklüğü Belirleme Aşaması.....23**
**3.1. Benzetim Modeli.....27**

## 4. BÖLÜM

## BULGULAR

**4.1. Bulgular.....39**

## 5. BÖLÜM
## TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

**5.1. Tartışma, Sonuç ve Öneriler .....43**

**KAYNAKÇA .....45**
**EKLER.....50**
**ÖZGEÇMİŞ.....82**

# TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Örnek olayda tedarikçilerin kriter değerleri[2] …… 20

Tablo 3.2 Örnek olayda normalize edilmiş değerler[2] ……..……... 21

Tablo 3.3 Örnek olayda tedarikçi fayda puanları[2] ……..…… 22

Tablo 3.4 Tedarikçiler için kriter değerleri ……...…….22

Tablo 3.5 Normalize edilmiş değerler……... 23

Tablo 3.6 Tedarikçi fayda puanları ve seçilen tedarikçiler…… 24

Tablo 3.7. Tedarikçiler için bazı maliyet değerleri [24, 25]..……...… 36

Tablo 3.8. Beklenen talep ve standart sapma miktarları ……..…..37

Tablo 3.9. Tahmin edilen talep miktarları ……...……...……37

Tablo 4.1.Tahmin edilen talep miktarları ve maliyetler ……..……...……39

Tablo 4.2. Gerçekleşen talep miktarları …….……40

Tablo 4.3. Gerçekleşen toplam maliyetler ……..……41

Tablo 4.4. Tahmin edilen talep için gerekli hammadde miktarları ……....41

Tablo 4.5. Gerçekleşen talep için gerekli hammadde miktarları ……...…….42

# ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan tedarik zincir ağı [1].…….2

Şekil 1.1. Tedarikçi seçim modelleri ……4

Şekil 1.2. 2010-2013 yılları arasında incelenen makale sayısı ……6

Şekil 1.3. 2010-2013 yıllarında yapılan bazı çalışmalar ……..9

Şekil 2.2.1. Tek aşamalı tedarik zincir ağı [37] ……..…11

Şekil 2.2.2. Çok aşamalı tedarik zincir ağı [37] ……..……..…12

Şekil 2.4. Matematiksel modellerin sınıflandırılması [37] ……14

Şekil 3.1.1 Benzetim modeli genel görünüşü ….. …….……..…28

Şekil 3.1.2 Benzetim modeli genel görünüş (devamı) …….……29

Şekil 3.2. Create modeli …….30

Şekil 3.3. Decide modeli ……30

Şekil 3.4. Match modeli …….31

Şekil 3.5. Batch modeli …….….31

Şekil 3.6. Assign modeli ……32

Şekil 3.7. Seize modeli ……...……32

Şekil 3.8. Release modeli ……...……33

Şekil 3.9. Ürünler için decide modeli ……33

Şekil 3.10. Talep için decide modeli …….……34

Şekil 3.11. Talep için decide modeli ……..……34

Şekil 3.12. Record modeli ……..……35

Şekil 3.13. Dispose modeli …….……35

Şekil 3.14. Hammadde maliyet fonksiyonu ……36

Şekil 3.15. Kullanılan ifadeler ……36

Şekil 3.16. Kullanılan kaynaklar ……36

Şekil 3.17. Kullanılan değişkenler ……..……37

Şekil 3.18. Çıktı da istenen bilgiler ……37

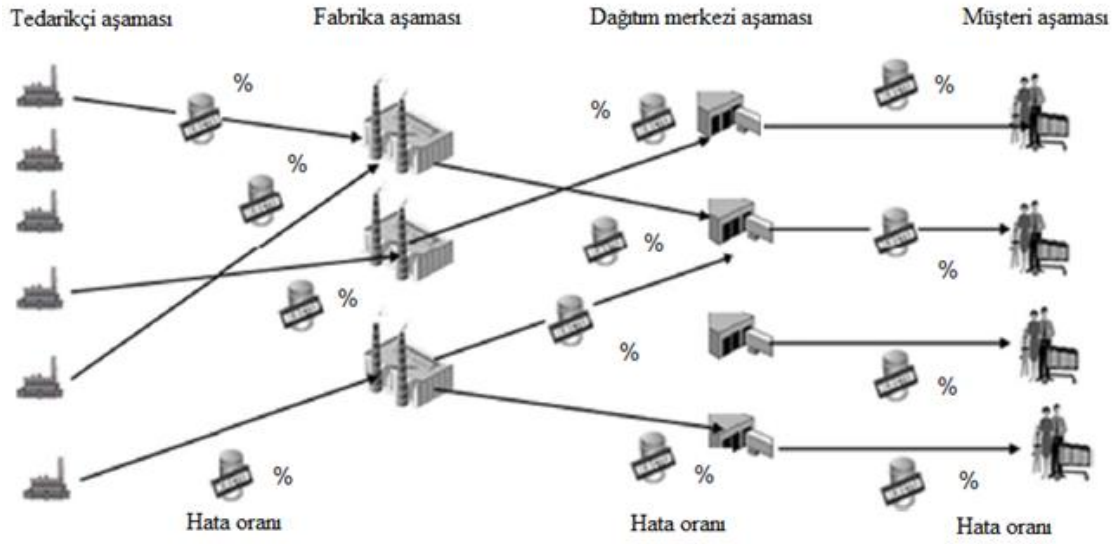
Şekil 3.19. Sistem bilgileri ……..…38

# GİRİŞ

Günümüzde hızla artan rekabet sonucu işletmeler mevcut pazarlarını artırma yoluna gitmekten önce sahip oldukları pazarda sağlam bir şekilde durabilmeyi amaçlamaktadırlar. Bunu yaparken işletmelerin asıl kurulum amacı olan kar için maliyetlerde iyileştirme planları yaptıkları görülmektedir. Kar için ürünler daha pahalıya satılamamaktadır. Ancak maliyetlerde yapılan iyileştirmelerle istenilen karlar elde edilebilmektedir. Maliyetlerdeki düşüşte dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan birisi kalitedir. Çünkü kalitesizlikten dolayı yaşanan müşteri kayıpları artmaktadır. Bu nedenle işletmeler mevcut tedarik zinciri ağlarını en iyi şekilde yönetmeli ve müşterisine teslim edeceği ürünü istenilen zamanında, istenilen miktarda, kaliteli ve piyasaya uygun bir fiyatta ulaştırmalıdır.

Tedarikçilerden müşterilere doğru malzeme akışı gerçekleşirken bunun tersi yönünde de bilgi akışı gerçekleşmektedir. Tedarikçiden ürünler alınıp fabrikaya teslim edilmekte, fabrikada üretim gerçekleştirilmektedir. Daha sonra nihai hale getirilen ürünler dağıtım merkezleri aracığıyla müşterilere ulaştırılmaktadır. Tabi ki bazı tedarik zincir ağlarında fabrikadan direk müşteriye teslimat da yapılabilmektedir.

Her bir tedarik zincir ağı aşamaları arasında taşımalar söz konusudur. Bu sebeple taşıma ve depolama sırasında bazı ürünler zarar görmekte bunlara da fire adı verilmektedir. Fire sadece taşıma ve depolama esnasında değil üretim yapılırken de gerçekleşebilmektedir. Müşterilere bu firelerden kaynaklı eksik ürün teslimi gerçekleştirmemek için tedarik zincir ağında üretim yaparken bu fire oranlarını dikkate alarak üretim gerçekleştirmek zorundayız. Gerçek hayatta fire oranları ile karşılaşılmaktadır. Bunun aksine yapılan çalışmalara baktığımızda fire oranları genel itibariyle göz ardı edilmektedir.




Şekil 1. Çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan tedarik zincir ağı [1]

Tedarikçi seçimi çok kriterli bir karar verme problemidir. Tedarik zinciri yönetiminin başarısı büyük ölçüde doğru tedarikçilerin seçimine bağlıdır. En düşük fiyatı öneren satıcıları bulmaya çalışmak günümüzde "etkili satın alma" değildir [2]. Tedarik zinciri yönetiminde tedarikçilerin seçiminde çok sayıda kriterin dikkate alınması günümüz iş koşullarında gereklidir. Modern tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerle uzun dönemli ilişkileri devam ettirmek ve az ama güvenilir tedarikçilerle çalışmaktır. Literatürde, tedarikçi seçim probleminde dikkate alınan çok sayıda kriter bulunmaktadır. Bazı işletmeler fiyatı ve zamanında teslimata daha fazla dikkate alırken bazıları da kaliteyi daha fazla göz önünde bulundurmaktadır. Bu kriterler içerisinde, en çok kullanılan 3 kriter, kalite, fiyat ve termin süresidir [3].

İşletmeler için tedarikçi seçiminde dikkate alacakları kriter sayısı işletmenin özelliklerine göre değişebilir. Tedarikçi seçiminde dikkate alınan bu kriterlerin önem sırası, işletmelerin özelliklerine, zamana, bulundukları ülkelere, ekonomilere ve kültürlere göre değişmektedir. Bir işletme için belirlenen tedarikçi seçim kriterlerinin önem sırası başka bir işletme için tam ters bir sırada oluşabilir. İşletmeler genellikle tek tedarikçi ile çalışmazlar. Bunun nedeni olası problemlerde (iflas, iletişim problemleri, sevkiyat problemleri vb.) ihtiyaçlarını alternatif tedarikçilerden karşılayabilme ihtiyacından kaynaklanmaktadır. İşletmeler, mevcut tedarikçilerinin en iyi tedarikçiler

olduğunu düşünebilir ve bu tedarikçiler birer iyi tedarikçi olabilir fakat optimum tedarikçi olduğunu söyleyemezler.

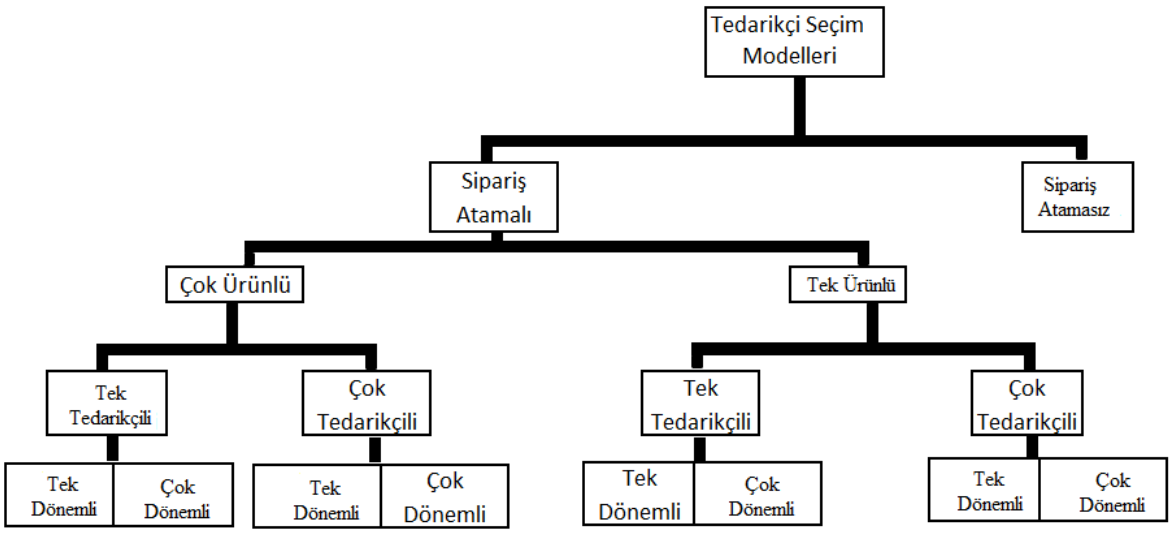
Gerçek hayatta gerçekleştirmesi mümkün ya da kolay olmayan sistemlerin değerlendirilebilmesi için benzetim iyi bir metottur. Günümüzde benzetim yeni üretilecek bir ürünün üretim aşamalarının planlanıp tam olmasa da sonuçlarının kısmen görülebileceği şekilde işimizi kolaylaştırmaktadır. Benzetim sistemi sayesinde, bazı sıkıntıların yaşandığı bir üretim sistemi için hangi etmenin ne ölçüde sistemimizi etkilediğini kolayca görebiliriz. Bunun yanında alternatif çözüm yöntemlerinden hangisinin bizim için etkili olacağını görebiliriz. Stokastik ve deterministik talep durumlarında benzetim modelleri kullanılarak çalışmalar yapılabilmektedir.

Bu çalışmada çok ürünlü çok kriterli çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan tedarik zincir ağında tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme probleminin optimum çözümü incelenmiştir. Bu çalışma ile bu problemle karşılaşan işletmelere çözüm sağlanmıştır. Bölüm 1 de önceki çalışmalar incelenmiş olup bölüm 2 de yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 3 de ise problemin tanımı yapılmış ve mevcut veriler verilmiştir. Matematiksel modelden ve benzetim sonucu elde edilen değerler bölüm 4 de tablolar halinde verilip yorumlanmıştır. Son bölümde de genel bir değerlendirme yapılmıştır.

# 1. BÖLÜM
# GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

## 1.1.Genel Bilgiler

Bu çalışmada çok ürünlü çok aşamalı çok kriterli tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme problemi dikkate alınmaktadır. Tedarikçi seçimi için birden fazla kriter dikkate alınarak çok kriterli tedarikçi seçim problemi haline dönüştürülmüştür. Bunun için önceki çalışmalar da ilk olarak tedarikçi seçimi ile ilgili yapılan son yıllardaki çalışmalar incelenecek daha sonra da kriterlerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalardan bahsedilecektir.




Şekil 1.1. Tedarikçi seçim modelleri

Yapılan bu çalışma sipariş atamalı, tek dönemli, çok ürünlü, çok tedarikçili tedarikçi seçim modelleri sınıfına girmektedir. Son günlerde tedarik zincir yönetimi ve tedarikçi seçim sürecinde literatürde dikkat çeken bir artış görülmektedir. Tedarikçi seçim probleminde birçok etkili teknik ve algoritmalar bulunmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmektedir.

## 1.2.Önceki Çalışmalar

Çok tedarikçili, çok ürünlü, çok periyotlu sipariş büyüklüklerinin olduğu bir sistem Basnet ve Leung [4] tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada tedarikçi seçim probleminde sipariş büyüklüğünü incelemiş ve bu problem için karma tam sayılı matematiksel model oluşturmuşlardır.

Goossens ve ark.[5] çok bileşenli ürünlerin satın alınıp tedarik edilmesi problemini, satın alma fonksiyonların en aza indirilmesini göz önünde bulunduran diğer etkili kriterlerin dahil edilmediği doğrusal matematiksel modelde incelemişlerdir.

Ng [2], tedarikçi seçim problemi için bir ağırlıklı doğrusal programlama modelini çalışmasında sunmuştur. Kriter öneminin göreceli sıralamasında sıra karar verici tarafından gerçekleştirilmektedir. Ng çalışmasında ayrıca optimizasyon yapmadan sunulan ağırlıklı doğrusal programlama modelini çözmeyi mümkün kılan bir dönüştürme tekniğini de sunmuştur. Bu çalışmada kalite, uzaklık, teslimat ve fiyat kriterleri dikkate alınmıştır.

Yüksek kalitede, mimimum maliyet ve uygun zamanda tedarikçinin seçimi problemi için doğrusal programlama modeli Che ve Wang [6] tarafından kullanılmıştır.

Wang [7] ise bileşenlerin çeşitli ve birden fazla tedarikçiden satın alınabildiği üretim sistemi için bulanık optimizasyon modeline başvurmuştur. Bu modeli bir gerçek hayat probleminde uygulamıştır.

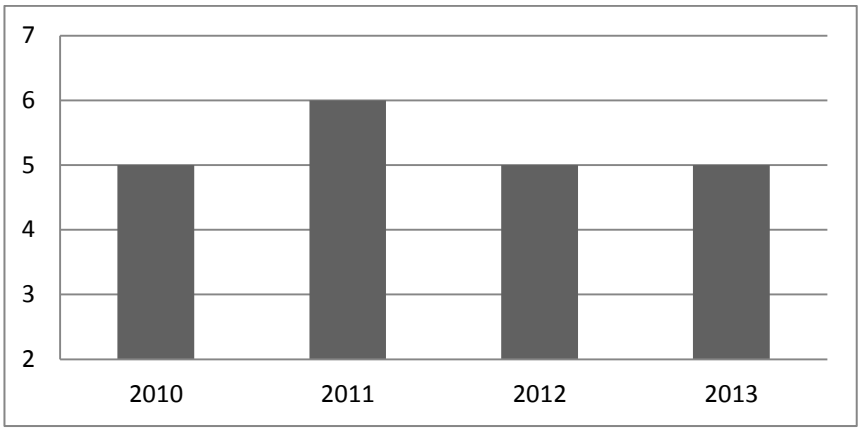
Awasthi ve ark. [8] bir tedarikçi ve bir müşteri için en küçük ve en büyük sipariş büyüklükleri ile sınırlı değişken talep durumundaki tedarikçi seçim problemini incelemişlerdir.

Ebrahim ve ark. [9] çok amaçlı doğrusal programlama modelini nitel ve nicel faktörleri göz önünde bulundurarak bir çalışma yapmışlardır.

Wang [10], mevcut tedarik zincir ağı için uygun şirket seçiminde optimum üretim-dağıtım-planlama kararları vermede fire oranını dikkate almış ve arı koloni algoritmasını kullanarak inceleme yapmıştır.

Çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan tedarik zincir ağında tedarikçi seçimli parti büyüklüğü belirleme problemi ilk defa Şenyiğit tarafından uygulanmıştır. ÇAFTZA tedarikçi seçim problemi ile parti büyüklüğünü ilişkisini incelemiştir. Sadece tedarik zincir ağında tedarikçi aşamasında hata olduğu kabul edilmiştir. Çok aşamalı karmaşık tam sayılı lineer programlama modeli malzeme ihtiyaç kısıtları altında geliştirilmiştir [11].

2010 yılından sonrada birçok çalışma yapılmıştır. Aşağıdaki grafikte 2010-2013 yılları arasında yıllara göre incelenmiş çalışma sayısı grafiği yer almaktadır.




Şekil 1.2. 2010-2013 yılları arasında incelenen makale sayısı

Che, tedarikçi seçiminde, en uygun üretim ve dağıtım sistemine karar vermek için fireleri dikkate alan tedarik zincir sistemini analiz etmiştir. Her iki model için dengeli ve kusurlu modellerin matematiksel modeli kurulmuş ve parçacık sürü optimizasyonuna uyarlamışlardır [12].

Maliyet, termin süresi ve kalite kriterleri için çok amaçlı model oluşturulmuştur ve pareto genetik algoritma ile çözüm elde edilmiştir [13].

Yiyecek sektöründe tedarik zincir ağında risk kontrolü için çalışma yapılmıştır ve veri zarflama ve analitik ağ süreci kullanılmıştır [14].

Şenyiğit ve Göleç [15], Şenyiğit'in çalışmasını talebin stokastik olduğu durum için incelemiştir. Bu çalışmada, ÇAFTZA de parti büyüklüğü tedarikçi seçim probleminde stokastik talep durumu için bir sezgisel geliştirmiştir. 4 farklı durum için bu sezgiselin performansı ölçülmüştür, bunlar iki farklı değişim katsayısı ve iki farklı hizmet seviyesidir. Bu çalışmada tedarikçi kapasitesi sınırsız kabul edilmiştir.

Termin süresi, kalite ve talebi kriter olarak dikkate almışlar ve genetik algoritma kullanmışlardır [16].

Zhang ve Zhang [17] sabit seçim maliyeti ve stokastik talep altında en küçük ve en büyük sipariş büyüklüğü için tedarikçi seçim ve satın alma problemi için uygulama çalışması yapmışlardır.

Birleşik envanter modeli ile tüm tedarik zincir ağını kapsayan bir sistem incelenmiştir. Maliyeti minimize edecek şekilde birden fazla tedarikçiden satın alma yapmaya izin veren bir sistemdir. En kısa yol metodu kullanmıştır [18].

Bileşik matematiksel modelde üretim kontrol ve dönem yenileme stratejisi kullanarak üretimde dinamik stokastik talep durumu incelenmiştir [19].

Ağırlıklı bulanık programlama kullanılarak çok kriterli tedarikçi seçiminde optimum sipariş büyüklüğü belirlenmiştir. Bulanık çok amaçlı lineer model kurulmuştur [20].

Rezaei ve Davoodi [21], çok ürünlü ve çok tedarikçiye sahip çok aşamalı parti büyüklüğü belirleme problemleri için iki farklı çok ürünlü karmaşık tam sayılı doğrusal olmayan model geliştirmiştir.

Setak ve ark. [22] tarafından tedarikçi seçim problemleri için yapılan literatür taraması çalışmasında 170 adet makale incelenmiştir. Bu makalelerin %54'ünde matematiksel model geliştirildiği belirlenmiştir.

Şenyiğit bir sonraki çalışmasında da Wang' ın 2009 da yaptığı çalışma gibi ÇAFTZA sistemi dikkate almıştır, fakat Şenyiğit bu çalışmada ÇAFTZA için tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme problemini ele almıştır [23].

Şenyiğit, Söylemez ile yaptığı çalışmada ise son olarak geliştirmiş oldukları sezgisel yöntemlerin etkinliklerini ÇAFTZA sisteminde çoklu ürün için incelemiştir [24].

Şenyiğit ve Söylemez çalışmalarında, aşamalar arasında fire miktarlarını dikkate alarak ürünü oluşturan bileşenlerin en uygun tedarikçilerden (tedarikçi seçimi), en ekonomik miktarlarda satın alınmasından (sipariş büyüklüğünün belirlenmesi), en uygun miktarlarda fabrikalarda üretimi, üretilen ürünlerin en uygun miktarlarda dağıtım merkezlerinde depolanması ve dağıtım merkezlerinden müşterilere ürünlerinin teslimi ile ilgilenilmişlerdir. X işletmesinin tedarik zinciri ağı için karma tamsayılı doğrusal

programlama modeli oluşturulmuştur. Mevcut tedarik zinciri ağının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir ve benzetim programı aracılığıyla görsel hale getirilmiştir [25].

Çok amaçlı programlama yani satın alma maliyetini, iade edilen ürün miktarını ve geç teslimat yüzdesini azaltmayı amaçlayan tedarikçi değerlendirme süreci incelenmiştir. Bu süreçte genetik algoritma kullanılmıştır [26].

Tersine lojistik ve kapalı döngülü tedarik zincir ağı satın alma maliyetini dikkate alacak fakat teslimat gibi bazı kriterleri göz ardı edecek şekilde tasarlanmıştır. Bulanık analitik hiyerarşik proses (BAHP) dikkate alınarak incelenmiştir [27].

Çok ürünlü çok tedarikçili tedarik zincir ağında bulanık topsis ve karma tam sayılı lineer programlama metotları kullanılmıştır [28].

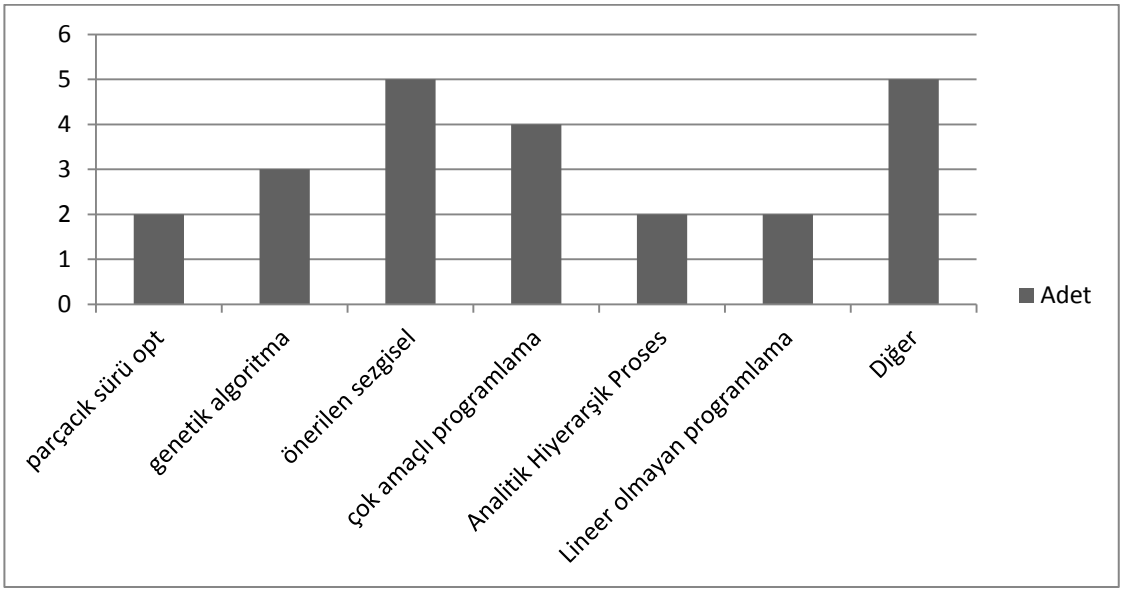
Çok ürünlü tedarikçi seçim modeli incelenmiştir. Lineer olmayan binary programlama kullanılan birden fazla tedarikçiden satın almaya izin veren sistem kurulmuştur [29].

Çok amaçlı tedarikçi seçiminde bulanık çözüm yaklaşımı kullanılmıştır. Çok amaçlı tam sayılı programlama modelinde minimum maliyet, maksimum kalite ve zamanında teslim amaçları için Gams paket programı çözüm için kullanılmıştır [30].

Daha fazla rekabetçi olmak için yeşil tedarikçilerle çalışacak bir karar stratejisi geliştirmişlerdir. Çok kriterli problem için çok amaçlı programlama ve bulanık AHP de bazı nicel ve nitel kriterler kullanılmıştır [31].

Şenyiğit, Göleç ile yapmış olduğu daha önceki çalışmada olduğu gibi hammadde satın alma maliyetini, üretim maliyetini, sabit işletme maliyeti, taşıma maliyeti ve satış kaybı maliyetini göz önünde bulundurmuştur. Promodel benzetim programı kullanılarak sezgisel ve ÇAFTZA sistemi modellenmiştir. Şenyiğit, Göleç ile yapmış olduğu çalışmayı sınırlı tedarikçi kapasitesi ve yeni sezgisel için incelemiştir. Şenyiğit'in çalışmasının amacı bu problem için bir çözüm elde etmektir. Ek olarak, Türk mobilya endüstrisindeki X işletmesi için bu sezgisellerin uygulaması yapılmıştır. Sayısal analiz ile önerilen sezgisel yöntemlerin performansları karşılaştırılmıştır [1].

Aşağıdaki Şekil 1.3. ile 2010 yılından günümüze kadar yapılmış olan 23 adet çalışmada kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmektedir. Önerilen sezgisel de yazarların kendilerinin geliştirmiş olduğu sezgisellerden bahsedilmektedir.




Şekil 1.3. 2010-2013 yıllarında yapılan bazı çalışmalar

Literatür araştırmasının ikinci kısmında tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Tedarikçi seçimi için farklı kriterler kullanılmaktadır. Günümüze kadar çok kriterli tedarikçi seçim probleminin kriterlerinin belirlenmesi ile ilgili son zamanlarda 4 derleme çalışması yapılmıştır [3, 32, 33, 34 ]. Bu problem için ilk çalışmalardan bir tanesi Dickson tarafından 1960'larda yapılmış ve bu çalışmada tedarikçi seçimi problemi için 23 adet kriter belirlenmiştir. Dickson' a göre kalite, fiyat, teslimat ve geçmişe dönük performans en önemli kriterler arasında yer almaktadır. Lehmann ve O'Shaughnessy' nin yapmış olduğu çalışmaya göre fiyat, teslimat, finansal durum ve teknik destek gibi kriterler önem arz etmektedir. Perreault ve Russ' a göre ise fiyat kalite, teslimat ve coğrafi konum önemli kriterler olarak belirlenmiştir. Tedarikçi seçiminde kalite, fiyat, teslimat ve sunulan hizmet kriterleri Nydick ve Hill'e göre daha uygun seçim kriterleridir. Siyiding ve ark. ise fiyat, performans, kalite ve coğrafi konum kriterleri uygun görülmüştür [3].

Yukarıda verilen çalışmalara baktığımızda neredeyse tüm çalışmalarda ortak olan fiyat, kalite, teslimat kriterleri bu çalışmada da tedarikçi seçim kriterleri olarak kullanılacaktır. Bu kriterlerle birlikte işletme için önem arz diğer bir kriter olan uzaklık kriteri de diğer bir kriter olarak kullanılacaktır.

# 2. BÖLÜM

# YÖNTEM

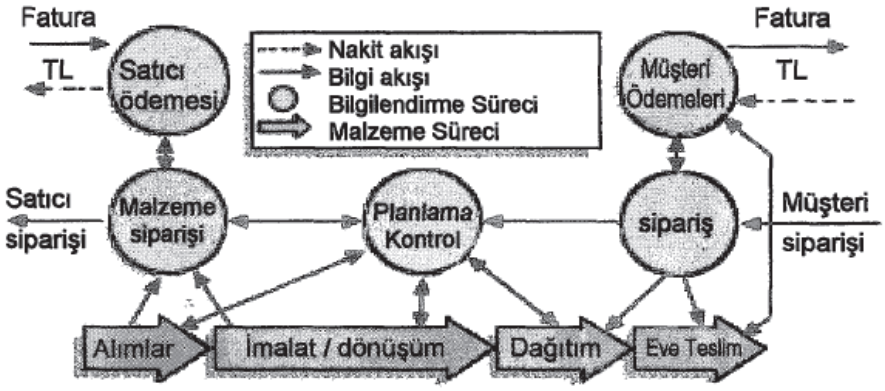
## 2.1.Tedarik zincir yönetimi

Tedarik zinciri, tedarikçi ile başlayıp müşteriye kadar uzanan, hammaddenin temin edilmesi, üretim sürecinde ürüne dönüştürülmesi ve müşterilere ulaştırılması faaliyetlerinin bütününü kapsayan bir organizasyondur, bir faaliyetler bütünüdür [35].

Tedarik zincir ağı genellikle 4 ana elemandan oluşmaktadır. Bunlar tedarikçi, fabrika (üretim tesisi), dağıtım merkezi ve müşterilerdir [36].

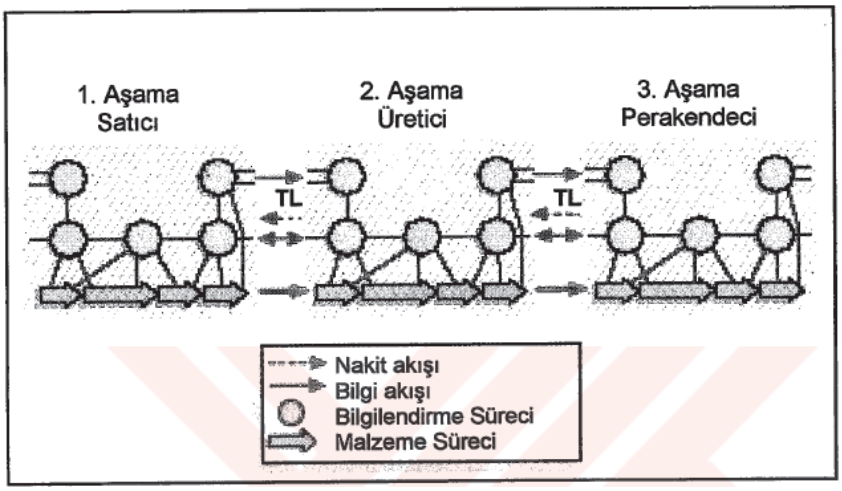
## 2.2.Tek-çok aşamalı tedarik zincir ağı

Sadece bir adet tedarik zincir ağı elemanının bulunduğu sistemlere tek aşamalı tedarik zincir ağı verilmektedir [37].




Şekil 2.2.1. Tek aşamalı tedarik zincir ağı [37]

Birden fazla sistemin ardışık ve birbiri ile ilişkili olarak yer aldığı tedarik zincir ağlarına çok aşamalı tedarik zincir ağı denmektedir. Tedarikçiler, üretim tesisleri ve müşteri gibi her bir tedarik zincir ağı elemanı en azından kendinden bir önceki ya da bir sonraki ile direk olarak ilişkilidir. Bu sisteme de çok aşamalı tedarik zincir ağı adı verilmektedir [37]. Bu tür tedarik zincir ağında Şekil 2.2.2 de de görüldüğü gibi her bir tedarik zincir ağı elemanı arasında nakit, bilgi ve malzeme akışı söz konusudur.




Şekil 2.2.2. Çok aşamalı tedarik zincir ağı [37]

İşletmelerin karar verme pozisyonunda yer alan yöneticileri tedarikçi seçimi veya pazar seçimi gibi durumlarda hangi tedarikçinin ya da hangi bölgenin kendileri için daha uygun olduğunu belirlemede bazı kriterleri göz önünde bulundurabilirler. Bazen sadece bir adet kriter dikkate alınırken bazen de birden fazla kriter göz önüne alınmaktadır. Bir adet kriterin dikkate alındığı karar verme problemlerine tek kriterli karar verme problemi birden fazla kriterin göz önünde bulundurulduğu karar verme problemlerine ise çok kriterli karar verme problemi adı verilmektedir.

### 2.3.Statik Belirsizlik Modeli

Stokastik optimizasyon problemleri için, statik ve dinamik belirsizlik olmak üzere iki tane ana karar stratejisi bulunmaktadır. Literatürdeki stokastik programlamada; dinamik belirsizlik de karar sadece tek bir dönemde verilmeyen bir karar stratejisi iken statik belirsizlik de dönem başında bir sefer karar verilen bir strateji olarak adlandırılır [40].

Statik belirsizlik karar stratejileri için bütün karar değişkenlerinin değerlerinin en baştan tanımlanmış olması gerekir. Statik belirsizlik modelinde stokastik olan unsurun beklenen değeri gerçekleşen değer gibi dikkate alınmaktadır [1, 38]. Bu sayede statik belirsizlik modeli, stokastik problemleri deterministik problem olarak çözmek için basit bir yöntem olarak kullanılabilir (Ayrıntılı bilgi için Bookbinder ve Tan [40]' ın makalesine bakınız):

Pratik uygulamalarda talebin normal dağılıma uyduğu varsayılır ve ortalama talep ve standart sapma için beklenen talep $E[M_n]$ kullanılır.

Silver değişim katsayısını sabit olduğunu varsaymaktadır. Bunun için standart sapma [40],

$$S_{d_i} = CV * E[d_i] \quad (1)$$

olduğundan,

$$S_{D(t)} = CV * (\sum_{i=1}^{t} E^2\,[d_i])^{1/2} \quad (2)$$

Talep tahmini için;

İstenen $\alpha$ servis düzeyi için, güvenlik faktörü Z≡{D(t)–E[D(t)]}/ $S_{D(t)}$ değeri standart normal dağılım tablosundan okunabilir ve $G_{D(t)}^{-1}$ aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (bkz. Bookbinder ve Tan, 1988):

Aşağıda yerine yazarsak;

$$G_{D(t)}^{-1} = \sum_{i=1}^{t} E[d_i] + ZS_{D(t)} \quad (3)$$

$$G_{D(t)}^{-1} = \sum_{i=1}^{t} E[d_i] + ZCV(\sum_{i=1}^{t} E^2\,[d_i])^{1/2} \quad (4)$$

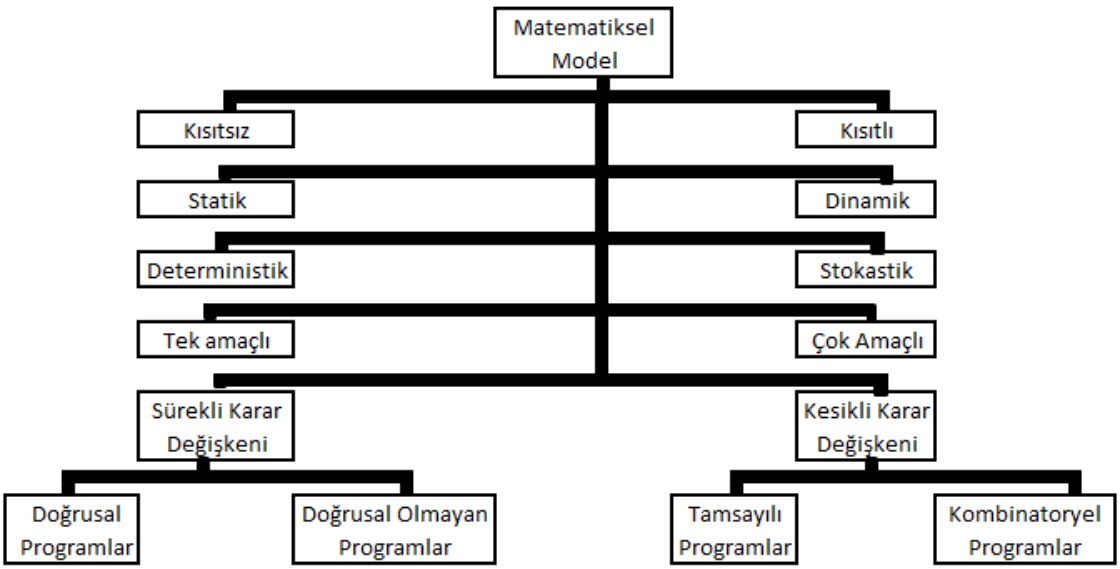
Bizim sistemimiz tek dönemden oluştuğu için;

$$G_D^{-1} = E[d](1 + ZCV) \quad (5)$$

elde edilmiş olur.

## 2.4.Matematiksel modelleme

Tedarikçi seçim probleminde çok yaygın olarak kullanılan matematiksel programlama sistemin karar değişkenleri ile indisler yardımı ile modellenmesidir. Bu sayede sistemdeki elemanlar arasındaki ilişkiler denklemler halinde ifade edilmiş olmaktadır. Bu denklemler kullanılarak sistemin amacı mesela minimum maliyet, maksimum kar, minimum mesafe gibi değerler hesaplanabilmektedir. Matematiksel programlama değişkenlerin ve denklemlerin özelliklerine göre farklı şekilde ifade edilmektedir.




Şekil 2.4. Matematiksel modellerin sınıflandırılması [38]

### Statik/ Dinamik matematiksel modeller

Statik modeller, basit doğrusal ifadeler ile kısmen doğrusal olmayan ifadeler ve cebirsel ifadelerin karışımından oluşurken; dinamik matematiksel modeller, diferansiyel denklemler veya fark denklemleriyle tanımlanırlar [38].

### Deterministik/Stokastik matematiksel modeller

Deterministik modeller belirli (kesin) parametre veya girdilere sahip iken stokastik modeller bir veya daha fazla girdi veya parametresi olasılık özelliğine sahiptir [38].

**Tek/Çok Amaçlı matematiksel modeller**

Tek amaçlı programlamada karar vericinin tek bir amacı söz konusudur. Çok amaçlı da ise gerçekleştirmek istediği birden fazla amaç söz konusudur ve bu amaçlar önceden belirlenir.

**Doğrusal/Doğrusal Olmayan matematiksel modeller**

Doğrusal modeller, girdileri doğrusal çözümler olan diferansiyel veya fark denklemleriyle tanımlanırlar [38]. Tüm kısıtların lineer eşitlik şekilde verildiği modeller lineer programlama diye adlandırılır. Tam sayılı ve karma tam sayılı programlama gibi çeşitleri bulunmaktadır. Tüm kısıtların yine lineer olduğu fakat aynı zamanda tüm değişkenlerinde tam sayılı olduğu durum tam sayılı lineer programlama adı verilmektedir. Karma tam sayılı programlamanın tam sayılı lineer programlamadan farkı tüm değişkenlerin tam sayılı olma zorunluluğu yoktur.

Doğrusal olmayan matematiksel modelleri tanımlayan denklemler ise bir veya daha fazla doğrusal olmayan terimlerden oluşurlar [38]. Tam sayılı doğrusal olmayan modeller bu sınıfa girer. Amaç fonksiyonunda ya da kısıtların sağ taraf değerlerinde lineer olmayan bir ifade, bir fonksiyon var ve aynı zamanda tüm değişkenlerin değerlerinin tam sayılı olduğu modeldir.

## 2.5.Benzetim

Benzetim mevcut bir sistemin, mevcut sistemde yapılması düşünülen bir değişikliğin ya da kurulması düşünülen bir sistemin bilgisayar programı aracığıyla modellenmesidir. Bu sayede birçok değişkenin sistem üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu incelenebilir ve gerekli önlemler alınıp karşılaşılan ya da karşılaşılabilecek olan sıkıntılar çözülebilir.

Benzetim genel olarak 3 bölüme ayırabiliriz [39].

- Statik ya da dinamik benzetim modelleri
  Zamandan bağımsız modeller statik olarak adlandırılmaktadır. Zamanın etkin rol oynadığı durumlardaki benzetim modellerine ise dinamik benzetim modelleri adı verilmektedir. Bizim çalıştığımız bu model ise statik benzetim modeli grubunda yer almaktadır [39].

- Kesikli ya da sürekli benzetim modelleri

  Sürekli modelde sistem durumu zamanla değişmektedir. Kesikli modelde ise değişkenler belli noktalarda tanımlıdır ve belli sayıdadır. Bu çalışma kesikli bir modele örnektir. Çünkü sistem gerçekleşen talep miktarlarına göre çalışmaktadır. Zamandan bağımsızdır [39].
- Deterministik ya da stokastik benzetim modelleri

  Talebin ya da girdinin önceden tahmin edilebilir olduğu durumlara deterministik model olarak adlandırılmaktadır. Etkenlerin bazı olasılıklarla gerçekleştiği ve her şeyi baştan tam olarak bilemediğimiz durumlarda kullanılan benzetim modelleridir. Bizim sistemimizde talep miktarları belirsiz olduğu için bu tip benzetim modeline girmektedir [39].

Bizim sistemimiz kısaca statik, kesikli ve stokastik bir benzetim modeli olarak adlandırabiliriz.

Benzetim modeli kurmanın birkaç avantajını ise;

- Tedarik zincir ağını oluşturan bütün elemanların görsel bir şekilde nasıl çalıştığı inceleyebilme imkânı sağlamasıdır.
- Yeni kurulacak olan bir tesis ya da düzeni değiştirilecek bir yerleşimin nasıl etkileneceğinin kolayca incelenebilmesi.
- Mevcut sistemi kolay ve hızlı bir şekilde inceleme imkânı sağlar. Mevcut problem ve sıkıntıları hızlıca görmemize yardımcı olacaktır.
- Maliyetinin az olması.

Benzetim birkaç dezavantajını da söyleyecek olursak;

- Sistem için gerekli olan gerekli verilerin toplanmasının zaman alması.
- Hiçbir zaman gerçek sistem kurulmadan bazı problemler açığa çıkmayacaktır. Bu problemleri göremeyiz.

# 3. BÖLÜM
# PROBLEM TANIMI VE VERİLER

## 3.1. Problem Tanımı

Çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan tedarik zinciri ağında tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme probleminin ABC işletmesinde (Kayseri'de mobilya sektöründe faaliyet gösteren bir firma) uygulanması çalışmasında 8 farklı tedarikçi, 1 fabrika, 3 dağıtım merkezi ve 3 müşteri grubunu yer almaktadır. Bu çalışmada ürün 1 ve ürün 2 için uygulama yapılmıştır [24, 25].

Bu sandalyeler 4 er bileşene sahiptir (her bir bileşenden 1er adet gereklidir). Bu ürün için fabrika 30000 adet/yıl/ürün kapasiteye sahiptir ve sabit işletme maliyeti 20000 tl/ürün dür. Kayseri, İran ve Franda için dağıtım merkezleri kapasite miktarlar sırası ile 50000, 60000 ve 100000 adettir. Birinci ürün için birim üretim maliyeti 5, ikinci ürün için ise 7 tl' dir [24, 25].

Fabrika Kayseri, İran, Fransa de olmak üzere 3 farklı dağıtım merkezine sahiptir. 5 farklı maliyet söz konusudur: satın alma maliyeti, taşıma maliyeti, sabit işletme maliyeti, üretim maliyeti ve yok satma maliyetidir [24, 25].

Bu çalışmanın iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada çok kriterli tedarikçi seçimi yapılmaktadır. İkinci aşamada ise bu seçilen tedarikçiler dikkate alınarak tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirlenmektedir. Bunun sebebi bu iki amacı, çok kriterli tedarikçi seçim amacı ve tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme problemini tek bir modelde örneğin hedef programlama gibi birleştirmememizden kaynaklanmaktadır. Bunun nedeni iki ayrı aşamanın farklı kısıtlara sahip olmasıdır. İlk olarak kriterlerin önem sırası göz önünde bulundurularak her bir tedarikçinin almış olduğu puanlar

hesaplandı ve en büyük puana sahip olan tedarikçiler seçildi. Stokastik talep durumunda ürünler için gerekli olan hammadde miktarının satın alınmasından müşterilere bitmiş ürün teslimine kadar süreç incelenmiştir. Aşamalar arasında gerçekleşen firelerde göz önünde bulundurularak müşterilere eksik ürün teslimi önlenmiştir. Lindo programı kullanarak ABC fabrikası için minimum maliyetli modelin sonuçları elde edilmiştir. Arena 4.0 Benzetim programı da kullanılarak X işletmesinin tedarik zincir ağı modellenmiştir. Ek-1 de kurulan benzetim modelinin kodu verilmektedir.

**Varsayımlar** [24, 25],

- Benzetim modelinde hammaddeler arası geliş süresi çok küçük bir değer olduğu kabul edilmiştir. Yani her bir hammadde 0.0000001 saniye ara ile sisteme giriş yapmaktadır.
- Ürün olarak iki çeşit sandalye için çalışma yapılmıştır.
- Her iki üründe 4 er bileşene sahiptir.
- Her bir bileşen için 2 adet tedarikçi bulunmaktadır.
- Bütün tedarikçiler sınırlı kapasiteye sahiptir.
- Ürünler Kayseri bulunan fabrikada üretilmektedir.
- Bu çalışmada dağıtım merkezi ile aynı şehirde müşteri gruplarının olduğu varsayılmıştır.
- Yok satma maliyetinin 1 tl olduğu kabul edilmiş ve elde tutma maliyeti ise göz ardı edilmiştir.
- Müşterilerin beklenen talep miktarları bilinmektedir.
- Talebin normal dağıldığı kabul edilmektedir.
- Tedarik süresi dikkate alınmamaktadır.
- İlk olarak kriterler göz önünde bulundurularak tedarikçi seçimi gerçekleştirilmektedir. Tedarikçi seçimi gerçekleştikten sonra maliyet hesaplaması yapılmaktadır.
- Matematiksel model ile elde edilen sonuçlar da tam sayı olmayan hammadde ve ürün miktarları bir üst sayıya yuvarlanarak hesaplama yapılmıştır.
- Her bir bileşen için bir adet tedarikçiden alım yapılmalıdır.
- Kriterlerin önem sırası fiyat, kalite ve uzaklık şeklindedir.

### 3.2. Tedarikçi Seçim Aşaması

Bu çalışmada kullanılan, çok kriterli tedarikçi seçimi problemi için Ng 'in kullandığı matematiksel model aşağıda gösterilmiştir. Aşağıdaki matematiksel programlama modeli yardımı ile Lindo paket programı kullanılarak en uygun tedarikçi seçim işlemi gerçekleştirilmiştir. Seçilen bu tedarikçiler bir sonraki aşamada kullanılacaktır.

Aşağıda tedarikçi seçimi için kullanılmış olan karar değişkeni ve parametre tanımları bulunmaktadır:

**$X_{ij}$** i' inci tedarikçinin j' inci kritere göre değeri
**$W_{ij}$** i' inci tedarikçinin j' inci kriterinin ağırlığı
**$Y_{ij}$** i'inci tedarikçinin j' inci kriterinin dönüştürülmüş değeri
**$S_{si}$** i' inci tedarikçisinin fayda puanı.

İlk olarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmelidir. Bunun için (6) eşitliği kullanılmaktadır.

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - Min_{i=1,2,...,J}(X_{ij})}{Max_{i=1,2,...,J}(X_{ij}) - Min_{i=1,2,...,J}(X_{ij})} \quad (6)$$

Normalizasyon gerçekleştirildikten sonra aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$\text{Max } S_i = \sum_{j=1}^{J} W_{ij} * Y_{ij} \quad (7)$$

s.t.

$$W_{ij} - W_{i(j+1)} \geq 0 \qquad j=1,2,\ldots,(J-1) \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{J} W_{IJ} = 1 \quad (9)$$

$$W_{ij} \geq 0 \quad j=1,2,,\ldots,5 \quad (10)$$

Amaç fonksiyonu (7) ile gösterilen ifadedir. Bu ifade tedarikçinin alacağı puanı maksimize edecek şekilde amaçlanmaktadır. (8) numaralı kısıt tedarikçilerin öncelik sırasına göre belirlenmiş olan ağırlık değerlerinin hesaplanması içindir. Kriter önem

sırası bu kısıt için önem arz etmektedir. (9) numaralı kısıt ise ağırlıkların toplam puanının 1 olması gerektiğini ifade etmektedir. (10) numaralı kısıt ise ağırlık değerlerinin 0'dan büyük eşit olması gerektiği ile ilgilidir.

Tablo 3.1. de ürünler için gerekli olan hammaddelerin tedarik edildiği tedarikçilerin farklı kriterler için sahip olduğu değerler verilmektedir. Bu veriler kullanılarak en iyi puana sahip tedarikçi seçilerek tedarikçi seçimi gerçekleştirilmektedir.

Aşağıda verilen Ng [2] makalesinden alınan sayısal örnek sayesinde bu model daha iyi şekilde anlaşılacaktır. Aşağıda verilen sayısal örnek de 5 farklı kriterin söz konusu olduğu durumda 18 adet tedarikçiden en iyi fayda puanına sahip olanı seçilecektir. Kriter önem sırası miktar, kalite, uzaklık, teslimat yüzdesi ve fiyat indeksi şeklindedir. Yani benim için en önemli kriter miktar iken en az öneme sahip olanı fiyat indeksi' dır. Uzaklık ve fiyat indeks kriterlerinin tersi alınarak hesaplama yapılır. Çünkü bu iki kriter diğer kriterlerin aksine maliyet kriteri yani daha az olmasını istenmektedir. Her bir tedarikçi için kriter değerleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.1 Örnek olayda tedarikçilerin kriter değerleri [2]

| **Tedarikçi** | **Miktar** | **Kalite** | **Uzaklık** | **Teslimat yüzdesi** | **Fiyat indeksi** |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 2 | 100 | 249 | 90 | 100 |
| **2** | 13 | 99,79 | 643 | 80 | 100 |
| **3** | 3 | 100 | 714 | 90 | 100 |
| **4** | 3 | 100 | 1809 | 90 | 100 |
| **5** | 24 | 99,83 | 238 | 90 | 100 |
| **6** | 28 | 96,59 | 241 | 90 | 100 |
| **7** | 1 | 100 | 1404 | 85 | 100 |
| **8** | 24 | 100 | 984 | 97 | 100 |
| **9** | 11 | 99,91 | 641 | 90 | 100 |
| **10** | 53 | 97,54 | 588 | 100 | 100 |
| **11** | 10 | 99,95 | 241 | 95 | 100 |
| **12** | 7 | 99,85 | 567 | 98 | 100 |
| **13** | 19 | 99,97 | 567 | 90 | 100 |
| **14** | 12 | 91,89 | 967 | 90 | 100 |
| **15** | 33 | 99,99 | 635 | 95 | 80 |
| **16** | 2 | 100 | 795 | 95 | 100 |
| **17** | 34 | 99,99 | 689 | 95 | 80 |
| **18** | 9 | 99,36 | 913 | 85 | 100 |

Normalize edilmiş değerler aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Tablo 3.2 Örnek olayda normalize edilmiş değerler [2]

| Tedarikçi | Miktar | Kalite | Uzaklık | Teslimat yüzdesi | Fiyat indeksi |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0,02 | 1,00 | 0,95 | 0,50 | 0,00 |
| **2** | 0,23 | 0,97 | 0,27 | 0,00 | 0,00 |
| **3** | 0,04 | 1,00 | 0,23 | 0,50 | 0,00 |
| **4** | 0,04 | 1,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
| **5** | 0,44 | 0,98 | 1,00 | 0,50 | 0,00 |
| **6** | 0,52 | 0,58 | 0,99 | 0,50 | 0,00 |
| **7** | 0,00 | 1,00 | 0,04 | 0,25 | 0,00 |
| **8** | 0,44 | 1,00 | 0,13 | 0,85 | 0,00 |
| **9** | 0,19 | 0,99 | 0,28 | 0,50 | 0,00 |
| **10** | 1,00 | 0,70 | 0,31 | 1,00 | 0,00 |
| **11** | 0,17 | 0,99 | 0,99 | 0,75 | 0,00 |
| **12** | 0,12 | 0,98 | 0,33 | 0,90 | 0,00 |
| **13** | 0,35 | 1,00 | 0,33 | 0,50 | 0,00 |
| **14** | 0,21 | 0,00 | 0,13 | 0,50 | 0,00 |
| **15** | 0,62 | 1,00 | 0,28 | 0,75 | 1,00 |
| **16** | 0,02 | 1,00 | 0,19 | 0,75 | 0,00 |
| **17** | 0,63 | 1,00 | 0,25 | 0,75 | 1,00 |
| **18** | 0,15 | 0,92 | 0,15 | 0,25 | 0,00 |

1. tedarikçi için matematiksel model aşağıdaki şekildedir:

max 0.02w1+1w2+0.95w3+0.5w4+0w5

s.t.

w1-w2>=0

w2-w3>=0

w3-w4>=0

w4-w5>=0

w1+w2+w3+w4+w5=1

END

Ek-3 de bu model için Lindo sonucu verilmektedir. Yukarıda ilk tedarikçi için matematiksel modellerin açık formu verilmektedir. Bu hesaplamalar benzer şekilde tüm tedarikçiler için yapılmıştır. Matematiksel model sonucu elde edilen fayda puanları aşağıdaki gibidir. En fazla puana sahip olan 10 numaralı tedarikçi seçilmiştir.

Tablo 3.3 Örnek olayda tedarikçi fayda puanları [2]

| Tedarikçiler ve aldıkları puanlar | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | **10** | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 0,72 | 0,6 | 0,52 | 0,52 | 0,81 | 0,69 | 0,5 | 0,72 | 0,59 | **1,00** | 0,72 | 0,58 | 0,67 | 0,21 | 0,81 | 0,51 | 0,815 | 0,53 |

Yukarıda verilen örnekte tedarikçi seçimi için ağırlıklı matematiksel model daha net bir şekilde anlatılmıştır. Bu tez çalışmasında her bir ürün için 4 er bileşen söz konusu olduğu için her bileşen için tedarikçi seçimi gerçekleştirilecektir.

Tablo 3.4 Tedarikçiler için kriter değerleri

| | | | **KRİTERLER** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ürünler** | **Bileşenler** | **Tedarikçiler** | **Kalite** | **Fiyat** | **Uzaklık** |
| **P** | **S** | **I** | **C1** | **C2** | **C3** |
| **Ürün 1** | **Karkas** | **111** | 93 | 5,2 | 3,5 |
| | | **121** | 94 | 5,5 | 7 |
| | **Oturma Grubu** | **211** | 95 | 5 | 12 |
| | | **221** | 94 | 4,8 | 11 |
| | **Sünger** | **311** | 94 | 4 | 20 |
| | | **321** | 95 | 4,1 | 5 |
| | **Paket** | **411** | 95 | 2,2 | 7 |
| | | **421** | 94 | 2 | 15 |
| **Ürün 2** | **Karkas** | **112** | 96 | 6 | 10 |
| | | **122** | 94 | 5,9 | 6 |
| | **Oturma Grubu** | **212** | 95 | 5,6 | 12 |
| | | **222** | 96 | 5,7 | 18 |
| | **Sünger** | **312** | 94 | 4 | 20 |
| | | **322** | 95 | 4,1 | 5 |
| | **Paket** | **412** | 95 | 2,2 | 7 |
| | | **422** | 94 | 2 | 15 |

Yukarıda verilen kriter değerleri kullanılarak normalize edilmiş değerler aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

Tablo 3.5 Normalize edilmiş değerler

| | | | KRİTERLER | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ürünler** | **Bileşenler** | **Tedarikçiler** | **Kalite** | **Fiyat** | **Uzaklık** |
| **P** | **S** | **I** | **C1** | **C2** | **C3** |
| **Ürün 1** | **Karkas** | **111** | 1 | 0 | 1 |
| | | **121** | 0 | 1 | 0 |
| | **Oturma Grubu** | **211** | 0 | 1 | 0 |
| | | **221** | 1 | 0 | 1 |
| | **Sünger** | **311** | 1 | 0 | 0 |
| | | **321** | 0 | 1 | 1 |
| | **Paket** | **411** | 0 | 1 | 1 |
| | | **421** | 1 | 0 | 0 |
| **Ürün 2** | **Karkas** | **112** | 0 | 1 | 0 |
| | | **122** | 1 | 0 | 1 |
| | **Oturma Grubu** | **212** | 1 | 0 | 1 |
| | | **222** | 0 | 1 | 0 |
| | **Sünger** | **312** | 1 | 0 | 0 |
| | | **322** | 0 | 1 | 1 |
| | **Paket** | **412** | 0 | 1 | 1 |
| | | **422** | 1 | 0 | 0 |

Yukarıda elde edilen normalize değerler amaç fonksiyonunda amaç fonksiyonu katsayısı olarak kullanılacaktır. 1’ inci ürün 1’ inci bileşen 1’ inci tedarikçi için matematiksel modelin açık formu aşağıda yer almaktadır ve Ek-4 de Lindo sonucu yer almaktadır.

max 1w1+0w2+1 w3

s.t.

w1-w2>=0

w2-w3>=0

w1+w2+w3 =1

END

Yukarıda sadece bir adet açık form örnek için verilmiştir. Tüm tedarikçiler için Lindo çözümleri elde edilmiş olup ağırlık puanları ve seçilen tedarikçilerde koyu şekilde aşağıda verilmektedir:

Tablo 3.6 Tedarikçi fayda puanları ve seçilen tedarikçiler

| **Ürünler** | **Bileşenler** | **Tedarikçiler** | **Ağırlıklar** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P** | **S** | **I** | **w1** | **w2** | **w3** | **Fayda puanı** |
| Ürün 1 | Karkas | **111** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| | | 121 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 |
| | Oturma Grubu | 211 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 |
| | | **221** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| | Sünger | **311** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| | | 321 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,67 |
| | Paket | 411 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,67 |
| | | **421** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| Ürün 2 | Karkas | 112 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 |
| | | **122** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| | Oturma Grubu | **212** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| | | 222 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 |
| | Sünger | **312** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| | | 322 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,67 |
| | Paket | 412 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,67 |
| | | **422** | **1** | **0** | **0** | **1** |

### 3.3. Sipariş Büyüklüğü Belirleme Aşaması

Şenyiğit [1] çalışmasında tek bir matematiksel modelde hem tedarikçi seçimi(tek kriterli) hem de sipariş büyüklüğü belirlemesini yapmıştır. Bu çalışmada Şenyiğit[1] çalışmasını çok kriterli tedarikçi seçimi özelliği ile geliştiriyoruz. Fakat bunu iki aşamalı matematiksel model ile çözebiliyoruz. Birinci aşamada çok kriterli tedarikçi seçimi yapıyoruz, ikinci aşamada ise belirlenen bu tedarikçilere göre sipariş büyüklüklerini belirliyoruz. Bundan sonraki bölümde seçilen tedarikçilerden optimum miktarda satın alınması gereken sipariş büyüklükleri belirlenecektir. Aşağıda kullanılmış olan indis, parametre ve karar değişkenleri yer almaktadır.

İndisler:

P Ürün
I Tedarikçiler
S Bileşenler
M Dağıtım merkezleri
N Müşteri grubu

Karar Değişkenleri:

$X_{sip}$ Ürün p için i tedarikçisinden s bileşeninden satın alınan miktar.

$Y_{pm}$ Fabrikadan dağıtım merkezine gönderilen p ürünü miktarı.

$Z_{pm}$ m dağıtım merkezinden müşterisine gönderilen p ürünü miktarı.

Parametreler:

$P_p$ Ürün p için üretim kapasite miktarı.
$K_{pm}$ Ürün p için m dağıtım merkezinin kapasite miktarı.

$K_{sip}$ Ürün p için i tedarikçisinin s bileşeni kapasite miktarı.

$C_{sip}$ Ürün p için i tedarikçisinden fabrikaya s bileşenin taşıma maliyeti.

$SC_{sip}$ Ürün p için i tedarikçisinden fabrikaya s bileşenin satın alma maliyeti.

$C_{pm}$ Ürün p için fabrikadan m dağıtım merkezine birim taşıma maliyeti.

$CC_{pm}$ Ürün p için m dağıtım merkezinden müşterisine birim taşıma maliyeti.

$F_p$ Ürün p için fabrikanın sabit işletme maliyeti.

$F_{pm}$ Ürün p için m dağıtım merkezinin sabit işletme maliyeti.

$\omega_{sp}$ Ürün p nin üretim için bileşen başına gerekli miktarı.

$U_p$ Ürün p için fabrikadaki ortalama hata oranı.

$V_{pm}$ Ürün p için m dağıtım merkezindeki ortalama hata oranı.

$T_{sip}$ P ürününün s bileşeni için i tedarikçisinin ortalama hata oranı.

$PC_p$ Ürün p için üretim maliyeti.

$LC_p$ Ürün p için yok satma maliyeti.

$UD_p$ Ürün p için karşılanamayan talep miktarı.

$D_{pm}$ p' inci ürün için m'inci dağıtım merkezinin ilgili olduğu müşteri grubunun talebi

TC Toplam maliyet.

$\propto_{sip}$ Ürün p′nin, s′inci bileşeni için i tedarikçisinin seçilme durumu

Eşitlik (11) da minimum maliyeti veren amaç fonksiyonu yer almaktadır. Amaç fonksiyonu ve model kısıtları aşağıda yer almaktadır:

$$MinTC = \sum_s \sum_i \sum_p C_{sip} X_{sip} + \sum_s \sum_i \sum_p SC_{sip} X_{sip} + \sum_p \sum_m PC_p Y_{pm} + \sum_p \sum_m C_{pm} Y_{pm} + \sum_p \sum_m CC_{pm} Z_{pm} + \sum_p LC_p UD_p + \sum_p F_p + \sum_p \sum_m F_{pm} \quad (11)$$

s.t

$$\propto_{sip} = 1 \quad (12)$$

$$\sum_i X_{sip} \leq K_{sip} \propto_{sip} \qquad (i = 1, \dots, I) \quad (13)$$

$$\sum_m Y_{pm} \leq P_p \qquad (m = 1, ., M) \quad (14)$$

$$\sum_p Z_{pm} \leq K_{pm} \qquad (p = 1, ., P) \quad (15)$$

$$\omega_{sp}(1 - T_{sip}) \sum_i X_{sip} = \sum_m Y_{pm} \qquad (i = 1, \dots, I) \quad (m = 1, ., M) \quad (16)$$

$$(1 - U_p) \sum_m Y_{pm} = \sum_m Z_{pm} \quad (17)$$

$$(1 - V_{pm}) \sum_m Z_{pm} = D_{pm} \quad (18)$$

$$X_{sip}, Y_{pm}, Z_{pm}, T_{sip}, U_p, V_p, P_p, K_{pm}, K_{sip}, D_{pm} \geq 0 \quad (19)$$

1. Maliyet grubu: ( $\sum_s \sum_i \sum_p C_{sip} X_{sip} + \sum_s \sum_i \sum_p SC_{sip} X_{sip}$) fonksiyonunda ilk olarak tedarikçiden fabrikaya taşıma maliyetleri ile tedarikçiden satın alma maliyeti yani tedarikçi aşaması maliyetleri yer almaktadır.

2. Maliyet grubu: ( $\sum_p \sum_m PC_{pm} Y_{pm} + \sum_p \sum_m C_{pm} Y_{pm}$ ) fonksiyonunda ikinci olarak fabrikada gerçekleşen üretim maliyeti ile fabrikadan dağıtım merkezine olan taşıma maliyeti yer almaktadır.

3. Maliyet grubu: ( $\sum_p \sum_m CC_{pm} Z_{pm} + \sum_p LC_p UD_p$ ) fonksiyonunda üçüncü olarak da dağıtım merkezinden müşterilere olan dağıtım maliyeti ile yok satma maliyeti yer almaktadır.

4. Maliyet grubu: $\sum_p F_p + \sum_p \sum_m F_{pm}$ fonksiyonu ise son iki maliyet yani fabrika ve dağıtım merkezlerinin sabit işletme maliyetleridir.

Bir önceki model kullanılarak elde edilen tedarikçi seçimlerinin ikinci aşamaya aktarılması için kullanılan kısıt (12) ile gösterilmektedir. Bu kısıtta 1' inci aşamada seçilen tedarikçiler 1 değeri alıp kısıt olarak eklenmiştir. (13) numaralı kısıt tedarikçilerin kapasite kısıtıdır. (14) numaralı kısıt fabrikanın üretim kapasite kısıtıdır. (15) numaralı kısıt depoların kapasite kısıtıdır. (16) numaralı kısıtta yer alanω ürün için gerekli miktarı göz önünde bulundurularak tedarikçi aşamasındaki fire oranı belirleme kısıtıdır. (17) numaralı kısıt fabrika aşaması fire oranı kısıtıdır. (18) numaralı kısıt müşteri aşaması fire oran kısıtıdır. (19) numaralı kısıt kullanılan değişkenlerin pozitif birer değer olduğunun tanımlanması için kullanılmaktadır. Aşağıda verilen Tablo 3.7 de üretim maliyetleri, taşıma maliyeleri ve tedarikçi aşaması için fire oranları verilmektedir.

Tablo 3.7 Tedarikçiler için bazı maliyet değerleri [24, 25]

| **Ürünler** | **Bileşenler** | **Tedarikçiler** | **Kapasite** | **Taşıma maliyeti** | **Üretim maliyeti** | **Fire oranları** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P** | **S** | **I** | $K_{sip}$ | $C_{sip}$ | $SC_{sip}$ | $T_{sip}$ |
| **Ürün 1** | **Karkas** | **111** | 25000 | 0,4 | 5,2 | 7 |
| | | **121** | 25000 | 0,6 | 5,5 | 6 |
| | **Oturma Grubu** | **211** | 25000 | 0,7 | 5 | 5 |
| | | **221** | 25000 | 0,6 | 4,8 | 6 |
| | **Sünger** | **311** | 25000 | 0,5 | 4 | 6 |
| | | **321** | 25000 | 0,6 | 4,1 | 5 |
| | **Paket** | **411** | 25000 | 0,6 | 2,2 | 5 |
| | | **421** | 25000 | 0,6 | 2 | 6 |
| **Ürün 2** | **Karkas** | **112** | 25000 | 0,7 | 6 | 4 |
| | | **122** | 25000 | 0,6 | 5,9 | 6 |
| | **Oturma Grubu** | **212** | 25000 | 0,6 | 5,6 | 5 |
| | | **222** | 25000 | 0,6 | 5,7 | 4 |
| | **Sünger** | **312** | 25000 | 0,4 | 4 | 6 |
| | | **322** | 25000 | 0,6 | 4,1 | 5 |
| | **Paket** | **412** | 25000 | 0,4 | 2,2 | 5 |
| | | **422** | 25000 | 0,4 | 2 | 6 |

Statik belirsizlik yaklaşımında beklenen talepler kullanılarak tahmini talep miktarları hesaplanmıştır. Tablo 3.8. de farklı servis düzeyi ve değişim katsayıları için beklenen talep miktarları verilmektedir. Servis düzeyi α için %90 ve %95, değişim katsayısı için

ise CV=0,1 ve CV=0,3 değerleri kullanılmaktadır. (20) numaralı' lı eşitlik kullanılarak standart sapma miktarları hesaplanmıştır.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \tag{20}$$

Tablo 3.8 Beklenen talep ve standart sapma miktarları

| $N$ | E[μ] | E[σ] | |
|---|---|---|---|
| | | CV=0,1 | CV=0,3 |
| F 1 | 10500 | 1050 | 3150 |
| F 2 | 10000 | 1000 | 3000 |
| İ 1 | 1100 | 110 | 330 |
| İ 2 | 1000 | 100 | 300 |
| K 1 | 550 | 55 | 165 |
| K 2 | 500 | 50 | 150 |

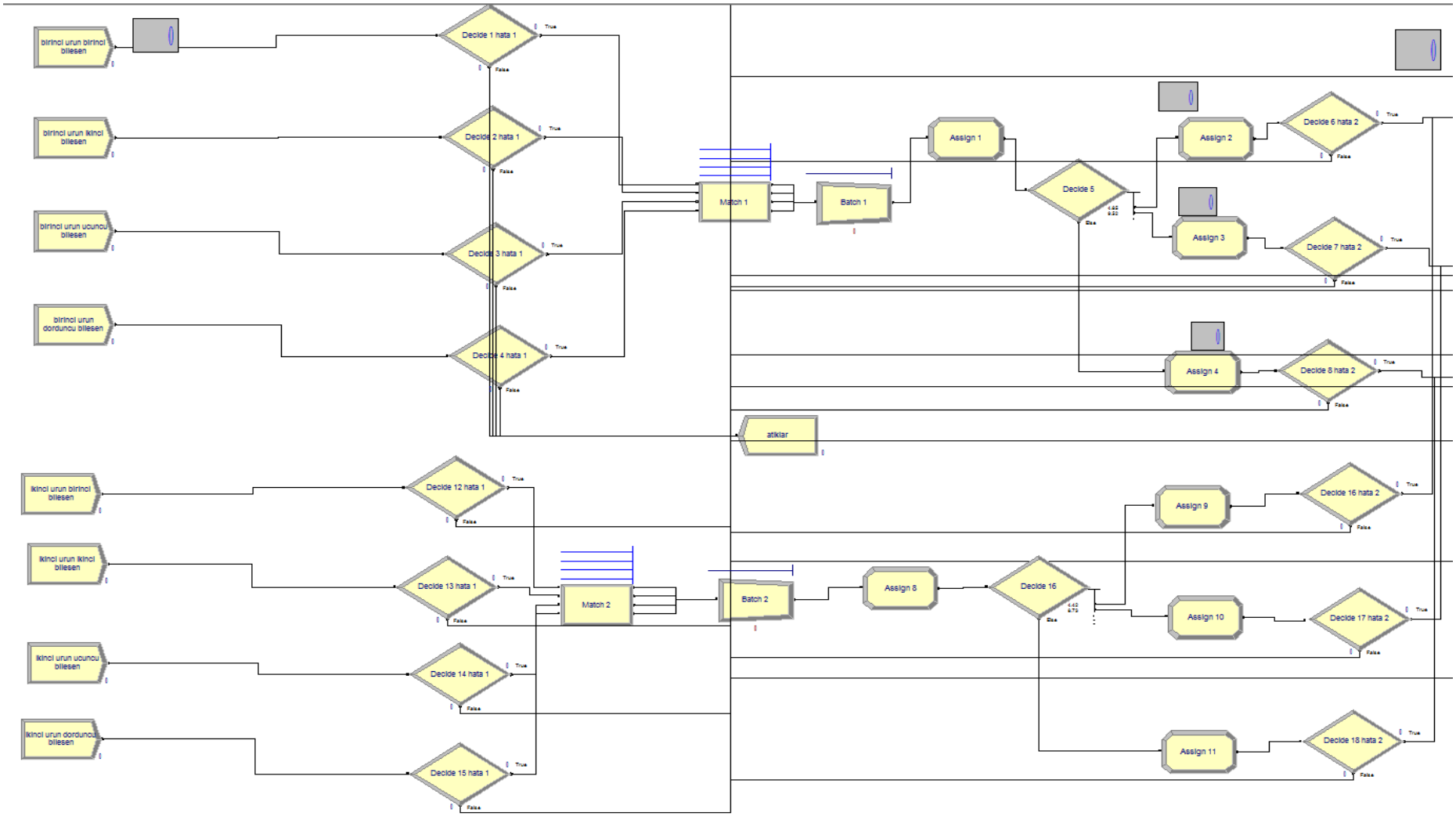
$G_D^{-1} = E[d](1 + ZCV)$ formülü kullanılarak tahmin edilen talep miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 3.9 Tahmin edilen talep miktarları

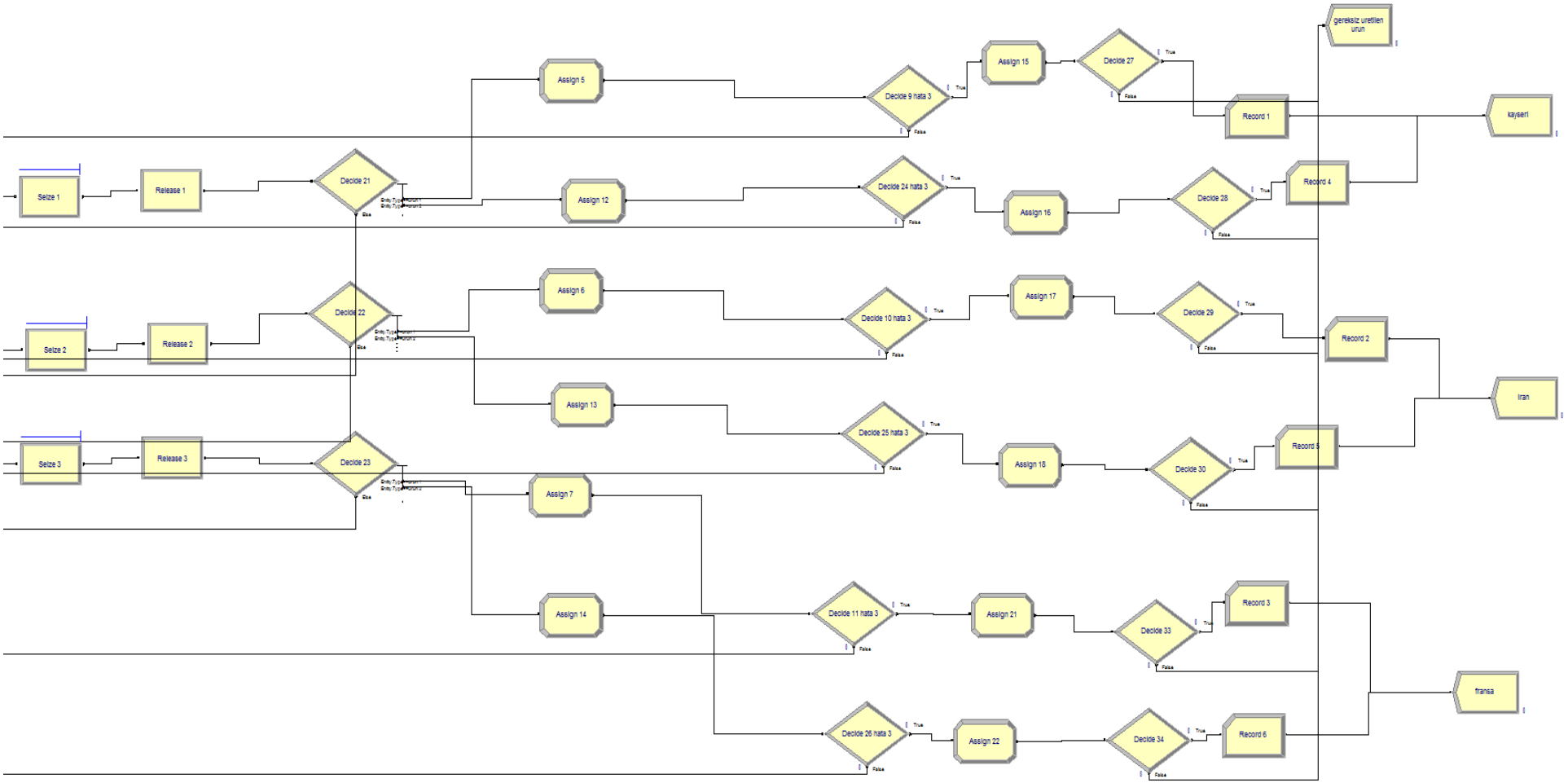
| | | Tahmin Değerleri | |
|---|---|---|---|
| CV Değeri | N | α=0,90 | α=0.95 |
| CV=0,1 | F 1 | 11854 | 12220 |
| | F 2 | 11252 | 11590 |
| | İ 1 | 1230 | 1275 |
| | İ 2 | 1121 | 1152 |
| | K 1 | 634 | 646 |
| | K 2 | 566 | 581 |
| CV=0,3 | F 1 | 14278 | 15197 |
| | F 2 | 13714 | 14672 |
| | İ 1 | 1505 | 1602 |
| | İ 2 | 1358 | 1458 |
| | K 1 | 758 | 807 |
| | K 2 | 702 | 740 |

### 3.4. Benzetim Modeli

Çalışmada son olarak stokastik talep durumu için geliştirilen karar politikasının Arena 4.0 ile benzetimi yapılmış ve alternatifler değerlendirilmiştir. Aşağıda benzetim için oluşturulan ağ yapısı verilmektedir.

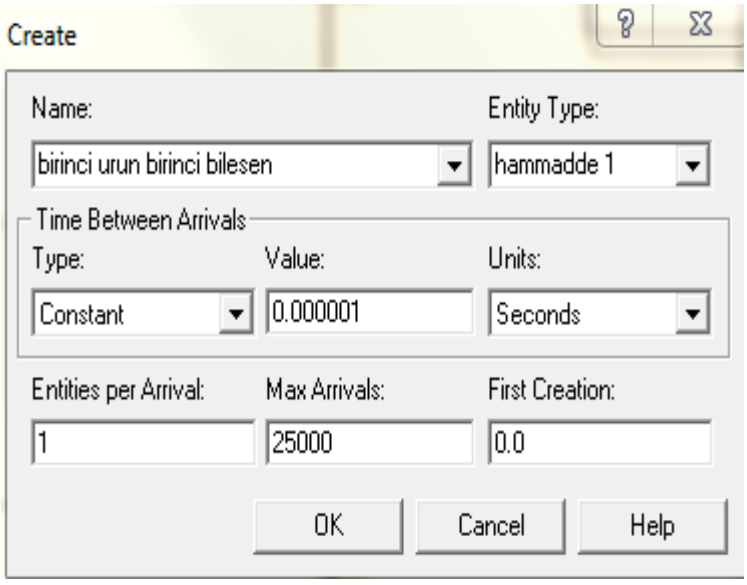



3.1.1. Benzetim modeli genel görünüş



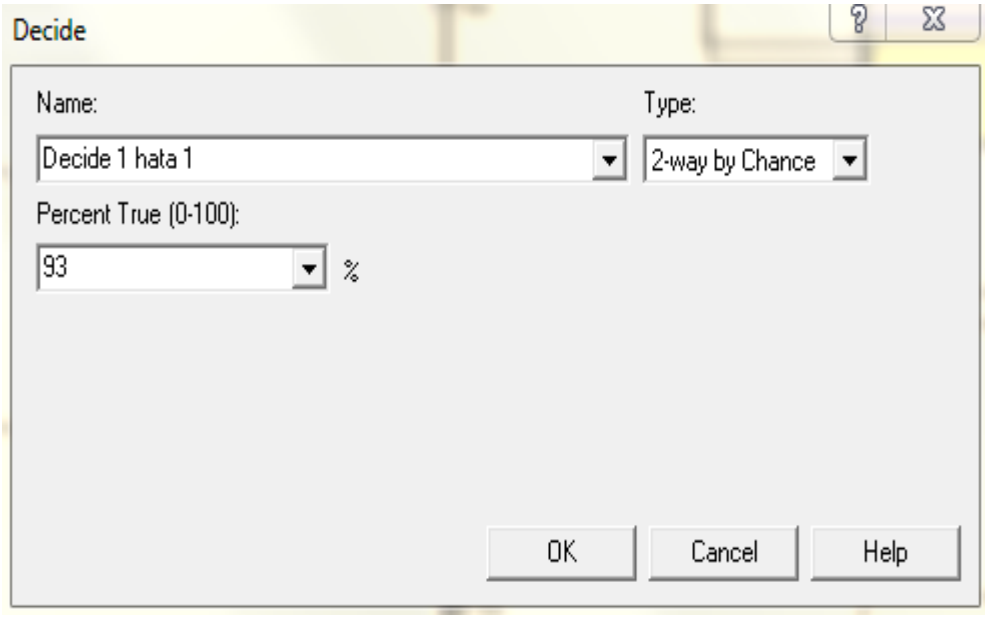

3.1.2. Benzetim modeli genel görünüş (devamı)

Create modülleri yardımı ile hammaddeler sisteme giriş yapmaktadır. Tedarikçi kısıtları sebebiyle en fazla 25000 hammadde sisteme giriş yapabilmektedir. Hammaddeler arası sisteme giriş süresi ise 0.0000001 saniye Kabul edilmiştir.



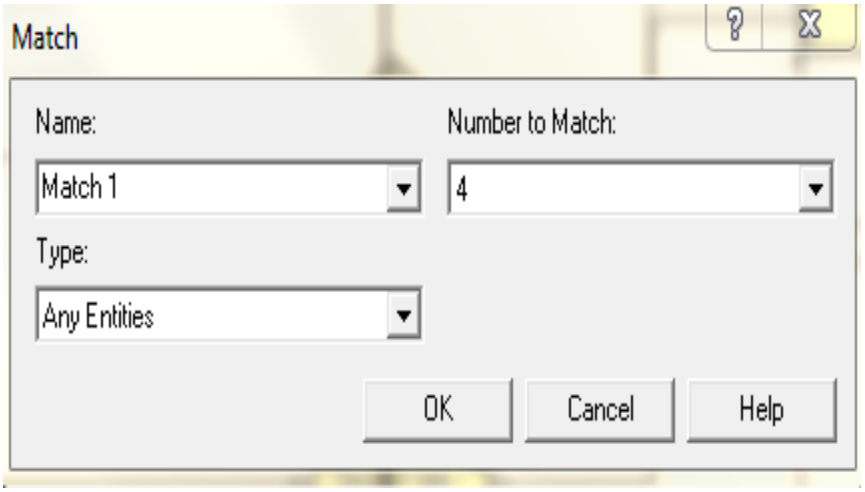

Şekil 3.2. Create modeli

Şekilde gösterilen Decide modülü sayesinde aşamalar arasındaki fire oranları göz önünde bulundurulmaktadır.



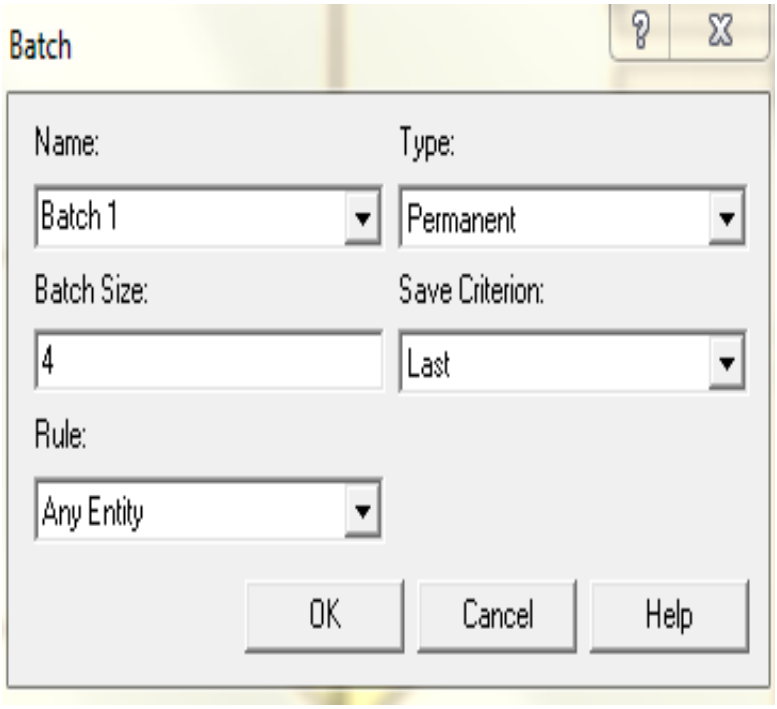

Şekil 3.3. Decide modeli

Match modülü sayesinde hammaddeler eşleştirilmektedir. Bu eşleştirme bir sonraki modül olan Batch modülünde kullanılarak montaj işlemi gerçekleştirilmektedir.



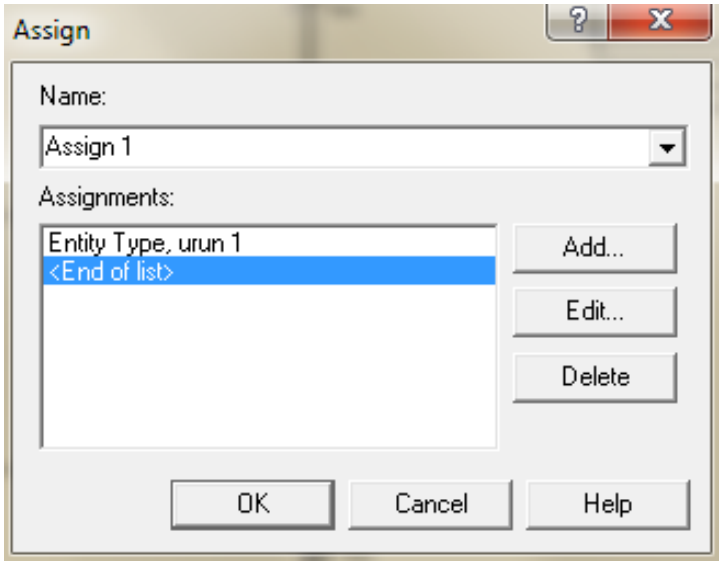

Şekil 3.4. Match modeli

Batch modülü, Match modülü sayesinde montaj işlemini tanımlamak için kullanılmıştır.



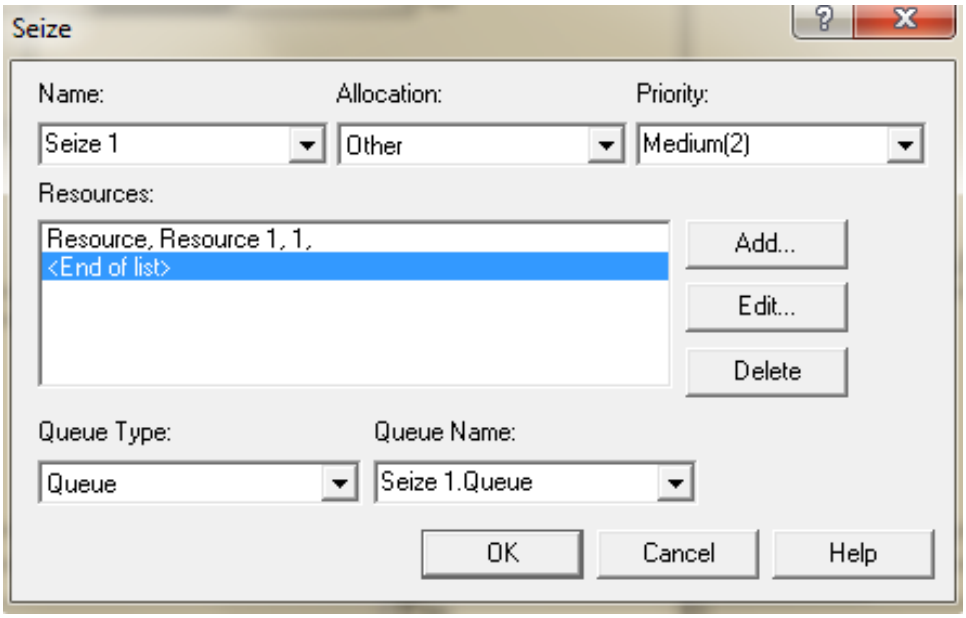

Şekil 3.5. Batch modeli

Assign modülleri sistem içerisindeki hammadde ve ürünlere bazı özellikler bazı değişkenler atanmak için kullanılır. Aşağıdaki şekilde de montaj işlemi gerçekleştikten sonra ürüne yeni bir "EntityType" atanmış yani özeliği değiştirilmiştir.



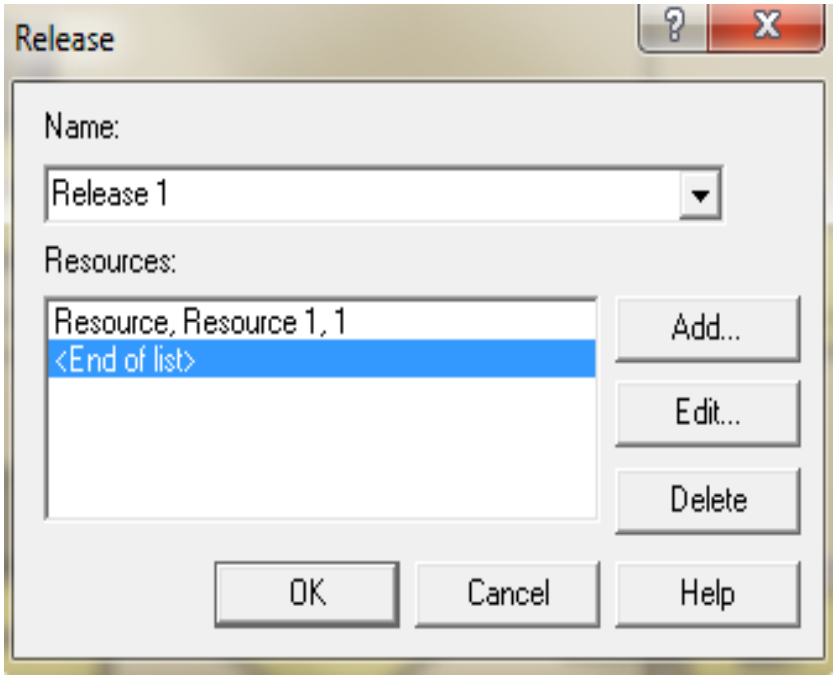

Şekil 3.6. Assign modeli

Seize modülü dağıtım merkezlerinin tanımlanması için kullanılmıştır. Bu modül sayesinde ürünlerin depolara girişi sağlanmaktadır.



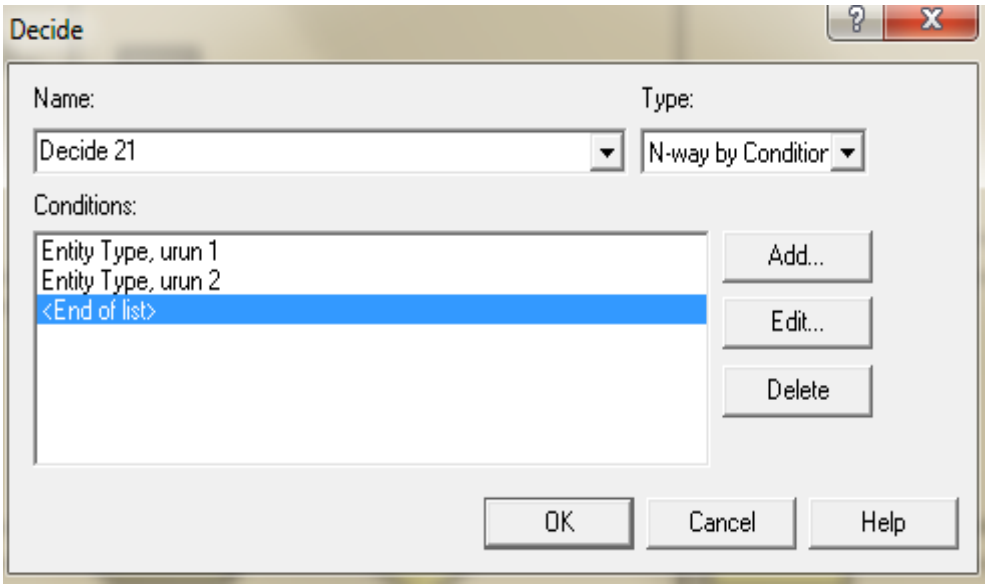

Şekil 3.7. Seize modeli

Release modülü sayesinde daha önce depoya alınmış olan ürünlerin müşterilere gönderilmek için depodan çıkışı yapılmaktadır.



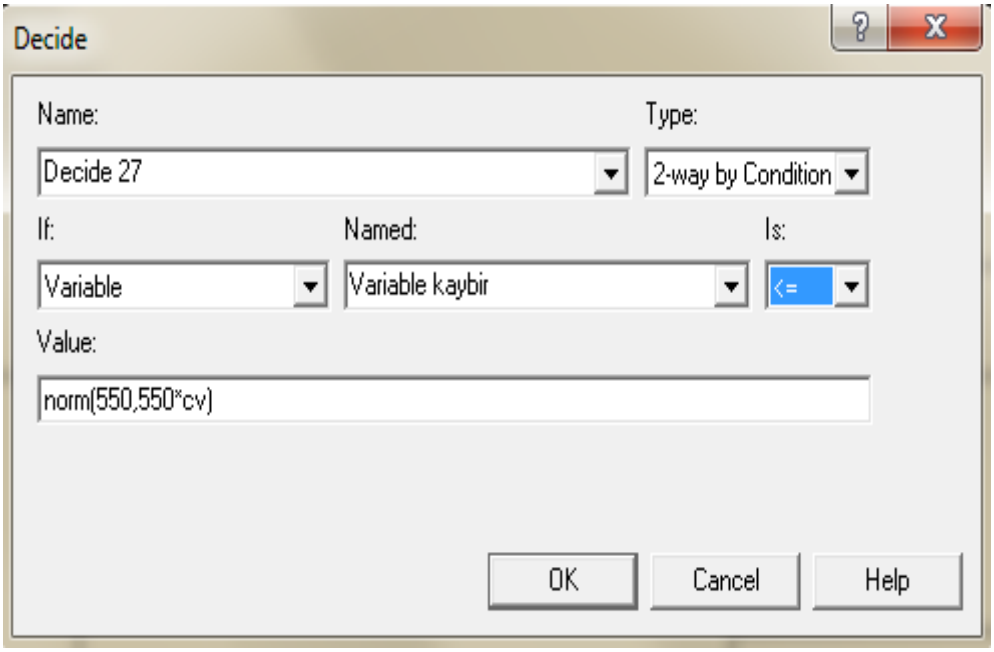

Şekil 3.8. Release modeli

Aşağıda verilen Decide modülü sayesinde de depolardaki ürünlerin (ürün 1 ve ürün 2) müşteri gruplarına yönlendirilme işlemi yapılmaktadır.



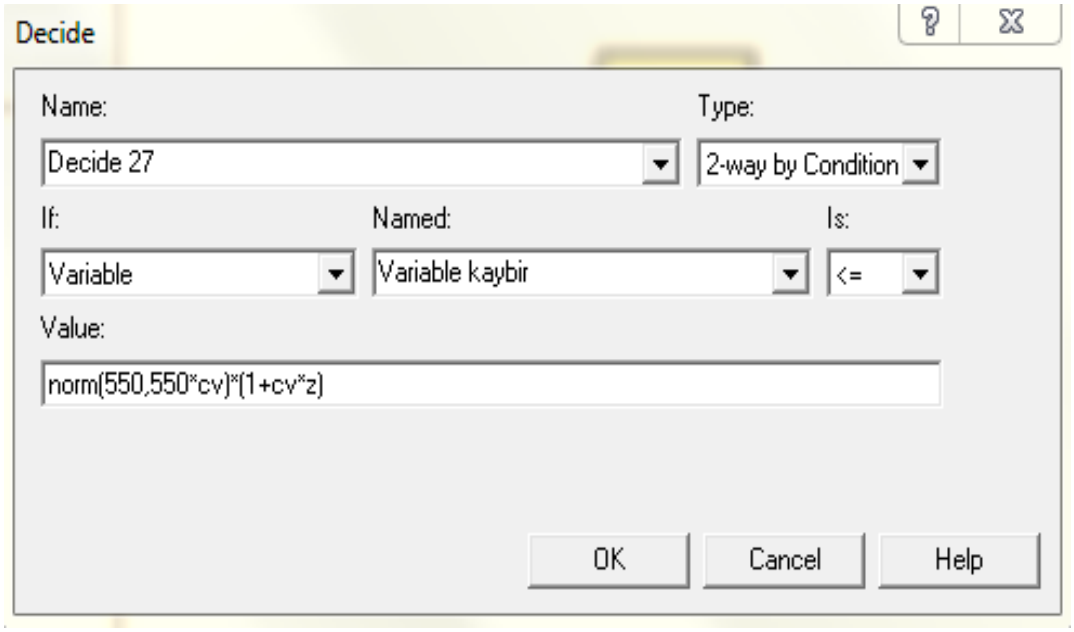

Şekil 3.9. Ürünler için decide modeli

Aşağıda gerçekleşen talep miktarları için çalıştırılan sistemde müşterilere gönderilecek miktarı kontrol eden sistem yer almaktadır.



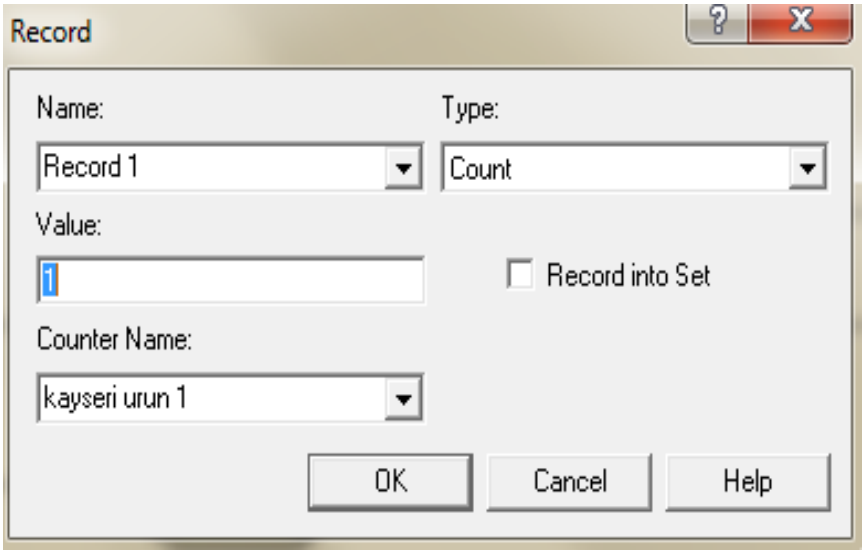

Şekil 3.10. Talep için decide modeli

Aşağıda verilen Decide modülü ile de stokastik talep durumu için üretilecek olan talep miktarına göre müşterilere gönderilecek miktarı kontrol eden sistem yer almaktadır.



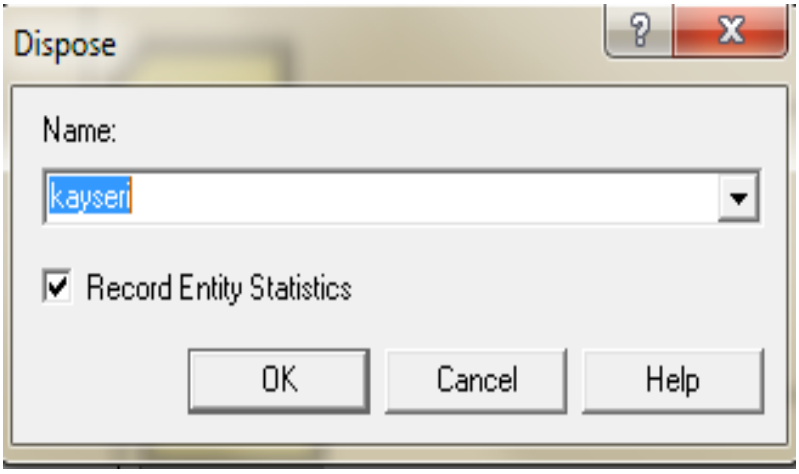

Şekil 3.11. Talep için decide modeli

Record modülü sayesinde müşterilere teslim edilen ürün miktarları saydırılmaktadır. Aşağıda örnekte kayseri müşterisine ürün 1 den teslim edilen miktarı hesaplanmaktadır.



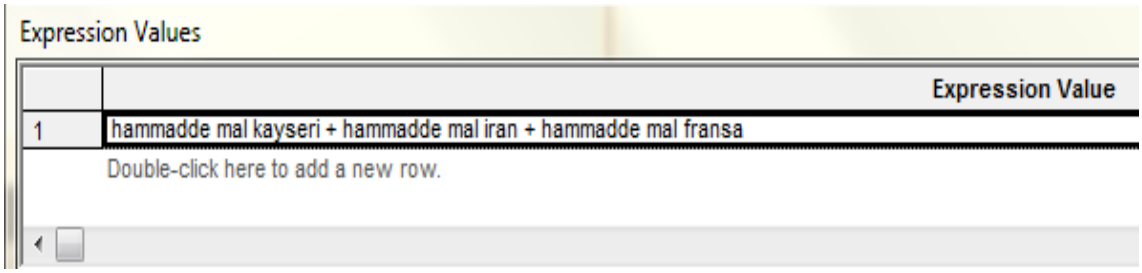

Şekil 3.12. Record modeli

Dispose modülü sayesinde de sistemden çıkışlar gerçekleştirilmektedir. Bu modülden sonra sistem çalıştırmayı durdurmaktadır.



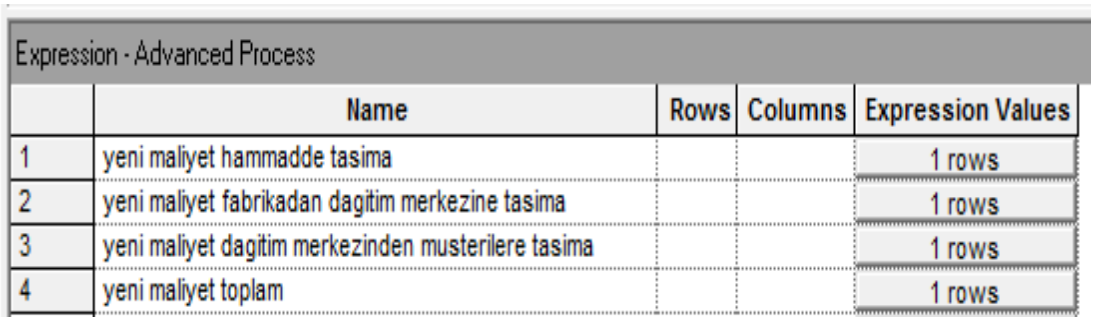

Şekil 3.13. Dispose modeli

Sistemimizde "Expression" yani sabit olarak kullanılan ifadeler aslında birer fonksiyondur. Mesela aşağıdaki Şekil 3.14 de "yeni maliyet hammadde taşıma" adlı ifade hammadde aşamasını gösteren denklemi ifade etmektedir.



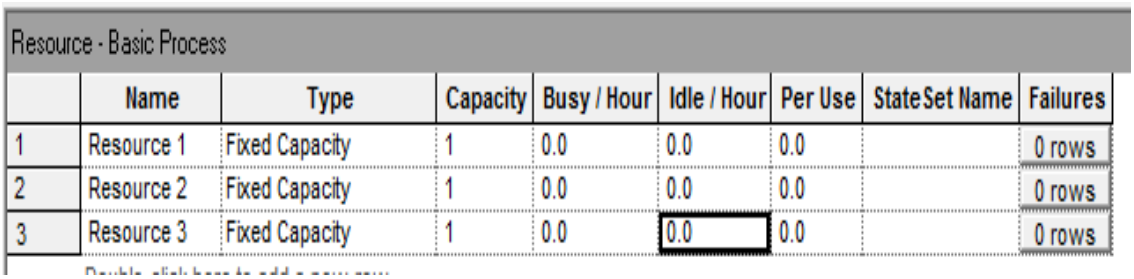

Şekil 3.14. Hammadde maliyet fonksiyonu

Aşağıda şekil 3.15. de gerçekleşen maliyetler gösterilmektedir.




Şekil 3.15. Kullanılan ifadeler

Şekil 3.16 de ise sistemde kullanılan kaynaklar gösterilmektedir.




Şekil 3.16. Kullanılan kaynaklar

Aşağıda sistemde tanımanmış olan tüm değişkenlerin listesi yer almaktadır. Maliyetlerin birer değişken olarak değil de birer "Expression" yani sabit ifade olarak tanımlanması arasında bir fark söz konusu değildi. Sadece gelecek çalışmalarda maliyetlerin zamanla değiştiği durumlarda kolaylık olması için yapılmıştır.

Variable - Basic Process

| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Statistics |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Variable 1 | | | System | 1 rows | |
| 2 | Variable 2 | | | System | 1 rows | |
| 3 | Variable 3 | | | System | 1 rows | |
| 4 | Variable 4 | | | System | 1 rows | |
| 5 | Variable 5 | | | System | 1 rows | |
| 6 | Variable 6 | | | System | 1 rows | |
| 7 | Variable 7 | | | System | 1 rows | |
| 8 | birinci urun birinci bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 9 | birinci urun ikinci bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 10 | birinci urun ucuncu bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 11 | birinci urun dorduncu bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 12 | birinci urunun fabrikadan kayseri dm tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 13 | birinci urunun fabrikadan iran dm tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 14 | birinci urunun fabrikadan fransa dm tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 15 | birinci urunun kayseri dm den kayseri musterisine tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 16 | birinci urunun iran dm den iran musterisine tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 17 | birinci urunun fransa dm den fransa musterisine tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 18 | Variable 10 | | | System | 0 rows | |
| 19 | Variable 11 | | | System | 0 rows | |
| 20 | Variable 9 | | | System | 0 rows | |
| 21 | Variable 12 | | | System | 0 rows | |
| 22 | Variable 13 | | | System | 0 rows | |
| 23 | Variable 14 | | | System | 0 rows | |
| 24 | ikinci urun birinci bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 25 | ikinci urun ikinci bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 26 | ikinci urun ucuncu bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 27 | ikinci urun dorduncu bilesen maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 28 | ikinci urunun fabrikadan kayseri dm tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 29 | ikinci urunun fabrikadan iran dm tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 30 | ikinci urunun fabrikadan fransa dm tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 31 | ikinci urunun kayseri dm den kayseri musterisine tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 32 | ikinci urunun iran dm den iran musterisine tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 33 | ikinci urunun fransa dm den fransa musterisine tasima maliyeti | | | System | 1 rows | |
| 34 | Variable kaybir | | | System | 0 rows | |
| 35 | Variable kayiki | | | System | 0 rows | |
| 36 | Variable irbir | | | System | 0 rows | |
| 37 | Variable iriki | | | System | 0 rows | |
| 38 | Variable frbir | | | System | 0 rows | |
| 39 | Variable friki | | | System | 0 rows | |
| 40 | cv | | | System | 1 rows | |
| 41 | z | | | System | 1 rows | |

Şekil 3.17. Kullanılan değişkenler

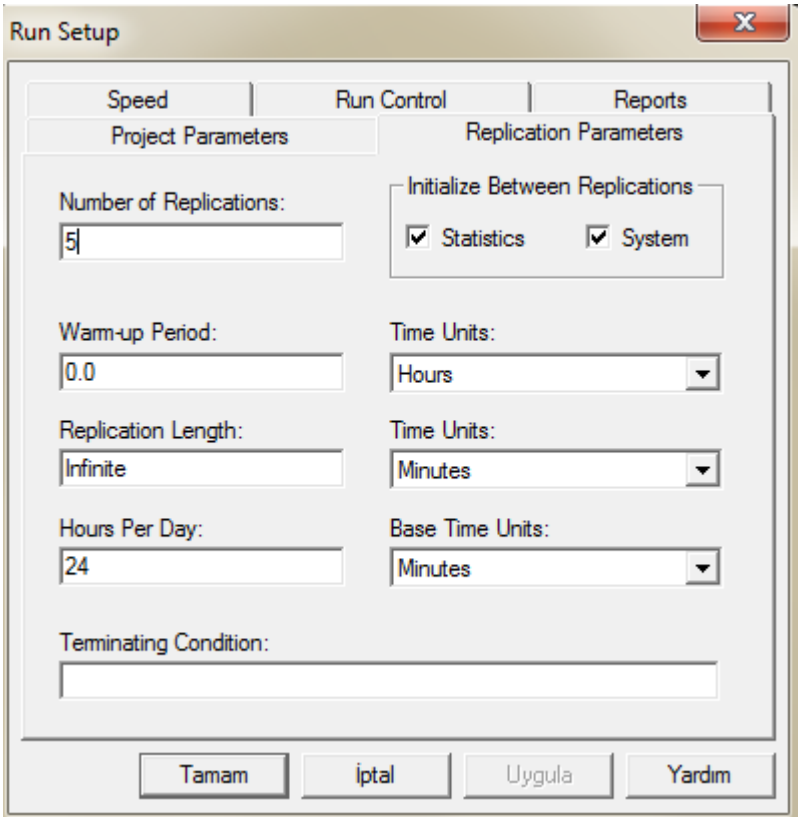
Stokastik ile sistem çıktılarında hesaplanmasını istediğimiz fonksiyonları ifade etmekteyiz. “Expression” yani daha önce tanımlamış olduğumuz ifadeleri burada kullanmaktayız.

Statistic - Advanced Process

| | Name | Type | Expression | Report Label | Output File |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | yeni raw material | Output | yeni maliyet ham | yeni raw material | |
| 2 | yeni distribution | Output | yeni maliyet dagiti | yeni distribution | |
| 3 | yeni factory | Output | yeni maliyet fabrik | yeni factory | |
| 4 | yeni toplam | Output | yeni maliyet topla | yeni toplam | |

Şekil 3.18. Çıktı da istenen bilgiler

Run Setup sistemimizin ne kadar süre ile çalıştırılacağı, kaç sefer tekrarlı olarak çalıştırılacağının sisteme tanımlandığı yerdir. Aşağıda örnek olarak stokastik durumu incelerken 5 sefer tekrarlı olarak sistemin çalıştırılması komutu verilmektedir.




Şekil 3.19. Sistem bilgileri

# 4. BÖLÜM

# BULGULAR

## 4.1 . Bulgular

Tablo 4.1 de farklı serbestlik yüzdeleri ve değişim katsayıları için beklenen talep miktarları verilmektedir. Servis düzeyi α için %90 ve %95, değişim katsayısı için ise CV=0,1 ve CV=0,3 değerleri kullanılmaktadır. Tahmin edilen talep miktarları ve tahmin edilen maliyetler aşağıdaki tabloda verilmektedir. Örneğin değişim katsayısının 0,1 ve servis düzeyinin %90 olduğu durumda Fransa' nın ürün 1 den talebinin 11854 tl olacağı tahmin edilip üretim yapılmaktadır.

Tablo 4.1. Tahmin edilen talep miktarları ve maliyetler

| | | Tahmin Değerleri | |
|---|---|---|---|
| CV Değeri | N | α=0,90 | α=0.95 |
| CV=0,1 | F 1 | 11854 | 12220 |
| | F 2 | 11252 | 11590 |
| | İ 1 | 1230 | 1275 |
| | İ 2 | 1121 | 1152 |
| | K 1 | 634 | 646 |
| | K 2 | 566 | 581 |
| | HC | 880517 | 904980 |
| CV=0,3 | F 1 | 14278 | 15197 |
| | F 2 | 13714 | 14672 |
| | İ 1 | 1505 | 1602 |
| | İ 2 | 1358 | 1458 |
| | K 1 | 758 | 807 |
| | K 2 | 702 | 740 |
| | HC | 1052534 | 1118339 |

Aşağıda verilen tabloda farklı α ve CV değerleri kullanılarak 5 tekrar için sistem çalıştırılmıştır. Her bir müşteri için gerçekleşen talep miktarları verilmektedir. Örneğin değişim kat sayısı 0,1 ve servis düzeyinin %90 olduğu durum için Fransa'nın ürün 1 den talebi 10490 birim iken ürün 2 den talebi 10003 adettir.

Tablo 4.2. Gerçekleşen talep miktarları

| | | CV=0,1 | CV=0,3 | | | CV=0,1 | CV=0,3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tekrar Sayısı | N | α=0,90-0,95 | α=0,90-0,95 | Tekrar Sayısı | N | α=0,90-0,95 | α=0,90-0,95 |
| Tekrar 1 | F 1 | 10490,00 | 10469,00 | Tekrar 4 | F 1 | 10510,00 | 10540,00 |
| | F 2 | 10003,00 | 9998,00 | | F 2 | 10011,00 | 10053,00 |
| | İ 1 | 1101,00 | 1093,00 | | İ 1 | 1108,00 | 1115,00 |
| | İ 2 | 991,00 | 977,00 | | İ 2 | 993,00 | 983,00 |
| | K 1 | 551,00 | 553,00 | | K 1 | 548,00 | 563,00 |
| | K 2 | 502,00 | 493,00 | | K 2 | 507,00 | 495,00 |
| Tekrar 2 | F 1 | 10498,00 | 10511,00 | Tekrar 5 | F 1 | 10508,00 | 10530,00 |
| | F 2 | 10023,00 | 10000,00 | | F 2 | 10005,00 | 10031,00 |
| | İ 1 | 1111,00 | 1110,00 | | İ 1 | 1097,00 | 1106,00 |
| | İ 2 | 994,00 | 993,00 | | İ 2 | 1015,00 | 1014,00 |
| | K 1 | 551,00 | 548,00 | | K 1 | 550,00 | 554,00 |
| | K 2 | 509,00 | 501,00 | | K 2 | 495,00 | 481,00 |
| Tekrar 3 | F 1 | 10480,00 | 10500,00 | | | | |
| | F 2 | 10001,00 | 9986,00 | | | | |
| | İ 1 | 1096,00 | 1092,00 | | | | |
| | İ 2 | 1008,00 | 993,00 | | | | |
| | K 1 | 548,00 | 548,00 | | | | |
| | K 2 | 506,00 | 513,00 | | | | |

Tablo 4.3. de gerçekleşen talep miktarları için maliyetler ve yüzde sapma miktarları verilmektedir. Örneğin değişim katsayısı 0,3 ve servis düzeyi %95 için 1'inci tekrar da toplam maliyet 787642,2 iken tahmin edilen maliyet 1118339 tl olmuş yani %42 oranında sapma ile müşteri talepleri karşılanmıştır. %90 servis düzeyinde ürün 1 için ortalama %11,48 ile ürün 2 için %33,23, %95 servis düzeyi için ise %14,48 ile %41,56 sapma gerçekleşmiştir.

Tablo 4.3.Gerçekleşen toplam maliyetler ve % sapma miktarları

| CV Değeri | Tekrar Sayısı | α=0.90 | | α=0.95 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | TC | % sapma | TC | % sapma |
| CV=0,1 | Tekrar 1 | 789088,3 | 11,59 | 789088,3 | 14,69 |
| | Tekrar 2 | 790550,9 | 11,38 | 790550,9 | 14,47 |
| | Tekrar 3 | 789175,4 | 11,57 | 789175,4 | 14,67 |
| | Tekrar 4 | 790239,8 | 11,42 | 790239,8 | 14,52 |
| | Tekrar 5 | 790070,9 | 11,45 | 790070,9 | 14,54 |
| | HC | 880517,2 | | 904979,8 | |
| CV=0,3 | Tekrar 1 | 787462,2 | 33,66 | 787462,2 | 42,02 |
| | Tekrar 2 | 789781,8 | 33,27 | 789781,8 | 41,6 |
| | Tekrar 3 | 788864,9 | 33,42 | 788864,9 | 41,77 |
| | Tekrar 4 | 792392,6 | 32,83 | 792392,6 | 41,13 |
| | Tekrar 5 | 791461,6 | 32,99 | 791461,6 | 41,3 |
| | HC | 1052534 | | 1118339 | |

Tahmin edilen talep miktarları için gerekli hammadde miktarları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.4. Tahmin edilen talep için gerekli hammadde miktarları

| | | α=0.90 | α=0.95 |
|---|---|---|---|
| | Seçilen Tedarikçiler | Satın Alınan Hammadde Miktarları | |
| CV=0,1 | X111 | 14976 | 15438 |
| | X221 | 14817 | 15274 |
| | X311 | 14817 | 15274 |
| | X421 | 14817 | 15274 |
| | X122 | 13941 | 14355 |
| | X212 | 13794 | 14203 |
| | X312 | 13941 | 14355 |
| | X422 | 13941 | 14355 |
| CV=0,3 | X111 | 18059 | 19222 |
| | X221 | 17867 | 19018 |
| | X311 | 17867 | 19018 |
| | X421 | 17867 | 19018 |
| | X122 | 16996 | 18176 |
| | X212 | 16817 | 17985 |
| | X312 | 16996 | 18176 |
| | X422 | 16996 | 18176 |

Gerçekleşen talepler için gerekli olan toplam hammadde miktarları ve hangi tedarikçilerden satın alınacağı bilgisi Tablo 4.5. de verilmektedir.

Tablo 4.5. Gerçekleşen talep için gerekli hammadde miktarları

| | | CV=0,1 | CV=0,3 | | | CV=0,1 | CV=0,3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tekrar Sayısı | Seçilen Tedarikçi | α=0,90-0,95 | α=0,90-0,95 | Tekrar Sayısı | Seçilen tedarikçi | α=0,90-0,95 | α=0,90-0,95 |
| | | Satın Alınan Hammadde Miktarları | | | | Satın Alınan Hammadde Miktarları | |
| Tekrar 1 | X111 | 13256 | 13227 | Tekrar 4 | X111 | 13282 | 13340 |
| | X221 | 13115 | 13086 | | X221 | 13141 | 13198 |
| | X311 | 13115 | 13086 | | X311 | 13141 | 13198 |
| | X421 | 13115 | 13086 | | X421 | 13141 | 13198 |
| | X122 | 12386 | 12355 | | X122 | 12402 | 12423 |
| | X212 | 12256 | 12225 | | X212 | 12272 | 12293 |
| | X312 | 12386 | 12355 | | X312 | 12402 | 12423 |
| | X422 | 12386 | 12355 | | X422 | 12402 | 12423 |
| Tekrar 2 | X111 | 13276 | 13286 | Tekrar 5 | X111 | 13270 | 13309 |
| | X221 | 13135 | 13144 | | X221 | 13129 | 13167 |
| | X311 | 13135 | 13144 | | X311 | 13129 | 13167 |
| | X421 | 13135 | 13144 | | X421 | 13129 | 13167 |
| | X122 | 12419 | 12384 | | X122 | 12407 | 12418 |
| | X212 | 12288 | 12254 | | X212 | 12276 | 12288 |
| | X312 | 12419 | 12384 | | X312 | 12407 | 12418 |
| | X422 | 12419 | 12384 | | X422 | 12407 | 12418 |
| Tekrar 3 | X111 | 13236 | 13253 | | | | |
| | X221 | 13095 | 13112 | | | | |
| | X311 | 13095 | 13112 | | | | |
| | X421 | 13095 | 13112 | | | | |
| | X122 | 12407 | 12382 | | | | |
| | X212 | 12276 | 12252 | | | | |
| | X312 | 12407 | 12382 | | | | |
| | X422 | 12407 | 12382 | | | | |

# 5. BÖLÜM
# TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

## 5.1.Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada aşamalar arasında fire miktarını dikkate alarak ürünleri oluşturan bileşenlerin 3 farklı kriterimiz için en uygun olan tedarikçiden satın alınmasından, eksiksiz olarak fabrikaya tesliminden, fabrikada üretilip istenen miktarda dağıtım merkezlerine gönderilmesi ve nihai tedarik zincir ağı olan müşterilere teslimine kadar olan tedarik zincir ağı incelenmiştir. Tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme problemi iki ürün için incelenmiştir.

Çalışmada ilk olarak 3 adet kriter olan fiyat, kalite, uzaklık için en iyi faydaya sahip tedarikçiler seçilmiştir. Talebin stokastik olduğu durum incelenmiştir. Bunun için statik belirsizlik modeli dikkate alınmış ve bu model sayesinde stokastik problem deterministik bir problem haline getirilmiş ve sistem incelenmiştir. Fireleri de dikkate alarak matematiksel model yardımı ile gerekli hammadde miktarları belirlenmiş ve ürünler için maliyetler hesaplanmıştır. Servis düzeyi α için %90 ve %95, değişim katsayısı CV için 0,1 ve 0,3 değerleri kullanılmaktadır.

Arena 4.0 benzetim modeli kullanılarak farklı α ve CV değerleri kullanılarak 5 er tekrar için sistem çalıştırılmıştır. Her bir müşteri için gerçekleşen talep miktarları bulunmuş ve maliyetleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada gerçekleşen talep miktarlarının maliyetleri ile statik belirsizlik modeli sayesinde elde edilen tahmini talep miktarları için hesaplanan maliyetler karşılaştırılarak yüzde sapma miktarları hesaplanmıştır. %90 servis düzeyinde ürün 1 için ortalama %11.48 ve ürün 2 için ortalama %33.23, %95 servis düzeyi için ise ortalama %14.48 ile %41.56 maliyette sapma gerçekleşmiştir. Mesela %90 servis düzeyi için statik

belirsizlik modeli kullanılarak elde edilen maliyet 880517,2 tl iken 1. tekrar da gerçekleşen maliyet 789088,3 tl elde edilmiştir. %11,59 fazladan maliyet söz konusu olmasına rağmen müşterilerin talepleri tam olarak karşılanmıştır.

Çok aşamalı çok kriterli aşamalar arasında fire bulunan tedarik zinciri ağında tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme problemini yapay zeka teknikleri ile geliştirilebilir. Örneğin yapay sinir ağlarını eğiterek gerçekleşecek talepleri belirleyecek bir sistem çalışması yapılıp işletmenin talep karşılayamama ya da eksik teslim gibi sebeplerden müşteri kaybı önlenebilir.

# KAYNAKÇA


1. Senyigit, E., 2013. Supplier selection and purchase problem for multi-echelon defective supply chain system with stochastic demand. **Neural Computing and Applications, 22** (2): 403-415.

2. Ng, W.L., 2008.An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. **European Journal of Operational Research, 186**: 1059-1067.

3. Ho, W.,Xu, X.,Dey, P.K., 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research, 202**(1): 16–24.

4. Basnet C., Leung J.M.Y., 2005.Inventory lot-sizing with supplier selection, **Comput.Oper. Res., 32**: 1–14.

5. Goossens D.R., Maas A.J.T., Spieksma F.C.R., Klunder J.J., 2007.Exact algorithms for procurement problems under a total quantity discount structure. **European Journal of Operational Research, 178**: 603–626.

6. Che, Z.H., Wang, H.S., 2008. Supplier selection and supply quantity allocation of common and non-common parts with multiple criteria under multiple products. **Computers & Industrial Engineering, 55** (1): 110-133.

7. Wang, H.S., 2008. Configuration change assessment: Genetic optimization approach with fuzzy multiple criteria for part supplier selection decisions. **Expert Systems with Applications, 34**: 1541-1555.

8. Awasthi S.S., Chauhan S.K., Goyal S.K., Proth J., 2009.Supplier selection problem for a single manufacturing unit under stochastic demand. **Int. J. Prod. Econom., 117**: 229–233.

9. Ebrahim, M., Razmi, J., Haleh, H., 2009. Scatter search algorithm for supplier selection and order lot sizing under multiple price discount environment. **Advances in Engineering Software, 40**: 766-776.

10. Wang H.S., 2009. A two-phase ant colony algorithm for multi-echelon defective supply chain network design. **European Journal of Operational Research, 192** (1): 243–252.

11. Şenyiğit, E., 2009.The optimization of defective multi-echelon supply chain network in furniture industry. **Erciyes University Journal of Institution Science and Technology, 25** (1–2): 168–182.

12. Che Z.H., 2010. Using fuzzy analytic hierarchy process and particle swarm optimisation for balanced and defective supply chain problems considering WEEE/RoHS directives. **Int. J. Prod. Res., 48** (11): 3355–3381.

13. Che, Z.H., Chiang, C.J., 2010. A modified Pareto genetic algorithm for multi-objective build-to-order supply chain planning with product assembly. **Advances in Engineering Software, 41**: 1011–1022.

14. Xu, C., Liang, S., Jiang, J., Liu, D., Huang, S., 2010. A Study on Supplier Evaluation in Risk Control Based on Food Supply Chain. **Proceedings of the 2010 IEEE ICMIT,** 181-185.

15. Senyigit, E.,Golec, A., 2010. A new heuristic for multi-echelon defective supply chain system with stochastic demand, September 15-17, 2010, Sarajevo. **Proceedings of 7th International Symposium of Intelligent and Manufacturing System,** 442-452.

16. Razmi, J., Keramati, A., 2011. Minimizing the supplying cost of leverage items: A mathematical approach. **IJE Transactions A: Basics, 24 (3):** 259-273.

17. Zhang J.L., Zhang M.Y., 2011. Supplier selection and purchase problem with fixed cost and constrained order quantities under stochastic demand. **Int. J. Prod. Econom., 129** (1): 1–7.

18. Glock, C.H.,2011. A multiple-vendor single-buyer integrated inventory model with a variable number of vendors. **Computers & Industrial Engineering, 60**: 173-182.

19. Hajji, A., Gharbi, A., Kenne, J.P., Pellerin, R., 2011. Production control and replenishment strategy with multiple suppliers. **European Journal of Operational Research, 208**: 67-74.

20. Yucel, A., Guneri, A.F., 2011. A weighted additive fuzzy programming approach for multi-criteria supplier selection. **Expert Systems with Applications, 38:** 6281–6286.

21. Rezaei J., Davoodi M., 2011. Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection. **Int. J. Prod. Econom. 130:** 77–86.

22. Setak, M., Sharifi, S., Alimohammadian, A., 2012.Supplier Selection and Order Allocation Models in Supply Chain Management: A Review. **World Applied Sciences Journal 18**(1): 55-72.

23. Şenyiğit E., 2012. The optimization of lot sizing with supplier selection problem in multi-echelon defective supply chain network. **Mathematical and Computer Modeling of Dynamical Systems: Methods, Tools and Applications in Engineering and Related Sciences, 18** (3): 273-286.

24. Senyigit, E., Soylemez, İ., 2012a. The analysis of heuristics for lot sizing with supplier selection problem. **Procedia - Social and Behavioral Sciences, 62**: 672–676.

25. Şenyiğit, E., Söylemez, İ., (2012b), Çok aşamalı aşamalar arasında fire bulunan Tedarik Zinciri ağında tedarikçi seçimli sipariş büyüklüğü belirleme probleminin X işletmesinde uygulanması, **1. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Konferansı,** 10-12 Mayıs 2012, Konya.

26. Esfandiari, N., Seifbarghy, M., 2013. Modeling a stochastic multi-objective supplier quota allocation problem with price-dependent ordering. **Applied Mathematical Modelling, 37**: 5790-5800.

27. Amin, S.H., Zhang, G., 2012. An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach. **Expert Systems with Applications, 39:** 6782–6791.

28. Kilic, H.S., 2013. An integrated approach for supplier selection in multi-item/multi-supplier environment. **Applied Mathematical Modelling**: dx.doi.org/10.1016/ j.apm.2013.03.010.

29. Aliabadi, D.E., Kaazemi, A., Pourghannad, B., 2013. A two-level GA to solve an integrated multi-item supplier selection model. **Applied Mathematics and Computation, 219**: 7600-7615.

30. Arıkan, F., 2013. A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection. **Expert Systems with Applications, 40:** 947–952.

31. Kannan, D., Khodaverd, R., Olfat, L., Jafarian, A., Diabat, A., 2013. Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. **Journal of Cleaner Production, 47:** 355-367.

32. Weber, C.A., Current, J.R., Benton, W.C., 1991.Vendor selection criteria and methods. **European Journal of Operational Research, 50**: 2–18.

33. Degraeve, Z., Labro, E., and Roodhooft, F., 2000. An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective. **European Journal of Operational Research, 125** (1): 34–58.

34. De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., 2001. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management, 7:** 75–89.

35. Demirdogen, O., Kucuk, O., 2007. Malzeme akışının etkinliğinde Tedarik zincir yönetiminin önemi, 24-25 Mayıs, 2007, İnönü Üniversitesi, Malatya. **8.Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi**, 1-13.

36. Chopra, S., Meindl, P., 2007. Supply Chain Management: Strategy, Planning, And Operation. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 536 s.

37. Aydemir, A.R., 2000. Küçük Ve Orta Ölçekli İşletmelerde Taşımacılığın Tedarik Zincir Yönetimindeki Rolü Ve Gebze Civarında Bir Uygulama. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 89s.

38. Aydin, M., 2013. Matematiksel modelleme ders notları. **www.mesutaydin.org/ Dosyalar,** (Erişim tarihi: 3 Mayıs 2013).

39. Kelton, W.D., Sadowski, R.P., Sadowski, S.A., 2002. Simulation with Arena. McGraw Hill Higher Education, 607 s.

40. Bookbinder, J.H., Tan, J.Y., 1988. Strategies for the probabilistic lot-sizing problem with service-level constarints. **Management Science, 34 (9).**

# EKLER

## Ek-1: Benzetim modeli

```
;    Model statements for module:  Create 1

83$          CREATE,       1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde
1:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(84$);

84$          ASSIGN:       birinci urun birinci bilesen.NumberOut=birinci urun birinci
bilesen.NumberOut + 1:NEXT(0$);

;    Model statements for module:  Decide 1

; 0$          BRANCH,       1:

                    With,93/100,87$,Yes:

                    Else,88$,Yes;

87$          ASSIGN:       Decide 1 hata 1.NumberOut True=Decide 1 hata 1.NumberOut True +
1:NEXT(5$);

88$          ASSIGN:       Decide 1 hata 1.NumberOut False=Decide 1 hata 1.NumberOut False +
1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Match 1

;

5$           QUEUE,        Match 1.Queue1:DETACH;

8$           QUEUE,        Match 1.Queue2:DETACH;

6$           QUEUE,        Match 1.Queue3:DETACH;

9$           QUEUE,        Match 1.Queue4:DETACH;

          MATCH:        5$,4$:

                    8$,4$:

                    6$,4$:

                    9$,4$;

;    Model statements for module:  Batch 1

; 4$          QUEUE,        Batch 1.Queue;

89$          GROUP,        ,Permanent:4,Last:NEXT(90$);
```

```
90$         ASSIGN:       Batch 1.NumberOut=Batch 1.NumberOut + 1:NEXT(11$);

;    Model statements for module:  Assign 1

11$         ASSIGN:       Entity.Type=urun 1:NEXT(10$);

;    Model statements for module:  Decide 5

; 10$         BRANCH,       1:

                    With,4.85/100,33$,Yes:

                    With,9.52/100,34$,Yes:

                    Else,35$,Yes;

;    Model statements for module:  Assign 4

;

35$         ASSIGN:       Variable 4=Variable 4+1:NEXT(14$);

;    Model statements for module:  Decide 8

;

14$         BRANCH,       1:

                    With,99/100,93$,Yes:

                    Else,94$,Yes;

93$         ASSIGN:       Decide 8 hata 2.NumberOut TrueDecide 8 hata 2.NumberOut True +
1:NEXT(21$);

94$         ASSIGN:       Decide 8 hata 2.NumberOut FalseDecide 8 hata 2.NumberOut False +
1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Seize 3

;

21$         QUEUE,        Seize 3.Queue;

          SEIZE,        2,Other:

                    Resource 3,1:NEXT(96$);

96$         DELAY:        0.0,,VA:NEXT(23$);

;    Model statements for module:  Release 3
```

```
;

23$         RELEASE:      Resource 3,1:NEXT(60$);

;    Model statements for module:  Decide 23

; 60$         BRANCH,       1:

                    If,Entity.Type==urun 1,38$,Yes:

                    If,Entity.Type==urun 2,69$,Yes:

                    Else,39$,Yes;

;    Model statements for module:  Dispose 4

;

39$         ASSIGN:       atiklar.NumberOutatiklar.NumberOut + 1;

99$         DISPOSE:      Yes;

;    Model statements for module:  Assign 7

;

38$         ASSIGN:       Variable 7=Variable 7+1:NEXT(26$);

;    Model statements for module:  Decide 11

;

26$         BRANCH,       1:

                    With,100/100,100$,Yes:

                    Else,101$,Yes;

100$        ASSIGN:       Decide 11 hata 3.NumberOut True=Decide 11 hata 3.NumberOut True +
1:NEXT(79$);

101$        ASSIGN:       Decide 11 hata 3.NumberOut False=Decide 11 hata 3.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Assign 21

;

79$         ASSIGN:       Variable frbir=Variable frbir+1:NEXT(80$);

;    Model statements for module:  Decide 33;
```

```
80$         BRANCH,      1:
                    If,Variable frbir<=norm(10500,10500*cv),102$,Yes:
                    Else,103$,Yes;
102$        ASSIGN:      Decide 33.NumberOut True=Decide 33.NumberOut True + 1:NEXT(29$);
103$        ASSIGN:      Decide 33.NumberOut False=Decide 33.NumberOut False +
1:NEXT(72$);
;   Model statements for module:  Record 3
;
29$         COUNT:       fransa urun 1,1:NEXT(32$);
;   Model statements for module:  Dispose 3
;
32$         ASSIGN:      fransa.NumberOut=fransa.NumberOut + 1;
104$        DISPOSE:     Yes;
;   Model statements for module:  Dispose 5
;
72$         ASSIGN:      gereksiz uretilen urun.NumberOut=gereksiz uretilen urun.NumberOut +
1;
105$        DISPOSE:     Yes;
;   Model statements for module:  Assign 14
;
69$         ASSIGN:      Variable 14=Variable 14+1:NEXT(63$);
;   Model statements for module:  Decide 26
;
63$         BRANCH,      1:
                    With,100/100,106$,Yes:
                    Else,107$,Yes;
106$        ASSIGN:      Decide 26 hata 3.NumberOut True=Decide 26 hata 3.NumberOut True +
1:NEXT(81$);
```

```
107$        ASSIGN:      Decide 26 hata 3.NumberOut False=Decide 26 hata 3.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Assign 22

;

81$         ASSIGN:      Variable friki=Variable friki+1:NEXT(82$);

;    Model statements for module:  Decide 34;

82$         BRANCH,      1:

                  If,Variable friki<=norm(10000,10000*cv),108$,Yes:

                  Else,109$,Yes;

108$        ASSIGN:      Decide 34.NumberOut True=Decide 34.NumberOut True + 1:NEXT(66$);


109$        ASSIGN:      Decide 34.NumberOut False=Decide 34.NumberOut False +
1:NEXT(72$);

;    Model statements for module:  Record 6

;

66$         COUNT:       fransa urun 2,1:NEXT(32$);

;    Model statements for module:  Assign 2

;

33$         ASSIGN:      Variable 2=Variable 2+1:NEXT(12$);

;    Model statements for module:  Decide 6;

12$         BRANCH,      1:

                  With,97/100,110$,Yes:

                  Else,111$,Yes;

110$        ASSIGN:      Decide 6 hata 2.NumberOut True=Decide 6 hata 2.NumberOut True +
1:NEXT(15$);

111$        ASSIGN:      Decide 6 hata 2.NumberOut False=Decide 6 hata 2.NumberOut False +
1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Seize 1;
```

```
15$         QUEUE,        Seize 1.Queue;
          SEIZE,        2,Other:
                    Resource 1,1:NEXT(113$);
113$        DELAY:        0.0,,VA:NEXT(17$);
;    Model statements for module:  Release 1;
17$         RELEASE:      Resource 1,1:NEXT(58$);
;    Model statements for module:  Decide 21;
58$         BRANCH,       1:
                    If,Entity.Type==urun 1,36$,Yes:
                    If,Entity.Type==urun 2,67$,Yes:
                    Else,39$,Yes;
;    Model statements for module:  Assign 5;
36$         ASSIGN:       Variable 5=Variable 5+1:NEXT(24$);
;    Model statements for module:  Decide 9;
24$         BRANCH,       1:
                    With,99/100,116$,Yes:
                    Else,117$,Yes;
116$        ASSIGN:       Decide 9 hata 3.NumberOut True=Decide 9 hata 3.NumberOut True +
1:NEXT(70$);
117$        ASSIGN:       Decide 9 hata 3.NumberOut False=Decide 9 hata 3.NumberOut False +
1:NEXT(39$);
;    Model statements for module:  Assign 15;
70$         ASSIGN:       Variable kaybir=Variable kaybir+1:NEXT(71$);
;    Model statements for module:  Decide 27;
71$         BRANCH,       1:
                    If,Variable kaybir<=norm(550,550*cv),118$,Yes:
                    Else,119$,Yes;
```

```
118$        ASSIGN:       Decide 27.NumberOut True=Decide 27.NumberOut True + 1:NEXT(27$);

119$        ASSIGN:       Decide 27.NumberOut False=Decide 27.NumberOut False +
1:NEXT(72$);

;    Model statements for module:  Record 1

;27$         COUNT:        kayseri urun 1,1:NEXT(30$);

;    Model statements for module:  Dispose 1;

30$         ASSIGN:       kayseri.NumberOut=kayseri.NumberOut + 1;

120$        DISPOSE:      Yes;

;    Model statements for module:  Assign 12

;

67$         ASSIGN:       Variable 12=Variable 12+1:NEXT(61$);

;    Model statements for module:  Decide 24

;

61$         BRANCH,       1:

                    With,99/100,121$,Yes:

                    Else,122$,Yes;

121$        ASSIGN:       Decide 24 hata 3.NumberOut True=Decide 24 hata 3.NumberOut True +
1:NEXT(73$);

122$        ASSIGN:       Decide 24 hata 3.NumberOut False=Decide 24 hata 3.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Assign 16

;

73$         ASSIGN:       Variable kayiki=Variable kayiki+1:NEXT(74$);

;    Model statements for module:  Decide 28

;

74$         BRANCH,       1:

                    If,Variable kayiki<=norm(500,500*cv),123$,Yes:

                    Else,124$,Yes;
```

```
123$        ASSIGN:       Decide 28.NumberOut True=Decide 28.NumberOut True + 1:NEXT(64$);

124$        ASSIGN:       Decide 28.NumberOut False=Decide 28.NumberOut False +
1:NEXT(72$);

;    Model statements for module:  Record 4

;

64$         COUNT:        kayseri urun 2,1:NEXT(30$);

;    Model statements for module:  Assign 3

;

34$         ASSIGN:       Variable 3=Variable 3+1:NEXT(13$);

;    Model statements for module:  Decide 7

;

13$         BRANCH,       1:

                    With,96/100,125$,Yes:

                    Else,126$,Yes;

125$        ASSIGN:       Decide 7 hata 2.NumberOut True=Decide 7 hata 2.NumberOut True +
1:NEXT(18$);


126$        ASSIGN:       Decide 7 hata 2.NumberOut False=Decide 7 hata 2.NumberOut False +
1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Seize 2

;

18$         QUEUE,        Seize 2.Queue;

          SEIZE,        2,Other:

                    Resource 2,1:NEXT(128$);

128$        DELAY:        0.0,,VA:NEXT(20$);

;    Model statements for module:  Release 2

;

20$         RELEASE:      Resource 2,1:NEXT(59$);
```

```
;    Model statements for module:  Decide 22;

59$          BRANCH,       1:
                    If,Entity.Type==urun 1,37$,Yes:
                    If,Entity.Type==urun 2,68$,Yes:
                    Else,39$,Yes;

;    Model statements for module:  Assign 6;

37$          ASSIGN:       Variable 6=Variable 6+1:NEXT(25$);

;    Model statements for module:  Decide 10;

25$          BRANCH,       1:
                    With,99/100,131$,Yes:
                    Else,132$,Yes;

131$         ASSIGN:       Decide 10 hata 3.NumberOut True=Decide 10 hata 3.NumberOut True +
1:NEXT(75$);


132$         ASSIGN:       Decide 10 hata 3.NumberOut False=Decide 10 hata 3.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Assign 17;

75$          ASSIGN:       Variable irbir=Variable irbir+1:NEXT(76$);

;    Model statements for module:  Decide 29;

76$          BRANCH,       1:
                    If,Variable irbir<=norm(1100,1100*cv),133$,Yes:
                    Else,134$,Yes;

133$         ASSIGN:       Decide 29.NumberOut True=Decide 29.NumberOut True + 1:NEXT(28$);

134$         ASSIGN:       Decide 29.NumberOut False=Decide 29.NumberOut False +
1:NEXT(72$);

;    Model statements for module:  Record 2;

28$          COUNT:        iran urun 1,1:NEXT(31$);

;    Model statements for module:  Dispose 2;
```

```
31$         ASSIGN:       iran.NumberOut=iran.NumberOut + 1;

135$        DISPOSE:      Yes;

;    Model statements for module:  Assign 13;

68$         ASSIGN:       Variable 13=Variable 13+1:NEXT(62$);

;    Model statements for module:  Decide 25;

62$         BRANCH,       1:
                    With,99/100,136$,Yes:
                    Else,137$,Yes;

136$        ASSIGN:       Decide 25 hata 3.NumberOut True=Decide 25 hata 3.NumberOut True +
1:NEXT(77$);

137$        ASSIGN:       Decide 25 hata 3.NumberOut False=Decide 25 hata 3.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Assign 18;

77$         ASSIGN:       Variable iriki=Variable iriki+1:NEXT(78$);

;    Model statements for module:  Decide 30;

78$         BRANCH,       1:
                    If,Variable iriki<=norm(1000,1000*cv),138$,Yes:
                    Else,139$,Yes;

138$        ASSIGN:       Decide 30.NumberOut True=Decide 30.NumberOut True + 1:NEXT(65$);

139$        ASSIGN:       Decide 30.NumberOut False=Decide 30.NumberOut False +
1:NEXT(72$);

;    Model statements for module:  Record 5;

65$         COUNT:        iran urun 2,1:NEXT(31$);

;    Model statements for module:  Create 2;

140$        CREATE,       1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde
2:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(141$);

141$        ASSIGN:       birinci urun ikinci bilesen.NumberOut=birinci urun ikinci
bilesen.NumberOut + 1:NEXT(1$);

;    Model statements for module:  Decide 2;
```

```
1$          BRANCH,       1:
                    With,94/100,144$,Yes:
                    Else,145$,Yes;

144$        ASSIGN:       Decide 2 hata 1.NumberOut True=Decide 2 hata 1.NumberOut True +
1:NEXT(8$);

145$        ASSIGN:       Decide 2 hata 1.NumberOut False=Decide 2 hata 1.NumberOut False +
1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Create 3;

146$        CREATE,       1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde
3:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(147$);

147$        ASSIGN:       birinci urun ucuncu bilesen.NumberOut=birinci urun ucuncu
bilesen.NumberOut + 1:NEXT(2$);

;    Model statements for module:  Decide 3

; 2$        BRANCH,       1:
                    With,94/100,150$,Yes:
                    Else,151$,Yes;

150$        ASSIGN:       Decide 3 hata 1.NumberOut True=Decide 3 hata 1.NumberOut True +
1:NEXT(6$);

151$        ASSIGN:       Decide 3 hata 1.NumberOut False=Decide 3 hata 1.NumberOut False +
1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Create 4;

152$        CREATE,       1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde
4:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(153$);

153$        ASSIGN:       birinci urun dorduncu bilesen.NumberOut=birinci urun dorduncu
bilesen.NumberOut + 1:NEXT(3$);

;    Model statements for module:  Decide 4

; 3$        BRANCH,       1:
                    With,94/100,156$,Yes:
                    Else,157$,Yes;
```

156$ ASSIGN: Decide 4 hata 1.NumberOut True=Decide 4 hata 1.NumberOut True + 1:NEXT(9$);

157$ ASSIGN: Decide 4 hata 1.NumberOut False=Decide 4 hata 1.NumberOut False + 1:NEXT(39$);

; Model statements for module: Variable 1

; Model statements for module: Variable 2

; Model statements for module: Variable 3

; Model statements for module: Variable 4

; Model statements for module: Variable 5

; Model statements for module: Variable 6

; Model statements for module: Variable 7

; Model statements for module: Variable 8

; Model statements for module: Variable 9

; Model statements for module: Variable 10

; Model statements for module: Variable 11

; Model statements for module: Variable 12

; Model statements for module: Variable 13

; Model statements for module: Variable 14

; Model statements for module: Variable 15

; Model statements for module: Variable 16

; Model statements for module: Variable 17

; Model statements for module: Create 5

158$ CREATE, 1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde 5:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(159$);

159$ ASSIGN: ikinci urun birinci bilesen.NumberOut=ikinci urun birinci bilesen.NumberOut + 1:NEXT(40$);

; Model statements for module: Decide 12

40$ BRANCH, 1:

```
                With,94/100,162$,Yes:
                Else,163$,Yes;
162$        ASSIGN:     Decide 12 hata 1.NumberOut True=Decide 12 hata 1.NumberOut True +
1:NEXT(45$);
163$        ASSIGN:     Decide 12 hata 1.NumberOut False=Decide 12 hata 1.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);
;   Model statements for module:  Match 2
;
45$         QUEUE,      Match 2.Queue1:DETACH;
48$         QUEUE,      Match 2.Queue2:DETACH;
46$         QUEUE,      Match .2.Queue3:DETACH;
49$         QUEUE,      Match 2…Queue4:DETACH;
          MATCH:      45$,44$:
                48$,44$:
                46$,44$:
                47$,44$;
;   Model statements for module:  Batch 2
44$         QUEUE,      Batch 2.Queue;
164$        GROUP,      ,Permanent:4,Last:NEXT(165$);
165$        ASSIGN:     Batch 2.NumberOut=Batch 2.NumberOut + 1:NEXT(50$);
;   Model statements for module:  Assign 8
;50$         ASSIGN:     Entity.Type=urun 2:NEXT(51$);
;   Model statements for module:  Decide 16
51$         BRANCH,     1:
                With,4.42/100,52$,Yes:
                With,8.73/100,53$,Yes:
                Else,54$,Yes;
```

```
;    Model statements for module:  Assign 11

54$          ASSIGN:       Variable 11=Variable 11+1:NEXT(57$);

;    Model statements for module:  Decide 20

; 57$          BRANCH,       1:

                    With,99/100,168$,Yes:

                    Else,169$,Yes;

168$         ASSIGN:       Decide 18 hata 2.NumberOut True=Decide 18 hata 2.NumberOut True +
1:NEXT(21$);

169$         ASSIGN:       Decide 18 hata 2.NumberOut False=Decide 18 hata 2.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Assign 9

52$          ASSIGN:       Variable 9=Variable 9+1:NEXT(55$);

;    Model statements for module:  Decide 18

;55$          BRANCH,       1:

                    With,98/100,170$,Yes:

                    Else,171$,Yes;

170$         ASSIGN:       Decide 16 hata 2.NumberOut True=Decide 16 hata 2.NumberOut True +
1:NEXT(15$);

171$         ASSIGN:       Decide 16 hata 2.NumberOut False=Decide 16 hata 2.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Assign 10

;

53$          ASSIGN:       Variable 10=Variable 10+1:NEXT(56$);

;    Model statements for module:  Decide 19

;56$          BRANCH,       1:

                    With,98/100,172$,Yes:

                    Else,173$,Yes;

172$         ASSIGN:       Decide 17 hata 2.NumberOut True=Decide 17 hata 2.NumberOut True +
1:NEXT(18$);
```

```
173$        ASSIGN:       Decide 17 hata 2.NumberOut False=Decide 17 hata 2.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Create 6

174$        CREATE,       1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde
6:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(175$);

175$        ASSIGN:       ikinci urun ikinci bilesen.NumberOut=ikinci urun ikinci
bilesen.NumberOut + 1:NEXT(41$);

;    Model statements for module:  Decide 13

41$         BRANCH,       1:
                With,94/100,178$,Yes:
                Else,179$,Yes;

178$        ASSIGN:       Decide 13 hata 1.NumberOut True=Decide 13 hata 1.NumberOut True +
1:NEXT(48$);

179$        ASSIGN:       Decide 13 hata 1.NumberOut False=Decide 13 hata 1.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Create 7

180$        CREATE,       1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde
7:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(181$);

181$        ASSIGN:       ikinci urun ucuncu bilesen.NumberOut=ikinci urun ucuncu
bilesen.NumberOut + 1:NEXT(42$);

;    Model statements for module:  Decide 14

42$         BRANCH,       1:
                With,94/100,184$,Yes:
                Else,185$,Yes;

184$        ASSIGN:       Decide 14 hata 1.NumberOut True=Decide 14 hata 1.NumberOut True +
1:NEXT(46$);

185$        ASSIGN:       Decide 14 hata 1.NumberOut False=Decide 14 hata 1.NumberOut False
+ 1:NEXT(39$);

;    Model statements for module:  Create 8

186$        CREATE,       1,SecondstoBaseTime(0.0),hammadde
8:SecondstoBaseTime(0.000001),25000:NEXT(187$);
```

187$ ASSIGN: ikinci urun dorduncu bilesen.NumberOut=ikinci urun dorduncu bilesen.NumberOut + 1:NEXT(43$);

; Model statements for module: Decide 15

43$ BRANCH, 1:

With,94/100,190$,Yes:

Else,191$,Yes;

190$ ASSIGN: Decide 15 hata 1.NumberOut True=Decide 15 hata 1.NumberOut True + 1:NEXT(49$);

191$ ASSIGN: Decide 15 hata 1.NumberOut False=Decide 15 hata 1.NumberOut False + 1:NEXT(39$);

; Model statements for module: Variable 19

; Model statements for module: Variable 20

; Model statements for module: Variable 21

; Model statements for module: Variable 22

; Model statements for module: Variable 23

; Model statements for module: Variable 24

; Model statements for module: Variable 25

; Model statements for module: Variable 26

; Model statements for module: Variable 27

; Model statements for module: Variable 28

; Model statements for module: Variable 29

; Model statements for module: Variable 30

; Model statements for module: Variable 31

; Model statements for module: Variable 32

; Model statements for module: Variable 33

; Model statements for module: Variable 34

; Model statements for module: Variable 35

; Model statements for module: Variable 36

; Model statements for module: Variable 37

; Model statements for module: Variable 38

; Model statements for module: Variable 39

; Model statements for module: Variable 40

; Model statements for module: Variable 41

; Model statements for module: Variable 42

# Ek-2: Benzetim çıktısı

**Unnamed Project**

Replications: 1 Time Units: Hours

**SystemSummary**

| **AllEntities** | Average |
|---|---|
| NVA Cost | 0 |
| OtherCost | 0 |
| TranCost | 0 |
| VA Cost | 0 |
| WaitCost | 0 |
| Total Cost | 0 |

| **AllResources** | Average |
|---|---|
| BusyCost | 0 |
| IdleCost | 0 |
| UsageCost | 0 |
| Total Cost | 0 |

| **System** | Average |
|---|---|
| Total Cost | 0 |
| NumberOut | 58,961.00 |

**Entity**

**Time**

| NVA Time | Average | HalfWidth | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| URUN 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| URUN 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |

| Other Time | Average | HalfWidth | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 5 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| HAMMADDE 6 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| HAMMADDE 7 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| HAMMADDE 8 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| URUN 1 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| URUN 2 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| Total Time | Average | HalfWidth | Value |
| Value | | | |
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 1 | 0.00000003 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000007 | | | |
| URUN 2 | 0.00000001 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000003 | | | |

| Transfer Time | Average | HalfWidth | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| URUN 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| URUN 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |

| VA Time | Average | HalfWidth | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 7 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| HAMMADDE 8 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| URUN 1 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |
| URUN 2 | | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | | |

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| Wait Time | Average | HalfWidth | Value |
| Value | | | |
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 1 | 0.00000009 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000020 | | | |
| URUN 2 | 0.00000002 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000006 | | | |

**Cost**

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| NVA Cost | Average | HalfWidth | Value |
| Value | | | |
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

| OtherCost | Average | HalfWidth | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |
| URUN 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 | 0.00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| URUN 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| Total Cost<br>Value | Average | HalfWidth | Value |
| HAMMADDE 1<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 2<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 3<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 4<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 5<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 6<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 7<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 8<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| URUN 1<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| URUN 2<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| Transfer Cost<br>Value | Average | HalfWidth | Value |
| HAMMADDE 1<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 2<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 3<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 4<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| HAMMADDE 5<br>0.00 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| VA Cost | Average | HalfWidth | Value |
| Value | | | |
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| WaitCost | Average | HalfWidth | Value |
| Value | | | |
| HAMMADDE 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| HAMMADDE 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 5 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 6 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 7 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| HAMMADDE 8 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| URUN 2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

**Other**

| NumberIn | Value |
|---|---|
| HAMMADDE 1 | 25000 |
| HAMMADDE 2 | 25000 |
| HAMMADDE 3 | 25000 |
| HAMMADDE 4 | 48279 |
| HAMMADDE 5 | 25000 |
| HAMMADDE 6 | 25000 |
| HAMMADDE 7 | 25000 |
| HAMMADDE 8 | 48489 |
| URUN 1 | 23279 |
| URUN 2 | 23489 |

| NumberOut | Value |
|---|---|
| HAMMADDE 1 | 25000 |
| HAMMADDE 2 | 24750 |
| HAMMADDE 3 | 24771 |
| HAMMADDE 4 | 48082 |

| | |
|---|---|
| HAMMADDE 5 | 24948 |
| HAMMADDE 6 | 24993 |
| HAMMADDE 7 | 25000 |
| HAMMADDE 8 | 48489 |
| URUN 1 | 23279 |
| URUN 2 | 23489 |

| WIP | Average | HalfWidth | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| HAMMADDE 1 | 0.03116125 | (Insufficient) | 0.00 | 6.0000 |
| HAMMADDE 2 | 96.9806 | (Insufficient) | 0.00 | 251.00 |
| HAMMADDE 3 | 107.42 | (Insufficient) | 0.00 | 233.00 |
| HAMMADDE 4 | 98.1782 | (Insufficient) | 0.00 | 207.00 |
| HAMMADDE 5 | 28.5040 | (Insufficient) | 0.00 | 66.0000 |
| HAMMADDE 6 | 40.6525 | (Insufficient) | 0.00 | 94.0000 |
| HAMMADDE 7 | 9.6963 | (Insufficient) | 0.00 | 41.0000 |
| HAMMADDE 8 | 2.3002 | (Insufficient) | 0.00 | 21.0000 |
| URUN 1 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |
| URUN 2 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 | 1.0000 |

**Queue**

**Time**

| Waiting Time | Average | HalfWidth | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Batch 1.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Batch 2.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 1.Queue1 | 0.00000000 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000000 | | | |
| Match 1.Queue2 | 0.00000003 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000007 | | | |
| Match 1.Queue3 | 0.00000003 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000007 | | | |
| Match 1.Queue4 | 0.00000003 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000006 | | | |
| Match 2.Queue1 | 0.00000001 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000002 | | | |
| Match 2.Queue2 | 0.00000001 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000003 | | | |
| Match 2.Queue3 | 0.00000000 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000001 | | | |
| Match 2.Queue4 | 0.00000000 | (Correlated) | 0.00 |
| 0.00000001 | | | |
| Seize 1.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Seize 2.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Seize 3.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

**Cost**

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| WaitingCost | Average | HalfWidth | Value |
| Value | | | |
| Batch 1.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Batch 2.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 1.Queue1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 1.Queue2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Match 1.Queue3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 1.Queue4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 2.Queue1 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 2.Queue2 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 2.Queue3 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Match 2.Queue4 | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Seize 1.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Seize 2.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Seize 3.Queue | 0.00 | 0,000000000 | 0.00 |
| 0.00 | | | |

**Other**

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| NumberWaiting | Average | HalfWidth | Value |
| Value | | | |
| Batch 1.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| 4.0000 | | | |
| Batch 2.Queue | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| 4.0000 | | | |
| Match 1.Queue1 | 0.03116125 | (Insufficient) | 0.00 |
| 6.0000 | | | |
| Match 1.Queue2 | 96.9806 | (Insufficient) | 0.00 |
| 251.00 | | | |
| Match 1.Queue3 | 107.42 | (Insufficient) | 0.00 |
| 233.00 | | | |
| Match 1.Queue4 | 98.1782 | (Insufficient) | 0.00 |
| 206.00 | | | |
| Match 2.Queue1 | 28.5040 | (Insufficient) | 0.00 |
| 66.0000 | | | |
| Match 2.Queue2 | 40.6525 | (Insufficient) | 0.00 |
| 94.0000 | | | |
| Match 2.Queue3 | 9.6963 | (Insufficient) | 0.00 |
| 41.0000 | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Match 2.Queue4<br>20.0000 | 2.3002 | (Insufficient) | 0.00 |
| Seize 1.Queue<br>0.00 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| Seize 2.Queue<br>0.00 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| Seize 3.Queue<br>0.00 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |

**Resource**

**Usage**

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| NumberBusy<br>Value | Average | HalfWidth | Value |
| RESOURCE 1<br>1.0000 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| RESOURCE 2<br>1.0000 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| RESOURCE 3<br>1.0000 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |

| Number Times Used | Value |
|---|---|
| RESOURCE 1 | 2167.00 |
| RESOURCE 2 | 4265.00 |
| RESOURCE 3 | 39761.00 |

| ScheduledUtilization | Value |
|---|---|
| RESOURCE 1 | 0.00 |
| RESOURCE 2 | 0.00 |
| RESOURCE 3 | 0.00 |

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| Utilization<br>Value | Average | HalfWidth | Value |
| RESOURCE 1<br>1.0000 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| RESOURCE 2<br>1.0000 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| RESOURCE 3 | 0.00 | (Insufficient) | 0.00 |
| 1.0000 | | | |

**Cost**

| BusyCost | Value |
|---|---|
| RESOURCE 1 | 0.00 |
| RESOURCE 2 | 0.00 |
| RESOURCE 3 | 0.00 |

| IdleCost | Value |
|---|---|
| RESOURCE 1 | 0.00 |
| RESOURCE 2 | 0.00 |
| RESOURCE 3 | 0.00 |

| UsageCost | Value |
|---|---|
| RESOURCE 1 | 0.00 |
| RESOURCE 2 | 0.00 |
| RESOURCE 3 | 0.00 |

**Other**

| | | | Minimum<br>Maximum |
|---|---|---|---|
| NumberScheduled<br>Value | Average | HalfWidth | Value |
| RESOURCE 1<br>1.0000 | 1.0000 | (Insufficient) | 1.0000 |
| RESOURCE 2<br>1.0000 | 1.0000 | (Insufficient) | 1.0000 |
| RESOURCE 3<br>1.0000 | 1.0000 | (Insufficient) | 1.0000 |

**User Specified**

**Counter**

| Count | Value |
|---|---|
| fransa urun 1 | 12220.00 |
| fransa urun 2 | 11590.00 |
| iran urun 1 | 1275.00 |
| iran urun 2 | 1152.00 |
| kayseri urun 1 | 646.00 |

kayseri urun 2 581.00

## Ek-3: Matematiksel model lindo çıktısı

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.7166666

| VARIABLE | VALUE | REDUCED COST |
|---|---|---|
| W1 | 0.333333 | 0.000000 |
| W2 | 0.333333 | 0.000000 |
| W3 | 0.333333 | 0.000000 |
| W4 | 0.000000 | 0.000000 |
| W5 | 0.000000 | 0.933333 |

| ROW | SLACK OR SURPLUS | DUAL PRICES |
|---|---|---|
| 2) | 0.000000 | -0.516667 |
| 3) | 0.000000 | -0.233333 |
| 4) | 0.333333 | 0.000000 |
| 5) | 0.000000 | -0.216667 |
| 6) | 0.000000 | 0.716667 |

NO. ITERATIONS= 3

## Ek-4: Matematiksel model lindo çıktısı-2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

| VARIABLE | VALUE | REDUCED COST |
|---|---|---|
| W1 | 1.000000 | 0.000000 |
| W2 | 0.000000 | 0.000000 |
| W3 | 0.000000 | 1.000000 |

| ROW | SLACK OR SURPLUS | DUAL PRICES |
|---|---|---|
| 2) | 1.000000 | 0.000000 |
| 3) | 0.000000 | -1.000000 |
| 4) | 0.000000 | 1.000000 |

NO. ITERATIONS= 0

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: İsmet SÖYLEMEZ

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 10 EKİM 1988, BURDUR

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 506 994 4393

email: ismetsoylemez@erciyes.edu.tr

Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 38039 Melikgazi/KAYSERİ

## EĞİTİM

| Derece | Kurum | Mezuniyet Tarihi |
|---|---|---|
| Lisans | Erciyes Üniv. Endüstri Müh., Kayseri | 2011 |
| Lise | Bucak Anadolu Lisesi, Burdur | 2006 |

## İŞ DENEYİMLERİ

| Yıl | Kurum | Görev |
|---|---|---|
| 2011- Halen | Erciyes Üniversitesi Endüstri Mühendisliği | Araştırma Görevlisi |

## YABANCI DİL

İngilizce