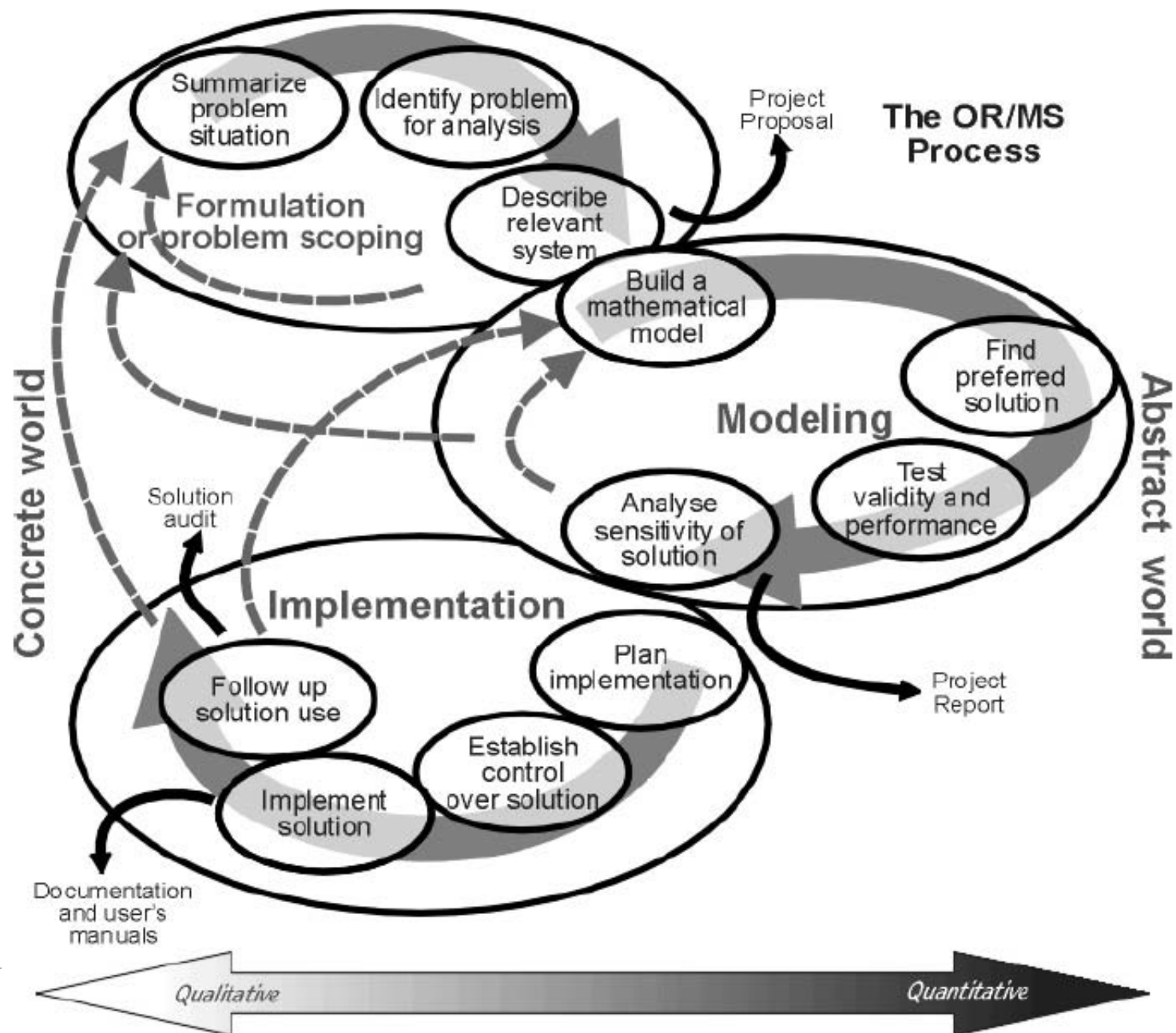


İleri Yöneylem Araştırması Uygulamaları Vardiya Planlama

Dr. Özgür Kabak

2019-2020 Güz

Katı YA yöntembilimi (Hard OR methodology)



Perakende sektöründe iki aşamalı optimizasyon ile vardiya planlama

- ▶ Tema Mağazacılık için gerçekleştirilen bir proje
- ▶ 2005-2006
- ▶ Grup üyeleri
 - ▶ Füsun Ülengin
 - ▶ Şule Önsel Ekici
 - ▶ İlker Topçu
 - ▶ Emel Aktaş
 - ▶ Özgür Kabak



Proje içeriği

- ▶ Projenin amacı, Tema Mağazacılık Hiz.Tic.A.Ş.'de
- ▶ Mevcut durumun analiz edilmesi
 - ▶ Mağaza ziyaretleri (Cadde/AVM/Semt mağazaları)
 - ▶ Yöneticilerle görüşme
- ▶ En iyileme Modelinin geliştirilmesi
 - ▶ Satış tepki modeli
 - ▶ Optimizasyon modeli
 - ▶ Simulasyon modeli
- ▶ Pilot uygulama gerçekleştirilmesi
- ▶ Eğitim verilmesi
 - ▶ Teknik eğitim
 - ▶ Mağaza müdürlerinin eğitimi



Mevcut Durum - Gözlemler

- Gün içinde tipik saatler (öğlen, akşam iş çıkışı...) bulunmaktadır.
- Bu saatlerdeki müşteri davranışları ve alışveriş tutarları diğer saatlere göre farklılık göstermektedir.
 - Öğlen ve iş çıkışı daha hızlı alışveriş yapma eğilimi var.
 - Hafta sonu daha çok gezi amaçlı ve müşteriler mağazada daha fazla zaman harcıyorlar.



Mevcut Durum – Personel

- ▶ Bayram, indirimge geçiş, sezon açılış, Babalar Günü Haftası gibi dönemlerde satışlar ve dolayısıyla operasyonel iř yükü artmaktadır.
- ▶ Fazla eleman çalıştırıldığında primden kayıp meydana gelmektedir.
- ▶ Personel sayısı eksikliği ciro kaybına neden olmaktadır.
- ▶ Bayramda geçici personel alıştırma ihtiyaı doğmaktadır.



Mevcut Durum – Personel

- ▶ Satış danışmanının yaptığı işler
 - ▶ Müşteriyi karşılamak, ihtiyacı anlamak, ürüne yönlendirmek, kabine eşlik etmek, ekstra ürünleri bulup önermek
 - ▶ Ürünleri kontrol etmek
 - ▶ Reyona almak
 - ▶ Satış yapmak
 - ▶ Beden eksikliğini kontrol etmek, depoya bildirmek.
- ▶ Her katta/reyonda mutlaka bir çalışan olmak zorundadır
- ▶ Personeller mümkün olduğu kadar aynı reyonda çalıştırılmaktadır. (ürünleri tanıma ve müşteriye daha iyi hizmet).
 - ▶ Reyonlar arası değişim → durumsallık var.
 - ▶ Kısa süreli (haftalık) geçici değişimler olabilir.
- ▶ 1 saat yemek, 15er dakikalık iki mola vardır.
- ▶ İzleyen haftanın vardiya planı Cuma – Pazar günleri arasında belli olmaktadır.



Mevcut Durum

Part time / Full time

- Part time satış danışmanları full time satış danışmanları ile aynı koşullarda (günde 9 saat) ancak ay içinde eksik gün çalışmaktadır.
 - Parttime haftada brüt 36 saat ve ayda 15 gün çalışmaktadır.
 - Fulltime haftada brüt 54 saat ve ayda 26 gün,
 - Maliyet olarak fulltime parttime-in iki katıdır.
 - Bu koşullarda parttime-in tercih edilmesi gerekmektedir. Ancak,
 - Mağaza kültürünün devamı,
 - işin sahiplenilmesindeki güçlükler
 - güvenilir ve sürekli parttime bulma zorluğu, nedeni ile parttime çalışan tercih edilmemektedir.



Mevcut Durum

Part time / Full time

- ▶ Mağaza müdürleri part time kasiyerlere güven problemi nedeni ile sıcak bakmamaktadır.
- ▶ Üst yönetim mümkün olduğu kadar çok part time eleman çalıştırmak istemektedir.
- ▶ Bazı işlerde (ör: depocu) işin önemi gereği full time çalışan olması gerekmektedir.
- ▶ Part time elemanlarla ilgili bir başka sorun da her gün gelmedikleri için anlık bilgilere sahip olamamalarıdır.



Mevcut Durum – Beyoğlu

- ▶ Haftada bir mağazadaki tüm ürünlerin beden kontrolü yapılmaktadır.
- ▶ Etiket değiştirme, yapıştırma → gece çalışması olarak gerçekleştirilmektedir.
- ▶ Outlet katı için sürekli etiket çalışması yürütülmektedir.
- ▶ Hırsızlık önlemi çok yoğun – bayan reyonunda bir kişi kabinle uğraşmaktadır.
- ▶ Kırık ürünlerin girişi daha çok zaman almaktadır çünkü tek tek barkod okutmak gerekmektedir.

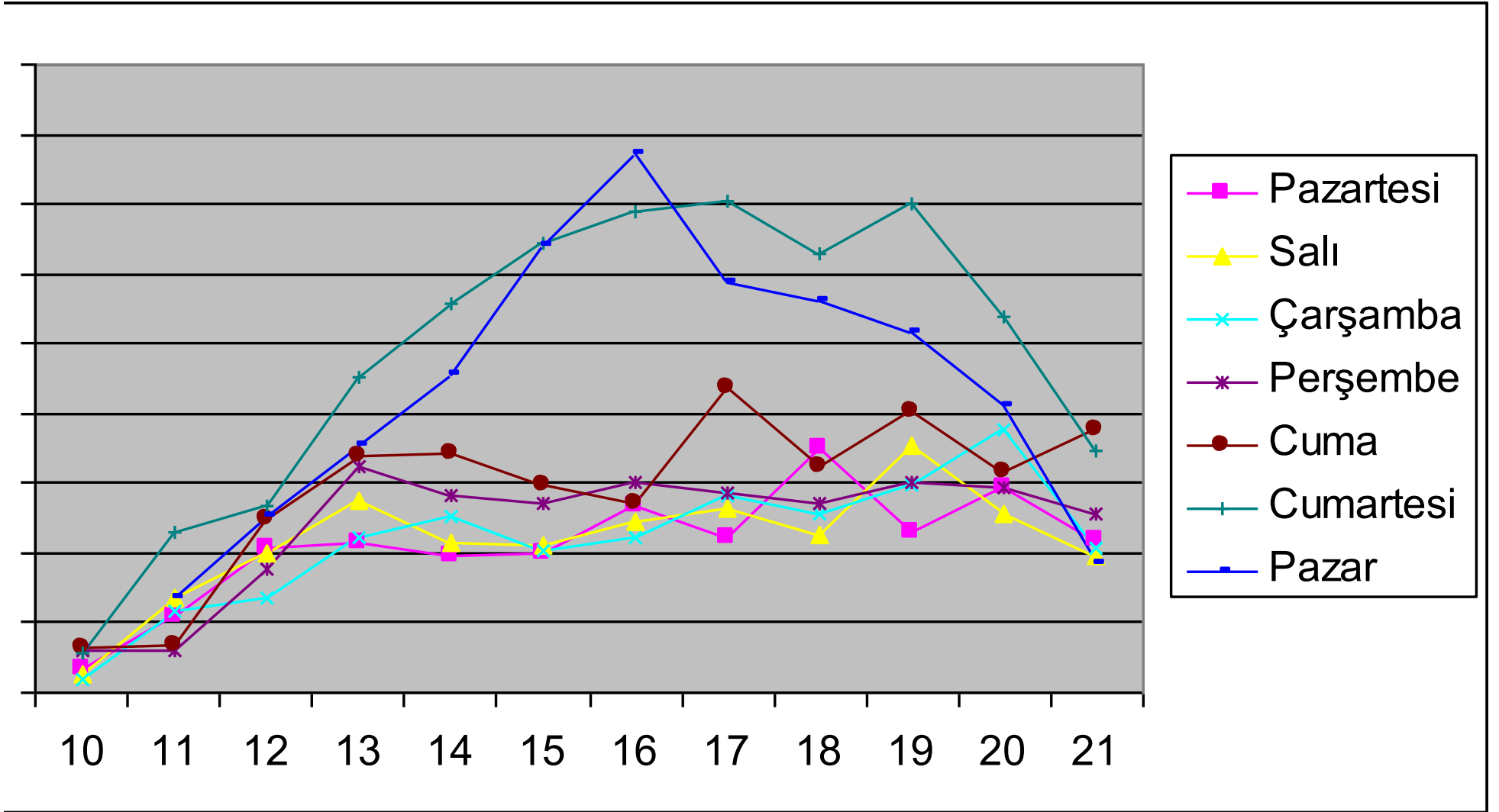


Mevcut Durum – Beyoğlu

- ▶ Norm kadro:30
 - ▶ Yönetici: 3
 - ▶ Güvenlik: 2
 - ▶ Temizlik: 2
 - ▶ Depo: 2
 - ▶ Kasiyer: 3
 - ▶ Parttime: 3
 - ▶ Fulltime: 15
- ▶ Geçici eleman – bayramda 8 kişi gerekiyor (yöneticinin isteği)
 - ▶ Her katta 1 kişi (4 kat → 4 kişi) olması gerekiyor
 - ▶ Depo – 2 kişi
 - ▶ Depo bağlantılı alarmlama (2 kişi)
- ▶ Sezon başı – gece ve gün içi çalışması
- ▶ Transfer (Salı – Perşembe)



Mevcut Durum – Beyoğlu Ortalama Satışlar



Mevcut Durum – Beyoğlu (08.09.2005)

- ▶ 10.00-23.00 çalışılmaktadır.
 - ▶ Sabah 10.00-19.00
 - ▶ Akşam 14.00-23.00
- ▶ Mağaza kapanırken satış raporlarından satılan ürünlerin dökümü alınmaktadır.
- ▶ Ertesi gün sabahçı gelen personel biri ile birlikte ürünleri depodan hızlı hızlı seçerek alarını yaptırıp, ürünü reyona çıkarmaktadır. Bu iş her kattan 1 kişi ile 45 dakika sürebilecekken genellikle bu durum söz konusu olmamaktadır.



İncelenen Diğer Mağazalar

▶ Metrocity

▶ 4 Levent



Literatür Araştırması

- ▶ Genel olarak literatürde var olan çalışmalarda, bu sürecin birinci aşaması, talebe gerekli hizmeti sunabilmek için, belli nitelikte gereksinim duyulan personel sayısının saptanmasıdır.
- ▶ İkinci aşamada ise çalışanlar; farklı zamanlarda gereksinim duyulan çalışan sayısına bağlı olarak, bireysel düzeyde vardiyalara ve her vardiya için bireylerden beklenen görevlere atanırlar.
- ▶ Dolayısı ile, çizelgelemeye ilişkin olarak geliştirilen matematiksel model modülleri
 - ▶ geçmiş verileri kullanarak talep tahmini yapıp, söz konusu tahmini, hizmet standartlarını karşılayacak şekilde gereksinim duyulacak çalışan sayısına çeviren bir talep modeli alt modülü,
 - ▶ işyeri kurallarında kaynaklanan kısıtları gerçeklerken maliyet enazlamayı ve çalışan tatmini sağlayacak şekilde çalışanların vardiyalara atanmasına yönelik çözüm teknikleri içeren alt modül ve
 - ▶ sonuçları gösterip performans raporları üretecek raporlama alt modülü içermektedirler (Ernst vd.2004).



Literatür Araştırması

- ▶ Perakendeci firmalarda, genelde mağaza müdürleri shift sistemlerini oluştururken geçmiş dönemlerin çizelgelerini dikkate alıp, gelecekteki satış tahminleri ve personel sayısına bağlı olarak uyarlamalar yapmaktadırlar.
- ▶ Perakendeci mağaza müdürleri çizelgeleme sırasında; personel sayısını satış hacmi ve benzeri değişkenlere oranlayan sabit bir orana gereksinim duymaktadırlar.
- ▶ Ancak bu oran yanlış saptandığı takdirde bu yaklaşım potansiyel satışları kısıtlayabilmektedir (Lam vd, 1998).
- ▶ Bu nedenle shift sisteminin doğru olarak oturtulabilmesi için öncelikle mağaza satışlarının mağaza trafiği, personel sayısı ve zaman aralığı ile bağlantısını doğru olarak tahmin edecek bir **Satış-Tepki modelinin** oluşturulması gerekmektedir.
- ▶ Söz konusu modelin çözümü sonucunda farklı satış hacimleri ve mağaza trafiği değerlerine karşılık gelecek en uygun personel sayısının saptanması söz konusu olabilecektir.
- ▶ Bu tür tahmin modellerinin oluşturulması için literatürde mevsimsel hareketli ortalamalar, üstel düzeltme gibi yöntemler kullanılmıştır (Ernst vd.2004).



Literatür Araştırması

- ▶ Bir kez saat başına düşen personel sayısının doğru saptanabilmesi durumunda, bir sonraki amaç, söz konusu saatlik satış elemanı gereksinimini, çalışma şartlarına ilişkin kısıtları dikkate alacak şekilde ve çalışanların saat dilimlerine atanmasını en az maliyetle gerçekleştirmektir.
- ▶ Buna yönelik olarak geliştirilen modeller genellikle, ihtiyaç duyulan tam zamanlı ve kısmi zamanlı çalışan sayısını saptamaya yönelik büyük ölçekli tamsayılı modellerdir(Bard vd. 2003).
- ▶ Bunun yanı sıra
 - ▶ bulanık modelleme (Teodorovic, 1998),
 - ▶ kısıt programlama (Cheng vd., 1997),
 - ▶ genetik algoritma, tabu arama ve benzetim tavlama gibi metasezgisel yaklaşımlar (Osman ve Laporte, 1996),Abboud vd.(1998), Cavique vd. (1999) da kullanılmaktadır.



Geliştirilen Modelin Aşamaları

Satış Tepki Modeli
(Saatlik ihtiyaçları belirle)

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Pazartesi	8	9	13	16	17	16	16	17	17	12	12	9
Salı	7	7	7	15	15	15	14	14	13	12	12	12
Çarşamba	7	7	12	17	18	16	16	16	17	14	14	9
Perşembe	7	8	10	16	15	15	14	15	15	12	11	9
Cuma	9	9	12	18	18	17	17	17	18	13	14	12
Cumartesi	12	14	18	22	21	20	22	22	22	17	17	12
Pazar	1	11	15	24	22	21	19	21	21	25	18	15

Simulasyon Modeli
Genel optimuma yaklaş

	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	Toplam
a	full 10:00-21:00 14 11	10:00-21:00 14 11	11:00-20:00 15 9	14:00-18:00 - 4	OFF	0 13:00-21:00 17 8	10:00-21:00 15 11	54
b	full OFF	0 10:00-21:00 14 11	10:00-21:00 14 11	10:00-21:00 14 11	OFF	0 10:00-21:00 14 11	13:00-21:00 17 8	52
c	full OFF	0 14:00-18:00 - 4	13:00-21:00 17 8	10:00-21:00 14 11	10:00-21:00 16 11	10:00-20:00 15 10	11:00-20:00 15 9	53
d	full 11:00-21:00 15 10	12:00-21:00 16 9	11:00-20:00 15 9	OFF	0 14:00-21:00 17 7	14:00-21:00 17 7	10:00-21:00 15 11	53
e	full 13:00-20:00 16 7	10:00-21:00 14 11	13:00-21:00 17 8	OFF	0 11:00-20:00 15 9	10:00-20:00 15 10	10:00-19:00 14 9	54
f	full 10:00-21:00 14 11	14:00-18:00 - 4	10:00-21:00 16 11	OFF	0 14:00-21:00 17 7	10:00-21:00 14 11	10:00-19:00 14 9	53
g	full 10:00-21:00 14 11	11:00-21:00 15 10	OFF	0 14:00-18:00 - 4	10:00-20:00 14 10	14:00-21:00 17 7	11:00-21:00 16 10	52
h	full 14:00-21:00 17 7	12:00-21:00 16 9	OFF	0 11:00-21:00 16 10	11:00-20:00 15 9	13:00-21:00 17 8	11:00-21:00 16 10	53
i	part 11:00-15:00 - 4	OFF	0 10:00-21:00 16 11	OFF	0 OFF	0 10:00-20:00 15 10	11:00-21:00 16 10	35
j	part OFF	0 OFF	0 OFF	0 OFF	0 10:00-21:00 14 11	12:00-21:00 16 9	10:00-19:00 14 9	29
k	part OFF	0 OFF	0 OFF	0 OFF	0 10:00-21:00 14 11	10:00-21:00 14 11	14:00-21:00 17 7	29
l	part 12:00-21:00 16 9	OFF	0 OFF	0 10:00-21:00 15 11	OFF	0 14:00-18:00 - 4	13:00-21:00 17 8	32
m	part OFF	0 OFF	0 14:00-21:00 17 7	13:00-21:00 17 8	OFF	0 14:00-18:00 - 4	13:00-21:00 17 8	27
n	part OFF	0 OFF	0 OFF	0 10:00-21:00 15 11	13:00-21:00 17 8	10:00-21:00 16 11	14:00-18:00 - 4	34

Shift Optimizasyon Modeli
(Optimum Shift Düzenini oluştur)

Modelin Varsayımları

- ▶ Brüt olarak part time 36 saat, full time da 54 saat olarak sayılmıştır.
- ▶ Model kasiyer ve satış danışmanı sayılarını planlamaktadır. Tüm personelin kasiyer ve satış danışmanı olarak çalışabildiği varsayılmıştır. Yönetim, depo ve temizlik personeli ile güvenlik elemanları ayrıca planlanmalıdır.
- ▶ 15 dakikalık çay molaları model kapsamında dikkate alınmış olsa da gün içerisinde ne zaman yapılacağının planlaması mağaza yönetiminin inisiyatifine bırakılmıştır.
- ▶ Mağaza kapanma saatinden sonra olan çalışmalar mesai saatinden sayılmamıştır.
- ▶ Modelin ilk kısmından çıkan müşteri ihtiyaçları, ekstra işlerin yapılması gerekli olduğunda (yeni sezona hazırlık, ürün etiketleme, yoğun saatlere hazırlık vb) mağaza yöneticisi tarafından değiştirilebilir ve bu değiştirilmiş ihtiyaçlar modelin ikinci kısmında kullanılabilir.
- ▶ Tüm satış danışmanı ve kasiyerlerin tüm reyonlarda ve kasada çalışabilecekleri varsayılmıştır.
- ▶ Personellerin saatlik maliyetlerinin sabit olduğu varsayılmıştır.

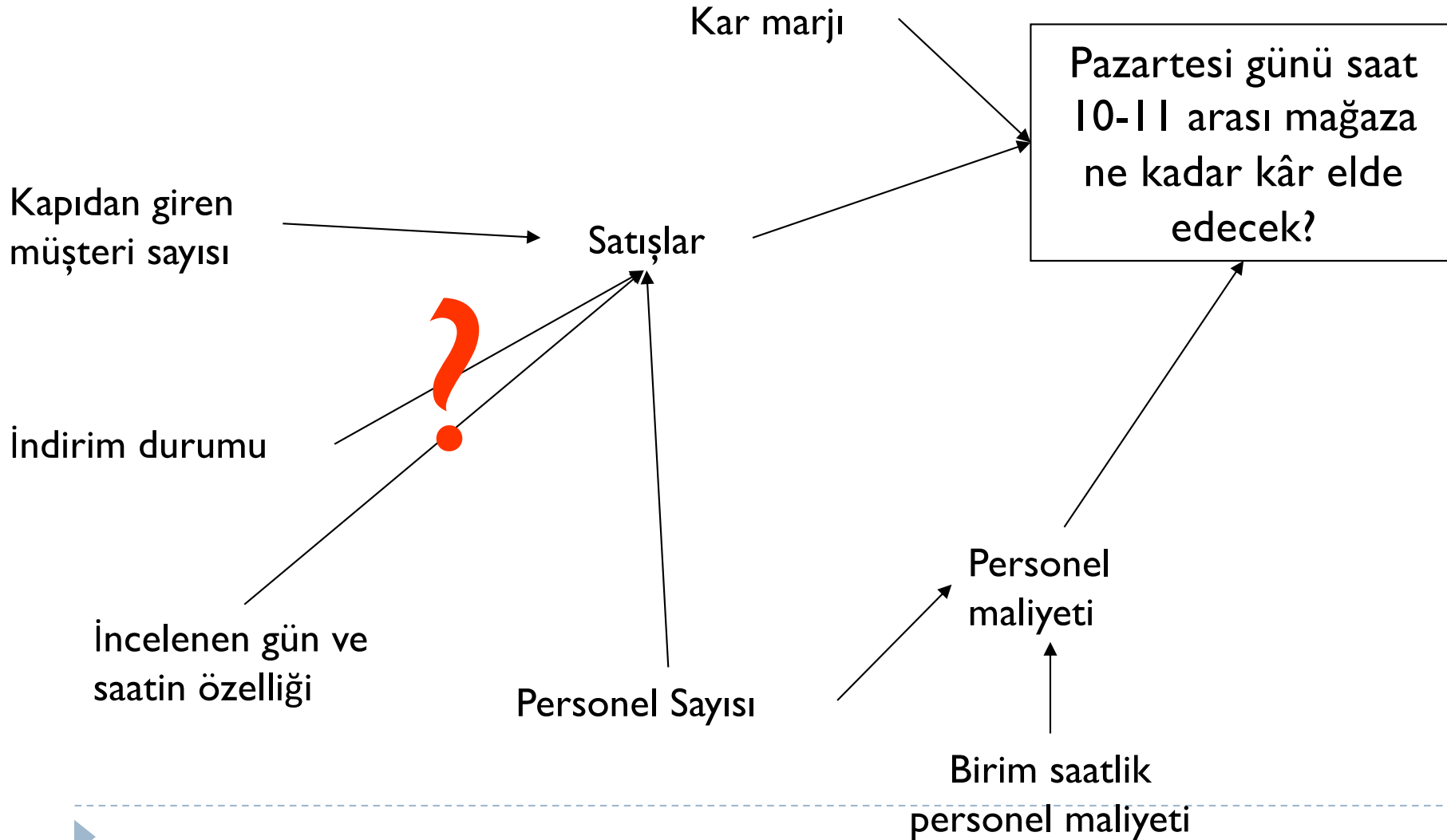


Satış Tepki Modeli

- ▶ **Amaç:** Karı maksimum yapacak saatlik personel ihtiyacını bulmak.
- ▶ Lam vd.(1998)'nin “Retail Sales Force Scheduling Based on Store Traffic Forecasting” makalesi temel alınmıştır.
 - ▶ İncelenen LCW mağazaları için etkin olan farklı parametreler ilave edilmiştir.



Satış Tepki Modeli



Satış Tahmin Fonksiyonu

- ▶ $f(\text{personel sayısı, müşteri sayısı, indirim durumu}) = \text{SATIŞ MİKTARI}$

$$S_t = \alpha N_t^{\beta_1} e^{i\beta_2 / l_t}$$

- ▶ α, β_1, β_2 parametreler
- ▶ N_t : mağaza trafiği (müşteri sayısı)
- ▶ l_t : personel sayısı
- ▶ i : indirim etkisi



Satış Tahmin Fonksiyonu

- ▶ Müşteri davranışlarının farklı olabileceği ve satış miktarlarını etkileyebileceği için
- ▶ α, β_1, β_2 parametreleri
 - ▶ Hafta içi normal zamanlar ($m=0$)
 - ▶ Hafta içi öğle arası (12-14) ve iş çıkış (18-21) zamanları ($m=1$)
 - ▶ Hafta sonu ($m=2$)
 - ▶ Özel günler (bayram, babalar günü v.b.) ($m=3$)

farklı değerler almıştır.



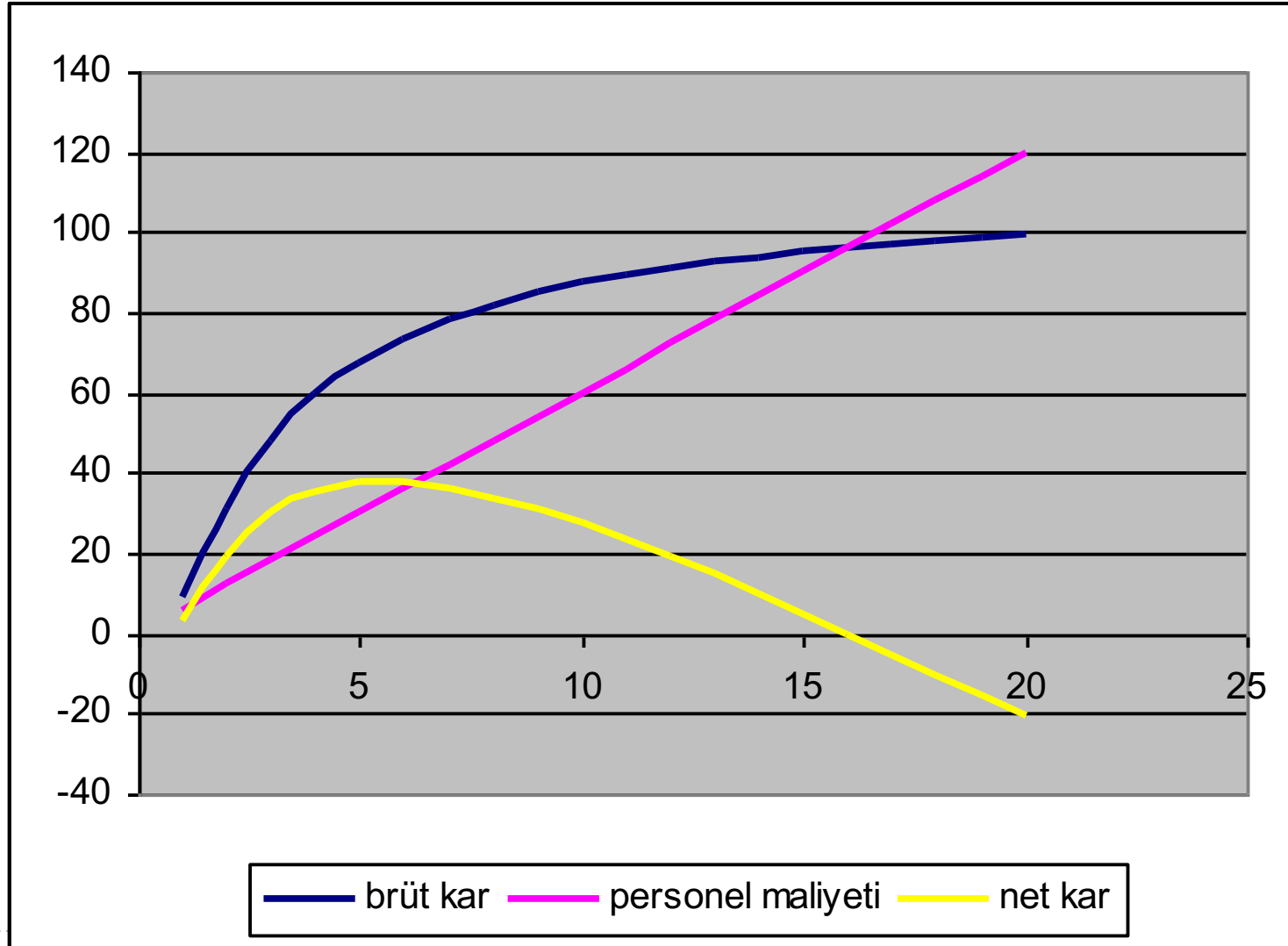
Personel Sayısı Belirleme

$$\pi_t = S_t g - l_t d$$

- ▶ π_t : t zamanındaki bir çalışanın yarattığı bir saatlik kâr
- ▶ S_t : t zamanında mağazanın toplam satışı
- ▶ g : ortalama brüt kar marjı
- ▶ l_t : t zamanındaki satış personel sayısı
- ▶ d : ortalama ücret oranı (saatlik)



Personel Sayısı Belirleme



Satış Tepki Modeli (Örnek)

**4 Levent normal zaman
parametreleri**

beta1	0,43862
beta2	-3,17878
alfa	214,55155

müşteri sayısı	42,37
marj	0,10
saatlik maliyet	6
ortalama fiyat	0,9

Personel Sayıları							
	1	2	3	4	5	6	7
Toplam satışlar	84,52	306,25	470,38	582,95	663,05	722,47	768,14
Brüt Kar	8,45	30,63	47,04	58,30	66,30	72,25	76,81
Personel Maliyeti	6,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00	42,00
Net Kar	2,45	18,63	29,04	34,30	36,30	36,25	34,81

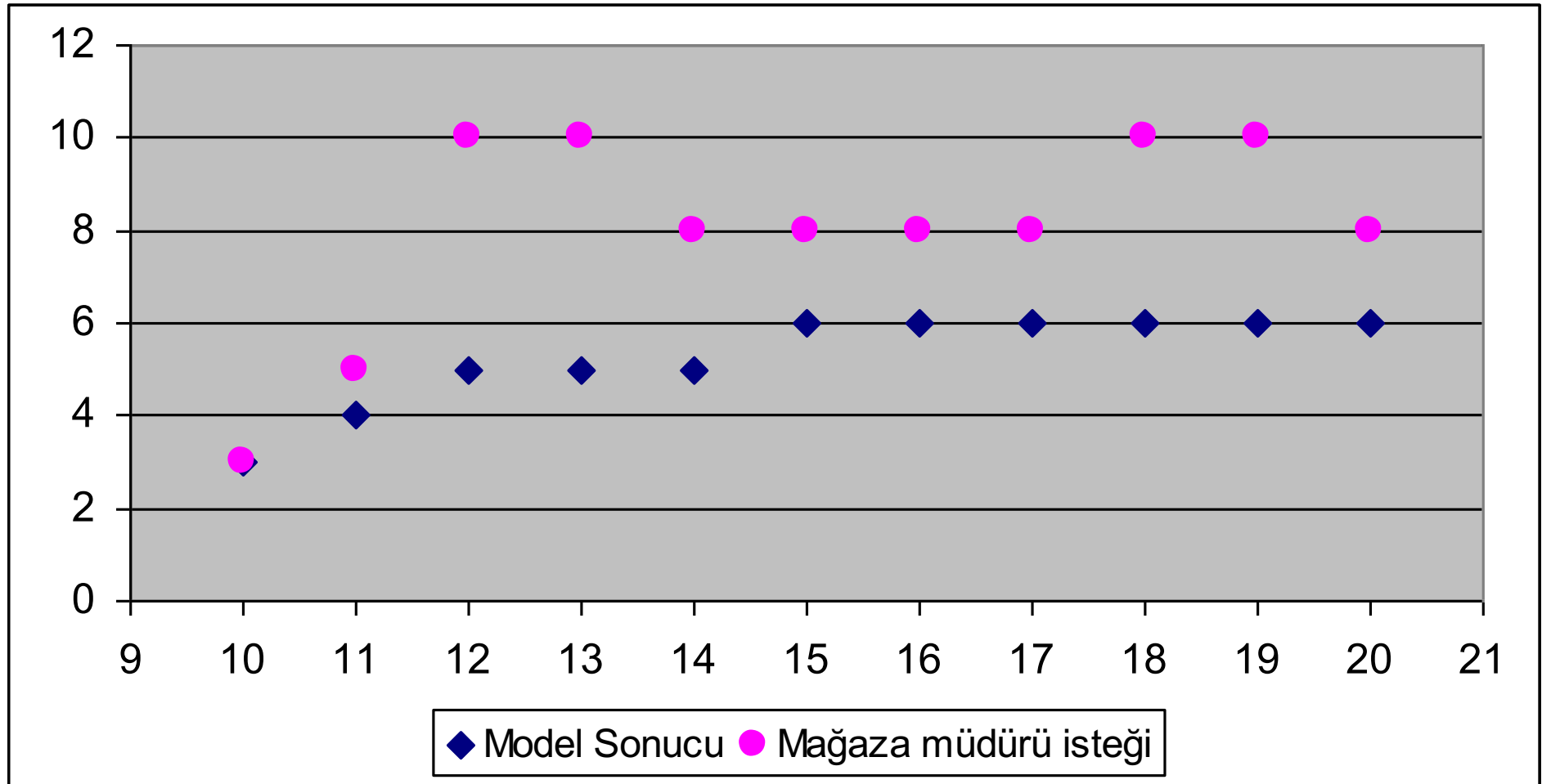
Satış Tepki Modeli (Örnek)

4. Levent Haftalık İhtiyaçlar Listesi (Model Bulguları)

gün \ saat	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6
2	3	4	5	5	5	6	6	6	6	5	6
3	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
4	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
5	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
6	5	7	8	10	11	11	11	10	10	9	9
7	5	7	9	10	11	11	11	11	10	10	9



4Levent Pazartesi Günü Personel İhtiyacı



Optimizasyon Modeli

- ▶ Önceki aşamada saatlik ihtiyaçlar belirlenmiştir
- ▶ Optimizasyon modeline bu değerler girdi olarak konulmuş ve bu ihtiyaçları karşılamak için
 - ▶ Her gün ve shift için gereken personel sayısı
 - ▶ Her personelin hangi gün hangi shiftte çalışacağı
 - ▶ Mağazaya için gerekli toplam personel sayısı
- ▶ **Personel sayısı değiştirilemiyorsa**
 - ▶ Hangi saatlik ihtiyaçların düşürülmesi gerektiği
 - ▶ Kazancı enbüyükleyecek shift atamaları



Optimizasyon Modeli – Girdiler

- ▶ Saatlik personel ihtiyacı
- ▶ Günlük olası shiftler (4, 5,...12 saatlik)
- ▶ Günlük ayrıntılı shiftler (10_7: 10'da başlayıp 7 saat çalışılan shift gibi {10:00-17:00})
- ▶ Shiftlerin çalıştığı saatler (10_7 shifti: 10, 11, 12, 14, 15, 16'da çalışır 13'te mola verir gibi)
- ▶ Parttime fulltime çalışan oranı (%50 alınmıştır)



Optimizasyon Modeli – Çıktılar

- ▶ Toplam personel sayısı en küçüklenererek;
 - ▶ Çalışması gereken fulltime/parttime personel sayıları
 - ▶ Kullanılan her personel için ayrıntılı shift ataması
 - ▶ Örnek: 1. fulltime personel
 - Pazartesi: 10:00- 19:00
 - Salı: OFF
 - Çarşamba: 10:00-22:00
 - Perşembe: 11:00- 22:00
 - ...



Günlük ayrıntılı shiftler (s)	Günler (i)	Personel sayısı (k,l)	Toplam karar değişkeni sayısı
27 adet	7 adet	20 kişi	3780
10_9, 11_9, 12_9, 10_4, 11_4, 12_4, 13_4, 14_4, 15_4, 16_4, 17_4, 10_7, 11_7, 12_7, 13_7, 14s_7, 10_8, 11_8, 12_8, 13_8, 10_10m14, 10_10m15, 11_10m15, 11_10m16, 10_11m14, 10_11m15, 10_11m16	pzt, sal, crs, prs, cum, cmt, paz	Pl, P2,,P20 Karar değişkeni: $x(s,i,k) : 0-1$	27x7x20

Günlük ayrıntılı shiftler (s)	Günler (i)	Günlük olası shiftler (j)	Personel sayısı (k,l)	Toplam karar değişkeni sayısı
27 adet	7 adet	6	20 kişi	1029
10_9, 11_9, 12_9, 10_4, 11_4, 12_4, 13_4, 14_4, 15_4, 16_4, 17_4, 10_7, 11_7, 12_7, 13_7, 14s_7, 10_8, 11_8, 12_8, 13_8, 10_10m14, 10_10m15, 11_10m15, 11_10m16, 10_11m14, 10_11m15, 10_11m16	pzt, sal, crs, prs, cum, cmt, paz	4sa, 9sa, 7sa, 8sa, 10sa, 11sa	Pl, P2,,P20 Karar değişkeni: adamsayisi(s,i) : tam sayı atama(j,i,k) : 0-1	27x7=189 20x6x7=840

Optimizasyon Modeli Formülasyonu – İndisli kümeler

i	Haftanın günleri	pzt, sal, crs, prs, cum, cmt, paz
j	Günlük olası shiftler	4sa, 9sa, 7sa, 8sa, 10sa, 11sa
s	Günlük ayrıntılı shiftler (başlangıç saati belirli)	10_9, 11_9, 12_9, 10_4, 11_4, 12_4, 13_4, 14_4, 15_4, 16_4, 17_4, 10_7, 11_7, 12_7, 13_7, 14_7, 10_8, 11_8, 12_8, 13_8, 10_10m14, 10_10m15, 11_10m15, 11_10m16, 10_11m14, 10_11m15, 10_11m16
h	Saat dilimleri başlangıcı	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
k	Fulltime çalışan elemanlar	1, 2, ...
l	Parttime çalışan elemanlar	1, 2, ...



TP Modeli – Parametreler

- ▶ **calsaat(s,h)** herhangi birinin s shiftine atanması durumunda çalışacağı saatleri verir
 - ▶ $calsaat(s,h) = 1$, s shiftine atama yapıldığında h saatinde çalışılıyorsa.
- ▶ **shiftait(s,j)** günlük ayrıntılı shiftlerin hangi shiftte ait olduğunu gösterir
 - ▶ $shiftait(s,j) = 1$, s günlük ayrıntılı shifti j shiftine aitse
- ▶ **saatiht(i,h)** i günü h saatinde ihtiyaç duyulan adam sayısı
- ▶ **saat(j)** j shiftinin saat olarak süresi
- ▶ **oran** olması istenen parttime personelin toplam personele oranı



TP Modeli – Karar Değişkenleri

▶ Tamsayı değişkenler:

- ▶ **adamsayisi(s,i)** s ayrıntılı shiftine i günü atanan personel sayısı
- ▶ **fulltimeadam** gerekli fulltime adam sayısı
- ▶ **parttimeadam** gerekli parttime adam sayısı

▶ 0/1 tamsayı değişkenler:

- ▶ **atamafull(i,j,k)** k fulltime işçisinin i gününde j shiftine atanması
 - ▶ $\text{atamafull}(i,j,k) = 1$, k fulltime işçisi i gününde j shiftine atanmışsa
- ▶ **atamapart(i,j,l)** l parttime işçisinin i gününde j shiftine atanması
 - ▶ $\text{atamapart}(i,j,l) = 1$, l parttime işçisi i gününde j shiftine atanmışsa
- ▶ **full(k)** k işçisinin gerekli olup olmadığı
 - ▶ $\text{full}(k) = 1$, k işçisi gerekli ise
- ▶ **part(l)** l işçisinin gerekli olup olmadığı
 - ▶ $\text{part}(l) = 1$, l işçisi gerekli ise



TP Modeli – Amaç Fonksiyonu

Enküçük Z

$$\mathbf{Z = fulltimeadam + 0,5 * parttimeadam}$$



TP Modeli – Kısıtlar

- ▶ Parttime / fulltime personel denge kısıtı:
 - ▶ $\text{fulltimeadam} * \text{oran} \geq \text{parttimeadam} * (1 - \text{oran})$
- ▶ haftalık çalışma günlerini kısıtı (Fulltime: 6, Parttime: 4)
 - ▶ $6 * \text{full}(k) \geq \sum_{i,j} \text{atamafull}(i,j,k) \quad \dots \forall k$
 - ▶ $4 * \text{part}(l) \geq \sum_{i,j} \text{atamapart}(i,j,l) \quad \dots \forall l$
- ▶ Bir personelin günde en fazla bir shifte atanması kısıtı:
 - ▶ $\sum_j \text{atamafull}(i,j,k) \leq 1 \quad \dots \forall k,i$
 - ▶ $\sum_j \text{atamapart}(i,j,l) \leq 1 \quad \dots \forall l,i$



TP Modeli – Kısıtlar

- ▶ Her gün ve saat için ihtiyaçların karşılanmasını sağlayan kısıt:
- ▶ $\sum_s [adamsayisi(s, i) * calsaat(s, h)] \geq saatiht(i, h) \quad \dots \forall i, h$
- ▶ Personelin günlük shiftlere atanmasını sağlayan kısıt:
- ▶
$$\frac{\sum_k atamafull(i, j, k) + \sum_l atamapart(i, j, l)}{\sum_s (adamsayisi(s, i) * shiftait(s, j))} \geq 1 \quad \dots \forall i, j$$
- ▶ Personelin toplam haftalık çalışma saatinden fazla çalışmaması
- ▶ $\sum_{i,j} saat(j) * atamafull(i, j, k) \leq 54 \quad \dots \forall k$
- ▶ $\sum_{i,j} saat(j) * atamapart(i, j, l) \leq 36 \quad \dots \forall l$
- ▶ Toplam atama yapılan fulltime ve parttime adam sayıları
- ▶ $fulltimeadam = \sum_k full(k)$
- ▶ $parttimeadam = \sum_l part(l)$



Optimizasyon Modeli

4 Levent Shift Ataması

4. Levent Haftalık İhtiyaçlar Listesi (Satış Tepki Modeli Sonucu)

gün \ saat	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6
2	3	4	5	5	5	6	6	6	6	5	6
3	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
4	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
5	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
6	5	7	8	10	11	11	11	10	10	9	9
7	5	7	9	10	11	11	11	11	10	10	9

- Optimizasyon Modeli Sonucu
 - 8 full ve 6 part satış danışmanı ve kasiyer ile ihtiyaçlar karşılanabiliyor

Modeller Sonucunda Ortaya Çıkacak Örnek Tablo

		Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma			Cumartesi			Pazar			Toplam
a	full	10:00-21:00	14	11	10:00-21:00	14	11	11:00-20:00	15	9	14:00-18:00	-	4	OFF		0	13:00-21:00	17	8	10:00-21:00	15	11	54
b	full	OFF		0	10:00-21:00	14	11	10:00-21:00	14	11	10:00-21:00	14	11	OFF		0	10:00-21:00	14	11	13:00-21:00	17	8	52
c	full	OFF		0	14:00-18:00	-	4	13:00-21:00	17	8	10:00-21:00	14	11	10:00-21:00	16	11	10:00-20:00	15	10	11:00-20:00	15	9	53
d	full	11:00-21:00	15	10	12:00-21:00	16	9	11:00-20:00	15	9	OFF		0	14:00-21:00	17	7	14:00-21:00	17	7	10:00-21:00	15	11	53
e	full	13:00-20:00	16	7	10:00-21:00	14	11	13:00-21:00	17	8	OFF		0	11:00-20:00	15	9	10:00-20:00	15	10	10:00-19:00	14	9	54
f	full	10:00-21:00	14	11	14:00-18:00	-	4	10:00-21:00	16	11	OFF		0	14:00-21:00	17	7	10:00-21:00	14	11	10:00-19:00	14	9	53
g	full	10:00-21:00	14	11	11:00-21:00	15	10	OFF		0	14:00-18:00	-	4	10:00-20:00	14	10	14:00-21:00	17	7	11:00-21:00	16	10	52
h	full	14:00-21:00	17	7	12:00-21:00	16	9	OFF		0	11:00-21:00	16	10	11:00-20:00	15	9	13:00-21:00	17	8	11:00-21:00	16	10	53
i	part	11:00-15:00	-	4	OFF		0	10:00-21:00	16	11	OFF		0	OFF		0	10:00-20:00	15	10	11:00-21:00	16	10	35
j	part	OFF		0	OFF		0	OFF		0	OFF		0	10:00-21:00	14	11	12:00-21:00	16	9	10:00-19:00	14	9	29
k	part	OFF		0	OFF		0	OFF		0	OFF		0	10:00-21:00	14	11	10:00-21:00	14	11	14:00-21:00	17	7	29
l	part	12:00-21:00	16	9	OFF		0	OFF		0	10:00-21:00	15	11	OFF		0	14:00-18:00	-	4	13:00-21:00	17	8	32
m	part	OFF		0	OFF		0	14:00-21:00	17	7	13:00-21:00	17	8	OFF		0	14:00-18:00	-	4	13:00-21:00	17	8	27
n	part	OFF		0	OFF		0	OFF		0	10:00-21:00	15	11	13:00-21:00	17	8	10:00-21:00	16	11	14:00-18:00	-	4	34

Örnek bir atama

Table 4
Shift assignments of SM

	Monday			Tuesday			Wednesday			Thursday			Friday			Saturday			Sunday			Total
	Dshift	<i>s</i>	<i>b</i>	Dshift	<i>s</i>	<i>b</i>	Dshift	<i>s</i>	<i>b</i>	Dshift	<i>s</i>	<i>b</i>	Dshift	<i>s</i>	<i>b</i>	Dshift	<i>s</i>	<i>b</i>	Dshift	<i>s</i>	<i>b</i>	Duration
Full1	OFF	–	–	12:00– 22:00	10	17	11:00– 22:00	11	15	10:00– 19:00	9	14	12:00– 22:00	10	16	14:00– 22:00	8	18	14:00– 18:00	4	18	52
Full2	10:00– 22:00	12	14	14:00– 22:00	8	18	OFF	–	–	OFF	–	–	12:00– 16:00	4	16	10:00– 21:00	11	14	10:00– 22:00	12	14	47
Full3	OFF	–	–	10:00– 22:00	12	15	10:00– 22:00	12	15	14:00– 18:00	4	18	14:00– 18:00	4	18	10:00– 21:00	11	14	10:00– 21:00	11	15	54
Full4	OFF	–	–	10:00– 19:00	9	14	12:00– 19:00	7	16	12:00– 22:00	10	17	11:00– 19:00	8	15	11:00– 20:00	9	15	11:00– 22:00	11	15	54
Full5	14:00– 22:00	8	18	OFF	–	–	14:00– 22:00	8	18	10:00– 22:00	12	16	10:00– 22:00	12	14	13:00– 22:00	9	17	14:00– 18:00	4	18	53
Full6	14:00– 18:00	4	18	10:00– 19:00	9	14	12:00– 16:00	4	16	10:00– 22:00	12	16	10:00– 22:00	12	14	10:00– 22:00	12	15	OFF	–	–	53
Full7	12:00– 22:00	10	17	OFF	–	–	15:00– 19:00	4	19	OFF	–	–	12:00– 22:00	10	17	11:00– 22:00	11	16	13:00– 22:00	9	17	44
Full8	11:00– 22:00	11	16	11:00– 22:00	11	16	OFF	–	–	12:00– 22:00	10	17	14:00– 22:00	8	18	15:00– 22:00	7	19	12:00– 19:00	7	16	54
Part1	11:00– 22:00	11	16	14:00– 22:00	8	18	14:00– 22:00	8	18	OFF	–	–	OFF	–	–	OFF	–	–	13:00– 22:00	9	17	36
Part2	OFF	–	–	OFF	–	–	OFF	–	–	OFF	–	–	10:00– 22:00	12	15	10:00– 22:00	12	15	10:00– 22:00	12	14	36
Part3	OFF	–	–	OFF	–	–	10:00– 22:00	12	14	14:00– 22:00	8	18	OFF	–	–	13:00– 17:00	4	17	10:00– 22:00	12	14	36
Part4	10:00– 22:00	12	15	OFF	–	–	OFF	–	–	OFF	–	–	11:00– 22:00	11	17	14:00– 18:00	4	18	11:00– 20:00	9	15	36
Part5	OFF	–	–	OFF	–	–	11:00– 22:00	11	17	11:00– 22:00	11	15	OFF	–	–	OFF	–	–	12:00– 22:00	10	16	32
Part6	12:00– 22:00	10	17	10:00– 22:00	12	15	OFF	–	–	OFF	–	–	OFF	–	–	12:00– 22:00	10	16	18:00– 22:00	4	22	36
Part7	OFF	–	–	11:00– 22:00	11	16	10:00– 22:00	12	14	OFF	–	–	16:00– 20:00	4	20	OFF	–	–	14:00– 21:00	7	18	34
Part8	10:00– 19:00	9	14	OFF	–	–	OFF	–	–	11:00– 22:00	11	15	OFF	–	–	12:00– 22:00	10	17	12:00– 16:00	4	16	34

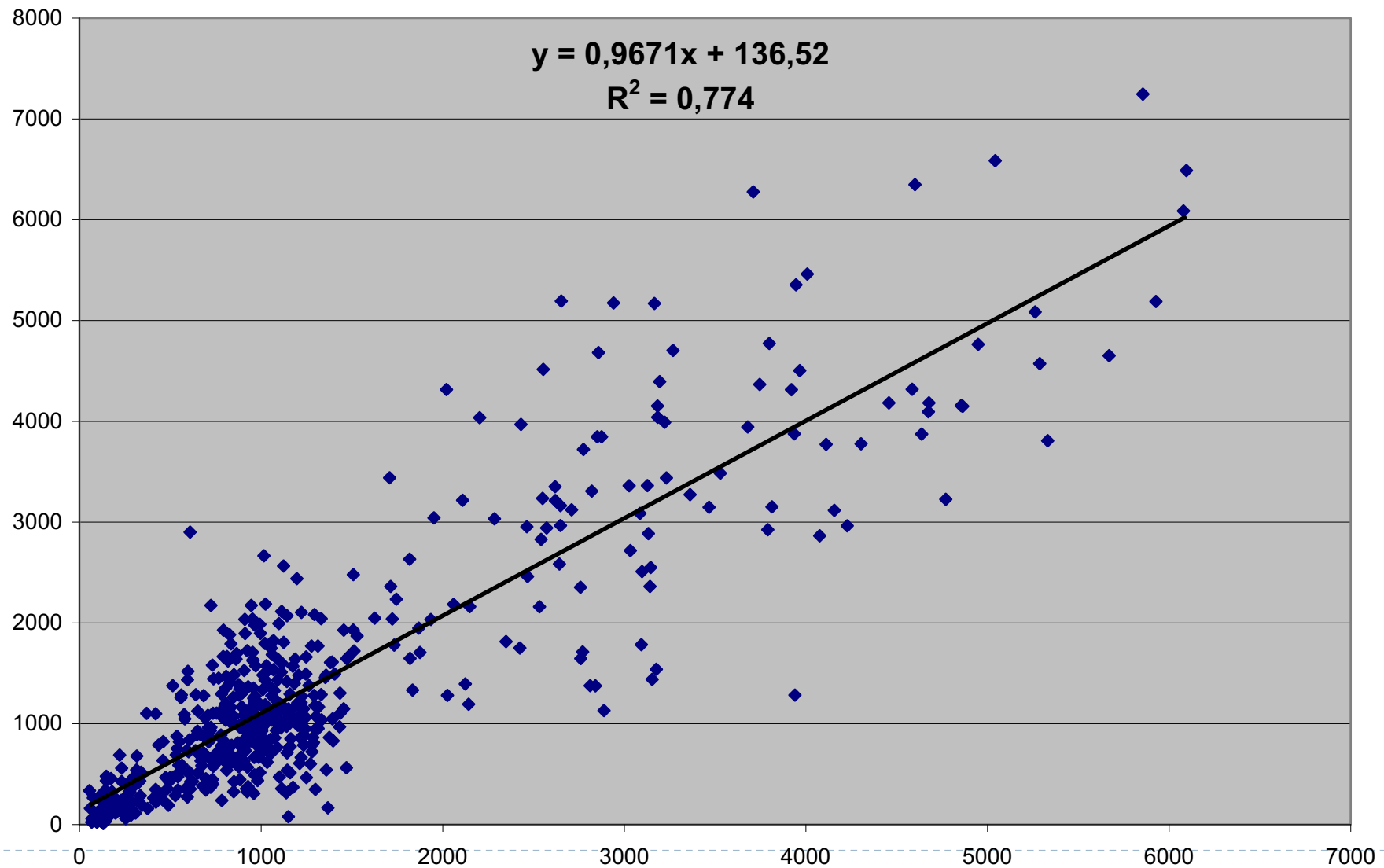
Dshift: detailed shift; *s*: length of the shift; *b*: time of the one-hour break.

Örnek Mağazalarda Satış Tepki Modelinin Test Edilmesi

- ▶ AVM - İzmir Agora
- ▶ AVM – Nautilus
- ▶ Semt Mağazası - Ankara Yıldız
- ▶ Semt Mağazası - İstanbul Pendik E5
- ▶ Cadde, katlı mağaza - İzmir Konak
- ▶ Cadde, katlı mağaza - İzmir Alemdar



İzmir Agora (AVM)



İzmir Agora Haftalık İhtiyaçlar Listesi (Satış Tepki Modeli Sonucu)

gün	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	6	6	5	7	7	7	8	7	7	7
2	2	3	6	6	6	7	7	7	8	8	8	7
3	2	3	6	6	6	7	7	7	8	7	7	7
4	2	3	5	6	6	6	7	7	8	8	7	8
5	2	4	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8
6	5	10	12	15	18	21	22	22	21	19	18	19
7	6	12	14	17	20	22	24	24	23	21	18	19

Simülasyon Çalışması

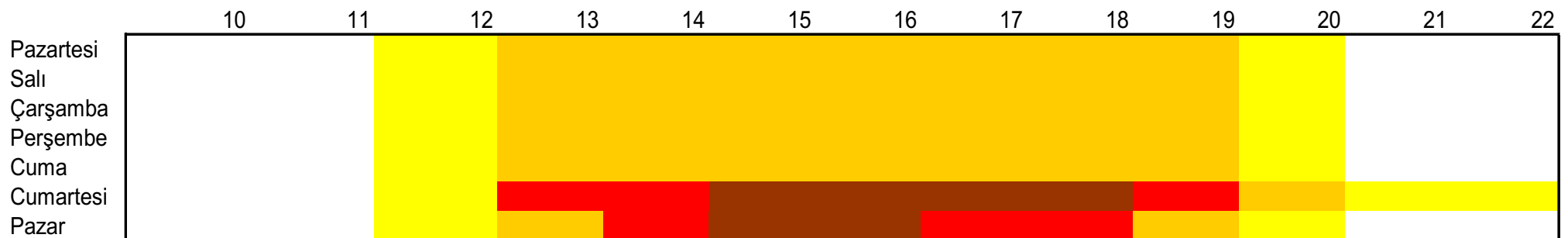
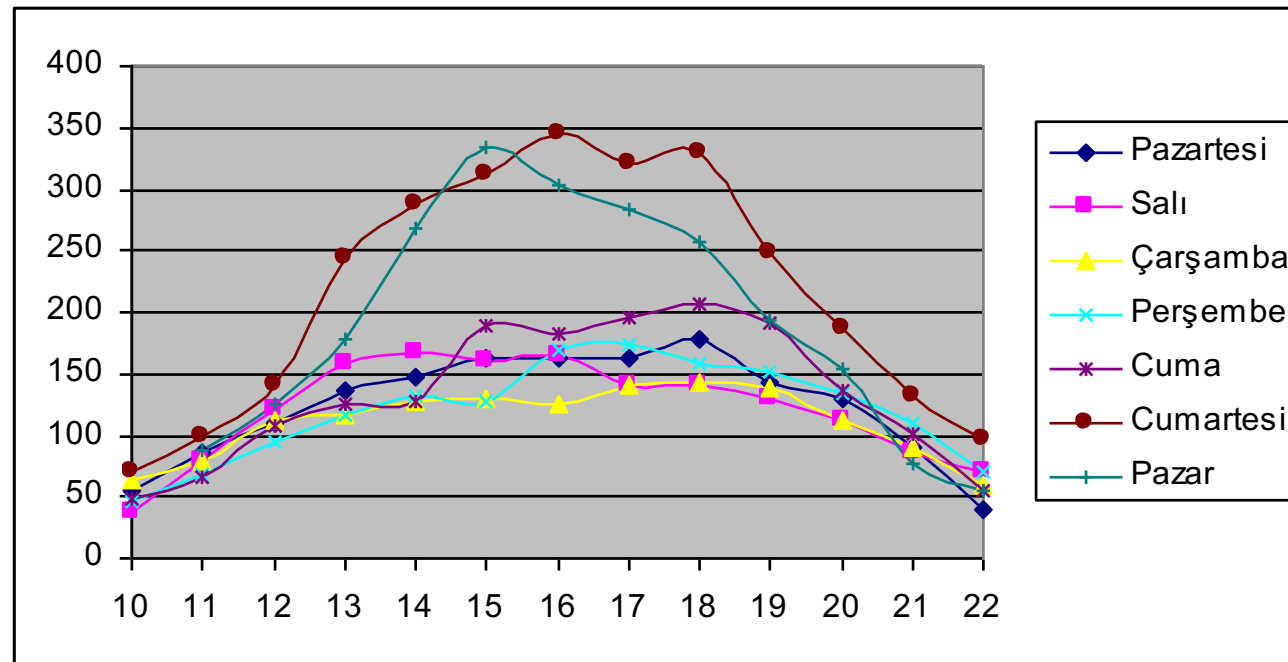
- ▶ Salt ortalama taleplere dayalı bir incelemenin yanıltıcı sonuçlar verebileceğini düşünülerek
- ▶ Satışların en uygun dağılıma göre simülasyonu yapılmış ve bu şekilde
- ▶ Modelden en tutarlı sonuçların elde edilmesine çalışılmıştır.
- ▶ Ayrıca Satış Tepki modelinin geçerliliğinin test edilmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılması hedeflenmiştir.



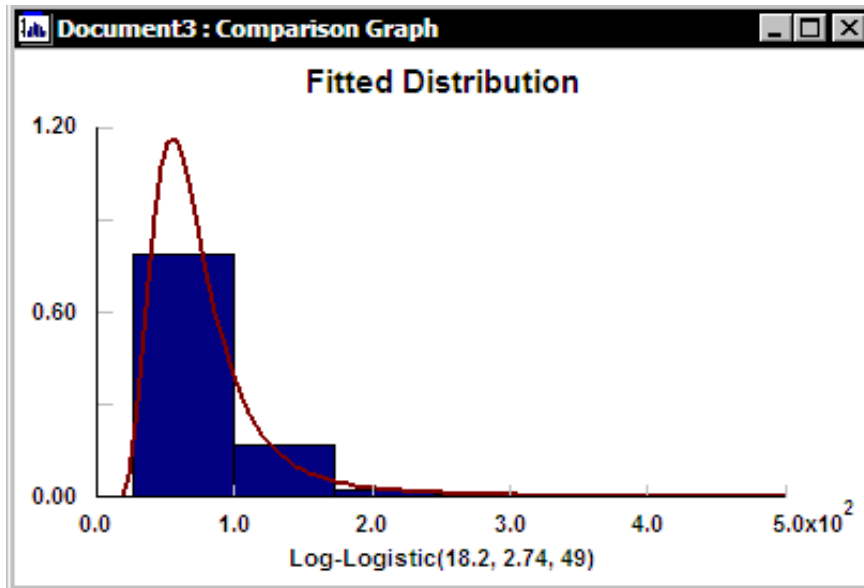
Simülasyon Çalışması

- ▶ Simülasyon modelinin kurulması
 - ▶ Müşteri dağılımları
 - ▶ Hata dağılımları
 - ▶ Senaryoların oluşturulması
 - ▶ Farklı senaryoların performanslarının karşılaştırılması

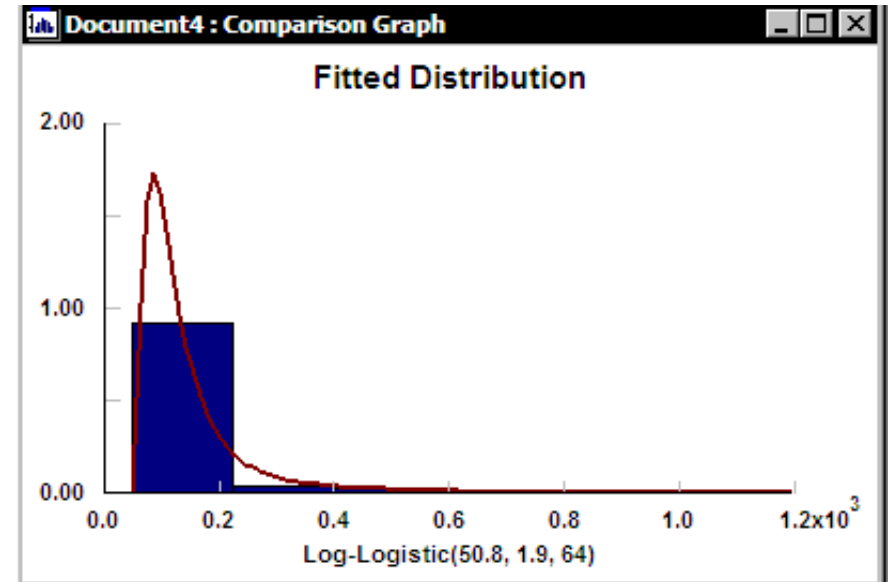




Müşteri dağılımları



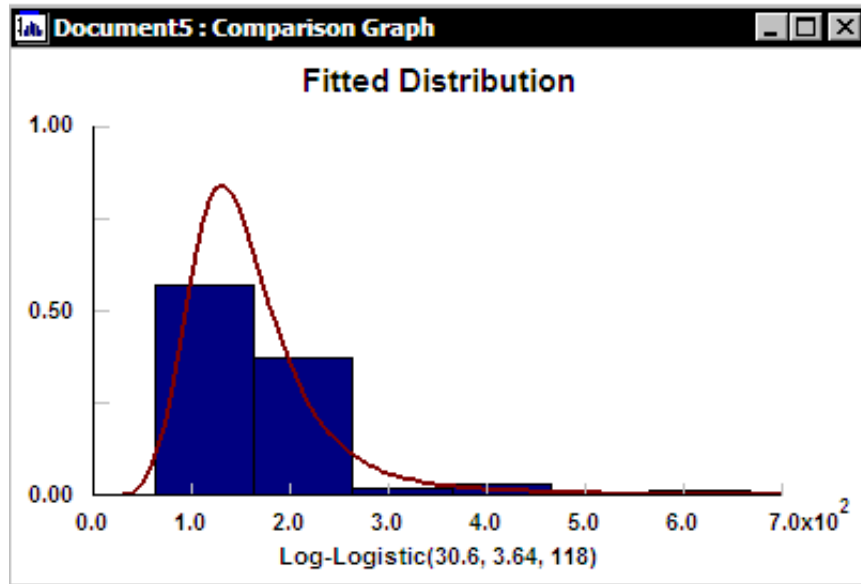
Beyoğlu beyaz



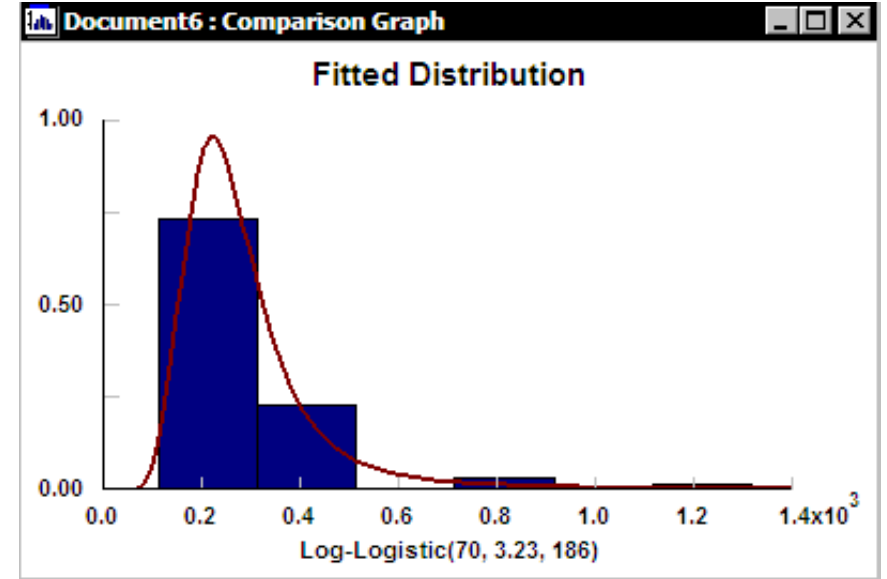
Beyoğlu sarı



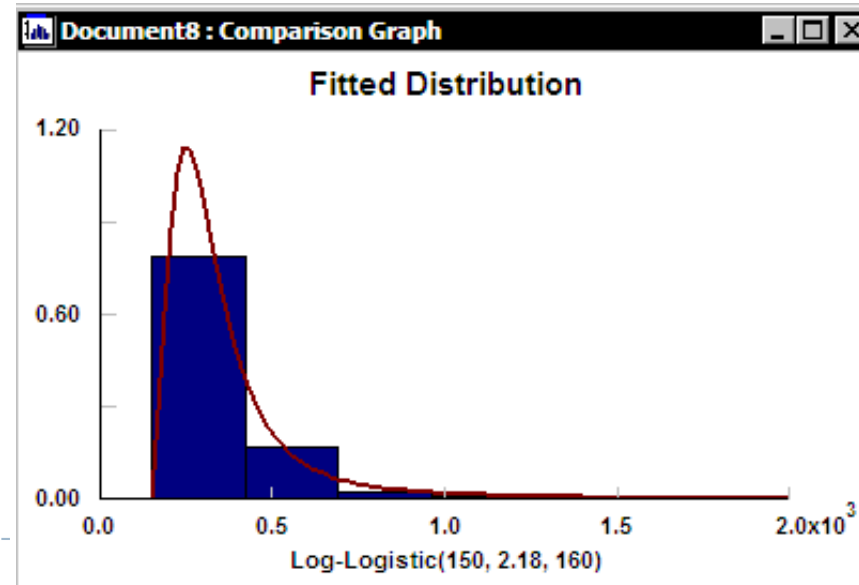
Müşteri dağılımları



Beyoğlu turuncu



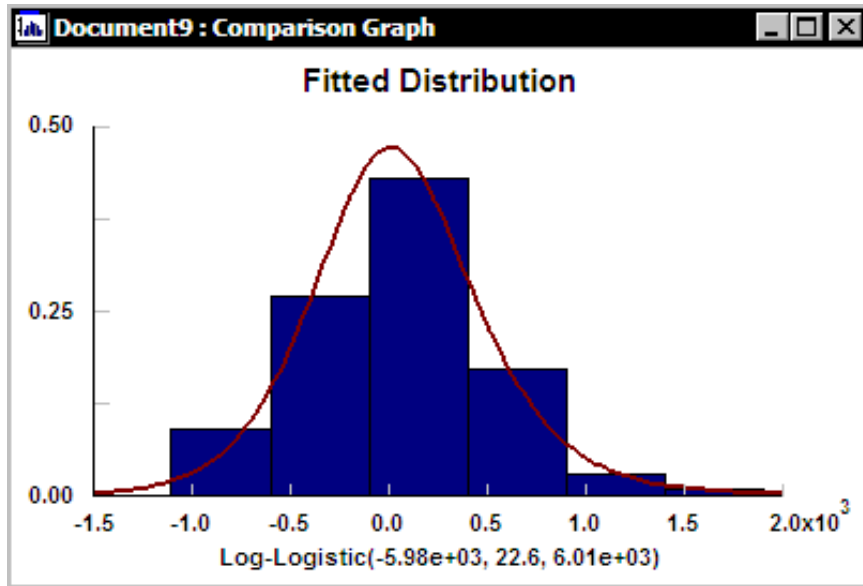
Beyoğlu kırmızı



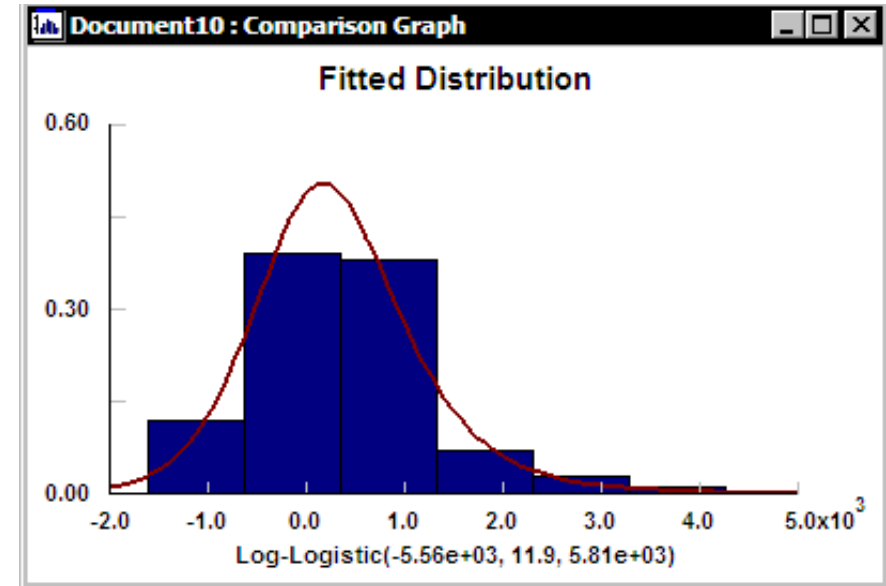
Beyoğlu kahverengi

Hata dağılımları

- ▶ Satış tepki modelinin hesapladığı değerler ile gerçekleşen değerler arasındaki farkların analizi
 - ▶ Hafta içi ve Hafta sonu ayrımı yapılarak gerçekleştirilmiştir



Beyoğlu hafta içi error



Beyoğlu haftasonu error.

Log-logistic (min, p, beta) fonksiyonu

Log-logistic fonksiyonu karmaşık süreçlerin çıktılarını modellemek için kullanılmaktadır. (Johnson et al, 1995)

$$f(x) = \frac{p \left(\frac{x - \min}{\beta} \right)^p}{\beta \left[1 + \left(\frac{x - \min}{\beta} \right)^p \right]^2}$$

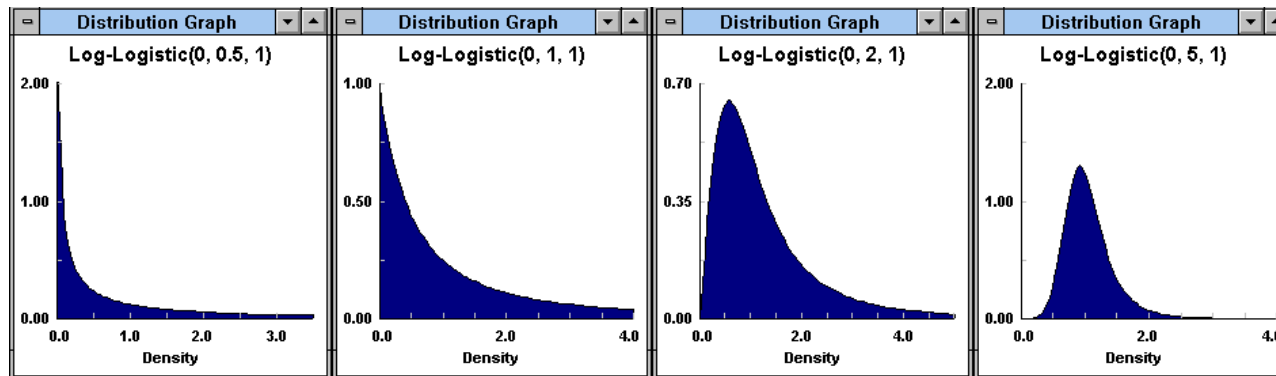
min=minimum x

p= şekil parametresi

β=ölçek parametresi

Ters dönüşüm formülü:

$$x = \min + \beta \left(\frac{RS}{1-RS} \right)^{\frac{1}{p}}$$



Simülasyon çalışması

- ▶ Dağılımlar kullanılarak saatlik müşteri sayıları ve satışlar bir hafta için üretilmiştir
- ▶ Optimizasyon modeli ile belirlenen gerekli personel sayısı kullanılarak haftalık bazda beklenen kar hesaplanmıştır
- ▶ Farklı “saatlik ihtiyaçlar” senaryoları ikili olarak karşılaştırılmıştır
 - ▶ Bunun için her bir senaryo 1000 kez yürütülmüştür



Simülasyon çalışması

- ▶ **Simülasyon Sonuçlarına göre Satış Tepki modelinin revizyonu**
 - ▶ Ek bir personelin kara marjinal katkısı bulunmuştur (en az artış yüzdesi = ek personelin kara marjinal katkısı).
 - ▶ İlk incelemelerde en az artış yüzdesi 0 kabul edilmiştir. Bu da kardaki en ufak artışta personel artışı gerekliliği sonucunu vermektedir
 - ▶ Personel artışının kar üzerindeki yüzdeler artışı dikkate alınarak belli bir yüzdenin altındaki kar artışının personel artışına sebep olmamasına karar verildi
 - ▶ Örneğin en az artış yüzdesi 0.01 olmasına karar verildiğinde personel sayısını 1 arttırmak için kardaki marjinal artışın 0.01 veya 0.01'den büyük olması gerekmektedir .
 - ▶ Buna göre optimizasyon modeli tekrar çalıştırılarak gerekli personel sayısı revize edildi



Kar artışı Örneği

müşteri sayısı 7,35

Personel Sayısı	1	2	3	4	5	6
Kar	-2,786	3,752	8,756	10,871	10,878	9,447

<u>yüzdelik artış</u>	-2,347	1,334	0,242	0,001	-0,132	-0,257
------------------------------	--------	-------	-------	-------	--------	--------



Simülasyon Sonuçları -Beyoğlu

- ▶ Önce belirlenen en az yüzdelik artışa göre Satış tepki modeli çalıştırılır, saatlik ihtiyaçlar belirlenir
- ▶ Optimizasyon modeli ile gerekli personel sayısı belirlenir
- ▶ Saatlik ihtiyaçlar ve gerekli personel kullanılarak simülasyon yürütülür
- ▶ Parametre olarak alınan en az kar artışı yüzdesi belli oranlarda arttırıldığında ortalama toplam kar da belirli bir noktaya kadar artmakta daha sonra düşmektedir
- ▶ Ortalama karın en yüksek olduğu en az artış yüzdesi en iyi artış yüzdesi olarak seçilmiştir

Deneme No	1. konfigirasyon				2. konfigirasyon				Tercih
	Gerekli enaz artış yüzdesi	Gerekli personel sayısı	ortalama kar	standart sapma	Gerekli enaz artış yüzdesi	Gerekli personel sayısı	ortalama kar	standart sapma	
1	0	28	18356	1642	0,01	22	18385	1547	0,01
2	0,01	22	18370	1420	0,02	19,5	17831	1355	0,01
3	0,01	22	18277	1432	0,03	18	17246	1314	0,01



Revize Satış Tepki modeline göre personel ihtiyaçları - Beyoğlu

gün	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	5	5	13	13	5	6	6	6	14	13	13	13	12
2	5	5	13	13	6	6	6	6	14	13	13	13	13
3	5	5	13	13	5	6	6	6	14	13	13	13	12
4	5	5	13	13	5	6	6	6	14	13	13	13	13
5	5	5	13	13	5	6	6	6	14	14	13	13	13
6	12	15	16	18	19	19	19	19	19	19	18	18	18
7	0	16	16	17	18	19	19	19	19	18	18	17	17

- ▶ En az artış yüzdesi = 0,01
- ▶ Gerekli personel = 22



Eğitim Planı- Mağaza Müdürü Eğitimi

- ▶ İstanbul (3),Ankara, İzmir ve Adana'da Eğitim verildi
- ▶ Yapılan çalışmanın özeti
- ▶ Verilerin tutulma yöntemleri
 - ▶ Model için gerekli verilerin tanıtımı ve tutulmasının öneminin vurgulanması
- ▶ Satış tepki modelinin kullanılması
 - ▶ Model parametrelerinin tanıtımı
 - ▶ Merkezden gelecek parametre değerlerine göre saatlik ihtiyaçların tespit edilmesi
 - ▶ MsExcel üzerinde modelin yürütülmesi
- ▶ Vaka çalışmaları
 - ▶ Modelin nasıl çalıştığının uygulamalarla gösterilmesi



Eğitim Planı-Teknik Eğitim

- ▶ Merkezdeki proje sorumlularına eğitim verildi
- ▶ Verilerin modele uygun hale getirilmesi
 - ▶ Shiftlerden çalışan sayılarının çıkarılması
 - ▶ Günlük ve saatlik bazda tutulan veriler ile çalışan sayılarının eşleştirilmesi
- ▶ Satış Tepki modelinin ayrıntıları
 - ▶ Modelin çalışma prensibi
 - ▶ Parametrelerin bulunması
 - ▶ Saatlik ihtiyaçların tespit edilmesi
- ▶ Simülasyon modeli ayrıntıları
 - ▶ Kullanılan veri seti
 - ▶ Verilerden dağılımların elde edilmesi ve simülasyonda kullanılması
 - ▶ Simülasyonun çalıştırılması
 - ▶ Satış tepki modeli ile Simülasyon modelinin bağının kurulması
- ▶ Modellerin MsExcel üzerinde çalıştırılması
 - ▶ Kullanılan fonksiyonların tanıtımı
 - ▶ MsExcel üzerinde çalışan makrolar
 - ▶ Sonuçların elde edilmesi ve yorumlanması



Sonuçlar

- ▶ Projede geliştirilen modellerden satış tepki modeli uygulamaya geçmemiştir
- ▶ Optimizasyon modeli için hazırladığımız Excel solver mağaza müdürleri tarafından uygulanmıştır
- ▶ Bu tip projelerde firmalar kullanabilecekleri bir araç istiyorlar, uygulanabilirliği olan modeller tercih ediliyor
- ▶ Mağaza müdürleri ve bölge müdürleri projenin uygulanmasına direnç göstermiştir



Gelecek Hafta

- ▶ **Proje tartışması**
- ▶ Projenizle ilgili yaptıklarınız ve yapacaklarınızın planı
 - ▶ 2-3 sayfalık kısa bir rapor (referans listesi hariç)
 - ▶ Proje konusu ile ilgili sunum
 - ▶ Herkesin yaklaşık 12 dakikası olacak
 - ▶ İçerik:
 - ▶ Proje konusu
 - ▶ Şuana kadar yapılan araştırmalar
 - ▶ Önerilen literatür sınıflandırma sistematığı
 - ▶ Seçilen makaleler

