



S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği  
Doktora Seminer Sunumu



*Demontaj Hattı Dengeleme Problemi İçeren  
Kapalı Döngü Tedarik Zincirlerinin Bulanık  
Ortamda Modellenmesi*

**Hazırlayan**  
**Arş. Gör. Eren ÖZCEYLAN**

**Danışman**  
**Doç. Dr. Turan PAKSOY**

*7 Eylül 2011*

# Tübitak 1001 Projesi

(Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı)

## Proje Künyesi

### Proje başlığı

Demontaj Hattı Dengeleme Problemi İçeren Kapalı evrim Tedarik Zincirlerinin  
Bulanık Ortamda Modellenmesi ve Optimizasyonu

### Proje yürütücüsü

Doç. Dr. Turan PAKSOY (Selçuk . Endüstri Müh. Böl.)

### Proje araştırmacısı

Doç. Dr. Ařkiner GÜNGÖR (Pamukkale . Endüstri Müh. Böl.)

### Bursiyerler

1 adet doktora đrencisi (Selçuk .)

2 adet yüksek lisans đrencisi (Selçuk ve Pamukkale .)

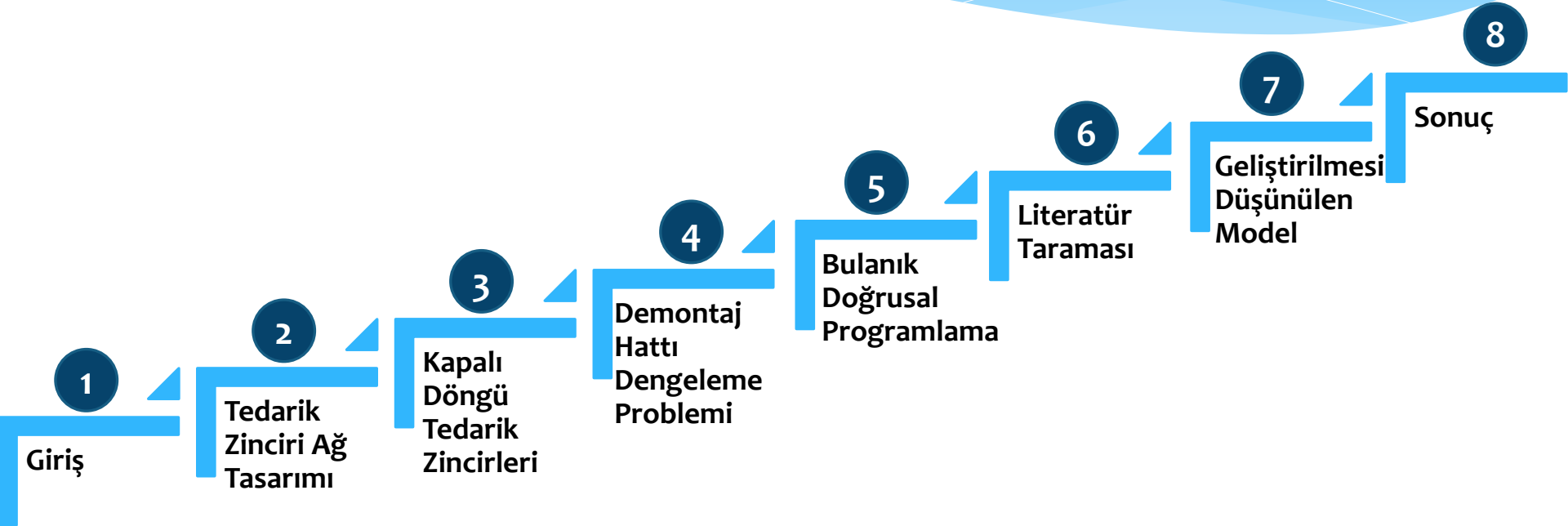
### Proje süresi

Eylül 2011-Eylül 2013 (24 ay)

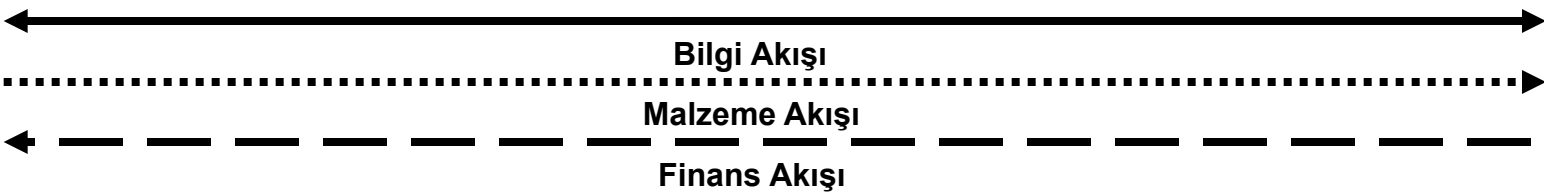
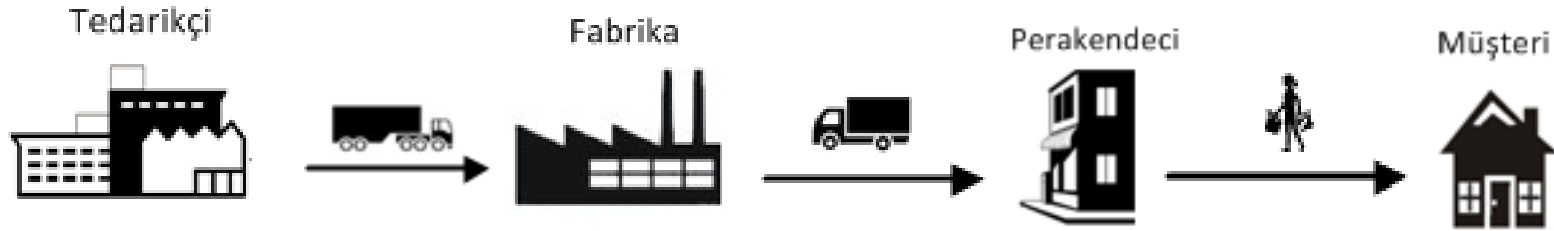
### Proje btesi

52.062.00 TL

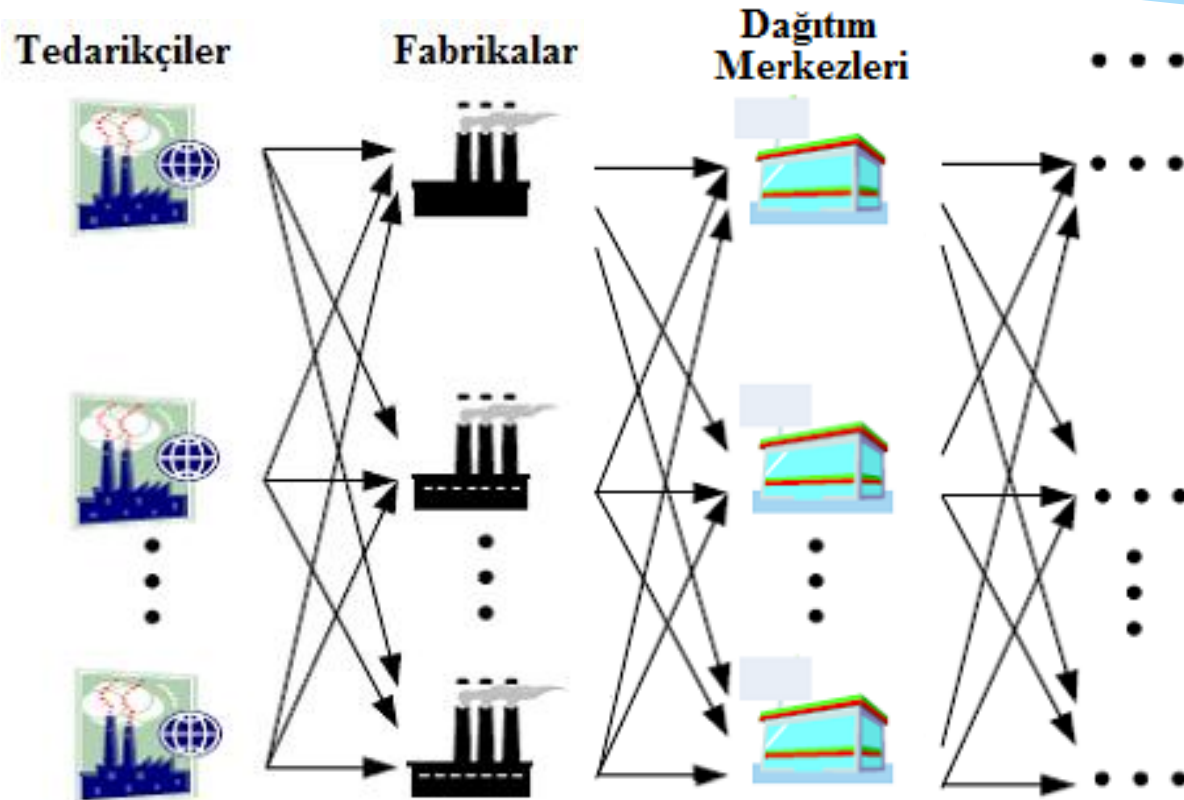
# Sunu Planı



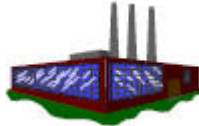
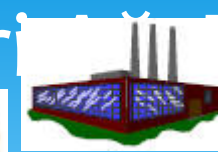
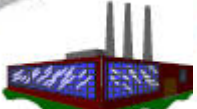
# Tedarik Zinciri ve Yönetimi



# Tedarik Zinciri Ağı



# Tedarikçiler Üretim Müşteriler



Tedarikçiler

Üretim

Müşteriler



# Mevcut Durum

- \* Uzun yıllar boyunca, işletmelerin havaya yaydığı zararlı gazlar, sulara akıtılan kimyasal maddeler ve katı atıklar gibi olumsuz etkilerin dünyamızı ne kadar kirlettiği düşünölememiştir.
- \* 90'lı yılların sonlarına doğru, doğal kaynakların ve çevrenin korunması, ulusal ve uluslararası ortamlarda çok önemli bir konu haline gelmiştir.

# Mevcut Durum

- \* Saniyede **2-3** kiři dünya
- \* Dakikada yaklaşık **140** insan
- \* Günde yaklaşık **200.000** kişi
- \* Her ay yaklaşık **6** milyon insan dünya nüfusuna eklenmektedir.
- \* **2050**'de nüfusun **10 milyar** olması beklenmekte.



# Mevcut Durum

- \* Bir insan 2010'da günde ortalama 2 kg çöp üretirken,
- \* 1990'da bu rakam 1 kg.



# Mevcut Durum

- \* Amerika'da her dakikada 24 milyon pet şişe ve 750 bin plastik poşet atılmakta.
- \* Dünyada tüketilen ürünlerin sadece % 3'ü geri dönüşüme tabi tutulmakta.



# Geri Dönüşüm



- \* Kaynakların gitgide azalması ve hammadde/yarı mamul rekabetinin artması, ülkelerin ve işletmelerin geri dönen ürünlere büyük önem vermesine yol açmaktadır.
- \* Bunun yanında atıkların çevreye kattığı zararlar ve bunlar için alan tahsisinin zorlaşması bu sorunu ilgi odağı haline getirmiştir.
- \* Pek çok ülkede firmalar, ürettikleri ürünlerin belirli bir kısmını geri toplamakla sorumlu tutulmaktadır.
- \* Örneğin Almanya'da 1991 yılında yürürlüğe giren yönetmeliğe göre firmalar sattıkları ürünlere ait paketlerin en az % 60-% 75'ini geri dönüştürmek zorundadırlar.

# Geri Dönüşüm



- \* Hollanda'da ise trafik kazalarında zarar görmüş otomobillerin % **90'ünün** geri kazanımını sağlayacak ulusal bir sistem başarıyla uygulanmaktadır.
- \* ABD'de camın % **20'si**, kâğıt ürünlerinin % **30'u** ve alüminyum kutuların % **61'i** geri dönüştürülürken, **10** milyon araba ve kamyonun her yıl % **95'i** geri dönüşüme girmekte ve bu araçların % **75'i** yeniden kullanım için geri kazandırılmaktadır.
- \* Dell kullanılmış bilgisayarlarındaki faydalı parçaları geri kazanmak için "**Dell değişmek**" programını hayata geçirmiştir.

# Geri Dönüşümün Faydaları



- \* Yeniden kazanılabilir alüminyumun kullanılması alüminyumun sıfırdan imal edilmesine oranla %35'e varan enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- \* Atık malzemelerin hammadde olarak kullanılması çevre kirliliğinin engellenmesi açısından da önemlidir. Kullanılmış kağıdın tekrar kâğıt imalatında kullanılması hava kirliliğini %74-94, su kirliliğini %35, su kullanımını %45 azaltabilmektedir.
- \* Örneğin bir ton atık kağıdın kâğıt hamuruna katılmasıyla 8 ağacın kesilmesi önlenebilmektedir.

# Türkiye’de Geri Dönüşüm

- \* Türkiye’de, tersine lojistik ağı kurarak ürettiği malları değerlendiren firma sayısı çok fazla değildir.
- \* Katı atık kontrolüyle ilgili yasa gereği ambalajlarında plastik, pet şişe, polietilen malzeme kullanan üretici firmalar bunların en az **%30** unu geri toplamak durumundadır.
- \* Bu bağlamda, plastik şişe üreten firmalar, üretici firmalar adına tersine lojistik faaliyetiyle ürünlerinin **%30** unu geri toplamakta ve topladığının **%70** ini de geri kazanmaktadır.
- \* Şişecam, ambalajlama da kullanılan şişelerin **% 30**’unu kanunen geri toplamakta ve çeşitli işlemlerden geçirerek geri kazanmaktadır.
- \* Benzer şekilde Tetra Pak firması da lamine karton kutuları geri kazanmaktadır.
- \* Oluşturulan lojistik ağları da tersine lojistik süreçlerini içermeyip atıklar çoğunlukla çöp müteahhitleri tarafından toplanmaktadır.

# Türkiye'de Geri Dönüşüm

- \* Türkiye de, 2010 tarihi itibariyle **139** tane geri kazanım/bertaraf tesisi bulunmaktadır.
- \* Bu geri kazanım tesislerinin çoğu tehlikeli atıkların geri kazanımını sağlamaktadır.
- \* Ayrıca, Türkiye'de Akü&Pil için 4, Alüminyum için 2, Ambalaj için 13, cam için 2, Elektronik atık için 2, Lastik için 1, Plastik için 7, Tekstil için 1 ve Yağ için 3 olmak üzere **35** tane lisanslı geri dönüşüm tesisi bulunmaktadır.
- \* Türkiye'de, Sanayi ve Ticaret odaları bünyesinde atık borsaları kurulmuştur.
- \* Bu Atık borsa-sının amacı; işletmelerde üretim sonucu ortaya çıkan atıkların geri kazanılmasını ve daha fazla ikincil hammadde olarak değerlendirilmesini; nihai bertaraf edilecek atıkların miktarını azaltarak, daha pahalı bertaraf giderlerinden tasarruf edilmesini sağlayan bir aracılık sistemidir.

# Günün Sözü

- \* *“We cannot solve our problems with the same thinking we used when we created them”*
- \* *“Problemleri, onları yaratırken kullandığımız düşünce biçimini terk etmeden çözemeyiz”*

**-- Albert Einstein**

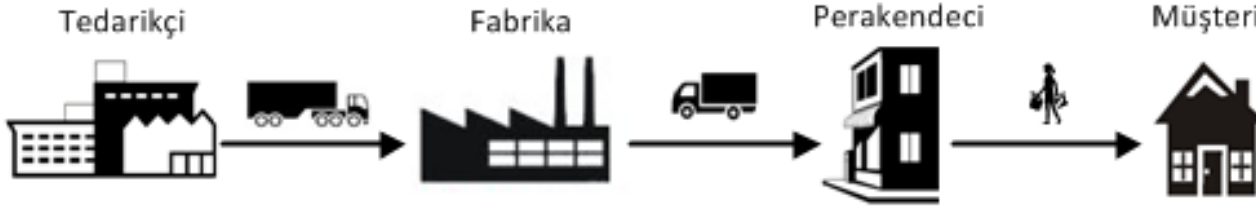
# Günümüz



- \* Günümüzde gerek çevresel faktörler gerekse kaynakların gitgide azalması, işletmeleri geri dönüşüme, yeşil süreçlere ve sürdürülebilirliğe doğru itmektedir.
- \* Bu gidişatın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi ise mevcut tedarik zinciri yapılarının geri dönüşümü de (tersine lojistik) kapsayacak şekilde yeniden tasarlanması ile gerçekleşebilir.

# Tersine Lojistik

## İleri tedarik zinciri



- \* İleri lojistik sayesinde nihai kullanıcılara ulaştırılan ürünlerin geri toplanması, sınıflandırılması, yeniden işlenmesi, demonte edilmesi vb. gibi işlemler tersine lojistik faaliyetleri arasındadır ve bu şekilde kullanılmış ürünlerin yeniden pazara sunum imkânı tersine lojistik aracılığı ile gerçekleşir.

## Tersine tedarik zinciri



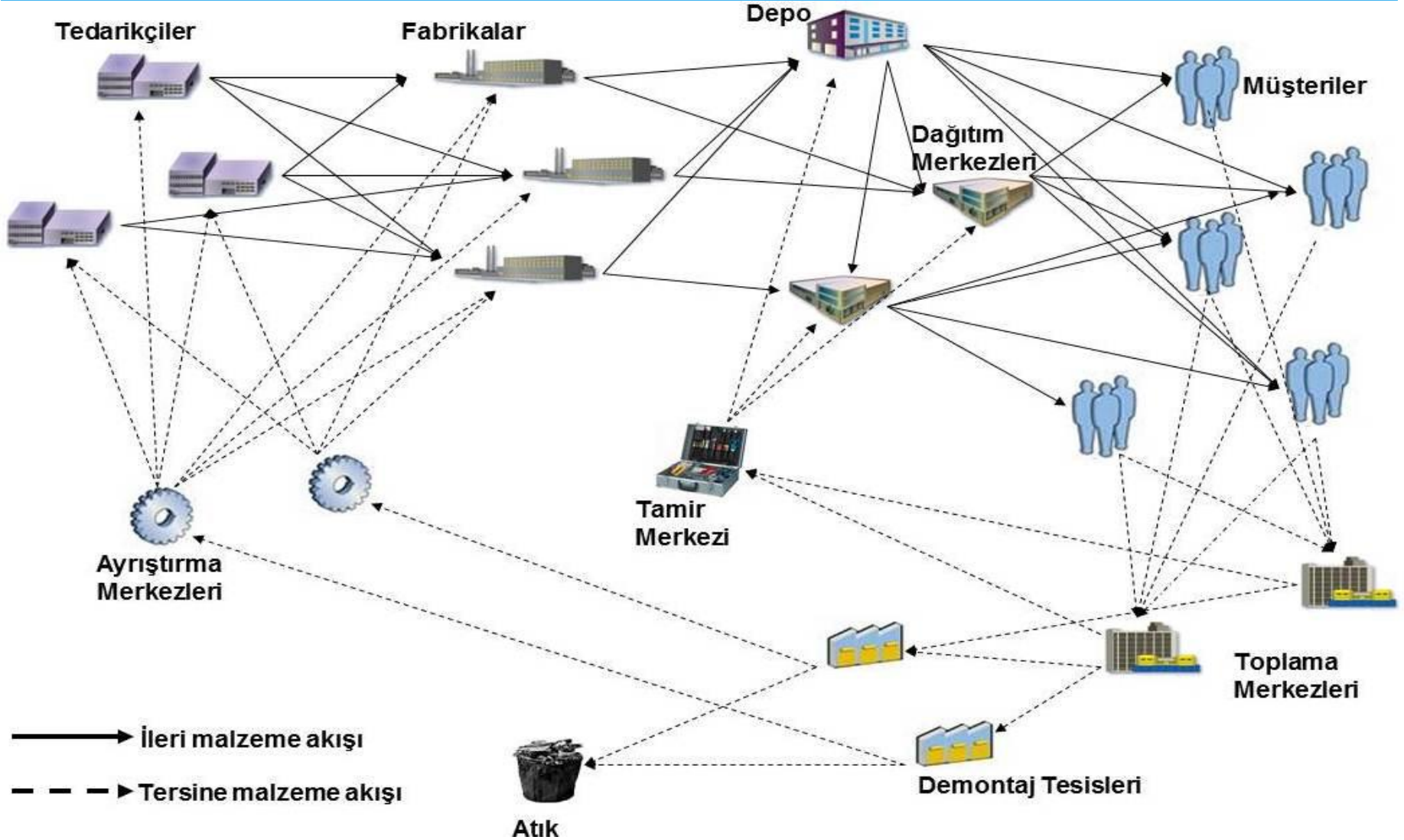
# İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar

İleri Lojistik	Tersine Lojistik
Tahminler göreceli olarak açık/belirgindir	Tahminler daha zordur
Nakliye “birden çoğa doğru”dur	Nakliye “çoktan bire doğru”dur
Ürün kalitesi standarttır	Ürün kalitesi standart değildir
Ürün paketlenme bir örnektir	Ürün paketi çoğunlukla zarar görmüştür
Gidilecek yer/rotalama belirlidir	Gidilecek yer/rotalama belirli değildir
Kanallar standartlaştırılmıştır	İstisnalarla yönlendirilir
Fiyat genellikle standarttır	Fiyatlamaya birçok faktöre bağlıdır
İleri dağıtım maliyetleri muhasebe sistemi ile yakından takip edilir	Tersine lojistik maliyetleri daha az belirgindir
Stok yönetimi tutarlıdır	Stok yönetimi tutarlı değildir
Taraflar arası anlaşmalar açıktır	Taraflarla anlaşmalar ilave varsayımlar sebebi ile daha karmaşıktır
Pazarlama metotları belirlidir	Pazarlama, pek çok faktörün etkisiyle daha karmaşıktır
Ürünü izlemek için gerçek zamanlı bilgilere ulaşılabilir	Süreçlerin izlenebilirliği daha azdır

# Kapalı Döngü Tedarik Zinciri

- \* Bir işletme sadece ileri lojistiği veya tersine lojistiği kullanabildiği gibi bu iki sistemi de bütünleşik bir şekilde uygulayabilmektedir.
- \* Üretim ve dağıtım işlemlerinin gerçekleştirildiği ileri lojistik faaliyetleri ve toplama, demonte ve geri kazandırma işlemlerinin yer aldığı tersine lojistik faaliyetlerinin entegre edilmesi ile işletmeler kapalı döngü tedarik zincirlerine sahip olurlar.

# Kapalı Döngü Tedarik Zinciri



# Kapalı Döngü Tedarik Zinciri

- \* Kapalı döngü tedarik zincirleri, hammaddelerin tedarikçilerden temin edilip, üretim yerlerinde işlemlerden geçirilerek nihai kullanıcılara ulaştırıldığı daha sonra buralardan kullanımı bitmiş ürünlerin toplanıp demonte edilmesi, sınıflandırılması ve bakım, yeniden üretim, geri dönüşüm gibi aşamalardan geçirilerek döngüye yeniden dâhil edilmesini sağlayan yapılardır.
- \* Teknik olarak kapalı döngü tedarik zincirleri ileri ve tersine olmak üzere iki ana parçadan oluşmaktadır.
- \* Eğer toplanan ürünler geri kazandırıldıktan sonra orijinal tedarik ağını terk edip başka bir sisteme dahil oluyorsa o zaman açık döngülü tedarik zinciri adını almaktadır.

# Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Faaliyetleri



Geri dönüşüm



Yeniden kullanım



Yeniden üretim



Bertaraf etme

# Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Faaliyetleri

- \* **Geri dönüşüm** kullanılan ürünlerin bileşenlerin veya malzemelerin kullanım alanında toplanarak, gerektiği taktirde demonte edilerek, ayrılmasını takiben geri dönüşmüş ürünler, bileşenler veya malzemeler haline getirilmesi işidir. Bu durumda orijinal malzeme kimliğini ve fonksiyonelliğini yitirmektedir.
- \* **Yeniden kullanma**; malzemelerin, bileşenlerin veya ürünlerin kullanım alanından toplanarak kullanılmış olarak dağıtılması ve satılması sürecidir. Bu esnada ürünün asıl değerinde azalma meydana gelmekle beraber ek bir işleme gerek duyulmamaktadır.
- \* **Yeniden üretim** alandan toplanan kullanılmış ürünlerin veya bileşenlerin durumlarının kontrol edilerek eskimiş, kırık veya işlevini yerine getiremeyen parçalarının yenileriyle değiştirilmesi işlemlerinden meydana gelmektedir. Bu durumda orijinal ürünün işlevselliği korunmaktadır.
- \* **Bertaraf etme** ise ürünün geri dönüşümü sırasında ortaya çıkan zararlı maddelerin çevreye zarar vermeden yok edilmesidir.

## 2 Temel Problem

Kapalı döngü tedarik zincirlerinin demontaj süreçleri



Demontaj hattı dengeleme

Ürünlerin toplanmasındaki ve takip eden geri dönüşüm sürecindeki belirsizlikler



Bulanık mantık

# Demontaj

- \* Demontaj, bir ürünün kendisini oluşturan parçalara sistematik bir şekilde ayrılması yani başka bir deyişle tersine montaj olarak tanımlanabilir.
- \* Burada amaç ürünleri mümkünse bakımdan geçirip tekrar kullanıma sokmak, mümkün değilse yeniden üretim (remanufacturing) yoluyla üretmektir.
- \* Ürünlerin bu iki yolla tekrar kullanımı veya üretim zincirlerine yollanma imkânı yok ise, sökülen parça ve komponentlerden iyi durumda olanlar yedek parça olarak veya ikincil başka pazarlara gönderilmek üzere üretim zincirine sokulmaktadır.
- \* Çıkan parça ve modüllerin tekrar kullanılma imkânı yok ise, o zaman cam, kâğıt, çeşitli plastik ve kıymetli metal gibi malzemeler geri dönüştürüldükten sonra üretim zincirine malzeme olarak gönderilmektedir.
- \* Bütün bu yollarla değerlendirilemeyen parça ve komponentlerden, çevreye zararlı olanlar berteraf edilmek üzere özel tesislere gönderilirken geri kalanları atık olarak sistemden çıkmaktadır.

# Demontaj

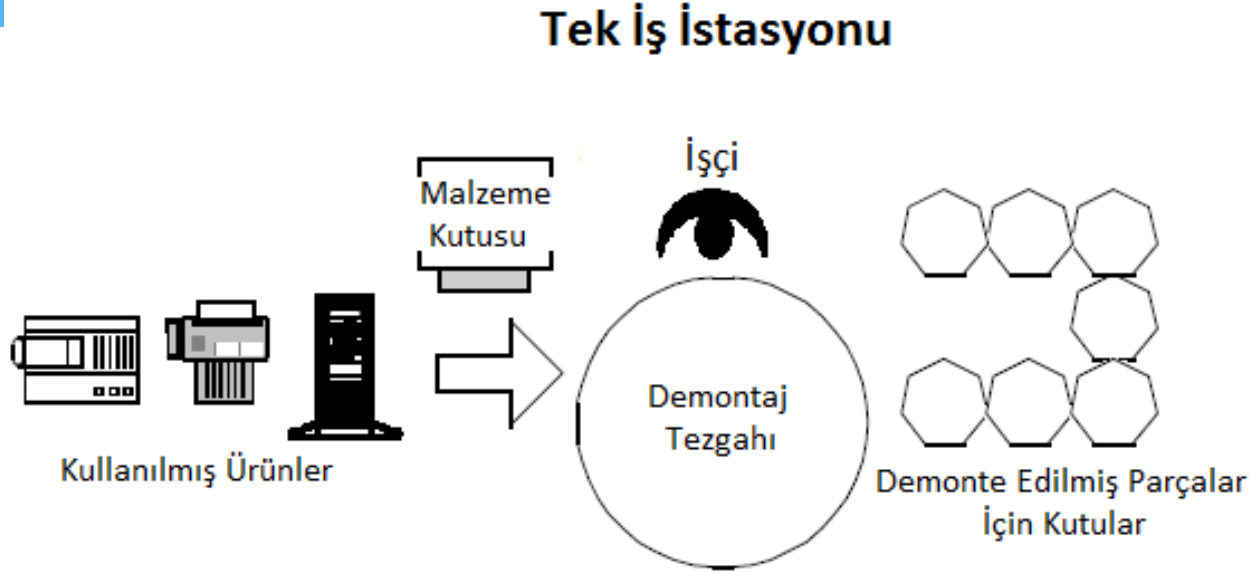


- \* Kapalı Döngü Tedarik Zincirlerin tasarlanmasıyla yürütülmekte olan tüm bu farklı düzeyde ürün veya malzeme geri kazanımlarını sağlayan bu sistemlerdeki ortak en temel süreç *demontaj*dır.
- \* Demontajın işletmeler tarafından fazla kullanılmamasının temel sebeplerinden birkaçı kurulum maliyetlerinin yüksek olması, demontaj sonunda elde edilecek olan alt parçaların durumlarındaki belirsizlik, planlamasının zor olması ve bazı durumlarda maliyet açısından avantaj sağlamamasıdır.
- \* Buna rağmen Dünyada uzun zamandır Türkiye’de ise birkaç yıldır beyaz eşya, otomobil ve elektronik gibi sektörlerde kullanım yaygınlığı artmaktadır.

# Demontajın Önemi

- \* Demontaj sırasında kullanılmış ürünlerin sökülmesi ile elde edilen parçalar, durumlarına göre yeniden kullanılabilir veya zararlı maddeler halinde güvenli bir şekilde yok edilebilir.
- \* Örneğin ortalama olarak bir bilgisayar % 23 plastik, % 32 demir ihtiva eden metaller, %18 demir içermeyen metaller (kurşun, kadmiyum, antimon, berilyum, krom ve cıva), %12 elektronik kartlar (altın, paladyum, gümüş ve platin) ve %15 cam ihtiva eder.
- \* Bilgisayarın yaklaşık olarak yalnızca % 50'sinin geri dönüşümü sağlanabilir ve kalan kısmı atılır. Atığın zehirliliği büyük oranda kurşun, cıva ve kadmiyumdaki kaynaklanır.
- \* Geri dönüştürülemeyen tek bir bilgisayar 2 kg'a yakın kurşun ihtiva edebilir. Dahası kullanılan plastiklerin birçoğu yangın geciktiriciler içerirler ve bunların geri dönüştürülmesi zordur. Bu maddelerin çevreye bırakılması büyük problem içerir.

# Demontaj Yerleşimi



## **Avantajlar**

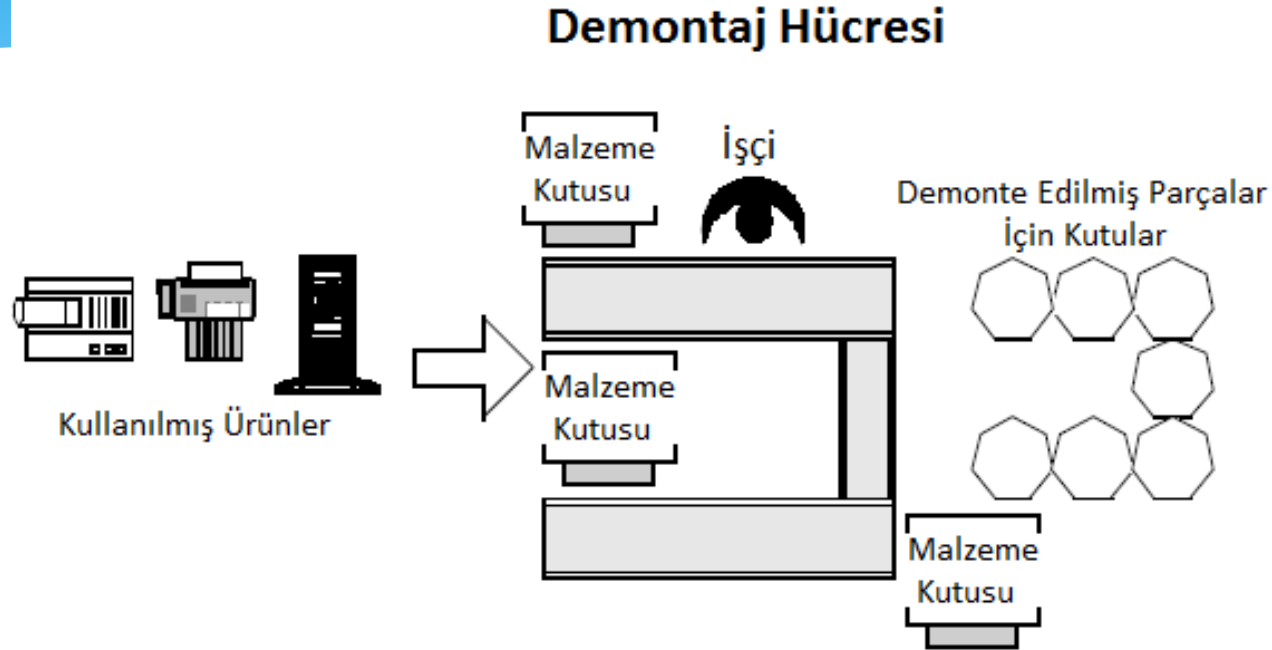
Yüksek esneklik

## **Dezavantajlar**

Düşük verimlilik  
Yüksek setup süresi

(a)

# Demontaj Yerleşimi



## **Avantajlar**

Yüksek esneklik

## **Dezavantajlar**

Yüksek kurulum ve operasyon maliyeti

Ortalama verimlilik

(b)

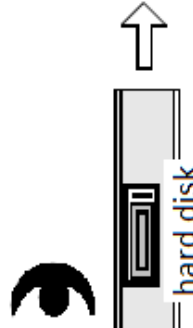
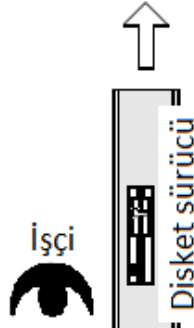
# Demontaj Hat Yerleşimi

## Demontaj Hattı

Disket sürücü talebi

Hard disk talebi

AGP ve ethernet kart talebi



### Avantajları

Yüksek verimlilik

### Dezavantajları

Otomasyona uygunluk

Düşük esneklik

(c)

# Demontaj Hattı Dengeleme Problemi

- \* *Demontaj Hattı Dengeleme (DHD) problemi, aynı Montaj Hattı Dengeleme (MHD) problemi gibi, operasyonları sıralı bir istasyon dizisine atarken operasyonlar arasındaki öncelik ilişkilerinin sağlanması ve bir etkinlik ölçütünü eniyilemek olarak tanımlanmaktadır (Güngör ve Gupta, 2001).*
- \* *Etkinlik ölçütleri de yine benzer şekilde aşağıdaki gibi listelenmektedir:*
  - \* *İstasyon sayısının en küçüklenmesi (Çevrim süresi verilmiş ise)*
  - \* *Çevrim süresini en küçükleme (İstasyon sayısı verilmiş ise)*
  - \* *Verimliliğin en büyüklenmesi (İstasyon sayısı ve çevrim süresi çarpımının en küçüklenmesi)*
  - \* *Karın en büyüklenmesi veya*
  - \* *Maliyetin en küçüklenmesi*

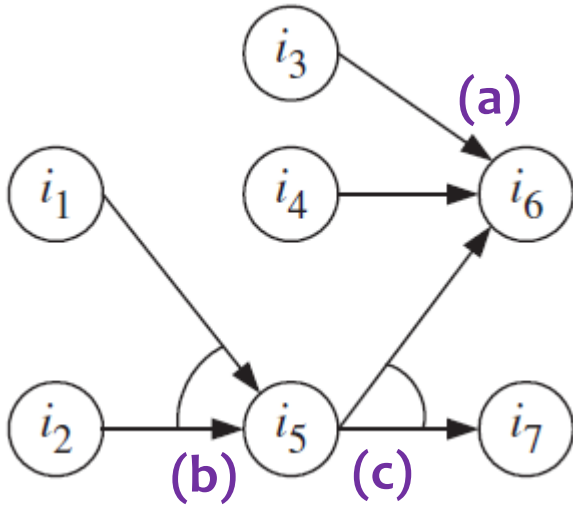
# Montaj ve Demontaj Arasındaki Farklar

Özellik	Montaj Hattı	Demontaj Hattı
Talep	Bağımlı	Bağımlı
Talep kaynakları	Tek	Çok
Talep edilen	Nihai ürün	Komponentler/parçalar
Öncelik ilişkileri	Var ve sıkı	Var ve esnek
Öncelik ilişkilerine bağlı karmaşıklık	Yüksek (fonksiyonel ve fiziksel)	Orta (fiziksel)
Komponent kalitesindeki belirsizlik	Düşük	Yüksek
Komponent miktarındaki belirsizlik	Düşük	Yüksek
İstasyon ve malzeme taşıma sistemi belirsizliği	Düşük-orta	Yüksek
İstasyon ve malzeme taşıma sistemi güvenilirliği	Yüksek	Düşük
Çoklu ürün	Var	Var
Akış süreci	Yakınsak	Iraksak
Hat esnekliği	Düşük-orta	Yüksek
Alternatif yerleşimleri	Yüksek	Yüksek
Performans ölçüm karmaşıklığı	Orta	Yüksek
Bilinen performans ölçümleri	Çok sayıda	Yok
Yok olan iş/parça olayları	Yok	Çok
Patlayan iş/parça olayları	Yok	Çok
Optimizasyon teknikleri	Çok sayıda	Yok
Problemin karmaşıklığı	NP-zor	NP-zor

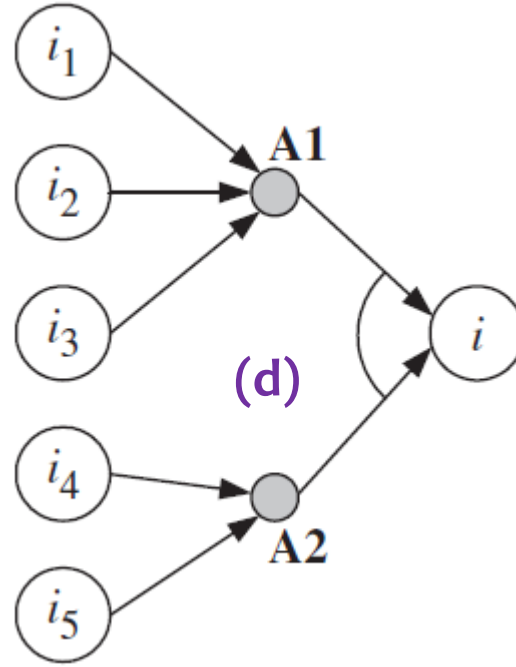
# Temel Farklar

- \* Sökülecek ürünlerin yapı ve kalite açısından yüksek derecede belirsizlik içermesi. Bu tür belirsizlikler demontajın her bir ürün için hat üzerinde farklı şekilde gerçekleşmesine sebep olabildiğinden hatta daha karmaşık bir akış süreci söz konusudur.
- \* Demontaj operasyon sürelerindeki değişkenlik montaja göre daha yüksektir.
- \* MHD probleminde talep hattın sonunda elde edilen tam fonksiyonel bir ürün için söz konusudur. Oysa DHD probleminde sökülmekte olan ürünlerin parça ve modülleri için farklı farklı talepler vardır. Bu farklı taleplerin hepsinin karşılanmasının da zorunluluğu olmadığından çevrim süresinin veya üst sınırlarının nasıl belirleneceği konusunda belirsizlikler bulunmaktadır.
- \* Son olarak DHD problemi için kullanılan operasyonlar arasındaki öncelik ilişkilerini tanımlayan ilişkiler MHD probleminde kullandığımız öncelik ilişkisi yapısına ek olarak başka öncelik ilişkisi yapılarının tanımlanmasını gerektirmektedir. Bu ilişkiler bir sonraki alt başlıkta özetlenmektedir.

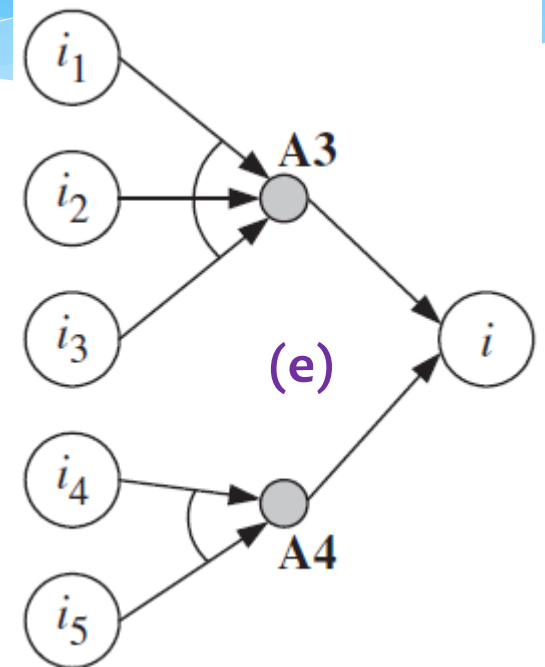
# DHD'de Öncelik İlişkileri



(a) VE öncelik ilişkileri



(d) ve/veya ilişkileri

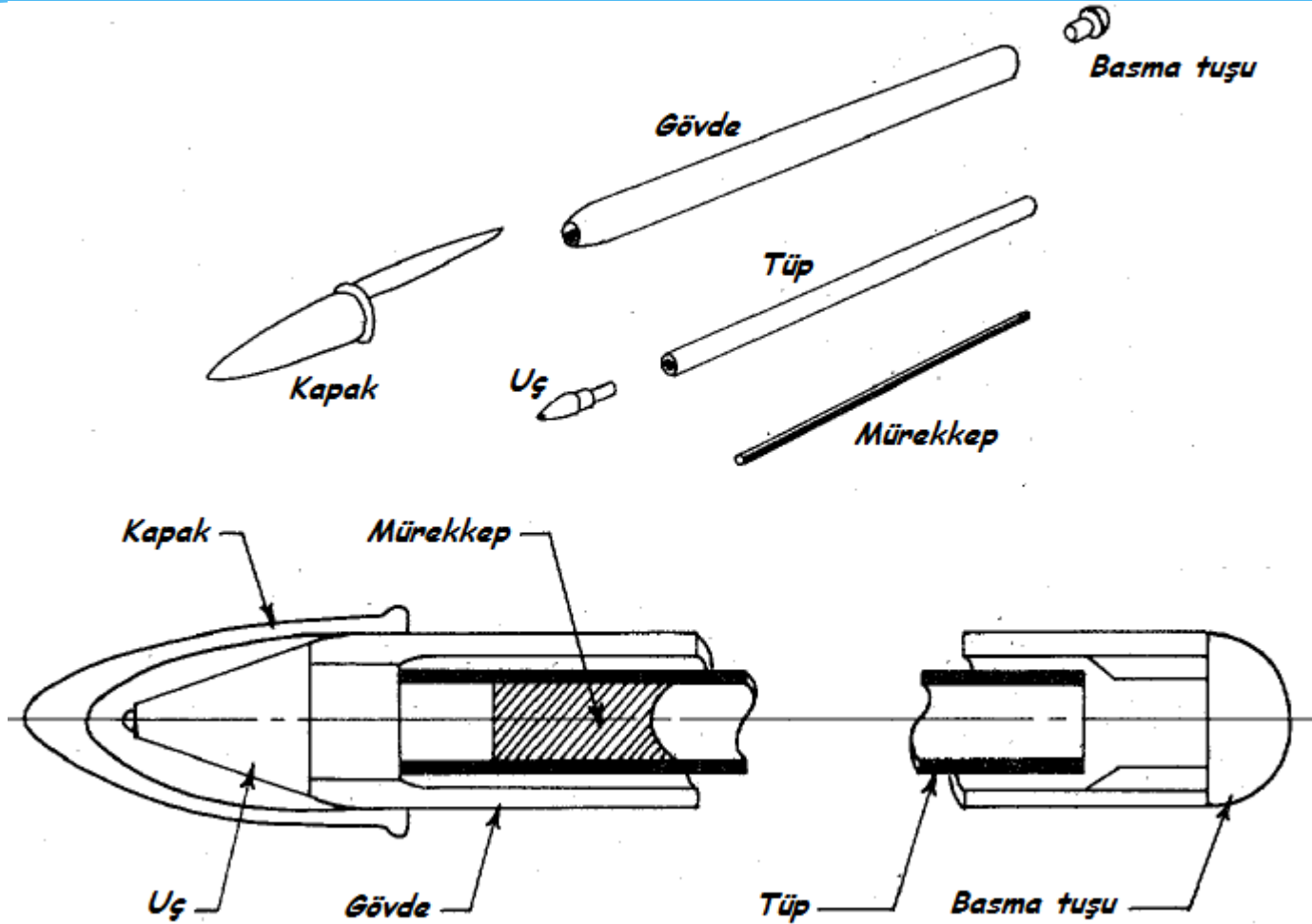


(e) veya/ve ilişkileri

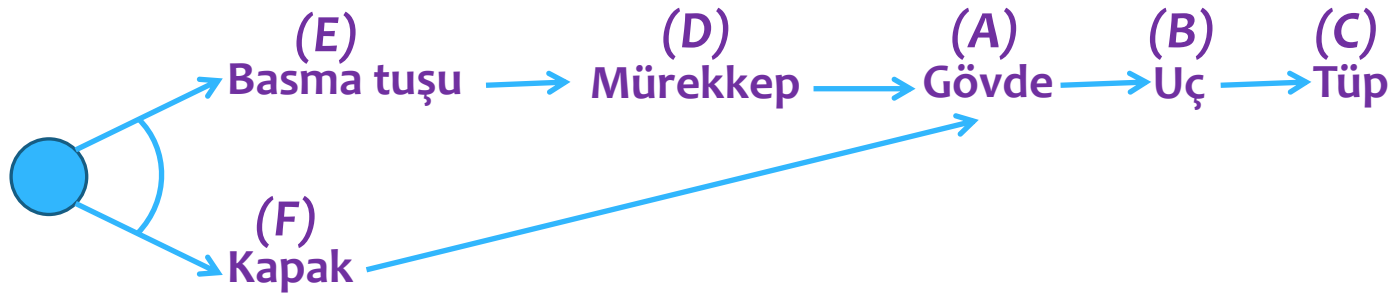
(b) VEYA öncelik ilişkileri

(c) VEYA ardılık ilişkileri

# Demontaj Örneđi



# Demontaj Sırası



Alternatif 1

E----D----F----A----B----C

Alternatif 2

E----F----D----A----B----C

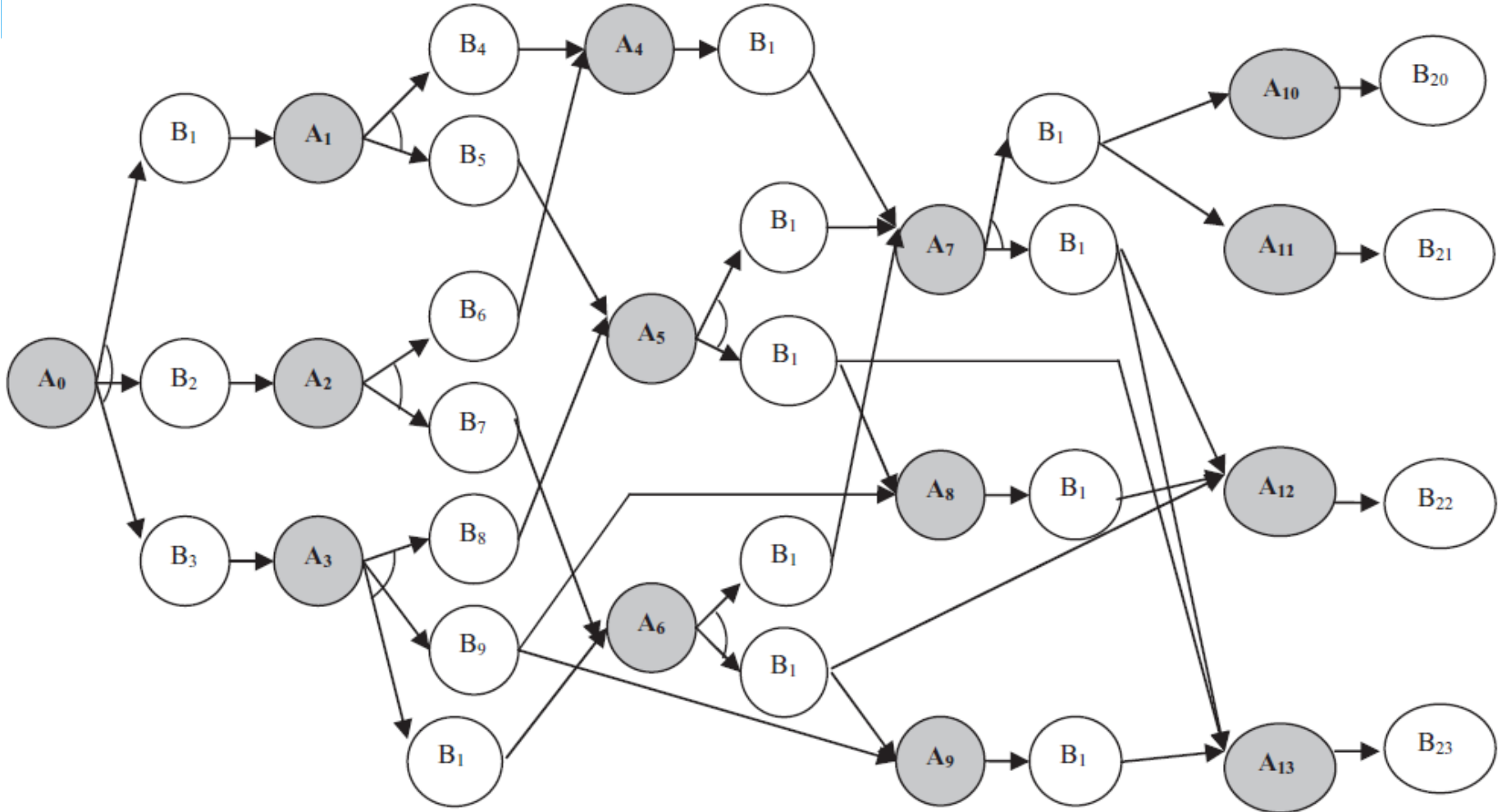
Alternatif 3

F----E----D----A----B----C

# DHD Matematiksel Modeli

- \* Koç ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada işler arasındaki öncelik ilişkilerini yansıtmadığı için “ve/ ya da diyagramları” yerine “dönüştürülmüş ve/ya da diyagramı (DVYD)” önerilmiştir.
- \* Bu şebeke, bütün demontaj ağaçlarındaki işler arasındaki tüm öncelik ilişkileri bilgilerini içeren gelişmiş bir “ve/ ya da diyagramıdır”.
- \* “Ve/ ya da diyagramlarındaki” alt montaja karşılık gelen her bir düğüm DVYD’de yapay düğümler ile temsil edilir.
- \* “Ve/ ya da diyagramlarında” işe karşılık gelen hiperbağlantılar ise normal düğümler ile gösterilir.
- \* DVYD’de yapay bir düğüm birden fazla normal düğümün öncülü ya da ardılı olabilir. Ancak bu öncüllerden yalnızca biri ve bu ardılardan da yalnızca biri işlenir.
- \* Yapay düğümlerin öncülleri ve ardıları ya da tipindedir.

# Dönüştürülmüş ve/ya da Diyagramı



# DHD Matematiksel Modeli

## Notasyonlar

$A_k$	ve/ya da diyagramındaki yapay düğümler, $k=0,1,2... h$
$B_i$	ve/ya da diyagramındaki normal düğümler, $i=1,2,3... l$
$d_{B_i}$	$B_i$ normal düğümünün işlem süresi
$P(A_k), P(B_i)$	$A_k$ ve $B_i$ düğümlerinin öncülleri kümesi
$S(A_k), S(B_i)$	$A_k$ ve $B_i$ düğümlerinin ardılları kümesi
$T$	Çevrim zamanı
$j$	istasyon indeksi, $j=1,2,3... M$

## Karar Değişkenleri

$X_{ij}$	$B_i$ görevi $j$ . istasyona atanmışsa, 1; aksi halde, 0.
$f_j$	$j$ . istasyonu açılmış ise, 1; aksi halde, 0.
$z_i$	$B_i$ görevi yapılmış ise, 1; aksi halde, 0.

# DHD Matematiksel Modeli (Koç ve ark. 2009)

## Amaç fonksiyonu

$$\text{Min } \sum_j^M j \cdot f_j \quad (1)$$

## Kısıtlar

$$\sum_{i:B_i \in S(A_k)} z_i = 1 \quad \forall_{k=0} \quad (2)$$

$$\sum_{i:B_i \in S(A_k)} z_i = \sum_{i:B_i \in P(A_k)} z_i \quad \forall_{k=1,2,3\dots h} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^M X_{ij} = z_i \quad \forall_i \quad (4)$$

$$\sum_{i:B_i \in P(A_k)} \sum_{j=1}^v X_{ij} \geq \sum_{i:B_i \in S(A_k)} X_{iv} \quad \forall_{k,v} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^l X_{ij} \cdot d_{B_i} \leq T \cdot f_j \quad \forall_j \quad (6)$$

$$X_{ij}, f_j, z_i \in \{0, 1\} \quad \forall_{i,j} \quad (7)$$

# Bulanık Mantık

INFORMATION AND CONTROL 8, 338-353 (1965)

## Fuzzy Sets\*

L. A. ZADEH

*Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory,  
University of California, Berkeley, California*

A fuzzy set is a class of objects with a continuum of grades of membership. Such a set is characterized by a membership (characteristic) function which assigns to each object a grade of membership ranging between zero and one. The notions of inclusion, union, intersection, complement, relation, convexity, etc., are extended to such sets, and various properties of these notions in the context of fuzzy sets are established. In particular, a separation theorem for convex fuzzy sets is proved without requiring that the fuzzy sets be disjoint.

- \* Zadeh (1965) yayınladığı “Fuzzy Sets (Bulanık Kümeler)” adlı makale ile bulanık küme teorisinin temellerini atmıştır.
- \* Bulanık küme teorisi ile insan bakışını içeren gerçek dünyaya ait kompleks sistemlerin çözülmesi, daha güçlü ve esnek bir modelin geliştirilmesi ve böylece bir modelin basite indirgenerek çözülmesi amaçlanmıştır.



# Bulanık Küme

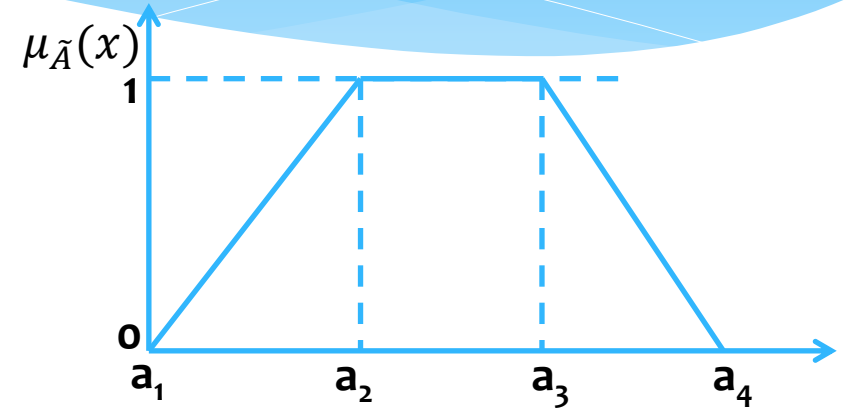
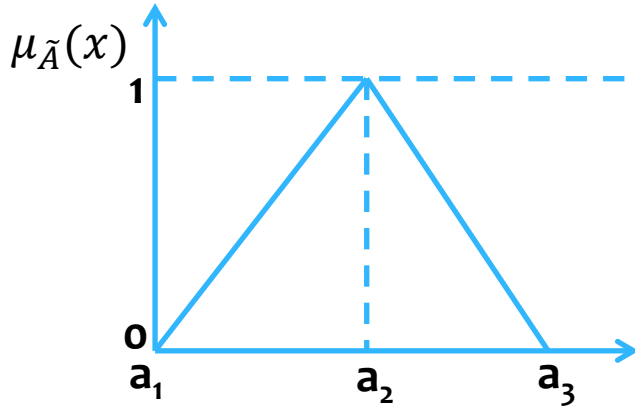
- \* Klasik bir kümede bir elemanın kümeye üyeliği (aitliği) vardır ya da yoktur. Klasik küme sınırları açıkça tanımlanmış olan kesin bir kümedir.
- \* Yani  $X$  evrensel bir küme olmak üzere, klasik bir küme sonlu olan ya da olmayan elemanlardan oluşan bir küme olarak düşünüldüğünde aşağıdaki gibi tanımlanır:
- \* 
$$\mu_A = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$
- \*  $\mu_A(x) = 1$  ise 'x elemanı A kümesinin üyesidir'
- \*  $\mu_A(x) = 0$  ise 'x elemanı A kümesinin üyesi değildir'
- \* Bulanık kümelerde üyelik derecesi ise 0'dan 1'e herhangi bir değer olabilir ve bu durum klasik kümelerden ayrımı sağlar.

# Bulanık Küme ve Sayılar

- \*  $A \subseteq X$  kümesinin üyelik derecesi  $[0, 1]$  gerçel sayılar kabul edilirse  $A$  kümesi bulanık küme olarak adlandırılır ve klasik bir  $A$  kümesinden farklı bir gösterimle  $\tilde{A}$  ile gösterilir.
- \*  $[0, 1]$  değerleri arasında yer alan değerler ise, ilgili nesnenin kümeye aitlik derecesini ya da kısmi üyeliğini belirtir (üyelik derecesi).
- \* Bulanık sayılar; dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir.

# Üyelik Fonksiyonu

\* Üçgen ve yamuk bulanık sayılar uygulamada en çok kullanılan yapılardır.



$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} 0 & , x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & , a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & , x > a_3 \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} 0 & , x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & , a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & , a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & , x > a_4 \end{cases}$$

# Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama

## Liang ve Cheng (2009)

*Amaç fonksiyonu*

$$\text{Min } \cong Z_1 + Z_2 \text{ (bulanık amaç fonksiyonu)}$$

*Kısıtlar*

$$\sum_j A_{ij} = \tilde{C}a_i \text{ (bulanık kapasite kısıtı)}$$

$$\sum_i A_{ij} = \tilde{D}_j \text{ (bulanık talep kısıtı)}$$

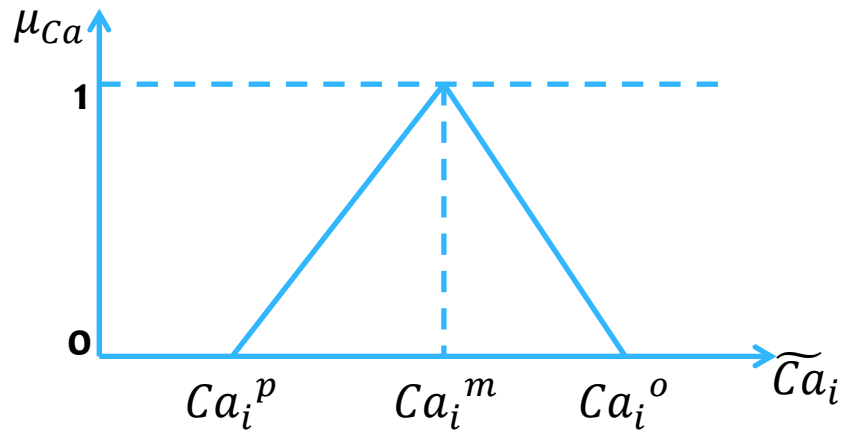
$$\text{Değişkenler} \geq 0$$

# Bulanık Kısıtların Durulaştırılması

$$\sum_j A_{ij} \leq \widetilde{Ca}_i$$

$$\widetilde{Ca}_i = Ca_i^p + Ca_i^m + Ca_i^o$$

$p$ : kötümser değer /  $m$ : orta değer /  $o$ : iyimser değer



$$\sum_j A_{ij} \leq w_1 Ca_i^{p,\alpha} + w_2 Ca_i^{m,\alpha} + w_3 Ca_i^{o,\alpha}$$

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1$$

$$w_1 = w_3 = 1/6; w_2 = 4/6$$

# Bulanık Kısıtların Durulaştırılması

\*  $\alpha$  kesimi (simetrik ise)

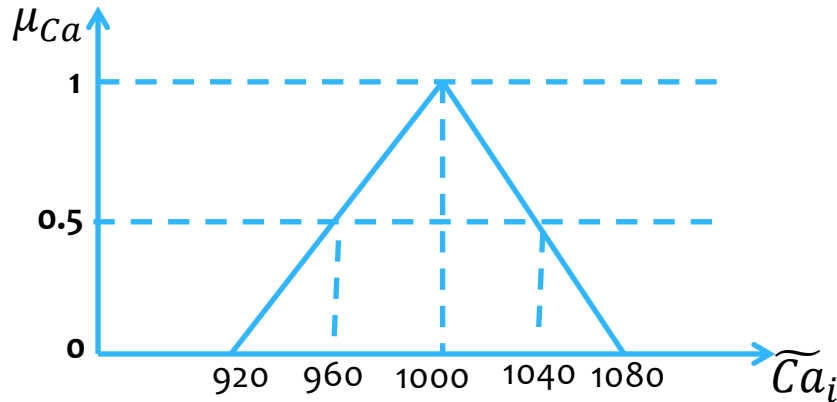
$$Ca_i^{p,\alpha} = Ca_i^m - (1 - \alpha) * (Ca_i^m - Ca_i^p)$$

$$Ca_i^{o,\alpha} = Ca_i^m + (1 - \alpha) * (Ca_i^o - Ca_i^m)$$

\*  $\alpha$  kesimi (simetrik değil ise)

$$Ca_i^{p,\alpha} = \alpha * Ca_i^m + (1 - \alpha) * Ca_i^p$$

$$Ca_i^{o,\alpha} = \alpha * Ca_i^m + (1 - \alpha) * Ca_i^o$$



$$Ca_i^{p,\alpha:0.5} = 1000 - (1 - 0.5) * 80 = 960$$

$$Ca_i^{o,\alpha:0.5} = 1000 + (1 - 0.5) * 80 = 1040$$

$$Ca_i^m = 1000$$

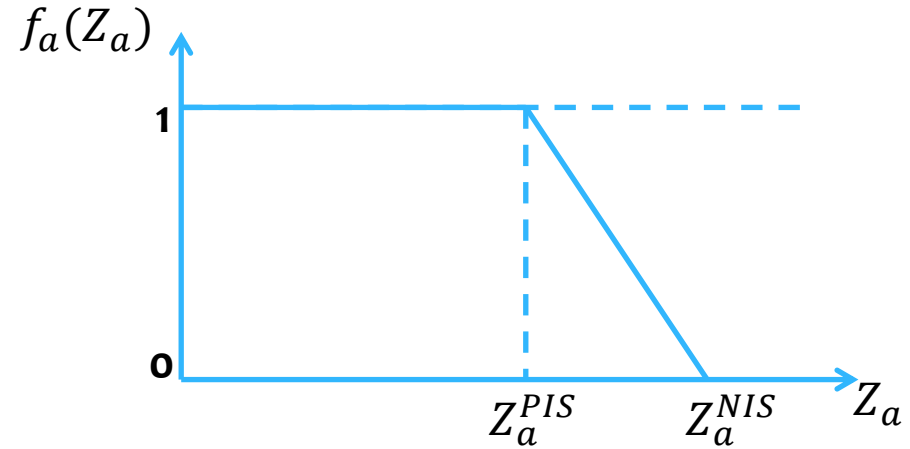
$$\sum_j A_{ij} \leq \frac{1}{6} * 960 + \frac{4}{6} * 1000 + \frac{1}{6} * 1040$$

$$\sum_j A_{ij} \leq 1000$$

# Amaç Fonksiyonlarının Durulaştırılması

- \* Her bir amaç fonksiyonu için aşağıdaki şekilde üyelik fonksiyonu tanımlanır.
- \*  $Z_a$  amaç fonksiyonunun;
- \*  $Z_a^{PIS}$ : pozitif ideal çözüm (alt sınır);  $Z_a^{NIS}$ : negatif ideal çözüm (üst sınır)
- \* Kabul edilebilir değer  $[Z_a^{PIS}, Z_a^{NIS}]$

$$f_a(Z_a) = \begin{cases} 1, & Z_a \leq Z_a^{PIS} \\ \frac{Z_a^{NIS} - Z_a}{Z_a^{NIS} - Z_a^{PIS}}, & Z_a^{PIS} < Z_a < Z_a^{NIS} \\ 0, & Z_a \geq Z_a^{NIS} \end{cases}$$



# Durulaştırılmış Model

	DP-1	DP-2	(PIS, NIS)	Başlangıç çözümü
Amaç	Min $Z_1$	Min $Z_2$	-	Max L
L	100%	100%	-	0.83
$Z_1$	788	879	(788, 879)	803,76
$Z_2$	2115	1652	(1652, 2115)	1731

Amaç Fonksiyonu

$Max L (L=[0,1])$

Kısıtlar

$$L \leq \frac{Z_a^{NIS} - Z_a}{Z_a^{NIS} - Z_a^{PIS}} \quad \forall a$$

$$\sum_j A_{ij} \leq w_1 C a_i^{p,\alpha} + w_2 C a_i^{m,\alpha} + w_3 C a_i^{o,\alpha}$$

$$\sum_i A_{ij} \geq w_1 D_j^{p,\alpha} + w_2 D_j^{m,\alpha} + w_3 D_j^{o,\alpha}$$

Değişkenler  $\geq 0$

$Max L$

Kısıtlar

$$L \leq \frac{879 - Z_1}{91}$$

$$L \leq \frac{2115 - Z_1}{463}$$

$$\sum_j A_{ij} \leq 1000$$

$$\sum_i A_{ij} \geq 1500$$

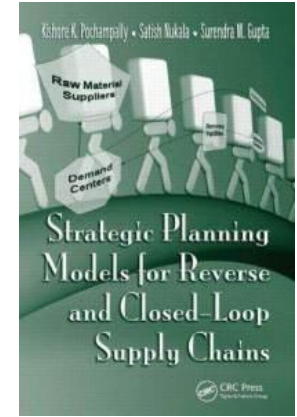
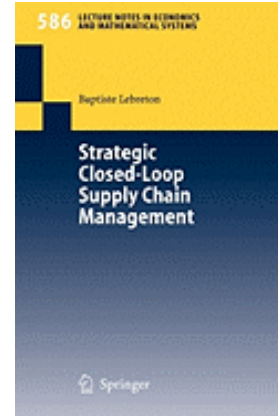
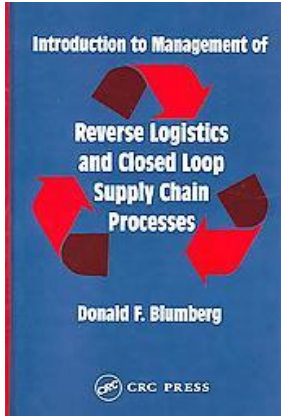
Değişkenler  $\geq 0$

# Literatür Taraması (Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı)

## \* Literatür araştırmaları

- \* Fleischmann ve ark. (1997)
- \* Prahinski ve Kocabaşoğlu (2006)
- \* Akçalı ve ark. (2009)

## \* Kitap alışmaları



Blumberg (2005)

Flapper ve ark. (2005)

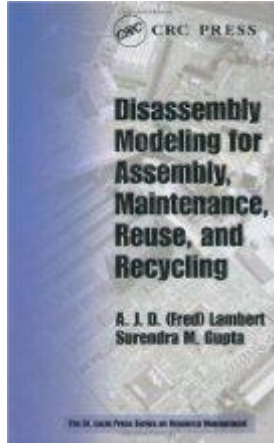
Lebreton (2007)

Pochampally ve ark. (2009)



# Literatür Taraması (Demontaj Hattı Dengeleme Problemi)

## \* Kitap çalışmaları



Lambert ve Gupta (2005)



McGovern ve Gupta (2010)

# Literatür Taraması

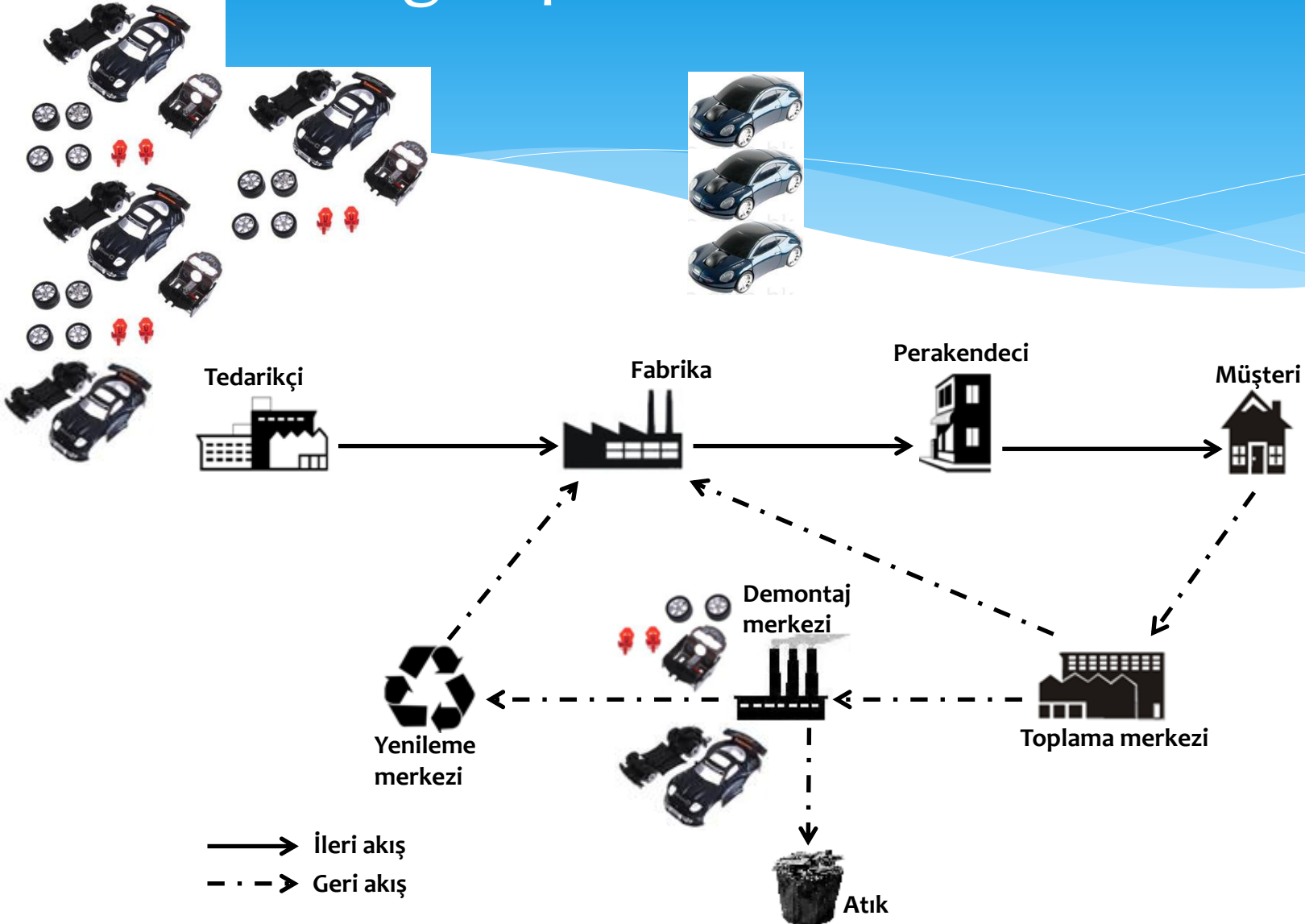
## (Demontaj Hattı Dengeleme Problemi)

Yıl	Yazar	Amaç	Yöntem
2001	Güngör ve Gupta	Maliyet en küçükleme	Sezgisel
2003	McGovern ve Gupta	İstasyon sayısı ve boşta kalma süresinin en küçükleme	2-Opt algoritması
2007a	McGovern ve Gupta	İstasyon sayısı ve boşta kalma süresinin en küçükleme	Genetik algoritma Karınca kolonisi optimizasyonu Greedy algoritması Greedy/Tepe tırmanma algoritması Greedy/2-Opt algoritması
2007b	McGovern ve Gupta	İstasyon sayısı ve boşta kalma süresinin en küçükleme Zararlı ve talebi yüksek olan parçaların önce demonte edilmesi	Genetik algoritma
2008	Agrawal ve Tiwari	İstasyon sayısı en küçükleme	Karınca kolonisi optimizasyonu Stokastik yaklaşım
2008	Altekin ve ark.	Karın en çoklanması	Karma tamsayılı doğrusal programlama
2009	Koç ve ark.	İstasyon sayısı en küçükleme	Karma tamsayılı doğrusal programlama
2010	Ding ve ark.	İstasyon sayısı ve boşta kalma süresinin en küçükleme Talebi yüksek olan parçaların önce demonte edilmesi	Karınca kolonisi optimizasyonu

# Önerilen Model Yapısı

- \* Kapalı döngü tedarik zinciri ağ tasarımı
  - \* İleri akış (tedarikçi-fabrika-perakendeci-müşteri)
  - \* Geri akış (toplama merkezi-demontaj merkezi-atık-yenileme merkezi)
  - \* Çok dönemli
  - \* Çok ürünlü
  - \* Komponentli
  - \* Demontaj Hattı
  - \* Geri dönüş oranları tesis kapasiteleri ve talepler bulanık sayı
  - \* Karma tamsayı bulanık doğrusal programlama modeli

# Önerilen Ağ Yapısı



# Amaç ve Mevcut Literatürden Farklılıkları

- \* Ele alınan problemde amaç stratejik açıdan sırasıyla tedarikçiler, fabrikalar, perakendeciler, müşteriler, toplama merkezleri, demontaj merkezleri ve yenileme merkezleri arasındaki malzeme akışının sağlanması ve toplam maliyetlerin minimize edilmesi iken taktiksel açıdan ise müşterilerden toplanan ürünlerin toplama merkezlerinde en kısa sürede ve maliyette demonte edilmesini amaçlamaktadır.
- \* Bulanık kapalı döngü tedarik zinciri ağ tasarımı
- \* Demontaj hattı dengeleme problemi içeren kapalı döngü tedarik zinciri ağ tasarımı
- \* Çok dönemli-çok ürünlü-çok komponentli kapalı döngü tedarik zinciri ağ tasarımı

# Modelin Aşamaları ve Yapılabilirliği

## 1. Kapalı döngü tedarik zinciri ađ tasarımı için karma tamsayı matematiksel model

- \* Paksoy, T., Bektaş, T., Özceylan, E., 2011, Operational and environmental performance measures in a multi-product closed-loop supply chain, *Transportation Research Part E*, 47 (4), 532-546.

## 2. Mevcut modele demontaj hattı dengeleme probleminin eklenmesi

- \* Paksoy, T., Özceylan, E., Gökçen, H., 2011, Supply chain optimization with assembly line balancing, *International Journal of Production Research*, (baskıda).

## 3. Demontaj hattı dengeleme problemi içeren kapalı döngü tedarik zinciri ağına bulanıklık eklenmesi

- \* Paksoy, T., Pehlivan, NY., Özceylan, E., 2011, Fuzzy multi objective optimization of green supply chain network, *Human and Ecological Risk Assessment*, (baskıda).
- \* Paksoy, T., Pehlivan, NY., Özceylan, E., 2010, Application of fuzzy mathematical programming approach to the aggregate production/distribution planning in a supply chain network problem, *Scientific Research and Essays*, 5 (22), 384-3397.

## 4. Demontaj hattı dengeleme problemi içeren kapalı döngü tedarik zincirlerinin bulanık ortamda modellenmesi

- \* Tübitak 1001 Projesi

# Sonuç

- \* Tedarik zinciri ađ tasarımı
- \* Kapalı döngü tedarik zinciri, demontaj hattı dengeleme ve çok amaçlı bulanık DP
- \* Literatür taraması
- \* Önerilen model ve özgünlüğü

# Kaynaklar

- \* Agrawal, S., Tiwari, MK., 2008, A collaborative ant colony algorithm to stochastic mixed-model U-shaped disassembly line balancing and sequencing problem, *International Journal of Production Research* 46, 1405-1429.
- \* Akçalı, E., Çetinkaya, S., Üster, H., 2009, Network design for reverse and closed-loop supply chains: an annotated bibliography of models and solution approaches, *Networks* 53, 231-248.
- \* Altekin, FT., Kandiller, L., Özdemirel, NE., 2008, Profit-oriented disassembly line balancing, *International Journal of Production Research* 46, 2675-2693.
- \* Beamon, BM., Fernandes, C., 2004, Supply chain network configuration for product recovery, *Production Planning & Control* 15, 270-281.
- \* Blumberg, DF., 2005, *Introduction to management of reverse logistics and closed-loop supply chain processes*, CRC Press.
- \* Demirel, NÖ., Gökçen, H., 2008, A mixed integer programming model for remanufacturing in reverse logistic environment, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 39, 1197-1206.
- \* Ding, LP., Feng, YX., Tan, JR., Gao, YC., 2010, A new multi objective and colony algorithm for solving the disassembly line balancing problem, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 48, 761-771.
- \* Easwaran, G., Üster, H., 2010, A closed-loop supply chain network design problem with integrated forward and reverse channel decisions, *IIE Transactions* 42, 779-792.
- \* Flapper, SDP., Nunen, AEE., Wassenhove, LNV., 2005, *Managing closed-loop supply chains*, Springer.
- \* Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, JM., Dekker, R., Laan, EV., Nunen, AEE., Wassenhove, LNV., 1997, Quantitative models for reverse logistics: A review, *European Journal of Operational Research* 103, 1-17.
- \* Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, JM., Wassenhove, LNV., 2001, The impact of product recovery on logistics network design, *Production and Operations Management* 10, 156-173.
- \* Güngör, A., Gupta, SM., 2001, A solution approach to disassembly line balancing problem in the presence of task failures, *International Journal of Production Research* 39, 1427-1467.
- \* Jayaraman, V., Guide, VDR., Srivastava, R., 1999, A closed-loop logistics model for remanufacturing, *Journal of the Operational Research Society* 50, 497-508.

# Kaynaklar

- \* Kannan, G., Sasikumar, P., Devika, K., 2010, A genetic algorithm approach for solving a closed-loop supply chain model: a case of battery recycling, *Applied Mathematical Modeling* 34, 655-670.
- \* Khajavi, LT., Seyed-Hosseini, SM., Makui, A., 2011, An integrated forward/reverse logistics network optimization model for multi-stage capacitated supply chain, *iBusiness* 3, 229-235.
- \* Koç, A., Sabuncuoğlu, İ., Erel, E., 2009, Two exact formulations for disassembly line balancing problems with task precedence diagram construction using an AND/OR graph, *IIE Transactions* 41, 866-881.
- \* Krikke, H., Bloemhof-Ruwaard, JM., Wassenhove, LNV., 2003, Concurrent product and closed-loop supply chain design with an application to refrigerators, *International Journal of Productions Research* 41, 3689-3719.
- \* Kumar, VV., Chan, FTS., Mishra, N., Kumar, V., 2010, Environmental integrated closed-loop logistics model: an artificial bee colony approach, 8<sup>th</sup> International Conference on Supply Chain Management and Information Systems, 1-7.
- \* Lambert, ABJ., Gupta, SM., 2005, *Disassembly modeling for assembly, maintenance, reuse and recycling (Resource Management)*, CRC Press.
- \* Lebreton, B., 2007, *Strategic closed-loop supply chain management*, Springer.
- \* Lee, JE., Gen, M., Rhee, KG., 2009, Network model and optimization of reverse logistics by hybrid genetic algorithm, *Computers & Industrial Engineering* 56, 951-964.
- \* Liang TF., Cheng, HW., 2009, Application of fuzzy sets to manufacturing/distribution planning decisions with multi product and multi time period in supply chains, *Expert Systems with Applications* 36, 3367-3377.
- \* McGovern, SM., Gupta, SM., 2003, 2-Opt heuristic for the disassembly line balancing problem, *Proceedings of the SPIE International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing III, Rhode Island*, 71-84.
- \* McGovern, SM., Gupta, SM., 2007a, Combinatorial optimization analysis of the unary NP-complete disassembly line balancing problem, *International Journal of Production Research* 45, 4485-4511.
- \* McGovern, SM., Gupta, SM., 2007b, A balancing method and genetic algorithm for disassembly line balancing, *European Journal of Operational Research* 179, 692-708.

# Kaynaklar

- \* McGovern, SM., Gupta, SM., 2010, The disassembly line: balancing and modeling, McGraw-Hill.
- \* Paksoy, T., Pehlivan, NY., Özceylan, E., 2010, Application of fuzzy mathematical programming approach to the aggregate production/distribution planning in a supply chain network problem, Scientific Research and Essays, 5 (22), 384-3397.
- \* Paksoy, T., Bektaş, T., Özceylan, E., 2011, Operational and environmental performance measures in a multi-product closed-loop supply chain, Transportation Research Part E 47, 532-546.
- \* Paksoy, T., Özceylan, E., Gökçen, H., 2011, Supply chain optimization with assembly line balancing, International Journal of Production Research, (baskıda).
- \* Paksoy, T., Pehlivan, NY., Özceylan, E., 2011, Fuzzy multi objective optimization of green supply chain network, Human and Ecological Risk Assessment, (baskıda).
- \* Pishvae, MS., Torabi, SA., 2010, A possibilistic programming approach for closed-loop supply chain network design under uncertainty, Fuzzy Sets and Systems 161, 2668-2683.
- \* Pishvae, MS., Rabbani, M., Torabi, SA., 2011, A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty, Applied Mathematical Modeling 35, 637-649.
- \* Pochampally, KK., Nukala, S., Gupta SM., 2009, Strategic planning models for reverse and closed-loop supply chains, CRC Press.
- \* Prahinski, C., Kocabaşoğlu, C., 2006, Empirical research opportunities in reverse supply chains, Omega 34, 519-532.
- \* Salema, MIG., Barbosa-Povoa, AP., Novais, AQ., 2007, An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty, European Journal of Operational Research 179, 1063-1077.
- \* Shi, J., Zhang, G., Sha, J., 2011, Optimal production planning for a multi-product closed loop system with uncertain demand and return, Computers & Operations Research 38, 641-650.
- \* Wang, HF., Hsu, HW., 2010, A closed-loop logistic model with a spanning-tree based genetic algorithm, Computers & Operations Research 37, 376-389.
- \* Zadeh, LA., 1965, Fuzzy sets, Information and Control 8, 338-353.
- \* Yang, GF., Wang, ZP., Li, XQ., 2009, The optimization of the closed-loop supply chain network, Transportation Research Part E 45, 16-28.

# Teşekkürler

