

İleri Yöneylem Araştırması Uygulamaları

Tedarik zinciri ağ yapısının modellenmesi

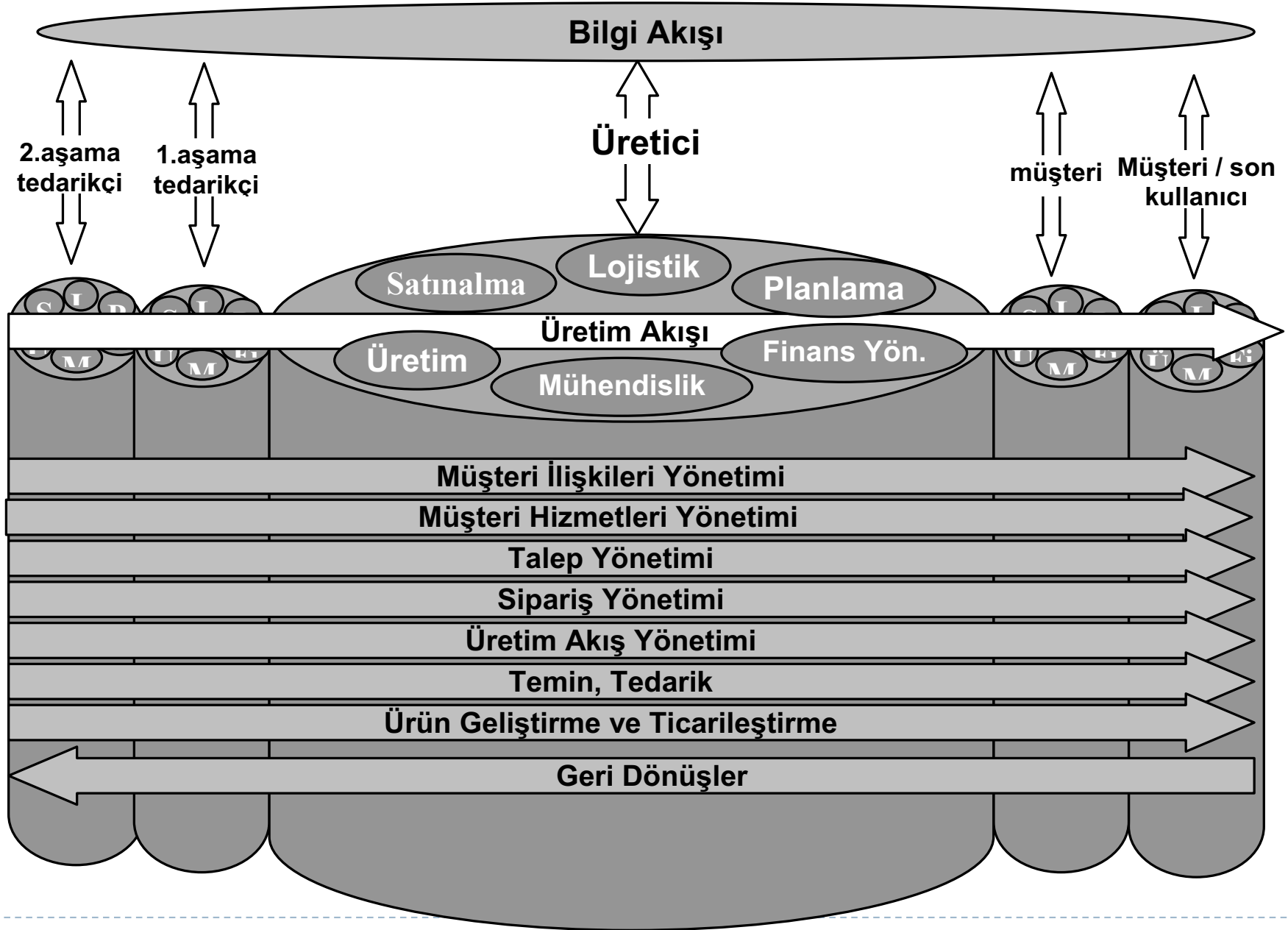
Dr. Özgür Kabak

2020-2021 Güz

Tedarik Zinciri Yönetimi ?

- ▶ Ürünlerin hammadde olarak temin edilmesinden müşteriye sunulmasına kadar olan süreçte tüm malzeme ve bilgi akışının planlanması, uygulanması ve kontrolünü içeren tedarik zinciri yönetimi (TZY);
- ▶ 1990'lardan beri araştırmacıların ve uygulayıcıların çok fazla ilgisini çekmektedir. TZY işletmelere, hem maliyet hem de hizmet düzeyi bakımından rekabet avantajı sağlamaları için bütünleşik ve sistematik bir yaklaşım sunmaktadır.





Tedarik Zinciri Planlama

- ▶ Tedarik zinciri yönetimi içerisinde yer alan konulardan en önemlilerinden birisi **tedarik zinciri** (TZ)'nin stratejik olarak **planlaması** ve bunu gerçekleştirmek için gerekli modellerin geliştirilmesidir.
- ▶ TZ modellemede stratejik analiz yaklaşımları temel olarak;
 - ▶ konum-atama kararları, talep planlama, dağıtım kanalı planlama, stratejik anlaşmalar, yeni ürün geliştirme, dış kaynak kullanımı, tedarikçi seçimi, bilgi teknolojileri seçimi, fiyatlandırma ve ağ yapılandırma problemleri ile ilgilenir.



Belirsizlik

- ▶ Gerçek hayattaki birçok problemde olduğu gibi TZ planlama ile ilgili problemlerde de belirsizlikler söz konusudur.
- ▶ TZ'deki belirsizlikler, sistemin kendi içerisinde ve/veya sistemin çevresinden kaynaklanıyor olabilir.
- ▶ Belirsizliklerin kesin olarak varsayılarak tanımlaması ve modellemesi kurulan modellerin gerçekçi olmayan sonuçlar üretmesine neden olur.



Bulanık Mantık

- ▶ 1965'te ilk defa Lotfi A. Zadeh tarafından önerilen bulanık mantık, belirsizlikleri modellemek için yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardan bir tanesidir.
- ▶ Özellikle 2000'li yılların başından beri uygulaması artmakta olan bulanık mantık, insan düşünme sistemi gibi yaklaşık olarak değerlendirmeyi ve modellemeyi olanaklı hale getirmektedir.



Tedarik Zinciri Planlamaya bulanık bir yaklaşım

- ▶ Çalışmada TZ planlama içerisinde yer alan talep planlama, dış kaynak kullanımı, tedarikçi seçimi ve ağ yapılandırma konularını içeren bir problem incelenmiştir.
- ▶ Bu problemde yer alan tedarik zinciri, ağ yapılı olarak ele alınmıştır.
- ▶ TZ'deki belirsizlikleri modelleyebilmek için bulanık mantıktan faydalanılmıştır.
- ▶ Ağ yapılı olarak tasarlanan TZ'de stratejik planlama kararlarını vermek için bulanık mantık yardımı ile bir olabilirselsel doğrusal programlama (ODP) modeli geliştirilmiştir.
- ▶ Önerilen olabilirselsel model, çözüm yordamı ve talep tahmini birleştirme yöntemlerinin uygulanabilirliğini ve geçerliliğini test etmek için bu yöntemler, Mercedes Türk A.Ş.'nin İstanbul, Hoşdere'de bulunan otobüs üretim tesisinde karoser imalatının stratejik TZ planlama kararlarını vermek için uygulanmıştır.



Tedarik Zinciri Yönetimi

Literatür Çalışması

- ▶ Makale taraması
- ▶ Tedarik zinciri konusundaki mevcut çalışmalara genel bakış



TZY – Makale taraması

Sınıflandırma sistematığı

1. Çalışma Çeşidi

1.1. Teorik

1.1.1. Sayısal örneksiz

1.1.2. Sayısal örnekli

1.2. Uygulama

1.2.1. Gerçek vaka uygulaması

1.2.2. Benzer çalışmaya dayalı uygulama

1.3. Teorik ve uygulama karışık

1.4. Araştırma veya literatür taraması

2. Modelleme çeşidi

2.1. Deterministik tek amaçlı

2.2. Deterministik çok amaçlı

2.3. Stokastik

2.4. Melez (Deterministik ve stokastik)

2.5. Bilişim teknolojisine dayalı

2.6. Bulanık mantık

3. Tedarik zincirinin Yapısı

3.1. İki aşamalı tedarik zinciri

3.1.1. Bir satıcı bir alıcı

3.1.2. Bir satıcı çok alıcı

3.1.3. Çok satıcı çok alıcı

3.1.4. Çok satıcı bir alıcı

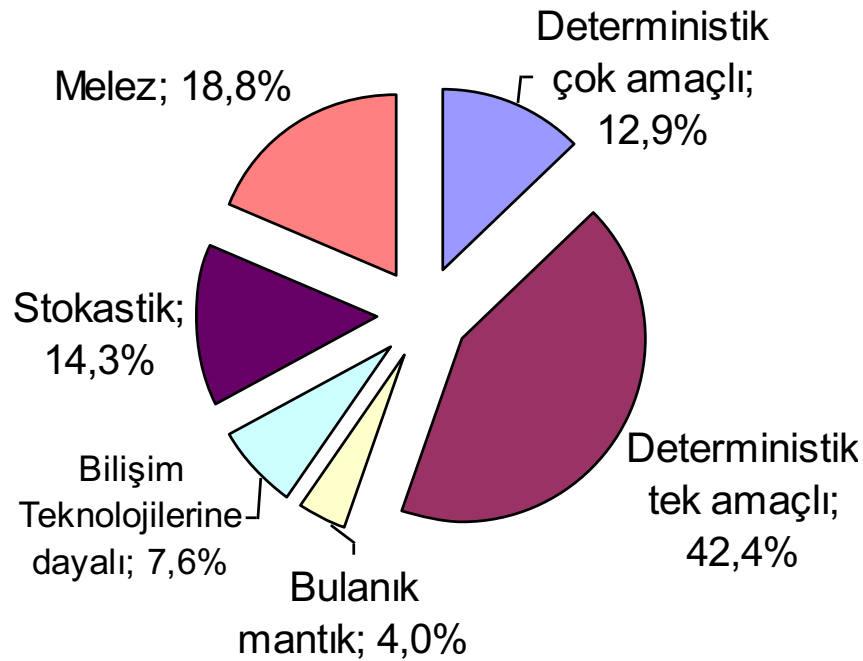
3.2. Seri tedarik zinciri (ikiden fazla aşamalı)

3.3. Ağ yapılı tedarik zinciri

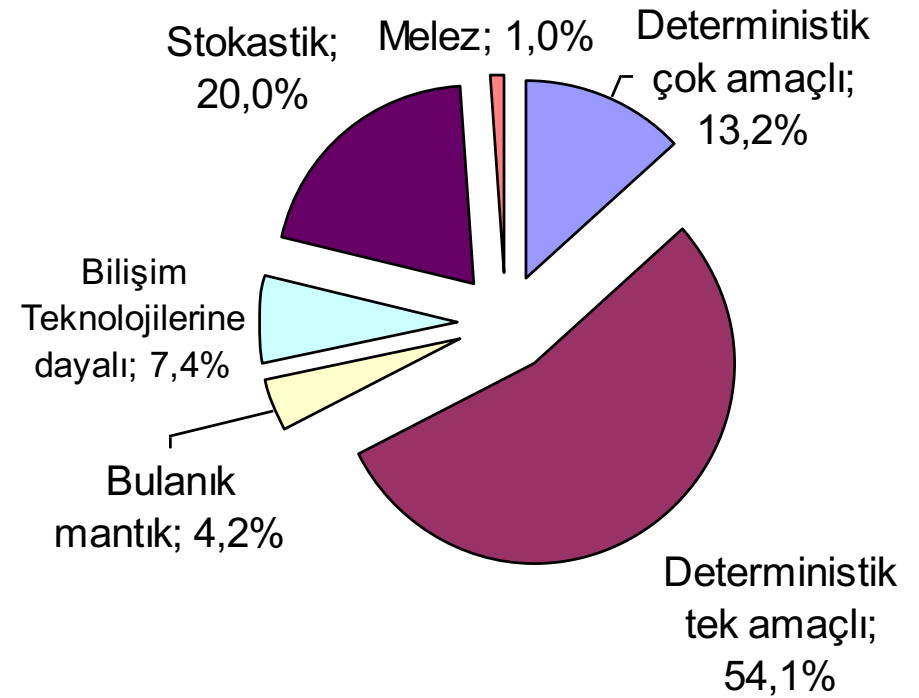


Makale taraması

Modelleme çeşidine göre sınıflandırma



Ar0405



Ar0608



Modelleme çeşidi ve TZ yapısına göre sınıflandırılması

	Det. tek amaçlı	Det. çok amaçlı	Stokastik	Melez	Bilişim Tek. dayalı	Bulanık mantık	Toplam
İki aşamalı tedarik zinciri	153	41	67	2	15	14	292
Bir satıcı bir alıcı	79	22	43	1	6	3	154
Bir satıcı çok alıcı	36	11	13	1	4	3	68
Çok satıcı çok alıcı	10	1			1	1	13
Çok satıcı bir alıcı	28	7	11		4	7	57
Seri tedarik zinciri	37	6	16		3	2	64
Ağ yapılı tedarik zinciri	33	14	8	1	5	1	62
Toplam	223	61	91	3	23	17	



Makale taraması - Sonuçlar

► Çalışma Çeşidi

- Uygulamaya dayalı ve teori ile uygulamayı birleştiren çalışmalar, teorik olanlara göre oldukça azdır,

► Modelleme Çeşidi

- TZ problemlerinin çözümünde deterministik tek amaçlı modeller diğerlerine göre daha çok kullanılmış, özellikle bulanık mantığa dayalı modeller daha az tercih edilmiştir,

► Tedarik zinciri yapısı

- TZ hammadde temininden son kullanıcıya kadar olan süreci kapsamasına rağmen tüm TZ'yi iki aşamalı olarak modelleyen makale sayısı çok fazladır. Seri ve ağ yapılı modeller daha az tercih edilmiştir.



Tedarik zinciri konusundaki mevcut çalışmalardan çıkarılan gelişime açık alanlar

- ▶ Çok aşamalı ve çok dönemli modelleme (Min ve Zhou, 2002; Shapiro, 2004; Al-Mudimigh ve diğ., 2004; Bilgen ve Ozkarahan, 2004; Meixel ve Gargeya, 2005),
- ▶ Veri bulunabilirliğini göz ardı etmeyen matematik modelleme (Min ve Zhou, 2002; Shapiro, 2004; Stadtler, 2005; Bilgen ve Ozkarahan, 2004),
- ▶ Tedarik zincirindeki belirsizlikler ve belirsizliklerin modellenmesi (Shapiro, 2004; Stadtler, 2005; Bilgen ve Ozkarahan, 2004),
- ▶ Müşteri odaklılık (Al-Mudimigh ve diğ., 2004; Vis ve Roodbergen, 2002; Shah, 2005),
- ▶ Tersine lojistik (Bilgen ve Ozkarahan, 2004; Vis ve Roodbergen, 2002),
- ▶ Küresel lojistik (Bilgen ve Ozkarahan, 2004; Vis ve Roodbergen, 2002; Meixel ve Gargeya, 2005; Shah, 2005).

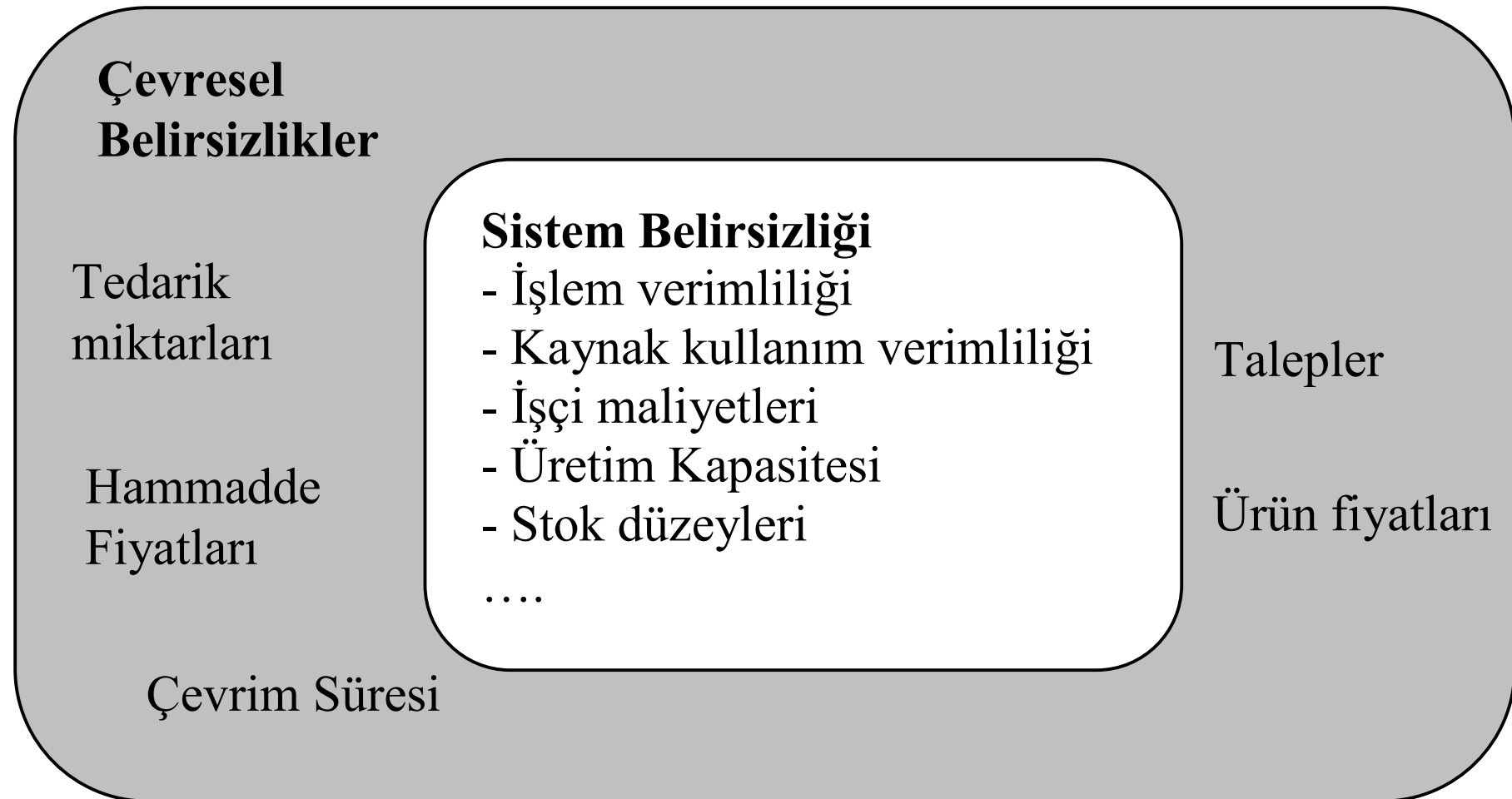


Çalışma konusunun tespit edilmesi

- ▶ Sonuçta; tespit edilen gelişime açık alanlar ışığında **çok aşamalı, veri bulunabilirliğini göz ardı etmeyen** ve **TZ'deki belirsizlikleri modelleyen** bir çalışma yapılmasına karar verilmiştir.
- ▶ Çok aşamalılığı sağlamak üzere, makale taramasının sonuçlarına göre **ağ yapılı bir TZ** göz önüne alınmıştır.
- ▶ Belirsizlikleri modelleyebilmek için literatürde diğerlerine göre az yer bulan **bulanık mantık** tercih edilmiştir.
- ▶ Ayrıca geliştirilen modelin sadece sayısal örneklerde değil **gerçek hayatta uygulanabilir** olmasına dikkat edilmiştir.



Tedarik Zinciri Planlamasında Karşılaşılan Belirsizlikler



TZP'de Belirsizliğin Modellenmesi

- Yapılan literatür çalışması sonucunda bulanık mantığın tedarik zincirlerindeki belirsizlikleri modelleyebilmek için etkin bir yaklaşım olduğuna karar verilmiştir.

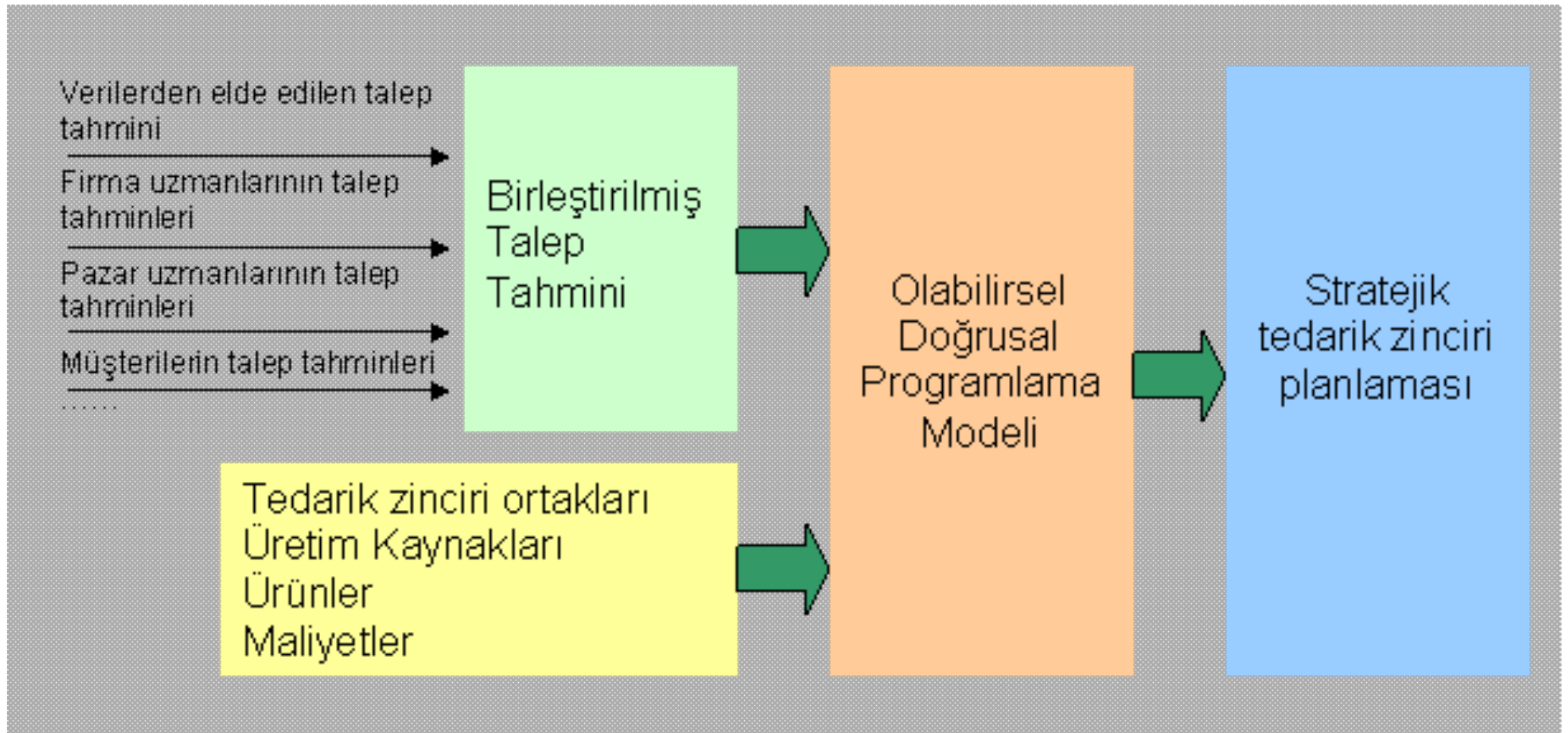


Önerilen Tedarik Zinciri Planlama Modeli

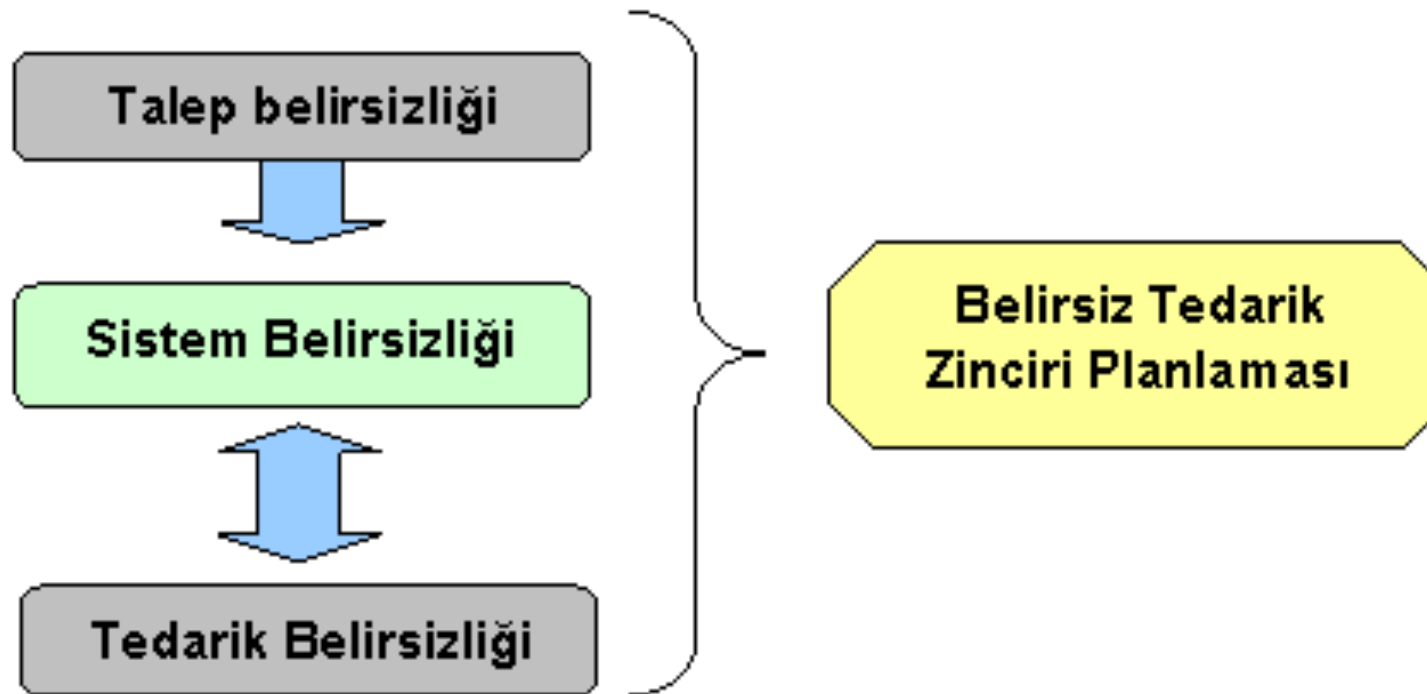
- ▶ Tez çalışmasının amacı **ağ yapılı TZ planlamada stratejik kararların verilmesine** destek olacak bulanık mantığa dayalı bir model geliştirmektir.
- ▶ Tez çalışmasında talep planlama, dış kaynak kullanımı, tedarikçi seçimi ve ağ yapılandırma konularını içeren bir problem incelenmiştir.
- ▶ Merkezi firma bakış açısıyla incelenen bir organizasyonda önerilen model aracılığı ile aşağıdaki sorulara cevap verilmeye çalışılmıştır.
 - ▶ Hangi ürünler işletme bünyesinde **üretilmelidir**?
 - ▶ Hangi ürünlerin ne kadarı **dışarıdan tedarik edilmelidir**?
 - ▶ Hangi pazarların **taleplerinin ne kadarı karşılanmalıdır**?
 - ▶ Hangi **kaynak** hangi **ürünün** üretimine ayrılmalıdır?
 - ▶ Hangi **kaynağın** ne kadarı **dışarıdan tedarik edilmelidir**?



Önerilen Karar Destek Sistemi



Önerilen Olabilirsel Doğrusal Programlama (ODP) Modeli



Önerilen ODP Modeli

- ▶ Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta bu modelin **uzun vadeli stratejik kararlar** için kullanılabilir olmasıdır.
 - ▶ Zaman geçtikçe belirsiz olan girdiler daha iyi öngörülebilir hale geleceğinden kararların buna göre kesinleştirilmesi gerekir.
- ▶ Karar hiyerarşisine göre düşünüldüğünde stratejik kararların belirsiz olarak verilmesi
 - ▶ bu kararlardan etkilenen taktik ve operasyonel kararlara daha fazla hareket alanı bırakacaktır.



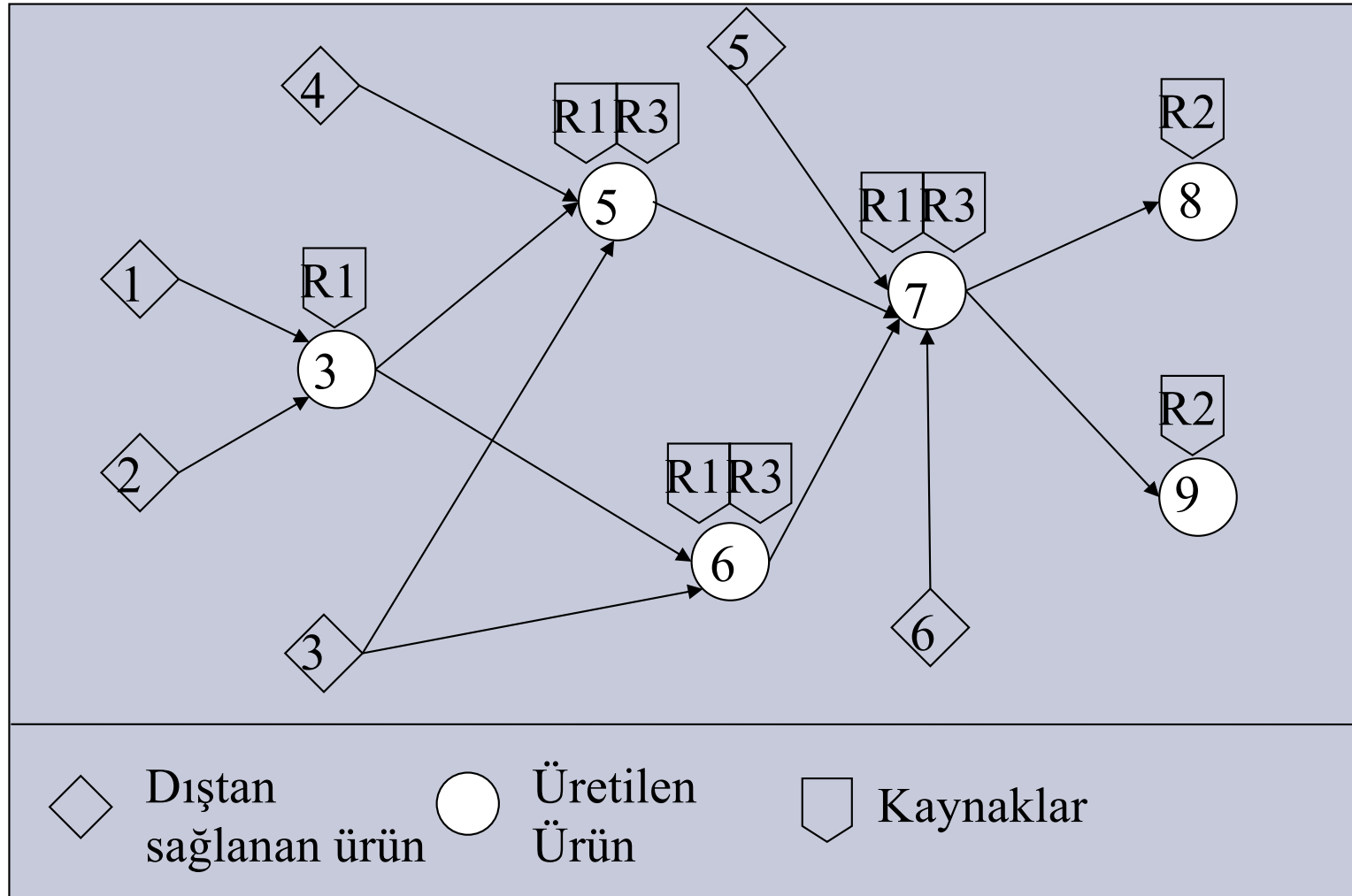
Önerilen ODP Modeli

► Model Girdileri

- İşletmenin tedarikçileri ve müşterilerini içine alan TZ'de yer alan **hammadde**, **ara ürün** ve **çıktı ürünler** (bundan sonra tüm hammadde, ara ürün ve çıktı ürünler “**ürün**” olarak bahsedilecektir).
- Ürünlerin üretiminde kullanılan **kaynaklar**, kaynaklar ile ilgili **maliyetler** ve **kapasite kısıtları**
- Dışarıdan **tedarik edilebilecek ürünler**, **maliyetleri** ve **en fazla tedarik edilebilecekleri miktarlar**
- Ürünleri **üretme** ve dışarıdan **tedarik etmedeki verimlilikler**



Faaliyet tabanlı TZ ağ yapısı



Önerilen ODP Modeli

- ▶ Model aracılığı ile verilmesi öngörülen kararlar
 - ▶ Üretim miktarları $\tilde{U}_p$
 - ▶ Dışarıdan tedarik edilen ürün miktarları $\tilde{D}_p$
 - ▶ Satılan ürün miktarları $\tilde{S}_p$
 - ▶ Dışarıdan sağlanan kaynak miktarları $\tilde{DK}_r$



Önerilen ODP Modeli - Amaç Fonksiyonları

► Enb Z1> **Kâr**

► Gelirler – Maliyet

Gelirler

Kaynak
kullanım
maliyeti

Dış kaynak
kullanımı
maliyeti

Ürün dıştan
sağlama
maliyeti

$$Z_1 \cong \sum_{p \in P} (\tilde{S}_p \otimes F_p) (-) \left(\sum_{r \in R} \left(KM_r \otimes \sum_{p \in P} (\tilde{U}_p \otimes KK_{pr}) \oplus (\tilde{D}K_r \otimes DKM_r) \right) \oplus \sum_{p \in P} (DM_p \otimes \tilde{D}_p) \right)$$

► Enk Z2> **Kârdaki Belirsizlik**

$$Z_2 = H(Z_1)$$

► Enk Z3> **Karar değişkenlerindeki Belirsizlik**

$$Z_3 = \sum_{p \in P} H(\tilde{U}_p) + \sum_{p \in P} H(\tilde{D}_p) + \sum_{p \in P} H(\tilde{S}_p) + \sum_{r \in R} H(\tilde{D}K_r)$$

Önerilen ODP Modeli - Kısa

Üretilen ve dışarıdan sağlanan ürün miktarı; satış miktarı ve diğer ürünlerde kullanılan ürün miktarından fazla olmalıdır

$$\tilde{U}_p \leq 0, \quad \forall p \in P$$

Dışarıdan tedarik edilmesi zorunlu ürünler

Firma tarafından kendi kaynakları ile üretimi zorunlu

$$\tilde{D}_p \leq 0, \quad \forall p \in P$$

Ürün dışarıdan sağlama, kapasite ile sınırlı

$$\tilde{D}_p \leq DC_p, \quad \forall p$$

Ürünler ile kaynaklar ilişkilendirilmiştir

$$\tilde{D}_p \leq \sum_u (BOM_{pu} \otimes \tilde{U}_u) \oplus \tilde{S}_p \quad \forall p \in P$$

Kaynak dışarıdan sağlama kapasiteleri verilmiştir

$$(\tilde{D} \otimes KK_{pr}) \leq KC_r \oplus \tilde{D}K_r, \quad \forall r$$

Satışlar taleplerle sınırlandırılmıştır

$$\tilde{D}K_r \leq DKC_r, \quad \forall r$$

$$\tilde{S}_p \leq \tilde{T}_p, \quad \forall p \in P$$

Önerilen ODP'nin çözümü

- ▶ Amaç fonksiyonları, birleştirilmek üzere normalize edilmiştir
- ▶ Amaç fonksiyonlarının değişim aralıkları bulunmalıdır
 - ▶ Birinci ve İkinci Amaçlar için -> İyimser ve Kötümser kâr değerleri
 - ▶ Üçüncü amaç için -> tüm karar değişkenleri için ayrı ayrı en büyük bulanıklık seviyesi



Önerilen ODP'nin Çözüm Yordamı

Bulanık parametreler ÜBS ile
temsil edilmesi



İyimser ve kötümser kâr
değerleri bulunması

DP - 1



Karar değişkenleri için en büyük
bulanıklık seviyelerinin
bulunması

DP - 2



ODP'nin DP'ye dönüştürülerek
çözülmesi

DP - 3

DP - 4



Önerilen ODP'nin Çözümü DP-1

- ▶ Amaç fonksiyonu **kârın en büyüklennesidir**

$$EnbZ = \sum_p (S'_p * F_p) - \left(\sum_r \left(KM_r * \sum_p (U'_p * KK_{pr}) + (DK'_r * DKM_r) \right) + \sum_p (DM_p + D'_p) \right)$$

- ▶ İyimser ve kötümser kârı bulabilmek için
 - ▶ Tüm karar değişkenlerinin kesin olduğu varsayılmıştır
 - ▶ Tüm bulanık parametreler netleştirilir
 - ▶ Kötümser kâr değerini bulmak için talep ve verimlilik oranları **en düşük seviyede** alınır (ÜBS'nin sağ destek noktası)
 - ▶ İyimser kâr değeri bulunmak için talep ve verimlilik oranları **en yüksek seviyede** alınır (ÜBS'nin sol destek noktası).



Önerilen ODP'nin Çözümü DP-1

$$\boxed{U'_p \leq 0} \quad \leftarrow \quad \tilde{U}_p \leq 0, \quad \forall p \in \text{PD}$$

$$\tilde{D}_p \leq 0, \quad \forall p \in \text{PU}$$

$$\boxed{VU'_p * U'_p + VD'_p * D'_p \geq \sum_u (BOM_{pu} * U'_u) + S'_p}$$

$$\tilde{D}_p \lesssim DC_p, \quad \forall p$$

$$\tilde{V}U_p \otimes \tilde{U}_p \oplus \tilde{V}D_p \otimes \tilde{D}_p \lesssim \sum_u (BOM_{pu} \otimes \tilde{U}_u) \oplus \tilde{S}_p$$

$$\sum_p (\tilde{U}_p \otimes KK_{pr}) \lesssim KC_r \oplus \tilde{D}K_r, \quad \forall r$$

$$\tilde{D}K_r \lesssim DKC_r, \quad \forall r$$

$$\boxed{S'_p \leq T'_p} \quad \leftarrow \quad \tilde{S}_p \lesssim \tilde{T}_p, \quad \forall p \in \text{P}$$

Önerilen ODP'nin Çözümü DP-1

► Kötümser kâr $(\underline{Z}_1)$

► İyimser kâr $(\overline{Z}_1)$

► Kâr normalize değeri $\frac{Z_1^M - \underline{Z}_1}{\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1}$

► Kârdaki bulanıklık değerinin normalizasyonu

$$\frac{(\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1) - (Z_1^R - Z_1^L)}{\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1}$$



Önerilen ODP'nin Çözümü DP-2

- Her karar değişkeni amaç fonksiyonu olarak kabul edilir. Önce **enb** sonra **enk** alınarak karar değişkeninin alt ve üst seviyeleri tespit edilir.

Enb (veya Enk) X

- Standart kısıt kümesine birinci amaç fonksiyonun (kâr) iyimser ve kötümser değerler arasında olduğu kısıtı eklenmiştir

$$\overline{Z}_1 \geq \sum_p (S'_p * F_p) - \left(\sum_r \left(KM_r * \sum_p (U'_p * KK_{pr}) + (DK'_r * DKM_r) \right) + \sum_p (DM_p + D'_p) \right) \geq \underline{Z}_1$$

Önerilen ODP'nin Çözümü DP-2

- Verimlilik oranı değerlerinin ne olacağı belli olmadığı için aralık olarak alınmıştır

$$\tilde{V}U_p \otimes \tilde{U}_p \oplus \tilde{V}D_p \otimes \tilde{D}_p \gtrsim \sum_u (BOM_{pu} \otimes \tilde{U}_u) \oplus \tilde{S}_p$$

$$VUU_p + VDD_p = \sum_u (BOM_{pu} * U'_u) + S'_p$$

$$VU_p^R * U'_p \geq VUU_p \geq VU_p^L * U'_p$$

$$VD_p^R * D'_p \geq VDD_p \geq VD_p^L * D'_p$$

$$VUU_p, VDD_p \geq 0,$$

Önerilen ODP'nin Çözümü DP-2

- ▶ Karar değişkenlerinin alt ve üst seviyeleri ile enbüyük bulanıklık seviyesi belirlenir
- ▶ X karar değişkeninin normalize bulanıklığı

$$\overline{X^F} = \overline{X} - \underline{X} \qquad X_F = \frac{\overline{X^F} - (X^R - X^L)}{\overline{X^F}}$$



Önerilen ODP'nin Çözümü DP-3

- Amaç fonksiyonu 3 amacın ağırlıklı toplamı ile elde edilir

$$\begin{aligned} & + w_1 * \left((Z_1^M - \underline{Z}_1) / (\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1) \right) \\ & + w_2 * \left(((\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1) - (Z_1^R - Z_1^L)) / (\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1) \right) \\ & + w_3 * \left(\begin{aligned} & \sum_{\substack{p \in P \\ U_p^F \neq 0}} \frac{\overline{U}_p^F - (U_p^R - U_p^L)}{\overline{U}_p^F} + \sum_{\substack{p \in P \\ D_p^F \neq 0}} \frac{\overline{D}_p^F - (D_p^R - D_p^L)}{\overline{D}_p^F} + \\ & \sum_{\substack{p \in P \\ S_p^F \neq 0}} \frac{\overline{S}_p^F - (S_p^R - S_p^L)}{\overline{S}_p^F} + \sum_{\substack{r \in R \\ DK_r^F \neq 0}} \frac{\overline{DK}_r^F - (DK_r^R - DK_r^L)}{\overline{DK}_r^F} \end{aligned} \right) / n^F \end{aligned}$$

Önerilen ODP'nin Çözümü DP-3

i ÜBS'nin kritik noktaları; $i = L, M, R$

- ▶ ODP'nin DP'ye çevrilmesinde ÜBS için tanımlanmış aritmetik işlemler kullanılmıştır
- ▶ Örneğin:

$$\tilde{V}U_p \otimes \tilde{U}_p \oplus \tilde{V}D_p \otimes \tilde{D}_p \cong \sum_u \left(BOM_{pu} \otimes \tilde{U}_u \right) \oplus \tilde{S}_p \quad \forall p$$

$$VU_p^i * U_p^i + VD_p^i * D_p^i \geq \sum_u \left(BOM_{pu} * U_p^i \right) + S_p^i \quad \forall (p, i)$$



Önerilen ODP'nin Çözümü – DP4

- Amaç, 3 amacın en düşük seviyesinin en büyüklenmesi olarak tanımlanır

$$\text{Enb } Z = \lambda$$

$$\lambda \leq (Z_1^M - \underline{Z}_1) / (\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1)$$

$$\lambda \leq ((\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1) - (Z_1^R - Z_1^L)) / (\overline{Z}_1 - \underline{Z}_1)$$

$$\lambda \leq \left(\sum_{\substack{p \in P \\ U_p^F \neq 0}} \frac{\overline{U}_p^F - (U_p^R - U_p^L)}{\overline{U}_p^F} + \sum_{\substack{p \in P \\ D_p^F \neq 0}} \frac{D_p^F - (D_p^R - D_p^L)}{\overline{D}_p^F} + \right. \\ \left. \sum_{\substack{p \in P \\ S_p^F \neq 0}} \frac{\overline{S}_p^F - (S_p^R - S_p^L)}{\overline{S}_p^F} + \sum_{\substack{r \in R \\ DK_r^F \neq 0}} \frac{\overline{DK}_r^F - (DK_r^R - DK_r^L)}{\overline{DK}_r^F} \right)$$

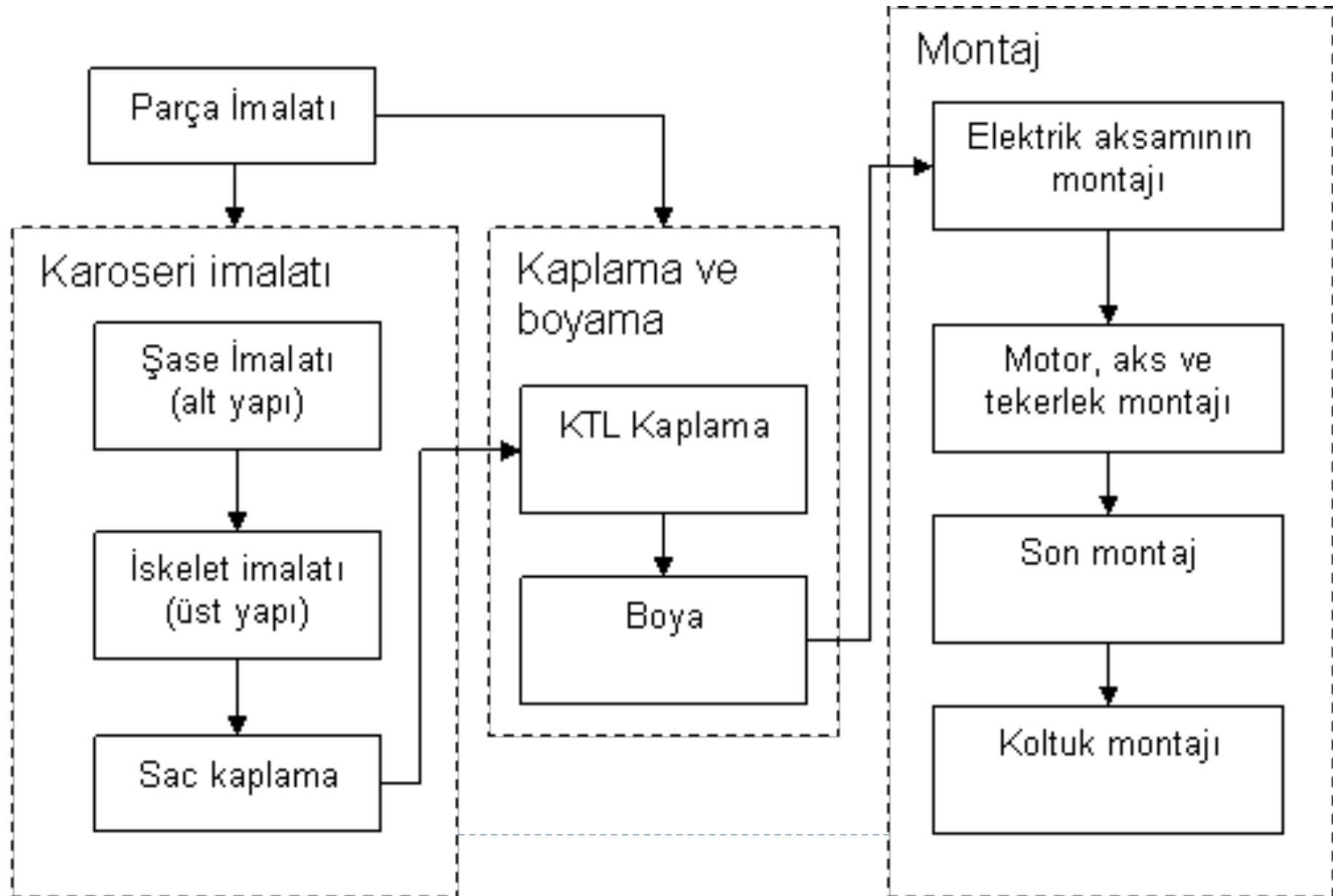


Uygulama

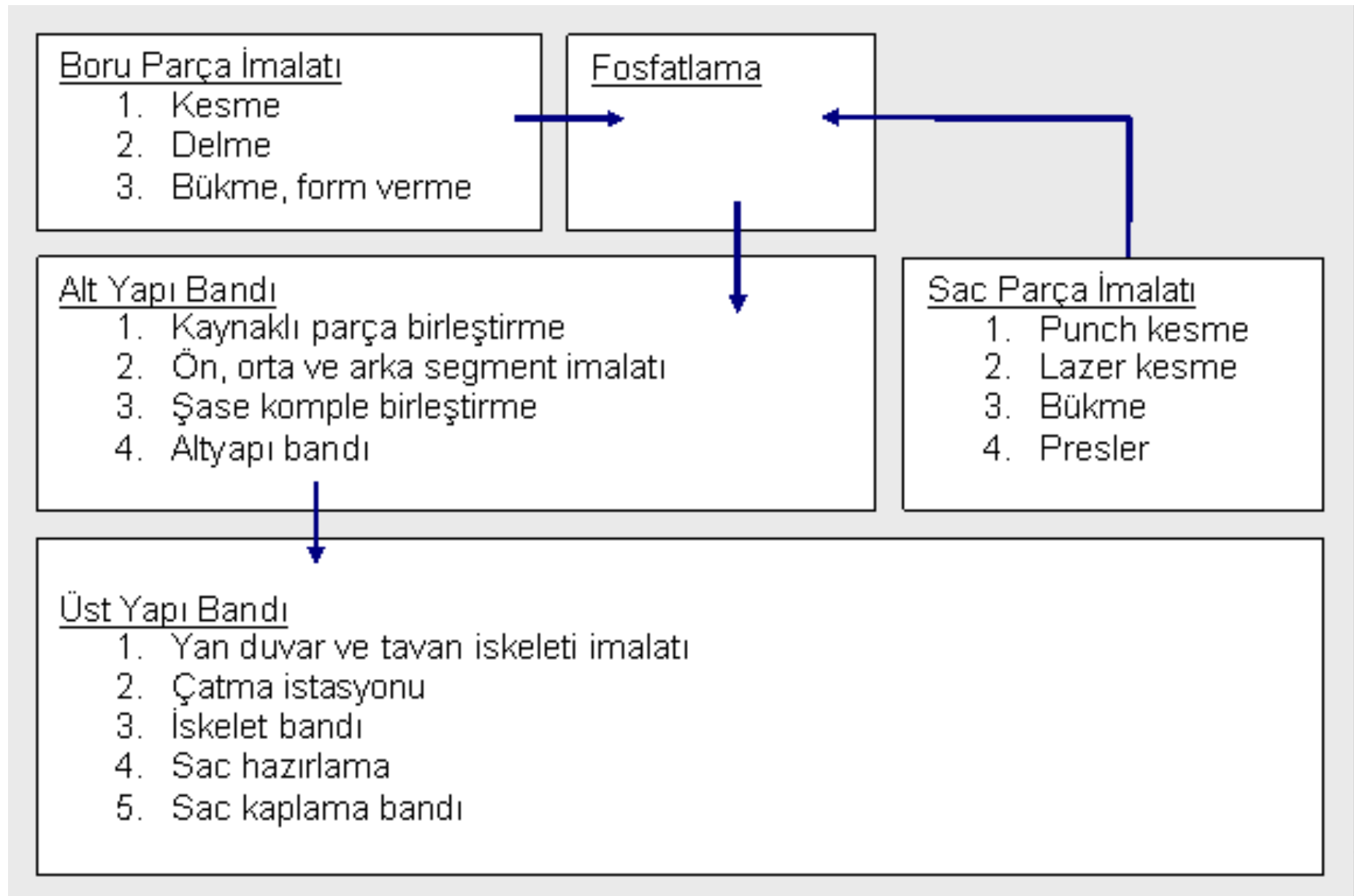
- ▶ Önerilen model Mercedes-Benz Türk A.Ş. (MBT)'nin İstanbul Hoşdere'de bulunan otobüs üretim tesisinde uygulanmıştır.
- ▶ Mercedes-Benz Türk A.Ş., Daimler-Benz AG, Mengenler Ticaret T.A.Ş. ve Has Otomotiv ortaklığında Otomarsan unvanı ile 1967 yılında İstanbul'da kurulmuştur. Şirket üretime O302 tipi otobüslerle ve günde 0,6 adetlik kapasite ile 1968 yılında Davutpaşa tesislerinde başlamıştır.
- ▶ Mercedes-Benz Türk A.Ş. bugün Hoşdere fabrikasında şehirlerarası ve belediye tipi otobüsler, Aksaray fabrikasında ise hafif, orta ağır ve ağır sınıf kamyonlar ve çekiciler üretmektedir.



MBT - Otobüs üretim süreci genel akışı



MBT – Karoseri imalatı



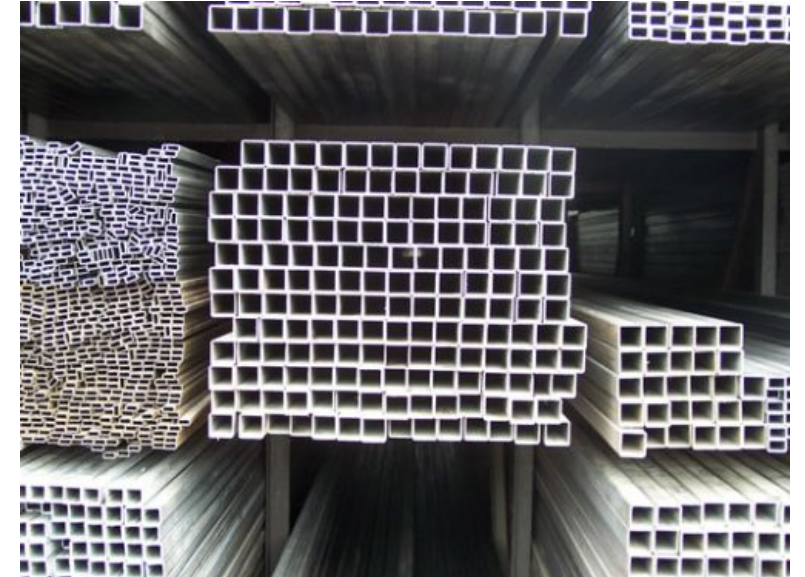
Önerilen Modelin Karoser İmalatında Uygulanması

- ▶ ODP modeli MBT Hoşdere tesislerinde üretilen ve Almanya – Mercedes’e satılan “Integro karoseri 15/R” kodlu karoser için uygulanmıştır.
- ▶ Bu ürün firmanın ürettiği diğer otobüslerin karoserleri ile benzer süreçte karoseri binasında üretilmektedir.
- ▶ Model ile bu ürün için 2009 yılına ait üretim ve tedarik ile ilgili stratejik planı oluşturulmuştur.



Model parametrelerinin tespit edilmesi

- ▶ Firmadan alınan bilgilere göre “Integro karoseri 15/R”nin üretiminde toplam 2178 adet ürün, ara ürün ve hammadde bulunmaktadır.
- ▶ Bunlardan 823 adedi hammadde olarak dışarıdan temin edilmektedir.
 - ▶ Dışarıdan temin edilen hammaddelerin büyük kısmını çeşitli ebat, malzeme ve kalitelerdeki sac ve profil borular oluşturmaktadır (toplam hammaddelerin %53’ü sac, %27’si profil borudur).



Önerilen Modelin Karoser İmalatında Uygulanması

- ▶ Model parametrelerinin tespit edilmesi
 - ▶ Tüm hammadde ve ara ürünleri içeren ürün ağacı ve hammaddelerin birim maliyetleri firmanın kurumsal kaynak planlama için kullandığı SAP sisteminden temin edilmiştir.
 - ▶ Dışarıya satılan bir ürün (Integro karoseri 15/R) olduğu varsayılmıştır.
 - ▶ Ayrıca hammaddelerin dışarıdan tedarik edilmesinde herhangi bir kısıt söz konusu değildir. Bu yüzden hammadde dışarıdan tedarik kapasitesi tüm ürünler için büyük bir sayı olarak alınmıştır.



Model parametrelerinin tespit edilmesi

- ▶ Kaynakların belirlenmesi için **firma yetkilileri** ile görüşülmüştür.
- ▶ Karoseri imalatı emek yoğun bir süreç olduğu için en önemli imalat kaynağı **işçiliktir**. Bu yüzden modelde “işçilik” ilk kaynak olarak belirlenmiştir.
- ▶ Karoser imalatındaki ana üretim süreçleri kaynak olarak göz önüne alınmıştır.
 - ▶ **Boru imalat kaynağı**
 - ▶ **Sac imalat kaynağı**
 - ▶ **Kaynak imalatı kaynağı**



Model parametrelerinin tespit edilmesi

- Her bir kaynağın **kapasitesini belirlemek** üzere o kaynak için kullanılacak tezgâh, işçi veya istasyon sayısı, yıllık çalışma günü sayısı, vardiya süresi ve ilgili ürün için ayrılan kapasite miktarı göz önüne alınmıştır.
- İşçilik **maliyeti** saat başına yaklaşık 13€'dur. Boru parça, sac parça ve kaynak imalatlarındaki tezgahların maliyetlerini bulabilmek için kullandıkları elektrik miktarı, bakım maliyetleri ve amortisman maliyetleri göz önüne alınmıştır.

Kynk no	Kaynak	Kapasite	Maliyet (€)	Dışarıdan temin etme kapasitesi	Dışarıdan temin etme ek maliyeti
1	İşçilik	4422600	0,216670	2063880	0,1083300
2	Boru parça imalatı	762048	0,022159	76205	0,0110795
3	Sac parça imalatı	394632	0,080577	39463	0,0402885
4	Kaynak imalatı	3129840	0,004029	312984	0,0020145

Model parametrelerinin tespit edilmesi

- **Verim oranları** son ürün hata oranları ve firma yetkililerinden bilgilere göre oluşturulmuştur.

Ürün grubu	Verim oranı kötümser değeri	Verim oranı beklenen değeri	Verim oranı iyimser değeri
Boru imalatında ortaya çıkan ürünler	0,988	0,992	0,995
Sac imalatında ortaya çıkan ürünler	0,982	0,988	0,993
Kaynak imalatında ortaya çıkan ürünler	0,976	0,984	0,990
Diğer ürünler	0,994	0,996	0,997

Model parametrelerinin tespit edilmesi

- Dışarıdan tedarik edilen hammaddeler için verim oranı tespit ederken hammaddeler cinslerine göre sınıflandırılmıştır. Tesisin en önemli hammaddeleri olan sac ve boru profiller ve bunlar dışında kalan hammaddeler için verim oranı belirlenmiştir.

Ürün grubu	Verim oranı kötümser değeri	Verim oranı beklenen değeri	Verim oranı iyimser değeri
Boru profiller	0,993	0,997	1,000
Saclar	0,990	0,995	1,000
Diğer hammaddeler	0,995	0,998	1,000

Önerilen Modelin Karoser İmalatında Uygulanması - Talep tahminin yapılması

▶ Satış miktarları

- ▶ 2006 yılı (Mart ayından itibaren satış başlamıştır) içerisinde 112 adet, (bir yıla yayılırsa 134,4 adet)
- ▶ 2007 yılı 164
- ▶ 2008 yılı 180 (Planlanan)

▶ Basit doğrusal eğilim ile

- ▶ talep miktarının beklenen değeri: 202,8
- ▶ En kötümser olarak 2008 yılı ile aynı: 180
- ▶ En iyimser olarak artış iki kat olacak: 225,6

▶ Üçgen bulanık sayı ile ifade edilirse:

- ▶ $\tilde{T}_1 = (180; 202,8; 225,6)$



Talep tahminin yapılması

Tahmin kaynağı	Tahmin no	Kötümser talep tahmini	Beklenen talep tahmini	İyimser Talep tahmin	Tahmin ağırlığı
İstatistiki veri	1	180	202,8	225,6	0,363
Üretim planlama uzmanı (Otobüs)	2	180	190	210	0,239
Üretim planlama uzmanı (Karoser)	3	180	185	200	0,159
Pazarlama uzmanı	4	170	190	200	0,239

Birleşmiş talep tahmini

$$\tilde{T} = (177,6; 193,9; 211,7)$$



Önerilen Modelin Karoser İmalatında Uygulanması

- ▶ Olabilirselsel doğrusal programlama modelinin kurulması
 - ▶ Tüm maliyetlerin dahil edilmesi için dikkate alınan kaynaklardan bağımsız olarak oluşan maliyetler ilave edilmiştir

▶ Diğer maliyetler =

$$0,024 * \left[\sum_{p \in P} (DM_p \otimes \tilde{D}_p) + \left(KM_r \otimes \sum_{p \in P} (\tilde{U}_p \otimes KK_{pr}) \right) + (\tilde{D}K_r \otimes DKM_r) \right]$$



Önerilen Modelin Karoser İmalatında Uygulanması

- **İyimser ve kötümser kâr değerlerinin bulunması**
 - İyimser kârı bulabilmek için ODP modeli DP-1'e dönüştürülürken parametrelerin iyimser değerleri göz önüne alınmıştır

Parametre		Parametre iyimser değeri
Üretim verim oranı parametreleri	Boru imalatında ortaya çıkan ürünler	0,995
	Sac imalatında ortaya çıkan ürünler	0,993
	Kaynak imalatında ortaya çıkan ürünler	0,990
	Diğer ürünler	0,997
Dışarıdan tedarik verim oranı parametreleri	Boru profiller	1,000
	Saclar	1,000
	Diğer hammaddeler	1,000
Talep (ilgili ürün için)		211,7

► İyimser kâr $\overline{Z}_1 = 788.024$

Önerilen Modelin Karoser İmalatında Uygulanması

- **İyimser ve kötümser kâr değerlerinin bulunması**
 - Kötümser kârı bulabilmek için ODP modeli DP-1'e dönüştürülürken **parametrelerin kötümser değerleri** göz önüne alınmıştır

Parametre		Parametre kötümser değeri
Üretim verim oranı parametreleri	Boru imalatında ortaya çıkan ürünler	0,988
	Sac imalatında ortaya çıkan ürünler	0,982
	Kaynak imalatında ortaya çıkan ürünler	0,976
	Diğer ürünler	0,994
Dışarıdan tedarik verim oranı parametreleri	Boru profiller	0,993
	Saclar	0,990
	Diğer hammaddeler	0,995
Talep (ilgili ürün için)		177,6

- **Kötümser kâr** $\underline{Z}_1 = 565.761$

Önerilen Modelin Karoser İmalatında Uygulanması

- ▶ Karar değişkenleri için en büyük bulanıklık seviyesinin bulunması
 - ▶ Toplam 2185 adet karar değişkeninin sıfırdan farklı bir değer alabileceği saptanmıştır.
 - ▶ DP-2 her karar değişkenini en büyük ve en küçük alabileceği değerleri bulmak üzere $2185 * 2 = 4370$ kere çalıştırılmıştır.
- ▶ GAMS platformunda yazılan döngüsel bir algoritma ile çözüme ulaşılmıştır.



Ürün kodu (p)	Üretim miktarı (U _p)			Tedarik miktarı (D _p)				Satış miktarı (S _p)	
	Enb	Enk	En büyük bulanıklık	Enb	Enk	En büyük bulanıklık	Enb	Enk	En büyük bulanıklık
o (satılan ürün)	211,4	151,6	59,8	-	-	-	209,3	150,0	59,3
2	-	-	-	503,2	352,1	151,1	-	-	-
28	220,6	154,2	66,4	-	-	-	-	-	-
49	-	-	-	21,8	15,3	6,5	-	-	-
124	680,5	468,8	211,7	-	-	-	-	-	-
319	2726,5	1880,8	845,7	-	-	-	-	-	-
647	-	-	-	1648,2	1124,4	523,8	-	-	-
805	451,0	311,5	139,5	-	-	-	-	-	-
1292	-	-	-	396,4	274,4	122,0	-	-	-
1944	-	-	-	1390,7	975,1	415,6	-	-	-
1946	5197,8	3581,8	1616,0	-	-	-	-	-	-
2655	-	-	-	292,1	199,3	92,8	-	-	-
2699	227,3	156,2	71,1	-	-	-	-	-	-
2930	462,7	314,6	148,1	-	-	-	-	-	-
3040	-	-	-	143,2	100,3	42,9	-	-	-
3104	226,0	155,7	70,3	-	-	-	-	-	-



Olabilirsel doğrusal programlama modelinin çözülmesi

- ▶ Olabilirsel doğrusal programlama modelinin çözülmesi
- ▶ DP-4: Üç amacın en düşük seviyesinin en büyüklenmesi
 - ▶ Kârın en büyüklenmesi (A1).
 - ▶ Kârdaki belirsizliğin en küçüklenmesi (A2),
 - ▶ Karar değişkenlerindeki belirsizliğin en küçüklenmesi (A3).
- ▶ $Kâr = (527968, 654528, 661464)$
- ▶ İlk iki amaç olan kâr ve kârdaki belirsizlik normalize değerleri 0,399 iken üçüncü amaç olan karar değişkenlerindeki belirsizliğin değeri 0,992'dir.
- ▶ Ürünün satış miktarları = $(177,600; 186,037; 186,037)$



Olabilirsel doğrusal programlama modelinin çözülmesi

- ▶ DP-4 sonuçları
- ▶ Kaynak kullanım oranları

Kaynak	Mevcut Kapasite	Kaynak kullanımı kötümser değeri	Kaynak kullanımı beklenen değeri	Kaynak kullanımı iyimser değeri
İşçilik	4422600	3785198 (%85,59)	3815365 (%86,27)	3815371 (%86,27)
Boru imalatı	762048	759363 (%99,65)	761567 (%99,94)	761567 (%99,94)
Sac imalatı	394632	365400 (%92,59)	366461 (%92,86)	366461 (%92,86)
Kaynak imalatı	3129840	2512592 (%80,28)	2539049 (%81,12)	2539055 (%81,12)



Olabilirsel doğrusal programlama modelinin çözülmesi

- ▶ DP-4 sonuçları
- ▶ Karar değişkenleri:
 - ▶ Dışarıdan tedarik miktarlarında belirsizlik ile karşılaşılmamıştır (bu ürünlerin dışarıdan tedarik miktarlarını oluşturan ÜBS'lerin uç uç değeri birbirlerine eşit çıkmıştır).
 - ▶ Üretim miktarlarında ise üretimi yapılan ürünlerin %66'sında belirsiz kararlar verilmiştir. Bu karar değişkenlerinde belirsizlik oranları %0 ile %12 arasında değişmektedir.

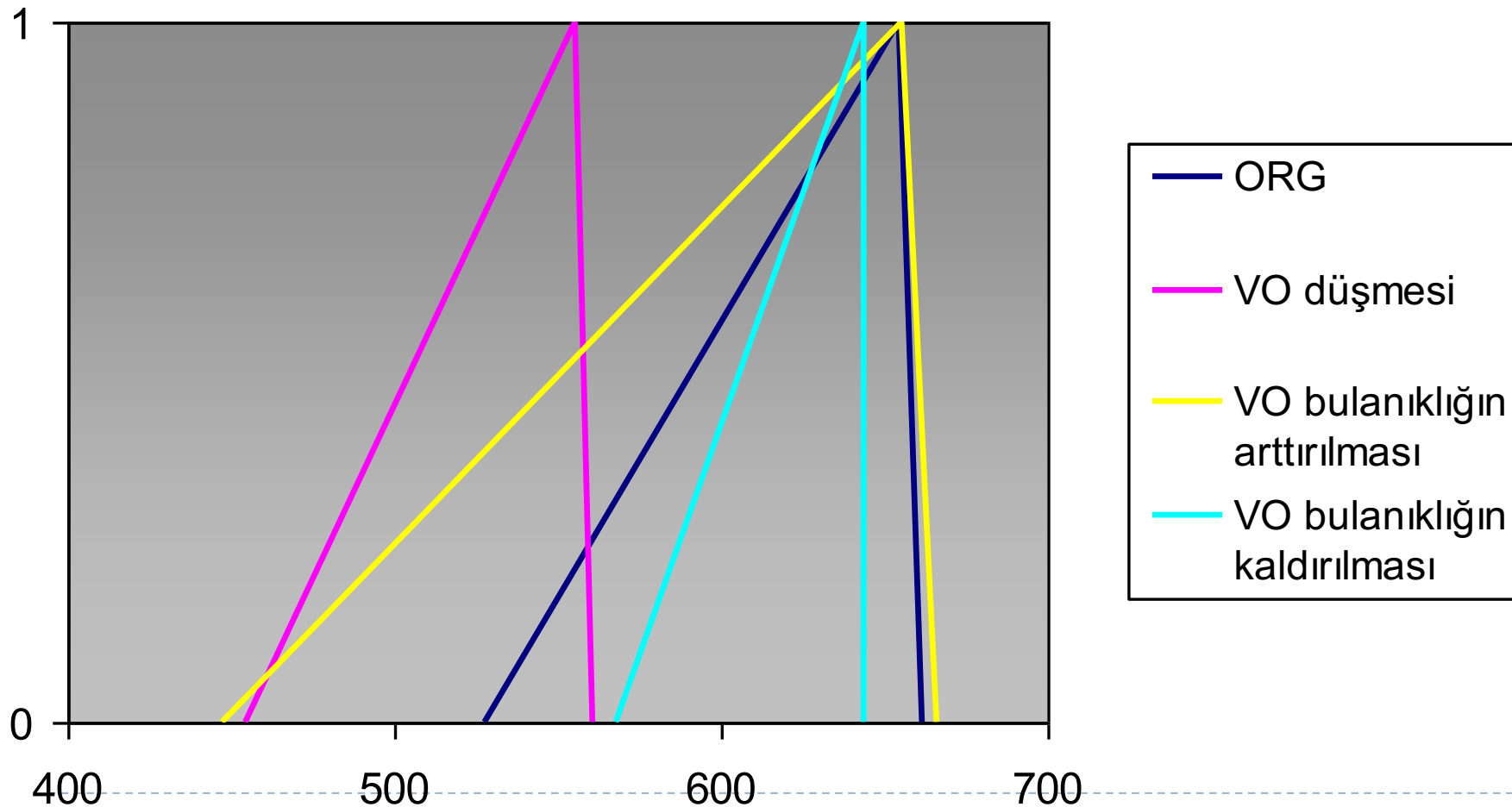


Modelin doğrulanması

Deney no	Açıklama	Uygulama şekli
Deney 1	Verimlilik oranlarının düşürülmesi	ÜBS ile gösterilen verimlilik oranlarının her üç kritik noktası %1 düşürülmüştür.
Deney 2	Verimlilik oranlarının bulanıklığının arttırılması	ÜBS ile gösterilen verimlilik oranlarının kötümser değerleri %1 azaltılmış, beklenen değerleri Değiştirilmemiş ve iyimser değerleri %100'e eşitlenmiştir.
Deney 3	Verimlilik oranlarının bulanıklığının kaldırılması	ÜBS ile gösterilen verimlilik oranlarının her üç kritik noktası beklenen değere eşitlenmiştir.
Deney 4	Talebin düşürülmesi	ÜBS ile gösterilen talebin her üç kritik noktası %10 düşürülmüştür.
Deney 5	Talebin arttırılması	ÜBS ile gösterilen talebin her üç kritik noktası %10 arttırılmıştır.
Deney 6	Talepteki belirsizliğin arttırılması	ÜBS ile gösterilen talebin kötümser değeri %10 azaltılmış, beklenen değeri değiştirilmemiş ve iyimser değeri %10 arttırılmıştır.
Deney 7	Talepteki belirsizliğin kaldırılması	ÜBS ile gösterilen talep değerinin üç kritik noktası beklenen değere eşitlenmiştir.
Deney 8	Ürün satış fiyatı düşmesi	Ürün fiyatı %20 düşürülmüştür.
Deney 9	Kaynak maliyetlerin arttırılması	Kaynak birim kullanım maliyetleri %20 arttırılmıştır.
Deney 10	Hammadde maliyetlerinin arttırılması	Hammadde dışarıdan tedarik maliyetleri %20 arttırılmıştır.
Deney 11	Tüm maliyetlerin azaltılması	Kaynak birim kullanım maliyetleri ve hammadde dışarıdan tedarik maliyetleri %10 azaltılmıştır.
Deney 12	Kaynak kapasitesinin arttırılması	Kaynak dışarıdan tedarik kapasitesi iki katına çıkarılmıştır.

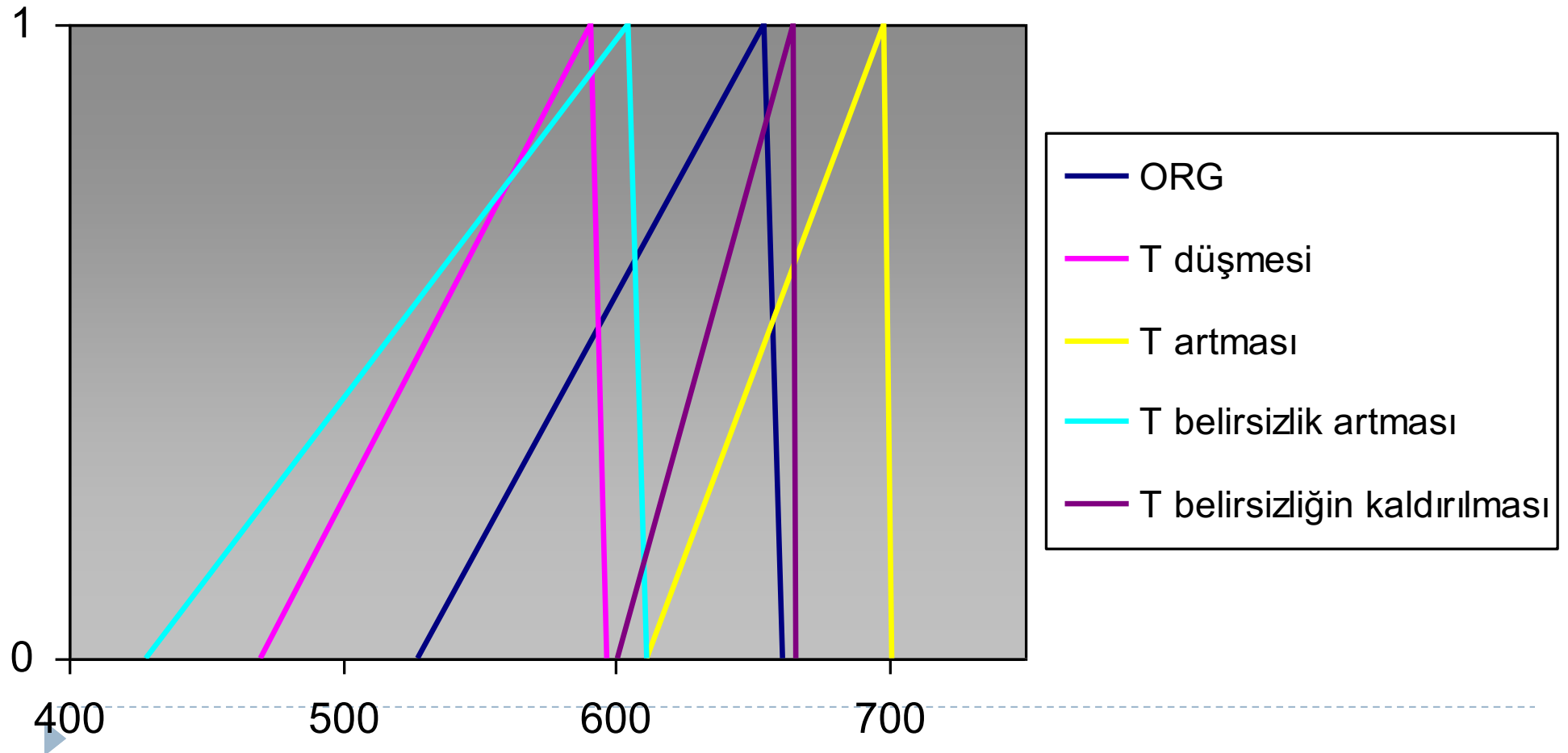
Modelin doğrulanması

► Verim oranlarındaki değişim



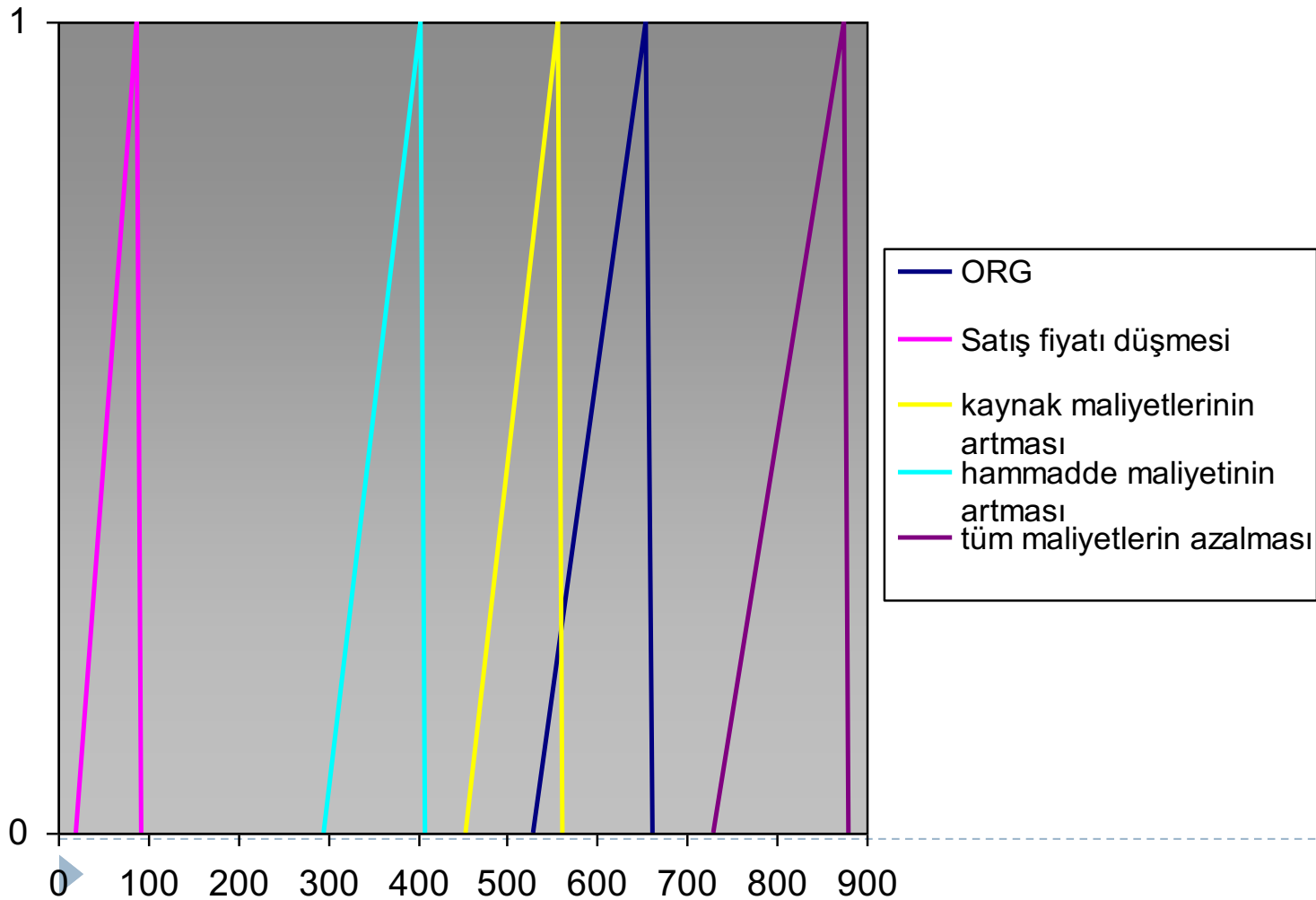
Modelin doğrulanması

► Talepteki değişim



Modelin doğrulanması

► Satış fiyatı / Maliyetlerin değişmesi



Karoseri İmalatı İçin Stratejik Planlama

- ▶ Farklı senaryolar altında farklı stratejik kararlar verildiğinde firma performansının nasıl değişeceği araştırılmıştır
- ▶ Bu amaçla firma bünyesinde üretilen ürünlerin dışarıdan tedarik edilme seçenekleri değerlendirilmiştir
 - ▶ Mevcut kapasite ve talebe göre tedarik edilecek ürünlerin belirlenmesi
 - ▶ Talep arttığında tedarik edilecek ürünlerin belirlenmesi



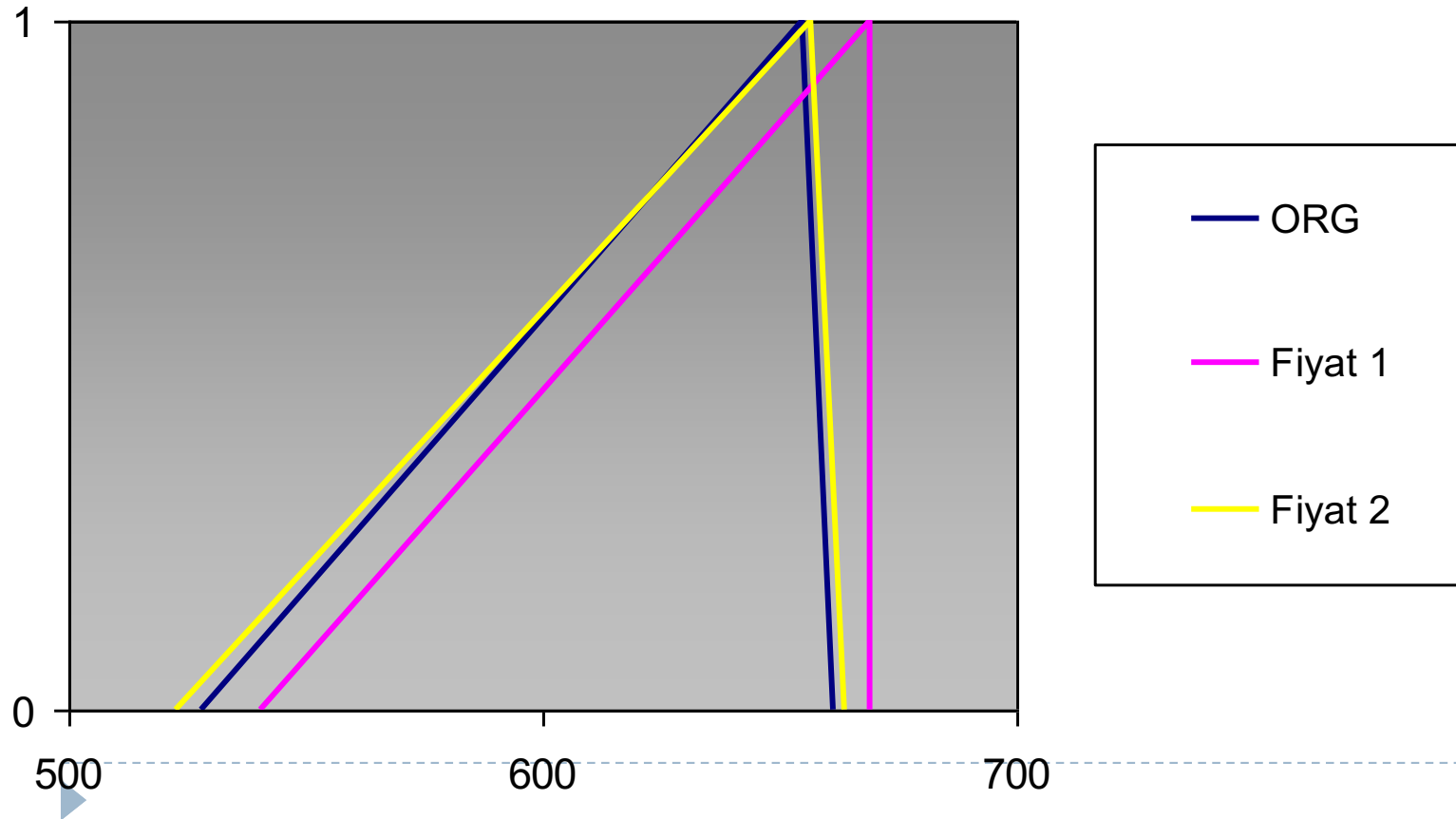
Karoseri İmalatı İçin Stratejik Planlama

- ▶ Mevcut kapasite ve talebe göre tedarik edilecek ürünlerin belirlenmesi
 - ▶ Ürünlerin firma bünyesine **iyimser verim oranları** ile üretilmesinin maliyeti dışarıdan temin etme fiyatı olarak belirlenmiştir (**Fiyat 1**).
 - ▶ Ürünlerin firma bünyesine **kötümser verim oranları** ile üretilmesinin maliyeti dışarıdan temin etme fiyatı olarak belirlenmiştir (**Fiyat 2**).
 - ▶ $\text{Fiyat 2} > \text{Fiyat 1}$



Karoseri İmalatı İçin Stratejik Planlama

- Mevcut kapasite ve talebe göre tedarik edilecek ürünlerin belirlenmesi



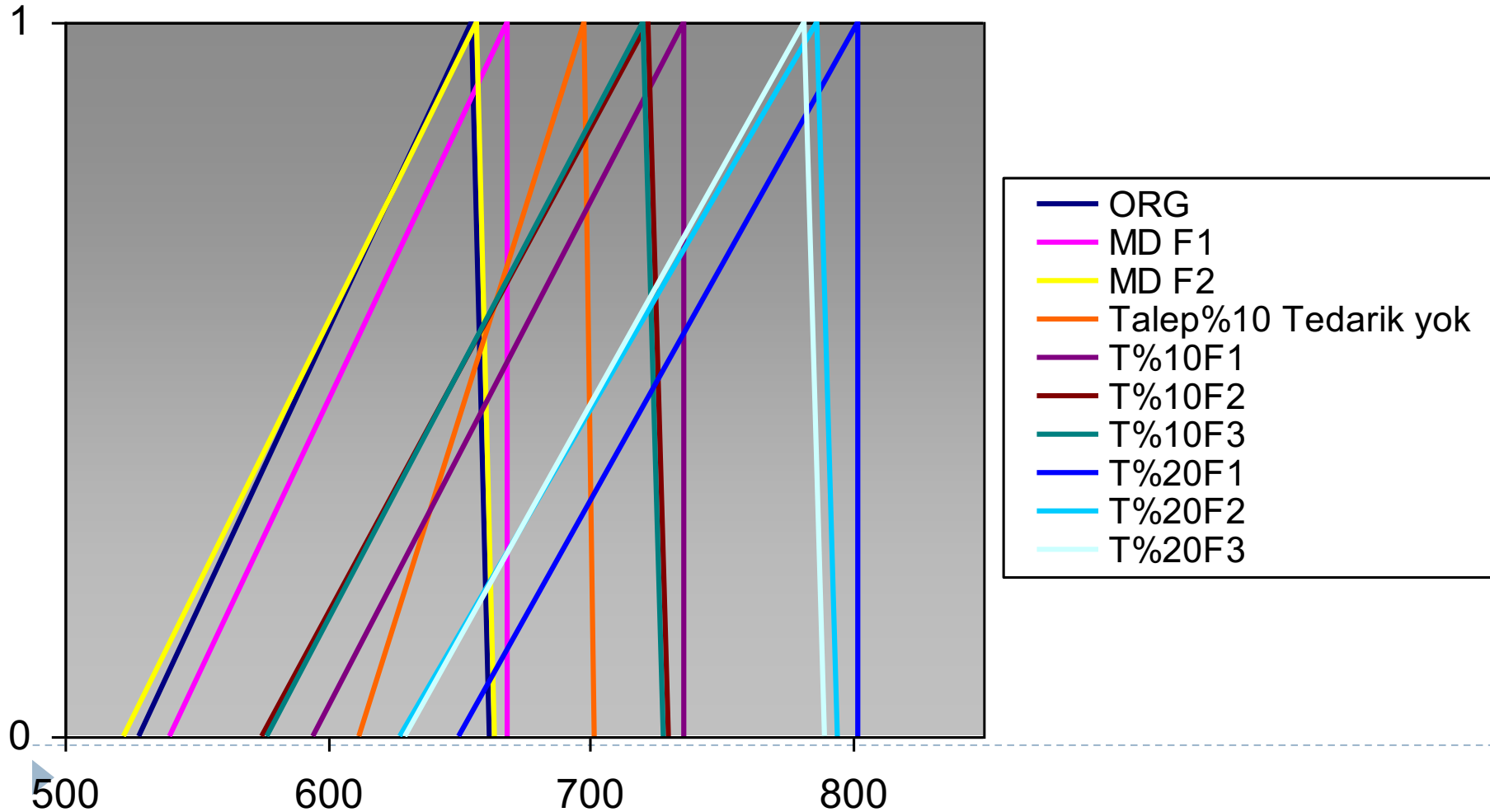
Karoseri İmalatı İçin Stratejik Planlama

- ▶ Talep arttığında tedarik edilecek ürünlerin belirlenmesi
 - ▶ Talebin %10 artması
 - ▶ Talebin %20 artması
- ▶ Fiyat 3 – Fiyat 2 (kötümser verimlilikler ile hesaplanan maliyetler)'nin %5 fazlası



Talep arttığında ürünlerin tedarik edilmesi

► Farklı durumlardaki kâr miktarları



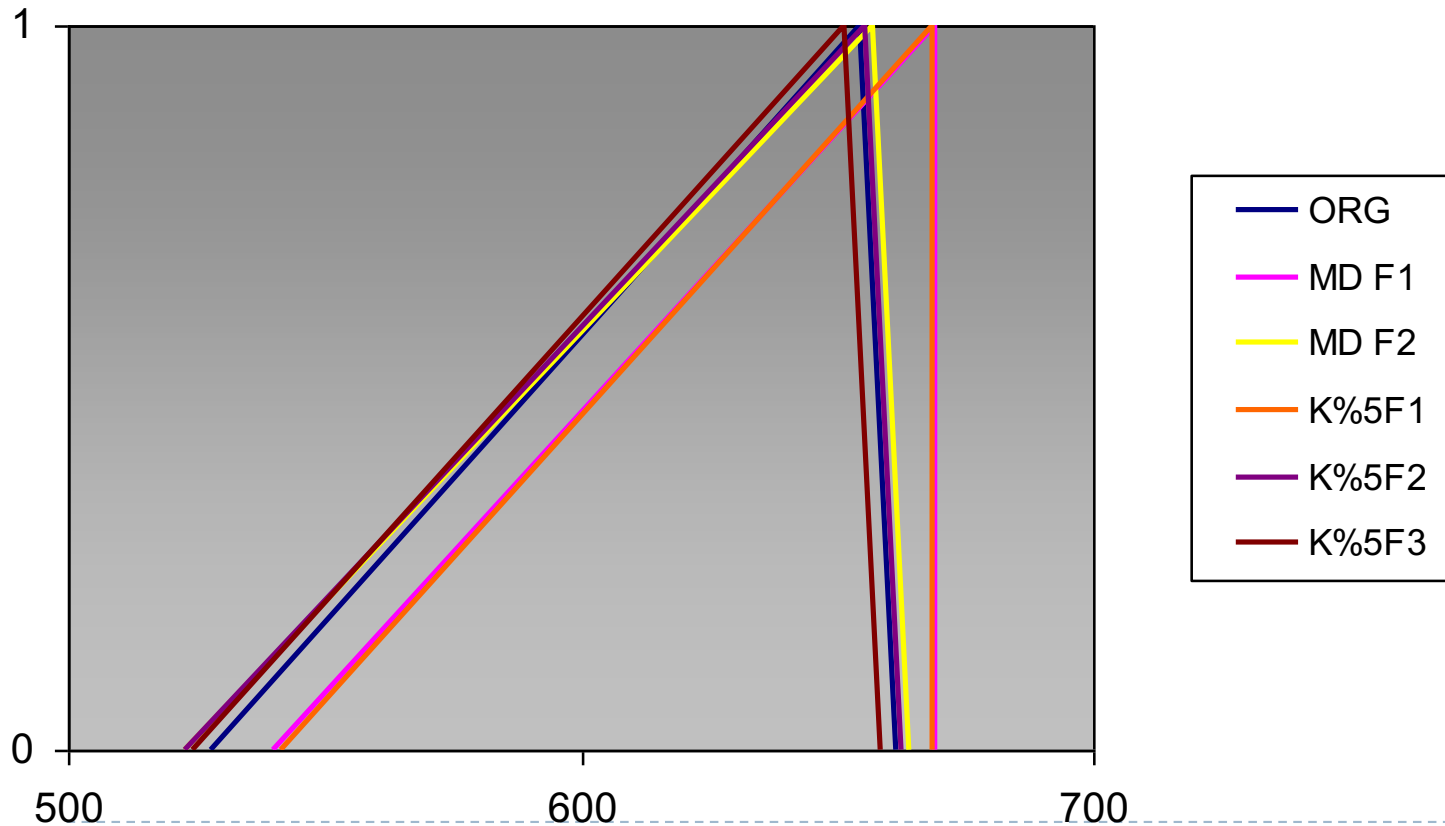
Karoseri İmalatı İçin Stratejik Planlama

- ▶ Kapasite düştüğünde tedarik edilecek ürünlerin belirlenmesi
 - ▶ İlgili ürünün toplam kapasitedeki payının %6 olduğu varsayılmış ve planlama için kullanılan kaynak kapasiteleri tesisin toplam kaynak kapasitesinin %6'sı alınarak belirlenmiştir.
 - ▶ İlgili ürün için ayrılan kapasitenin azaltılması durumunda ara ürünlerin dışarıdan temin edilmesi seçeneği değerlendirilmek üzere imalatı için ayrılan %6'lık kapasitenin %5'e düştüğü varsayılmıştır.



İlgili ürünün kapasitesi %5'e düşerse

► Farklı durumlardaki kâr miktarları



İlgili ürünün kapasitesi %5'e düşerse Kaynak kullanımları

Kaynak no Kaynak		Fiyat 1	Fiyat 2	Fiyat 3
1	İşçilik	0	(3616360; 3646528; 3646526) (%98,12; 98,94; 98,94)	(3655598; 3685500; 3685498) (%99,19; 100; 100)
2	Boru parça imalatı	0	(632964; 635040; 635040) (%99,67; 100; 100)	(681142; 683271; 683271) (%107,26; 107,6; 107,6)
3	Sac parça imalatı	0	(327760; 328860; 328860) (%99,67; 100; 100)	(327786; 328860; 328860) (%99,67; 100; 100)
4	Kaynak imalatı	0	(2507477; 2534022; 2534020) (%96,14; 97,16; 97,16)	(2498807; 2525060; 2525058) (%95,81; 96,81; 96,81)



Uygulama Sonuçları

- ▶ Firma, kendi **iyimser verimlilik oranlarına göre belirlediği maliyetlere** eşit veya altında bir fiyatla temin edebiliyorsa, ara ürünleri dışarıdan almalıdır.
- ▶ Kendi **kötümser verimlilik oranlarına göre belirlediği maliyetler** ile dışarıdan ürün temin edebiliyorsa bazı ara ürünleri dışarıdan alarak kârını arttırabilir.
- ▶ Firmanın kapasitesi şu anki talepleri karşılamak için yeterlidir. Fakat **talep artarsa kapasitesi yeterli olmayacaktır.**
- ▶ **Ara ürünleri** kendi iyimser maliyetleri veya **%5 fazlasına temin edebiliyorsa** talepleri karşılayıp kârını arttırabilir.



Uygulama Sonuçları

- ▶ Firma bazı ara ürünleri iyimser maliyetleri, kötümser maliyetleri veya **kötümser maliyetlerinin %5 fazlası fiyatla** temin edebilirse; tesiste üretilen diğer ürünlere kapasite açmak için ilgili ürüne ayrılan kaynak **kapasite oranı %6'da %5'e düşürülebilir**.
 - ▶ Bu sayede ilgili ürününün kaynak kapasitesi kullanım oranlarını arttırabilir.
- ▶ Gerçekleştirilen maliyet analizi sonunda **talebin artması ve kapasitenin düşmesi daha yüksek** olduğunda dışarıdan **ara ürün almanın etkisinin daha çok** olduğu görülmüştür.
 - ▶ Bu yüzden firma taleplerde kayda değer bir artış bekliyorsa veya diğer ürünlerinin kapasitesi arttırarak ilgili karoserin kapasitesini anlamlı düzeyde düşürmek istiyorsa ara ürünlerin dışarıdan tedarik edilmesini ciddi olarak planlamalıdır.



Sonuçlar

- ▶ TZ planlamada stratejik kararların verilmesine destek olacak bulanık mantığa dayalı bir model geliştirilmiştir.
- ▶ Modeli geliştirmek için öncelikle TZY ve TZ konusunda kapsamlı bir literatür çalışması yapılmış ve bu konularda gelişime açık alanlar tespit edilmiştir.
- ▶ Literatür çalışması sonucunda TZ'nin ağ yapılı olarak modellendiği ve TZ'deki belirsizliklerin dikkate alındığı bir yaklaşımın geliştirilmiştir.
- ▶ Daha sonra özellikle bu konular ile ilgilenilen mevcut çalışmalar ayrıntıları ile irdelenmiş ve yeni bir yaklaşım sunma adına bulanık mantık tabanlı bir ODP modeli önerilmiştir.



Görüş ve eleştirileriniz?



Sonuçlar

► Gelecek çalışmalar

- Çalışma neticesinde bulanık mantığın TZ'deki belirsizlikleri etkin olarak modelleyebildiği sonucuna varılabilir.
 - Bu yüzden bundan sonraki çalışmalarda belirsizliklerin modellenmesi için bulanık mantığa dayalı yöntemlerin kullanılması yaygınlaşmalıdır. Örneğin TZ konusunda en fazla ilgi gören konulardan biri olan kamçı etkisinin bulanık mantık ile incelenmesi yararlı bir çalışma olabilir.
- ODP'yi çözmek için önerilen yaklaşım geliştirilebilir.
 - ODPyi çözmek için önerilen DP modellerinin sonucunda ortaya çıkan gölge fiyat, indirgenmiş maliyet gibi kavramların ODP için ne ifade edeceği araştırılabilir



Sonuçlar

► Gelecek çalışmalar

- Modelin kullanıcı dostu bir yazılıma dönüştürülmesi gelecek çalışmalara örnek olarak söylenebilir. Bu sayede çok daha fazla deney yapılarak incelenen sistemlerin daha ayrıntılı analiz edilmesi mümkün olacaktır.
- Uzun vadede, modelin firmaların üretim ve tedarik planlamalarında kullanılabilmesi için firmaların kullandığı mevcut yazılımlar ile bütünleşik olarak çalışacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.



GELECEK HAFTA

- ▶ Konu: Vardiya Planlama
- ▶ **Ödev 6**
- ▶ Teslim tarihi: 9 Aralık 2020
- ▶ Kabak vd. (2008) temel alınarak vardiya planlama ile ilgili en fazla iki sayfalık rapor hazırlanacak.
 - ▶ Kabak vd (2008) incelenecek
 - ▶ Konuyla ilgili yeni tarihli en az iki farklı makale bulunup incelenecek
 - ▶ Kabak vd (2008) eleştirilecek
- ▶ İlgili makale:
 - ▶ Kabak, Ö., Ülengin, F., Aktaş, E., Önsel, Ş., Topcu, Y.İ. (2008) Efficient shift scheduling in the retail sector through two-stage optimization. European Journal of Operational Research, 184, s. 76-90.

