# BİLKENT ÜNİVERSİTESİ
# ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

# ÜNİVERSİTE - SANAYİ/İŞ DÜNYASI İŞBİRLİĞİ PROJELERİ 2015


**Derleyenler**

Yrd. Doç Dr. Kağan Gökbayrak

Dr. Kemal Göler

Yeşim Gülseren

Doç. Dr. Osman Oğuz

ISBN: 978-975-6090-97-8
BASKI: Meteksan Matbaacılık, Mayıs 2015.
Bu kitap tanıtım amaçlıdır, parayla satılmaz.

**Düzenleme Kurulu:**

| | |
|---|---|
| Prof. Dr. M. Selim Aktürk | *Bilkent Üniversitesi* |
| Yrd. Doç Dr. Kağan Gökbayrak | *Bilkent Üniversitesi* |
| Dr. Kemal Göler | *Bilkent Üniversitesi* |
| Doç Dr. Osman Oğuz | *Bilkent Üniversitesi* |
| Yeşim Gülseren | *Bilkent Üniversitesi TTO* |
| Onur Altıntaş | *Bilkent Üniversitesi* |
| Emirhan Buğday | *Bilkent Üniversitesi* |
| Başak Bebitoğlu | *Bilkent Üniversitesi* |

**Değerlendirme Kurulu**

Yrd. Doç. Dr. Alp Akçay
Prof. Dr. Selim Aktürk
Yrd. Doç. Dr. Özlem Çavuş
Yrd. Doç. Dr. Özlem Karsu
Doç. Dr. Savaş Dayanık
Prof. Dr. Nesim Erkip
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Dr. Kemal Göler
Prof. Dr. Ülkü Gürler
Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara
Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan
Yrd. Doç Dr. Ayşe Selin Kocaman
Yrd. Doç. Dr. Emre Nadar
Doç. Dr. Osman Oğuz
Prof. Dr. Mustafa Pınar
Dr. Oğuzhan Vıcıl
Prof. Dr. Hande Yaman

## İÇİNDEKİLER

Önsöz ---------- xi

Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan ---------- xii

Kampanyalı Ürünlerde Fiyat Elastikiyetinin Belirlenmesi
A101 Yeni Mağazacılık A.Ş. ---------- 1

Uçuşunu Kaçıranların Biletinin Yanmamasına Dair Yeni Bir Uygulama ile Yan Gelir Eniyilemesi
AnadoluJet ---------- 6

Dalga Modeli Entegre Edilmiş Uçuş Çizelgeleme Optimizasyonu
AnadoluJet ----------10

AnadoluJet Teşekkür Mesajı
AnadoluJet ----------15

Üretim Hattı 6 Bina İçi Malzeme Dağıtım Sistemi
Arçelik Buzdolabı İşletmesi ---------- 16

A-Cool Fabrikası Metal Hatları Dış Alım Maliyeti Azaltma Projesi
B/S/H ----------20

Restoranlar için Optimum İnsan Gücü ve Çizelgeleme
D-Ream---------- 25

Perakende Lojistiğinde Depo Süreçlerinin Optimizasyonu
Ekol Lojistik A.Ş. ----------29

Mesken Müşterilerinde Kayıp Kaçak Kullanım Belirlenmesinin İstatistiki Olarak Modellenmesi
EnerjiSA A.Ş. ----------33

Lojistik Operasyonlar için Kaynak Yeterliliği
ETİ Gıda San. ve Tic. A.Ş. ----------38

Toplama Alanı Ve Yürüyüş Mesafesi Optimizasyonu
ETİ Gıda San. ve Tic. A.Ş. ----------43

Hastanelerin Lojistik Süreçlerinde Malzeme İhtiyaç Analizi ve Eniyilemesi
HAVELSAN ----------49

Personel İhtiyacının Satışa Göre Belirlenmesi ve Mağaza İçi Personel Çizelgelendirilmesi
Hazır Giyim Firması (Ulusal)----------53

Boyahane Departmanı Yerleşim Planı İyileştirmesi
MAN ----------58

Stokların Enazlanması
MEFA Endüstri ----------63

İç Mekan Mobilyanın Mağazalara Dağıtım Planlaması
MUDO Concept----------68

Mudo Concept Fiyatlandırma Projesi
MUDO Concept----------72

Montaj Hatlarında E-Kanban Tasarımı ve Uygulaması
ORS ----------77

ORS Teşekkür Mesajı
ORS----------81

Tasarım Değişiklikleri Devreye Alma Süreçlerinin Program Yardımıyla Takibi
Oyak-Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş. ----------82

Uçak Kullanımı ve Zamanında Kalkış Performansını İyileştiren Çizelgeleme
Pegasus Havayolları. ----------87

Perakende Ürün Satış Sisteminde Talep Tahmini
Tepe Home Mobilya ----------91

Mağaza İçi Teşhir Yerleşimi Karar Destek Sistemi
Tepe Home Mobilya ----------96

Yerel Market Zincirleri İçin Baz Satış Tahminleme Süreci
Unilever ----------101

Personel Maliyetleri Eniyilenmesi
Yunus Marketler Zinciri ----------106

Yunus Marketler Zinciri Teşekkür Mesajı
Yunus Marketler Zinciri ----------112

2014-2015 öğretim yılında gerçekleştirilen öğrenci projeleri, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ve Bilkent Üniversitesi TTO (Teknoloji Transfer Ofisi) işbirliğinde yürütülmektedir.

**Bugüne kadar bu programa katılarak katkıda bulunan kuruluşlar:**

**2014-2015 Döneminde Katkıda Bulunan Kişilere Teşekkür Ederiz...**

***Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden***

Yrd. Doç. Dr. Alp Akçay
Prof. Dr. M. Selim Aktürk
Yrd. Doç. Dr. Özlem Çavuş
Yrd. Doç. Dr. Özlem Karsu
Doç. Dr. Savaş Dayanık
Dr. Semih Ergür
Prof. Dr. Nesim Erkip
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Dr. Kemal Göler
Prof. Dr. Ülkü Gürler
Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara
Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan
Yrd. Doç. Dr. Yiğit Karpat
Yrd. Doç Dr. Ayşe Selin Kocaman
Yrd. Doç. Dr. Emre Nadar
Doç. Dr. Osman Oğuz
Prof. Dr. Mustafa Çelebi Pınar
Dr. Nil Şahin
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal
Dr. Oğuzhan Vıcıl
Prof. Dr. Hande Yaman

***Bilkent Üniversitesi İşletme Bölümü'nden***

Yrd. Doç. Dr. Fehmi Tanrısever

***Bilkent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden***

Doç. Dr. Buğra Gedik

***Bilkent Üniversitesi, Teknoloji Transfer Ofisi , Bilkent TTO Üniversite-Sanayi İşbirliği Koordinatörü***

Yeşim Gülseren

| | | |
|---|---|---|
| Orhan | Dağlıoğlugil | A101 Yeni Mağazacılık A.Ş |
| Erkin | Öztürk | A101 Yeni Mağazacılık A.Ş |
| Esra | Özpolat | A101 Yeni Mağazacılık A.Ş |
| Gürhan | Özesenli | A101 Yeni Mağazacılık A.Ş |
| Murat | Peker | AnadoluJet |
| Rabia Tuba | Görgülü | AnadoluJet |
| Kemal | Yılmaz | AnadoluJet |
| İbrahim | Doğan | AnadoluJet |
| Melih Akif | Gürbüz | AnadoluJet |
| Muhammet | Ayhan | AnadoluJet |
| Özlem | Yelkovan | AnadoluJet |
| Nevzat | Güngör | Arçelik Buzdolabı İşletmesi |
| İsmail | Akçoral | Arçelik Buzdolabı İşletmesi |
| Gokhan | Yavuz | Arçelik Buzdolabı İşletmesi |
| Hakan | Alanlıoğlu | BSH |
| İsmail Bilgehan | Tamkoç | BSH |
| Erkan | Kan | BSH |
| Gencer | Özkazman | BSH |
| Güre | Cesur | BSH |
| Murat | Yücel | BSH |
| Onur | Kayalı | D.ream |
| Barış | Acar | D.ream |
| Sadettin | Küçükgirgin | Ekol Lojistik |
| Murat | Türkçelik | Ekol Lojistik |
| Kenan | Aghayev | Ekol Lojistik |
| Serdar | Güven | EnerjiSA |
| Betül | Canıtez | EnerjiSA |
| Arif | Coşkun | EnerjiSA |
| Ozan Hüsnü | Güreç | EnerjiSA |
| Engin | Çölova | Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| Adem | İrtegün | Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| Tolga | Kırsaç | Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| Bora | Tanyel | Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| Ahmet Cüneyt | Volkan | Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| Ziya | Bayrak | GATA |
| Cihangir | Koyuncu | GATA |
| İbrahim | Aydın | GATA |
| Murat | Gülşen | GATA |
| Murat | Kılıç | GATA |
| Gürsel | Gündüz | HAVELSAN |
| Cenk | Tekin | HAVELSAN |

| | | |
|---|---|---|
| Sevcan | Kasman | Hazır Giyim Firması |
| Ali | Gürkan | MAN Türkiye A.Ş. |
| Elif Gamze | Şahin | MAN Türkiye A.Ş. |
| Anıl | Özbek | MAN Türkiye A.Ş. |
| Pelin | Çelikaksoy | MAN Türkiye A.Ş. |
| Övgehan | İnce | MAN Türkiye A.Ş. |
| Mustafa | İskifoğlu | MAN Türkiye A.Ş. |
| Semih | Uğurluel | MAN Türkiye A.Ş. |
| Mesut | Türkmen | MAN Türkiye A.Ş. |
| Emre | Üstündag | Mefa Endüstri |
| Yunus | Ekinci | Mefa Endüstri |
| Oytun | Bostancı | Mefa Endüstri |
| Bahar | Türkeli | Mudo Concept |
| Mine | Yardımcı | Mudo Concept |
| Muhlis | Yücebıyık | Mudo Concept |
| Alptekin | Demiray | ORS |
| Osman | Doğan | ORS |
| Güliz | Öztürk | Pegasus Havayolları |
| Turgut | Atay | Pegasus Havayolları |
| Özlem | Ulavur | Pegasus Havayolları |
| Elifnur | Doğruöz | Pegasus Havayolları |
| Mahmut | Şenaltun | Renault |
| Olcay | Filiz | Renault |
| Fatih Kamil | Şahin | Renault |
| Filiz | Terziler | Renault |
| Songül | Anıl | Tepe Home |
| Arzu | Kadıgil | Tepe Home |
| Bahar | Kılıccıoğlu | Tepe Home |
| İrina | Grishanova | Unilever |
| Didem | Çolpan | Unilever |
| Cansu | Boybey | Unilever |
| Nazlı | Oğuz | Unilever |
| Dilşat | Uyguroğlu | Unilever |
| Sıla | Kurt | Unilever |
| Zeki | Doğan | Yunus Marketler Zinciri |
| Saadettin | Yılmaz | Yunus Marketler Zinciri |
| Gamze | Yıldırım | Yunus Marketler Zinciri |
| Hasan Ali | Pektaş | Yunus Marketler Zinciri |

# ÖNSÖZ

Bu kitap, 2014-2015 öğretim yılında Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü tarafından gerçekleştirilen Üniversite-Sanayi İşbirliği Bitirme Projeleri özetlerini kapsamaktadır. Programımız 21 yıl önce sistem tasarımı derslerinin sanayi projelerine dönüştürülmesi ile başlamıştır. Bu süre içerisinde farklı sektör ve büyüklükte 82 şirketle toplam 370 proje gerçekleştirilmiştir.

Endüstri Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerinden oluşan proje ekipleri, şirket yetkilileri, üniversite akademik danışmanları ve Bilkent Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi'nin de desteği ile firmaların belirlediği gerçek problemler üzerinde çalışmaktadır. Yapılan projeler sonucunda ortaya çıkan ürün, yöntem veya hizmet, ilgili firmaya önemli yarar ve katma değer sağlamaktadır.

Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması da 2002-2003 yılında yapılan projelerin ilgili tüm firma, kuruluş ve üniversitelerle paylaşılması, iş dünyasının seçkin kuruluşlarının birbirleriyle ve üniversite ile olan etkileşiminin artırılması ve öğrencilerimizin iş hayatına daha donanımlı hazırlanmasını sağlamak amacıyla başlatılmıştır. Her yıl sistematik ve etkin bir şekilde yapılan bu çalışmaların daha kalıcı ve yaygın olarak paylaşılması amacıyla da "Endüstri Projeleri" kitabı serisi hazırlanmış ve bu dönemde gerçekleştirilen projeler gizlilik ilkesine bağlı kalınarak özet halinde sizlere sunulmuştur.

Projelerin seçim aşamasında desteklerini esirgemeyen "Değerlendirme Kurulu"muza, fuar ve yarışma jürimizde görev alan Güney Özaltan (Arçelik Pişirici Cihazlar İşletmesi), Dr. Alptekin Demiray (Ortadoğu Rulman Sanayi ve Tic. A.Ş.), Orhan Dağlıoğlugil ( A101 Yeni Mağazacılık), Yrd. Doç. Dr. Emre Nadar'a (Bilkent Üniversitesi) teşekkür ederiz.

*Sistem Tasarımı Dersi Koordinatörleri :*

Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Dr. Kemal Göler
Doç. Dr. Osman Oğuz

***Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü***

***Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Başkanı'ndan***

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü olarak öğrencilerimizin teknolojik ve sosyal değişikliklere uyum sağlayabilen, yaşam boyu öğrenmeyi hedefleyen ve sorgulayan iyi bir endüstri mühendisi olarak mezun olmasını amaçlamaktayız. Karmaşık sistemler ve problemlere bir bütün olarak bakabilme ve analitik düşünebilme yeteneğinin kazandırılması, eğitim programımızın en önemli amaçlarındandır. Bu doğrultuda Bölümümüz 2007 yılında Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) adlı bağımsız kuruluş tarafından eğitim kalitesini belgeleyen tam akreditasyonu Türkiye'de ilk alan mühendislik bölümüdür.

Eğitimde dünya çapında kalite standartlarını kullanan Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, **Üniversite-Sanayi İşbirliği** adı altında ülkemizde örnek gösterilen programını 21 yıldır başarılı bir şekilde uygulamaktadır. Bu programın ana hedefi son sınıf öğrencilerine kapsamlı ve derinlikli bir mesleki deneyim kazandırmaktır. Bu kapsamda 4-6 kişilik proje ekipleri, akademik ve iş dünyasından danışmanların gözetiminde firmanın gündemine girmiş olan ve çözüm bekleyen gerçek problemlerini çözmektedirler.

Bu yıl 13.sünü düzenlediğimiz Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nda 23 proje yer almaktadır. Bu organizasyonda bütün bir yıl boyunca projeleri üzerinde özveri ile çalışan öğrencilerimizin çalışmaları sergilenmekte ve projelerine ait sunumlar yapılmaktadır. Öğrencilerimizi bu vesile ile kutluyor ve programa büyük katkıları olan tüm firma yetkililerine ve danışmanlarımıza teşekkür ediyorum.

Ayrıca bütün bu süreç boyunca yoğun ve özverili çalışmalarıyla programın hedeflerine uygun şekilde yürümesi için büyük çaba gösteren program koordinatörleri Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak, Dr. Kemal Göler, Doç. Dr. Osman Oğuz hocalarımıza, Bilkent TTO Üniversite-Sanayi İşbirliği Koordinatörümüz Yeşim Gülseren'e, asistanlarımız Onur Altıntaş, Emirhan Buğday, Başak Bebitoğlu ve emeği geçen herkese çok teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,

Prof. Dr. M. Selim Aktürk
Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı

# Kampanyalı Ürünlerde
# Fiyat Elastikiyetinin Belirlenmesi

## A101 Yeni Mağazacılık A.Ş

**Proje Ekibi**
Baver Aksungur
Emrecan Ataoğlu
Murat Can Bayrakçı
Büşra Nur Çiçek
Ece Çiğdem
Gizem Orhan

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Gürhan Özesenli
Sistem Geliştirme Uzmanı

**Akademik Danışman**
Doç Dr. Buğra Gedik
Bilkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Blümü

**Firma Tanıtımı**

A101 Yeni Mağazacılık A.Ş., Türkiye'de perakende sektöründe hizmet veren bir indirim marketleri zinciridir. Kaliteli gıda ve tüketim malzemelerini düşük fiyatlarla tüketiciye ulaştırma prensibiyle 2008'de kurulan A101, bugün 2500'ü aşan mağazası ve 800'ü aşkın ürün çeşidiyle, Türkiye'nin her ilinde faaliyet göstermektedir.

## Proje Tanıtımı

A101 şirketinin kampanyalarında geleneksel ve sezgisel yöntemler kullanıldığı için kampanyalı ürünlerin fiyat elastikiyetinin bilinmemesi, kampanya sonrası satışın tahmin edilememesi ve yüksek envanter hacminin ortaya çıkması şirket için problem oluşturmaktadır. Kampanyaların etkin bir şekilde yürütülemediğini gösteren belirtileri; kampanya sürecinde, ürüne olan talep rakiplerden daha az olabilmesi, kampanya sonucunda stoklarda ürün kalabilmesi (istenilen satış miktarına ulaşılamaması), kampanya sonrasında yüksek kârdan zarar oluşmasıdır (Kârdan zarar, indirim dolayısıyla daha az kâr elde etmeyi ifade etmek için kullanılmaktadır).

Yukarıda verilen belirtiler ve şikâyetler doğrultusunda, kampanya ürünlerinin fiyatlarının belirlenmesi için regresyon modeli oluşturularak ürünlerin elastikiyet grafiklerinin elde edileceği ve buradan hareketle üründe yapılacak indirim miktarını belirlemek için bir karar destek sistemi geliştirilmesine karar verilmiştir.

Sistemin girdileri Akyurt ve Akıncı bölgesinin mağaza kodu, ürün kodu, satış tarihi, satış miktarı, satış fiyatı ve indirimli satılan ürünlerin 6 yıllık verilerini içermektedir. Veriler alt gruplara bölünmüş ve sıralanmıştır. Sistemin çıktıları ise regresyon modelinin verdiği ürün miktarlarıdır. Çıkan ürün miktarları optimal ürün miktarı değildir. Yapılan model girilen indirim oranına göre satılacak ürün miktarını göstermektedir. Böylece, her ürün için fiyat elastikiyeti rahatça belirlenebilecektir.

$$Q_{i,t} = \mathcal{K}_i + \epsilon_i S_{i,t} + \mu_i {S_{i,t}}^2 + \sigma_i {S_{i,t}}^3 + \rho_i P_{i,t} + \gamma_i \log(P_{i,t}) + \vartheta_i \left(1 - \frac{P_{i,t}}{\bar{P}_{i,t}}\right) + \tau_i \left(1 - \frac{P_{i,t}}{\bar{P}_{i,t}}\right)^2 + \varphi_i M_{i,t} + \alpha_i X_{i,t} + \beta_i Y_{i,t} + \delta_{i,t} D_{i,t} + \pi_{i,t} \frac{S_{i,t}}{\overline{TS}_t} + \theta_{i,t} \frac{S_{i,t}}{\overline{DS}_{i,t}}$$

| | |
|---|---|
| $\mathcal{K}_i$ = Intersept | $Q_{i,t}$ = t zamanındaki i.nci ürün miktarı |
| $\rho_i$ = Fiyat faktörü | $P_{i,t}$ = t zamanındaki i.nci ürünün birim satış fiyatı |
| $\vartheta_i$ = İndirim faktörü | $\bar{P}_{i,t}$ = t zamanındaki i.nci ürünün taban fiyatı |
| $\varphi_i$ = Ramazan faktörü | $M_{i,t}$= Ramazan değişimi (ikili değişken) |
| $\alpha_i$ = Ramazan bayramı faktörü | $X_{i,t}$ = Ramazan bayramı değişkeni (ikili değişken) |
| $\beta_i$ = Kurban bayramı faktörü | $Y_{i,t}$ = Kurban bayramı değişkeni (ikili değişken) |
| $\gamma_i$ = Logaritmik fiyat faktörü | $D_{i,t}$ = İndirim sonrasındaki gün değişkeni (ikili değişken) |
| $\tau_i$ = İndirim$^2$ faktörü | $\bar{S}_{i,t}$ = t zamanındaki i.nci ürün için taban satış oranı |
| $\delta_{i,t}$ = İndirim sonrasındaki gün faktörü | $\overline{TS}_t$ = t zamanında taban toplam gelir (hareketli ortalama) |
| $\epsilon_i$ = Taban satış miktarı faktörü | $\overline{DS}_{i,t}$ = t zamanındaki i.nci ürün için taban günlük etki (hareketli ortalama) |
| $\pi_{i,t}$ = Gelir oranı faktörü | |
| $\theta_{i,t}$ = Günlük satış faktörü | |
| $\mu_i$ = Taban satış miktarı$^2$ faktörü | |
| $\sigma_i$ = Taban satış miktarı$^3$ faktörü | |

*Taban satış miktarı değişkenleri*: Geçmiş 3 haftada aynı gün görülen ortalama satış miktarı hareketli ortalamayla hesaplandı. 3 haftalık belirlenen eşik değer, fiyatların durağan bir çizgide ilerlemesi nedeniyle kısa süreli alındı. Etkinin lineer olmaması sebebiyle üslü değişkenler kullanıldı.
*Fiyat değişkenleri:* Taban fiyat baz alınarak hesaplanmıştır. Taban fiyat, belirli bir tarihteki fiyat baz alınarak, öncesindeki on haftanın fiyatları içerisinden maksimum fiyat ve sonrasındaki on haftanın fiyatları içerisindeki maksimum fiyat alınıp onların arasından minimumu seçilerek, seçilen minimum fiyat değeri ile baz kabul ettiğimiz fiyatın maksimumu alınmıştır. Taban fiyat üzerinden indirim oranları belirlenmiştir. Etkinin lineer olmaması sebebiyle logaritmik ve üslü değişkenler kullanılmıştır.

*Özel gün değişkenleri:* Satış miktarında fazla değişkenliğin olduğu tarihlerin özel günler olduğu anlaşılmıştır. Bunlar Ramazan ayı, Ramazan Bayramı ve Kurban Bayramı'dır. Aynı zamanda kampanya sonrası değişkeni ikili değişken şeklinde modele eklenmiştir. Bu değişkenin eklenmesinin nedeni şirketin kampanya sonrası satışın nasıl değiştiğini görmek istemesidir. Bu değişken kampanya bitimindeki ardışık 3 gün için 1, diğer günlere 0 verilerek modele yerleştirilmiştir.

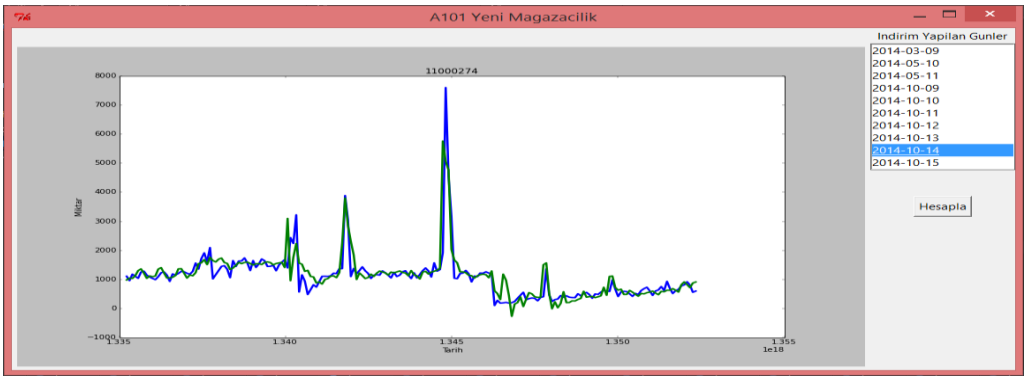
*Haftanın günü değişkenleri:* Her hafta için kendinden önceki haftanın hafta içi ve hafta sonu ortalama satışları hesaplanarak bu değerin taban hacme bölünmesiyle bulunmuştur.

*Toplam trafik değişkenleri:* Geçmiş üç haftada haftanın aynı günü yapılan toplam satış miktarlarının ortalamaları her üçer hafta için hareketli olarak yapılmıştır. Bu değerlerin toplam satış hacmine bölünmesiyle trafik oranı belirlenmiştir. Bu değişkenle şirketin büyümesi ve mağaza sayısının artması etkenlerinin modele yansıtılması sağlanmıştır.

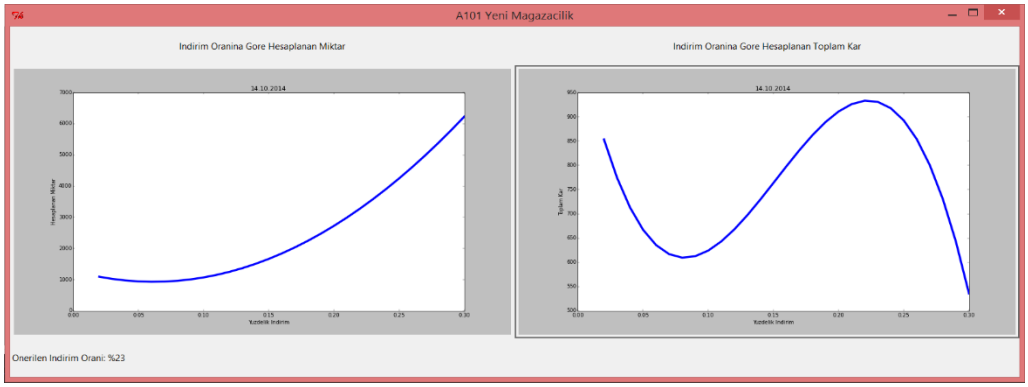
Model bir regresyon modeli olduğu için, validasyonda bulunan değerler gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Bunu bilimsel bir temele oturtmak amacıyla R-square değerleri baz alındığında, varyasyonu az olan yani satış miktarlarında çok büyük değişikler olmayan ürünlerde oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun yanıltıcı olacağı anlaşıldığında, ortalama karesel hata (MSE) hesaplanmıştır. Fakat bu durumda da kimi ürünlerin satış miktarlarının yüksek kimilerinin de oldukça düşük olması sebebiyle ortak bir ölçüt elde edilememiştir. Validasyon için en iyi yöntemin gerçek değerlerle tahmin edilen değerlerin aynı grafik üzerinde karşılaştırılması olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Burada dinamik olarak her değer kendinden önceki veriler kullanılarak hesaplanmış ve gerçek değeriyle karşılaştırılmıştır (Şekil-2).

Elde edilen regresyon modeli sonucunda şirket için GUI tasarlanmıştır. Sistem iki ürün için denenmiştir. Bu ürünlerin seçilmesinin nedeni en yüksek oranda indirimlerin yapılmış olmasıdır. Karar destek sisteminde, öncelikle Şekil-1 ve 2'de görüldüğü üzere, istenilen ürün kodu girildiğinde, satış miktarı tahmini görülmektedir. Görülen mavi eksen gerçek değerler, yeşil eksen ise tahmin edilen değerlerdir. Regresyon modeli indirimlerden meydana gelen dalgalanmaları takip edebilmektedir. Ayrıca tahmin edilen değerlerde aşırı uyum görülmediği yani modelin veriyi ezberlemediği sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde sağ tarafta indirim yapılan günler sıralanmıştır. İstenilen indirim günü seçildiğinde, indirim yapılan tarih bazında, indirim oranına göre hesaplanan miktar ve toplam kar grafikleri görülmektedir (Şekil-3). Bu grafiklerin yanında, önerilen indirim oranı belirtilmiştir. Şekil-4'te ise gerçek veriler ile tahmin edilen verilerin karşılaştırılması sonucu elde edilen kârdan zarar değerleri görülmektedir. Tahmin edilen değerlerin kârdan zarar miktarını istenilen orana yaklaştırdığı görülmektedir.

Şekil 1: Ürün Seçme Ekranı




Şekil 2: Tarih Seçme Ekranı




Şekil 3: İndirime göre Elastikiyet ve Toplam Kâr Grafikleri

## Kaynakça

ECONOMETRIC OPTIMIZATION ENGINE. Demandtec, Inc San Carlos, CA (US), assignee. Patent US 7,302,410 B1. 27 Nov. 2007. Print.

# Uçuşunu Kaçıranların Biletinin Yanmamasına Dair Yeni Bir Uygulama ile Yan Gelir Eniyilemesi

## AnadoluJet

**Proje Ekibi**
Gizem Bölükbaşı
Betül Ergin
Nur Kaynar
Büşra Ökten
Ömer Sarıtaç
Özlem Yılmaz

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü Ankara

**Şirket Danışmanı**
Murat Peker
Rabia Tuba Görgülü

**Akademik Danışman**
Doç. Dr. Savaş Dayanık
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Türk Hava Yolları'nın alt markası olan AnadoluJet, 23 Nisan 2008'de Ankara merkezli olarak 5 uçaklı filosuyla hizmet vermeye başlamıştır. AnadoluJet, düşük maliyetli hava taşımacılığı modelini benimsemiş ve hava taşımacılığına olan talebi arttırmayı hedeflemiştir. Ankara'da Esenboğa Havaalanı ve İstanbul'da Sabiha Gökçen Havaalanı olmak üzere iki uçuş merkezi bulunmaktadır. AnadoluJet, Sabiha Gökçen Havalimanı'nda yaptığı seferlerle birlikte, 2013 yılında toplam 7.7 milyon yolcu taşımıştır. Günümüzde 26 uçaklı filosuyla yurtiçinde 40'a yakın noktaya uçarak sektörün liderlerinden biri konumuna ulaşmıştır.

## Proje Tanıtımı

Projemizin amacı yeni bir bilet sigortalama sistemi ile, şirketin yan gelirlerini müşteri memnuniyetini etkilemeden artırmaktır. Uçuşunu kaçıran müşterilerin biletinin yanmamasına yönelik olan bu uygulama tasarlanırken odak noktası, uygulamanın fiyatı ve kullanım süresi gibi özelliklerini belirlemektir. Bu proje Türk Hava Taşımacılığı literatüründe bir ilk olup müşteri davranışları anket yöntemiyle saptanmıştır. Anketler Ankara Esenboğa Havalimanı, Bilkent Üniversitesi ve internet ortamında gerçekleştirilmiştir. Anketten ve şirketin veri madeninden elde edilen veriler popüler bir istatistik yazılımı olan R programında analiz edilip benzetim modeline entegre edilmiştir. Java programında yazılan benzetim kodunun doğruluğu kontrol edildikten sonra verilerin koda entegre edilmesiyle elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, bu yeni ürün için en uygun kullanım özellikleri ve fiyat belirlenmiş; bu yeni uygulamanın yan gelir üzerinde etkisi yorumlanmıştır.

Türk Hava Yollarının alt markası olan AnadoluJet, yurt içi uçuşları düzenlemek, yaygınlaştırmak ve düşük maliyetli hava yolu taşımacılığı sağlamak amacıyla kurulmuştur. Ancak Türk Hava yollarının alt markası olması sebebiyle, düşük maliyetli hava yolu taşımacılığı yapan diğer markaların ücretlendirdiği koltuk seçimi, uçak içi ikram dağıtımı gibi servislerden kar elde edememektedir ve bu durum şirketin yan gelirlerinin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple, şirketin yan gelirlerini arttırırken müşteri memnuniyetini etkilemeyecek uygulamalar bulmak amaçlanmıştır. Üniversitemize AnadoluJet tarafından sağlanan proje, yeni bir yan gelir hizmeti olan "yanmaz bilet" opsiyonunun yan gelir miktarına katkısının eniyilemesi hedeflenmektedir. Yanmaz bilet belirli bir ücret karşılığında biletle beraber satın alinabilen, uçağın kaçırılması durumunda, bilete ödenen miktarın bir sonraki uçuşta kullanılmak amacıyla, yolcunun hesabında tutulması uygulamasıdır.

Bu uygulamada, opsiyon fiyatı ve ürüne olan talep arasındaki dengenin, yan gelir miktarını eniyileyecek şekilde belirlenmesi esastır. Bu noktadan hareketle, projemizdeki temel amaç, "yanmaz bilet" opsiyonunun fiyatını ve bir sonraki uçuş için müşterinin hesabında tutulan paranın kullanılabileceği en son zamanı belirlemek, bu sırada şirketin yan gelirlerini yükseltmektir.

Projemizde gerçek sistemi yansıtabilmek için benzetim modeline başvurulmuştur. Benzetim modelinin işleme mantığı şu şekildedir:

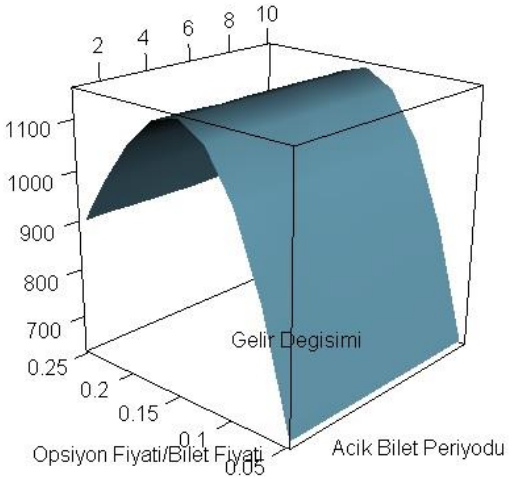
Sistemdeki bir yolcu biletini alır ve sınıfı belirlenir. Daha sonra uçağı kaçırma olasılığına bakılarak yolcunun uçağı kaçırıp kaçırmadığı belirlenir. Yolcu uçağını kaçırdıysa ve önceden opsiyonu satın aldıysa kendisine ilk biletine

ödediği fiyatı cebinde tutarak yeniden uçma imkanı tanınır. Kişi belirli olasılıkla bu imkanını hemen kullanabilir ya da açığa çevirebilir. Bu noktada önemli olan kişinin şirkete sağladığı kazancı ya da kaybı doğru şekilde hesaplayabilmektir. Bunun için de sık uçan ve uçmayan yolcu oranlarına başvurulmuştur. Eğer kişi sık uçuyorsa, bu kişinin zaten alacağı bileti daha az fiyata satmak kayıp olarak kabul edilmiştir. Sık uçmayan yolcuların durumunda ise bu kayıp kazanca dönüşmektedir. Benzetim modelinde bu işlem bir uçak kapasitesi kadar yolcu için farklı senaryolarla tekrarlanıp opsiyonun getirdiği toplam kazanç hesaplanır.
Modelin çalışma şekli belirlendikten sonraki aşama gerekli verilerin belirlenmesi ve elde edilmesidir. Modelin kullandığı verilerden bazıları; yolcuların sınıfı, bir yolcunun uçağı kaçırma olasılığı, bir yolcunun opsiyonu alma olasılığı, yolcunun opsiyona sahip olması halinde opsiyonu ne zaman kullanacağı, yolcuların uçma sıklığı, uçak bilet fiyatları. Bu veriler şirket ve anket yoluyla elde edilmiştir.

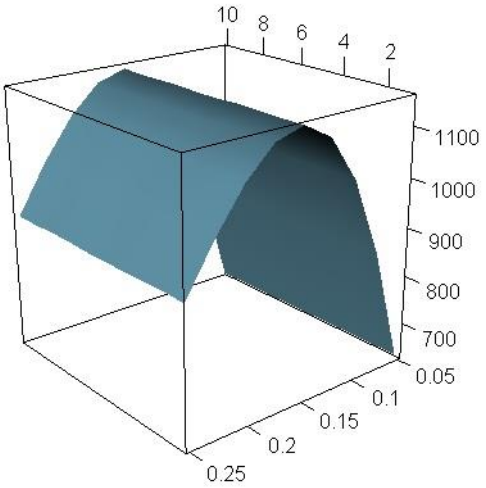
Benzetim modeli yukarıda anlatılan mantık çerçevesinde JAVA'ya aktarılmıştır. Kodun ihtiyacı olan veriler sağlandıktan sonra kod çalıştırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Ardından modelin doğrulaması yapılmıştır. Gerçek hayatta benzer uygulama olmadığından var olan gerçek sisteme bakılarak doğrulama yapılamamıştır. Bunun yerine uç senaryolar sistemde denenerek sonuçların beklenen doğrultuda olup olmadığına bakılmıştır. Böylelikle modelin doğrulaması tamamlanmıştır.

Yolcuların sınıfı, bilet alma zamanları (uçuştan kaç gün önce bilet alındığı), uçağını kaçıran yolcuların oranı, biletlerin fiyatları ve tarife bilgileri, AnadoluJet'in yan gelirlerden elde ettiği karın toplam karına oranı, filo kapasitesi ve doluluk oranı gibi veriler şirket tarafından ekibimizle paylaşılmıştır. Nitekim yolcuların uçuş sıklığı, uçağını kaçıran bir yolcunun 24 saat içinde yeni bir bilet alma oranı, yolcuların bu yeni uygulamaya bakış açısı ve saptadıkları ücret gibi bazı verilere şirketin veri havuzundan ulaşmak mümkün olmadığı saptanmıştır. Bu ihtiyacın giderilmesi için ekibimiz 12 Mart 2015 günü Ankara Esenboğa Havaalanı'nda bir Anket gerçekleştirdi. Daha çok sayıya ve insan profiline ulaşılması açısından Bilkent Üniversitesi'nde ve internet ortamında ankete devam edilmiştir.

Kodun doğru çalıştığı ve beklenen doğrultuda sonuçlar verdiği saptandıktan sonra elde edilen en iyi fiyat değeri ve açık bilet süresi aşağıdaki grafiklerden görülebilir (Şekil 1 ve Şekil 2). Buna göre opsiyondan en iyi gelir; opsiyon fiyatı bilet fiyatının %15 olduğunda ve açık bilet süresi 6-7 hafta olduğunda sağlanmaktadır.




Şekil 1. Opsiyon fiyatı ve açık bilet süresine göre gelir değişimi




Şekil 2. Opsiyon fiyatı ve açık bilet süresine göre gelir değişimi

Projenin ileriki aşamalarında girilen veriler ve anket sonuçlarının daha gerçeği yansıtır şekilde tasarlanması amaçlanmıştır. Bu şekilde her bir uçuştan elde edilecek ortalama kar miktarı daha net ve gerçeğe yakın değerlerle şirkete sunulacak ve en karlı opsiyonun kullanım süresi daha doğru bir şekilde belirlenmiş olacaktır. Bu doğrultuda profesyonel bir anket firması olan IPSOS ile anket sorularının gözden geçirilmesi ve daha uygun bir anket ile fiyat-talep eğrisinin çizilebilmesi amaçlanmıştır. İkinci anket daha geniş bir kitle üzerinde uygulamaya konulacak ve daha kesin sonuçlar vermesi hedeflenecektir.

# Dalga Modeli Entegre Edilmiş Uçuş Çizelgeleme Optimizasyonu

# AnadoluJet

**Proje Ekibi**
Onur Can Aydın
Vildan Gözde Gündüz
Anıl Karakaya
Bengi Kayman
Çiğdem Gizem Koca
Basri Şahin

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanları**
Melih Akif Gürbüz , AnadoluJet Tarife ve Network Planlama Müdürü
Muhammet Ayhan, AnadoluJet Tarife ve Network Planlama Uzmanı
Özlem Yelkovan, AnadoluJet Tarife ve Network Planlama Uzmanı

**Akademik Danışman**
Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Türk Hava Yolları'nın alt markası olan AnadoluJet, 23 Nisan 2008'de Ankara merkezli olarak 5 uçaklı filosuyla hizmet vermeye başlamıştır. AnadoluJet, düşük maliyetli hava taşımacılığı modelini benimsemiş ve hava taşımacılığına olan talebi arttırmayı hedeflemiştir. Ankara'da Esenboğa Havaalanı ve İstanbul'da Sabiha Gökçen Havaalanı olmak üzere ki uçuş merkezi bulunmaktadır. AnadoluJet, Sabiha Gökçen Havalimanı'nda yaptığı seferlerle birlikte, 2013 yılında toplam 7.7 milyon yolcu taşımıştır. Günümüzde 26 uçaklı filosuyla yurtiçinde 40'a yakın noktaya uçarak sektörün liderlerinden biri konumuna ulaşmıştır

## Proje Tanıtımı

AnadoluJet, 23 Nisan 2008 tarihinde geniş halk kitlelerinin ulaşım hizmetinden yararlanmaları amacıyla Türk Hava Yolları'nın farklı bir ticari markası olarak kurulmuş olup, Ankara merkezli faaliyetlerini yürüten bir havayolu şirketidir.

AnadoluJet, Türk Hava Yolları'nın yeni bir iş modeli ile yapılandırdığı farklı bir ticari markası olarak 2008'den bu yana havacılık sektöründe hizmet vermektedir. AnadoluJet topla-dağıt modeli ile tarifesini oluşturarak dalga modelini mevcut uçuş planına entegre etmeye çalışmaktadır. Topla ve dağıt sistemi, yolcuların (ya da uçakların) toplandığı ana aktarım merkezini ve yolcuların gönderildiği dağıtım noktalarını içermektedir. Dalga modelindeki her bir dalga, belirli bir dağıtım noktası ve ana aktarma merkezi arasında gidiş-gelişi ifade eder. İki nokta arasında seyahat etmek isteyen yolcular bir dalga ile AnadoluJet'in aktarım merkezi olan Ankara'da toplanır ve buradan gitmek istedikleri noktalara sonraki dalgalar ile dağıtılırlar.

Projenin amacı; uçuşlarında "topla-dağıt" sistemine entegre edilmiş dalga modelini kullanan AnadoluJet'in Ankara üzerinden aktarma yapan yolcularının aktarım merkezindeki bekleme sürelerini enazlayan bir tarife planı oluşturmaktır. 2016 yılı yaz döneminde uygulamaya konması planlanan bu projede, öncelikle "topla-dağıt" ve "noktadan noktaya" uçuş modellerini kapsayan literatür taraması yapılmış, projenin kısıtlarını içeren veya benzer içerikli projeler araştırılmıştır. Şehirlerin Ankara'ya olan uçuş uzaklığı baz alınarak veri analizleri yapılmış, proje kısıtları ile birlikte matematiksel ve sezgisel modeller geliştirilmiştir. Matematiksel model IBM ILOG CPLEX 12.6 kullanılarak çözülmüş, sezgisel modelin algoritması Java tabanında çözülmüştür. Modellerin sonuçlarının performansı Java tabanında NetBeans arayüzü kullanılarak değerlendirilmiştir. Performans değerlendirmelerinin sonucunda, Ankara'dan aktarma yapan yolcuların bekleme sürelerinin sırasıyla matematiksel ve sezgisel modelde %16 ve %10 oranında azaldığı gözlenerek, proje amacına ulaşmıştır.

AnadoluJet'in şu anda kullandığı tarife ideal olan dalga sisteminden oldukça farklılıklar içermekte ve manuel olarak çalışanlar tarafından Excel'de oluşturulmaktadır. Bunun sonucu olarak, AnadoluJet'in mevcut uçuş planlanındaki aktarmalı uçuş yapan yolcuların bekleme süresi yüksek olmakta ve bu durum müşteri memnuniyetine olumsuz şekilde yansımaktadır. Rekabetin yüksek olduğu havacılık sektöründe müşterilerin farklı seçeneklere sahip olduğu göz önüne alındığında, aktarma uçuşları arasındaki uzun bekleme süreleri müşteri kaybına sebep olabilir. Bu temel sebep, AnadoluJet'in sefer düzenleyeceği yurtiçi ve yurtdışı noktaların transfer yolcuların Ankara'da beklemesini enazlayacak şekilde çizelgeye

yerleştirilmesini ve uçuş çizelgesini verimlileştirecek bir karar destek sistemi kurulmasını zorunlu kılmaktadır.

Proje, Ankara'yı ana aktarım merkezi olarak kullanan yurt içi ve yurt dışı kalkış-varış noktası çiftlerini kapsar. Proje, AnadoluJet'in talebi doğrultusunda 2016 yaz dönemi için uygulamaya geçirilebilecek şekilde tasarlanmıştır.
Proje; literatür taraması, veri toplanması ve analizi, matematiksel model geliştirilmesi, matematiksel modelin validasyonu gerçekleştirildikten sonra IBM ILOG CPLEX 12.6 kullanılarak çözülmesi, AnadoluJet'e hızlı ve sağlıklı çalışan bir karar destek sistemi yaratabilmek için temel sezgisel model geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve sezgisel modelin Java'da uygulanması süreçlerini kapsamaktadır. Son olarak, geliştirilen modellerin verimliliği Java'da kodlanan bir performans sistemi aracılığıyla değerlendirilmekte, modeller hem kendi içlerinde hem de AnadoluJet'in kullandığı uçuş çizelgesi ile karşılaştırılabilmektedir.

Projenin özgünlüğü, uçuş çizelgesini oluştururken hem dalga modelinin korunması hem de topla-dağıt sisteminin kullanılmasıdır. Ayrıca dağıtım şehirleri ile ana aktarım merkezi olan Ankara arasındaki uçuş süresi göz önüne alınarak, yurtiçindeki şehirler 4'lü ve 5'li hibrit dalgalara yerleştirilmiştir. Yeni eklenecek olan yurtdışı noktalar ise uçuş sürelerinin uzunluğundan ötürü, 2'li dalgalar halinde tarifeye atanmıştır. Tüm yerleştirmeler yapılırken yolcu potansiyeli yüksek varış-kalkış ikililerinin birbiri arasında en kısa süre içinde transfer vermesi amaçlanmıştır. Bu sayede karlılık korunurken şehir ikilileri arasında her gün hızlı transfer gerçekleşmesi, yolcu memnuniyeti artması ve operasyonel bir fayda sağlanması hedeflenmiştir.

Projenin amacına ulaşması kapsamında içerdiği kısıtlar projeyi literatürdeki projelerden ayırmaktadır. Bu kısıtlar, azami uçak sayısı ve azami günlük uçuş süresinin aşılmaması, dalga yapısının kesin bir şekilde korunması, talebin karşılanması, gün batımından sonra inişe izin verilmeyen havaalanlarının son dalgalarda kullanıma kapatılması, aynı coğrafi bölgede yer alan şehirlere aynı saatlerde uçulmaması, aynı dağıtım noktalasına atanan uçuşların gün ve haftaya homojen bir şekilde yayılması ve bu uçuşların çizelgedeki yerinin sabitlenmesi olarak sayılabilir.

Projede en iyi sonucu bulabilmek için öncelikle matematiksel model uygulanmıştır. Matematiksel model CPLEX'te 7 saat çalıştırılmış ve en iyi sonuca %5 uzaklıkta iken çözümleme durdurulmuştur, bunun nedeni ilk matematiksel modelin çok yüksek sayıda değişken ve kısıta sahip olması ve çalıştırılan yazılım için yeterince güçlü bir donanım bulunamamasıdır. En iyi sonucun bulunmasının çok zaman aldığı ve AnadoluJet'in CPLEX yazılımına

sahip olmadığı düşünüldüğünde; uçuş çizelgesini daha hızlı ve benzer verimlilikte oluşturmak için sezgisel model geliştirilmesi öngörülmüştür.
Matematiksel ve sezgisel modellerdeki ortak amaç, yüksek yolcu talebine sahip olan şehir ikilileri arasında transferin her gün mümkün olan en kısa sürede gerçekleşmesidir. Her iki model de aynı girdileri ve kısıtları içermektedir.

Projede, kısa mesafeli yurt içi, uzun mesafeli yurtiçi ve yurt dışı uçuş noktalarını ayrı ayrı çizelgeye yerleştiren 3 farklı matematiksel model geliştirilmiştir. Modellerden ilki, kısa mesafeli olarak nitelendirilen ve günde 5 dalgaya sığacak şekilde filtrelenen yurt içi uçuşları kapsamakta ve bu uçuşları 5'li dalgalara en verimli şekilde yerleştirmeye çalışmaktadır. İkinci model, uzun mesafeli yurt içi uçuşları ilk modelin çıktısı olan çizelgenin üzerine yerleştirmektedir. Üçüncü matematiksel model ise, projede tamamı uzun olarak kabul edilen uluslararası uçuşları, ilk iki modelin çıktısı olan 4'lü ve 5'li dalgalardan oluşan hibrit çizelgenin üzerinde en verimli şekilde konumlandırmaktadır. Her üç matematiksel modelin amacı da, veri analizi sonrasında yüksek yolcu potansiyeli taşıdığına karar verilen önemli kalkış-varış noktası çiftleri arasındaki transfer kalitesini her gün için artırmak ve bu sayede yolcuların transfer sürelerini enazlamaktır. İlk modelin sonucu ikinci modelin parametreleri olarak kullanılmış, aynı şekilde ilk iki modelin sonuçları da yurtdışı uçuşlarını modelleyen üçüncü modelde girdi olarak kullanılmıştır. Bunun amacı kısa yurt içi uçuşların, uzun yurt içi uçuşların ve yurtdışı uçuşların birbiri arasındaki transfer yoğunluklarını göz önünde bulunduran bütünleşik bir çizelge oluşturmaktır.

Matematiksel model için açıklanan kısıtları ve amaç fonksiyonunu taşıyan sezgisel model, kurduğu algoritma açısından matematiksel modelden farklılaşmaktadır. Sezgisel model Java tabanında kodlanmış olup; algoritması yüksek transfer yoğunluğu olan şehir ikililerini kısıtları göz önünde bulundurarak gün içinde art arda olan dalgalara atamayı amaçlamaktadır. Kısa mesafe uçuşları, uzun mesafe uçuşları ve yurt dışı uçuşları için üç farklı modül oluşturulmuştur. Sırayla çalıştırılan bu modüllerin sonucunda ise tarife oluşturulmaktadır. İlk olarak çalıştırılan kısa mesafe uçuş modülü, girdi olarak şirket tarafından belirlenmiş olan frekans ve öncelik transfer ikilileri dosyasını kullanmaktadır. Frekans dosyası, şehir ismi ve o şehre haftalık yapılacak olan uçuş sayısının bilgisini içerirken; öncelik transfer ikilileri dosyası, aktarma bilgilerini ve bu aktarmaların ağırlıklı değerini içermektedir. Bu modül, kısa mesafe uçuşlarının haftalık tarifesini çıktı olarak vermektedir. İkinci olarak çalıştırılan uzun mesafe uçuş modülü, girdi olarak, frekans ve öncelik ikilileri dosyasını ve ek olarak bir önceki modülün sonucunu da kullanmaktadır. Çıktı olarak uzun mesafe uçuşlarının haftalık tarifesini üretmektedir. Son aşamada çalıştırılan yurt dışı modülü; kısa ve uzun uçuş modüllerinin çıktılarını, frekans ve öncelik transfer ikililerini girdi olarak

kullanmaktadır. Sonuç olarak kullanıcı kısa mesafe, uzun mesafe ve yurt dışı uçuşları için belirlenen kıstaslara uygun olarak çizelge oluşturmaktadır.

Matematiksel ve sezgisel modelin sonucunda elde edilen haftalık çizelgelerin performansının değerlendirmesi için Ankara üzerinden aktarma yapacak yolcuların gitmek istedikleri noktalara her gün ne kadar bekleyerek uçabildiklerini hesaplayan bir performans değerlendirme sistemi oluşturulmuştur. Sistem, aynı gün içinde aktarma gerçekleştirebilen ve gerçekleştiremeyen şehir ikililerinin sayısına ve taşıdıkları yolcu sayısı ağırlıklarına göre yüzdesel sonuçlar oluşturur.

2015 yılına ait girdilerle çalıştırılan matematiksel ve sezgisel modellerin performans değerlendirme sisteminde analiz edilmesi sonucu Tablo-1'deki sonuçlar elde edilmiştir. Matematiksel modelin gecikmesiz uçuş sağlamadaki verimliliği ağırlıklı olarak %91,69, sezgisel modelin %85 ve AnadoluJet'in çizelgesinin %75,3'tür. Bu durum, 2015 yılı için projeyle oluşturulan modellerin Ankara'dan aktarma yapan yolcuların bekleme sürelerinin sırasıyla matematiksel ve sezgisel modelde %16 ve %10 oranında azalttığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 1: Performans Sonuçları**

| | Matematiksel Model | Sezgisel Model | AnadoluJet Tarifesi |
|---|---|---|---|
| **Sayısal Performans Sonuçları %** | 89,374 | 81,209 | 71,538 |
| **Ağırlıklı Performans Sonuçları %** | 91,692 | 85,022 | 75,366 |
| **Aynı Gün İçinde Gerçekleşmeyen%** | 4,761 | 7,831 | 17,347 |

## ŞİRKET YETKİLİSİ TEŞEKKÜR MEKTUBU

Türk Hava Yolları bünyesinde havacılık sektöründe 7. Yılını kutlayan AnadoluJet; Anadolu şehirlerini birbirine bağlamaya devam etmektedir. Her geçen yıl ulaşım ağını, uçuş sıklığını geliştiren ve filosunu, insan kaynağını büyüten AnadoluJet; bir yandan da müşteri memnuniyetini ve potansiyel gelir kaynaklarını arttırabilmek için projeler geliştirmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümü ile Sanayi Üniversite işbirlirliği çerçevesinde "Uçuşunu Kaçıranların Biletinin Yanmamasına Dair Yeni Bir Uygulamayla Yan Gelir Eniyilemesi" projesi yürütüldü. Bu işbirliği ile sektör dışından ürün ve hizmetlerimize bakış açısını görmek, projelerimizin matematiksel modellemesini irdelemek bizlere faydalı bir deneyim sunmuş oldu. Bu proje, ekibin elde ettiği proje çıktılarının sektörel deneyimlerimizle harmanlanarak sektör ve üniversitenin bir araya gelmesiyle son halini alacaktır. Proje aynı zamanda Türkiye'de ilk defa uygulanacak olma özelliğini taşımaktadır.

AnadoluJet olarak Bilkent Üniversitesi'nin çok değerli Endüstri Mühendisliği akademisyen ve öğrencilerine bu işbirliği ve projedeki gayretli çalışmalarından dolayı içtenlikle teşekkür eder, kendilerine bundan sonraki hayatlarında başarılar dileriz.

Kemal YILMAZ
AnadoluJet İş Geliştirme Müdürü

# Üretim Hattı 6 Bina İçi Malzeme Dağıtım Sistemi

## Arçelik A.Ş.
## Eskişehir Buzdolabı İşletmesi

**Proje Ekibi**
Reha Mehmet Erol
Nihat Gökçe Kabay
Esin Korkmaz
Emrah Sağırlı
Mehmet Can Somuncu
Büşra İrem Topaloğlu

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Nevzat Can Güngör
Arçelik Eskişehir Fabrikası, Üretim Mühendisi

**Akademik Danışman**
Prof. Dr. M. Selim Aktürk
Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Arçelik A.Ş. Koç Grubu sahibi Vehbi Koç ve Lütfi Doruk tarafından 1955 yılında İstanbul Sütlüce mevkinde kurulmuştur. Beyaz Eşya ve Elektronik üretimi yapan Arçelik A.Ş., dünya çapında yaklaşık 25.000 çalışana ve 14 üretim tesisine sahiptir. Eskişehir'de konumlandırılmış olan Buzdolabı İşletmesi, yıllık 4.2 milyonu bulan üretimiyle Arçelik A.Ş.'nin en büyük buzdolabı üretim işletmesidir. Arçelik A.Ş.'ye ait 10 markanın tamamının modellerinin üretildiği işletmeden yaklaşık 125 ülkeye buzdolabı ihraç edilmektedir.

## Proje Tanıtımı

Arçelik Eskişehir Buzdolabı İşletmesi, Üretim Hattı 6'da side-by-side denilen dört kapılı buzdolapları üretilmektedir. Üretim hattında bulunan istasyonların parça beslemesi operatör tarafından kontrol edilen transpalet araçlarıyla Automated Storage and Retrieval System (ASRS) isimli depolama ünitesinden istasyonlara olacak şekilde sağlanmaktadır. Bu tedarik sürecinin neredeyse tamamen insana bağlı olması neticesinde öngörülemeyen duraklamalar ve gecikmeler yaşanmaktadır. Bu duraklamalardan bağımsız olarak, transpaletlerin taşıma kapasitesinin üstünde taşıma yapılmakta ve bunun neticesinde kasalar zarar görebilmektedir. Zarar gören kasaların birbirinin üstüne istiflenmelerini sağlayan tırnakların erimesi neticesinde istiflenmiş kasaların dengesinin kaybolması ve devrilmesi gibi iş güvenliğini tehdit eden istenmeyen sonuçlar gözlemlenmiştir. Projenin olası hayata geçirilmesi sonucunda, bina içi taşıma operasyonunun verimliliğinin artacağı, iş güvenliğinin sağlanacağı ve istenmeyen duraklamaların ortadan kalkacağı öngörülmektedir.

İnsan faktörünün azaltılmasını öncelik edinen işletmenin isteği doğrultusunda, fabrikanın fiziksel kısıtlarına uygun olarak taşımayı gerçekleştirebilecek araç için Bilkent Üniversitesi Kütüphanesi'nde yapılan araştırma sonucu, AGV (Automated Guided Vehicle) yani operatöre ihtiyaç duymadan, bilgisayar tarafından yönetilen otomatik forkliftlerin makul bir çözüm olduğuna karar verilmiştir. AGV sistemlerinin uygulamalarının araştırılması sonucu, işletme içindeki taşımanın tamamının AGVlerle yapılabileceği hesaplanmıştır. AGV'nin yerini alması planlanan transpaletlerin yaptığı kasa istifleme becerisi, AGV kullanılması durumunda mümkün olmadığı için, kullanılabilecek AGV tipi sayısı ikiye düşürülmüştür. Tek kasa taşıma kapasitesine sahip olan Unit Load AGV ve yanyana iki kasa taşıma kapasitesine sahip olan Forklift AGV incelendiğinde, iki kasa taşımanın, iki farklı istasyona gitmesi gereken kasaları tek bir indirme noktasına indirmesi ve bunun ek olarak indirme noktasından hedeflenen istasyonlara götürülmesinin yaratacağı ek iş yükü sebebiyle tercih edilmemesi ve tek kasa taşıma kapasitesine sahip olan AGV'lere yoğunlaşılmasına karar verilmiştir. Üretim tesisi içinde mevcut sistemde çalışan transpaletlerin kasaları istasyonlara dağıttıktan sonra boş kasaları toplayıp boş kasa ünitesine döndürme işini de yapmaları ve tek kasa taşıma kapasitesine sahip AGV'lerin her turda taşıdıkları dolu kasayı teslim ettikten sonra boş kasaları alıp, boş kasa ünitesine döndürmeleri de tek kasa taşıyan tip AGV'nin seçilmesinde önemli rol oynamıştır. Yeterli iş gücünün karşılanmasının yanı sıra, kapasite aşımı taşımanın önlenmesi ve öngörülemeyen duraklamaların en az sayıya indirilmesi, projenin getirileridir. ASRS ve AGV sistemlerinin eş zamanlı programlanıp çalışabilmesi sayesinde, transpaletlerle yapılan taşımada tam kapasite çalıştırılamayan

ASRS'nin verimliliği artırılacaktır. Transpaletler kasaları istifleyerek çoklu kasa taşıma yapan bir yapıya sahip oldukları için taşınacak kasaları depolama ünitesinde bekleyip, daha sonra istiflemeye harcadıkları süre, değer katmayan işlem statüsünde olduğundan proje uygulaması doğrultusunda mümkün olduğunca ortadan kaldırılması planlanmıştır. Taşıyıcı birimlerin her bir taşıma turunda harcadıkları sürenin, AGV uygulaması neticesinde %70 oranında kısalacağı öngörülmüştür.

Mevcut sistemin incelenmesi ve analizi neticesinde sistemin darboğaz yaşadığı yerlerin saptanması ve bu noktaların iyileştirilmesi amacıyla, AGV sisteminin yanında birtakım alt sistemlerden yararlanılmasına karar verilmiştir. Sistemin sıkıştığı önemli noktalardan birinin ASRS'nin kasaları indirdiği noktanın tek kasalık kapasitesi olmasının saptanmasıyla birlikte, AGV araç sayısıyla orantılı olarak indirme noktasının büyütülmesi kararlaştırılmıştır. Arçelik'ten bu iyileştirmeyle ilgili onay alınmasının neticesinde, bu alt sistemin AGV ile birlikte uygulanmasına karar verilmiştir. Bu sistemin uygulanması halinde AGVlerin indirme noktasında sıra beklemeleri yerine her birine atanan indirme noktalarında kasaların AGV'leri bekleyeceği ve böylece ASRS'nin verimliliğinin artacağı hesaplanmıştır. Yapılan zaman ölçümleri sonucunda bir kasanın ASRS bilgisayarına komut verildikten sonra ortalama 1 dakika 20 saniye sonra indirme noktasında olduğu bulunmuştur. Mevcut sistemde transpalet operatörünün sonraki turda taşıyacağı 6 ila 10 arasındaki kasanın tamamının inmesini beklerken harcadığı zamanın, bu alt sistemle ortadan kaldırılması beklenmektedir.

Projenin uygulanabilirliği incelenirken gözönünde bulundurulan en önemli kısıt, ASRS'de bulunun kasaların tam dolu olmamasıydı. Arçelik'ten alınan datalar doğrultusunda kasaların doluluk oranının yaklaşık %64.1 olduğu bulundu ve işlemler buna göre yapılmıştır. Mevcut sistemde transpaletlerin yaptığı iş için en az kaç adet AGV gerektiği hesabı yapılırken lineer programlama kullanılmıştır. Doğrusal programlama tekniği kullanılarak oluşturulan modelin verdiği sonuçların üstüne, kasa doluluğunun yaklaşık 2/3 olması sebebiyle %50'lik tölerans konulmuş ve maliyet analizinde tölerans eklenmiş sayılar kullanılmıştır.

Arçelik tarafından paylaşılan istasyonların saatlik ve vardiyalık parça taleplerini içeren datanın incelenmesinde Microsoft Excel'den faydalanılmıştır. Kasa talebinin normal seyrinin dışına çıktığı zamanlar tanımlanmış ve çözümlenmiştir. Parça değişim ve model değişim adı verilen halihazırda üretilen modelin ve ya markanın (işletmede 10 farklı marka üretilmektedir) değiştirildiği, istasyonlardaki kasaların toplanıp ASRS ünitesine gönderildiği ve bir sonra üretilecek olan model/markanın parçalarının istasyonlara taşındığı, yoğunluğun üst düzey olduğu durumların süreci nasıl etkileyeceği hesaplanmıştır. Arçelik'ten alınan data

doğrultusunda bu değişim süreçlerinin sıklıkları AGV rota algoritmasına eklenmiştir. Analiz edilen parça talebi datası doğrultusunda elde ettiğimiz bilgileri matematiksel modelimizin verdiği sonucu doğrulamak amacıyla Arena simülasyon programı kullanılmıştır. Arena vasıtasıyla doğrulanan sonuçlar neticesinde 8 adet tek kasa taşıma kapasitesine sahip AGV'nin, batarya değişim süreleri, bakım süreleri, parça değişim süreleri, tam dolu olmayan kasalar ve bina içi trafik göz önünde bulundurularak bütün parça talebini karşılamaya yeteceği bulunmuştur.

8 adet AGV'ye sahip bir sistemin kurulum, sürdürülebilirlik ve araç maliyetlerini hesaplamak için Türkiye'de üretim yapan AGV firmalarıyla görüşülmüş ve AGV maliyetleriyle ilgili bilgi alınmıştır. Farklı AGV üreticilerinden alınan bilgiler doğrultusunda, maliyetlerin ortalaması alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Yaptığımız hesaplamalar sonucu, 4 transpalet operatörünün 3 vardiya olarak çalışmasının iki yıllık maliyetinin yaklaşık olarak AGV sistem kurulumuna eşit olduğu bulunmuştur.

## Kaynakça

D. Sinreich, 'Determining Type and Number of Automated Guided Vehicles Required in a System', Mhi.org, 2015. [Online]. Available: http://www.mhi.org/downloads/learning/cicmhe/lectures/numberofagvs.ppt. [Accessed: 10- May- 2015].

Arcelikas.com, Arçelik A.Ş Hakkında, 2015. [Online]. Available:http://www.arcelikas.com/sayfa/10/ARCELIK_AS_HAKKINDA. [Accessed: 10- May- 2015].

# A-Cool Fabrikası Metal Hatları
# Dış Alım Maliyeti Azaltma Projesi

## B/S/H

**Proje Ekibi**
Cem Karasayar
Merve Korukluoğlu
Bahadır Okumuş
Çağla Örüç
Vehbi Arda Sabuncuoğlu
Ece Yılmaz

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Bilgehan Tamkoç
Bosch Siemens Ev Aletleri, Endüstri Mühendisi

**Akademik Danışman**
Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan
Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Dünyanın 3. büyük beyaz eşya üreticisi ve Avrupa'da beyaz eşya pazarı lideri olan B/S/H Grubu, 13 markası ve 45.000 çalışanıyla dünyanın enerji verimliliği sağlayan yenilikçi teknoloji ihtiyacını karşılıyor. Türkiye'nin yabancı yatırımlı en büyük beyaz eşya şirketi konumunda bulunan BSH Türkiye, markaları Bosch, Siemens, Gaggenau ve Profilo ile enerji verimliliği ve inovasyonda dünya şampiyonu ürünlerini ülkemizde geliştiriyor, üretiyor ve başta Avrupa ülkeleri olmak üzere tüm dünyaya ihraç ediyor.

## Proje Tanitimi

Bosch Siemens Ev Aletleri A-Cool fabrikası projesinde, metal hattı verimlilik artırımı ve dış alım maliyetinin azaltılması amaçlanmaktadır. Metal hattı, metal panellerin kesilmesi ve bükülmesinden sorumlu beş makineden oluşmaktadır: S4-P4, S2, P2-1, P2-2 ve TC3000R. Sistemde S2 ve TC3000R kesmeden sorumluyken, P2-1 ve P2-2 bükmeden sorumludur. S4-P4 makinesi kesme ve bükme işlemlerini birlikte yapmaktadır. Var olan sistemde yapılan atamalar tecrübeye dayalı olarak mühendisler tarafından yapılmaktadır. Bu atamalar bir matematiksel modele dayandırılmadığından dolayı makineler istenilen verimlilik düzeyinde ve esnekliğinde kullanılamamaktadır. Öncelikle GAMS üzerinde şirketin verdiği kısıtlar ve varsayımlar dikkate alınarak bir matematiksel model geliştirilmiştir. Sunulan çözümün şirket tarafından kullanılabilmesi için Excel'e entegre Visual Basic dilinde matematiksel modele dayandırılarak sezgisel metod geliştirilmiştir. Kullanılan sezgisel metodla birlikte şirketin vermiş olduğu talep senaryoları göz önüne alınarak, dış alım maliyetinde yıllık 1.272.271 TL azalma öngörülmüştür.

A-Cool Fabrikası Dış Alım Maliyeti En Aza İndirgenmesi projesi Bosch Siemens Ev Aletleri'ne ait Çerkezköy yerleşkesinde bulunan A-Cool (FRFI2) fabrikasının darboğazı olan metal hattını geliştirmek üzerine gerçekleştirilmiştir. A-Cool fabrikasında yüksek kalite buzdolapları üretilmekte olup, bu dolapların panelleri metal hattı olarak bilinen istasyonda kesme ve bükme işlemlerinden geçmektedir. Geliştirilen model GAMS yazılımı üzerinde kodlanarak optimum sonuçlar elde edilmiş, şirketin modeli fabrika içerisinde kullanabilmesi için geliştirilen sezgisel metod ise Visual Basic dilinde yazılarak Excel programına entegre edilmiştir.

A-Cool fabrikası güncel olarak günlük 223 buzdolabı üretmektedir ve her buzdolabınun üretiminde 16 ila 18 arası panel kullanılmaktadır. Bu talep senaryosu incelendiğinde 26 farklı tipte panelin 5 farklı makineden oluşan metal hattından geçtiği görülmektedir. Şirketin belirlediği ve sistemin kendi getirdiği kısıtlar göz önünde bulundurulduğunda hangi panelin hangi makinede işleneceği kararı tecrübeye dayalı olarak verilmektedir. Tecrübeye dayalı atamalarda istenen esneklik ve kapasite düzeyine her zaman erişilememektedir.Bu tecrübeye dayalı atama sonucu ortaya çıkan tabloda makinelerin kullanım yüzdeleri S4-P4 makinesi için %98, S2-1 için %84, P2-1 için %76, P2-2 için %86 ve TC3000R için %97'dir. Bu yüzdeler yüksek olmalarına rağmen fabrikanın tüm üretim kapasitesini kullanmadığını göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında A-Cool fabrikasındaki problem metal panellerin makinelere ideal şekilde atanmamasına bağlı olarak makinelerin kullanım

yüzdelerinin düşük olması ve yüksek dış üretim ihtiyacının yüksek dış üretim maliyetine sebep olması olarak belirlenmiştir.

Atama problemini çözmek ve dış üretim maliyetini düşürmek için geliştirilen model GAMS yazılımı üzerinde kodlanmıştır. Model, panelleri makinelere atamakta ve dışarıda üretilecek parçalara karar vermektedir.

Modelin amaç fonksiyonu dış üretim maliyetini minimize etmektir. Bunun için dışarıda üretilmesine karar verilen parçaların talepleri ile dış üretim maliyetleri çarpılarak toplanır ve minimize edilir.

Modelin karar değişkenleri 3 gruba ayrılmaktadır. İlk grup değişkenler ile panellerin makinelere atamaları belirlenir. İkinci grup değişkenler bir modelin bir panelinin dışarda ya da fabrikada üretildiğini gösterir. Son karar değişkenleri de Paslanmaz Çelik panelleri kapsayan özel durum dolayısıyla makineler üzerinde dağılımını sağlamaya yönelik değişkenlerdir.

Model kısıtları sistemin kendi kısıtları ve şirketin belirlediği kısıtlardan oluşmaktadır. Sistemin kendi kısıtları, kapasite kısıtları ve panellerin makinelerde işlenebilirlikleri üzerinedir. Bu kısıtlar kapsamında belirli makineler üzerinde zorunlu atamalar belirlenmiştir. Ayrıca kesme ve bükme işlemlerinin birbirini takip etme zorunluluğu bir kısıt olarak modelde yer almaktadır. Şirketin belirlediği kısıtlar dışarda üretim üzerinedir. Şirket bir panelin kısmen fabrikada kısmen dışarıda üretilmesine izin vermemektedir, böylelikle bir panel dışarıda üretilecek ise o panelin tüm modellerden çıkarılması kısıtı modele eklenmiştir. Son olarak, Paslanmaz Çelik panellerin dağılımı için şirket tarafından belirlenen kısıtlar modele eklenmiştir.

Modeli gerçeklemek için güncel 223 talep senaryosu kullanılmıştır. Fabrika bu talep senaryosuna göre yapılan atamalar ile Yan Panel ve Paslanmaz Çelik Kapı panellerini dışarda üretmekte ve bu dış üretim fabrikaya yıllık 665.446,50 TL maliyet yaratmaktadır.

Model aynı talep senaryosu için çalıştırıldığında atamaların ve dışarda üretilen panellerin değiştiği görülmüştür. Model ve güncel uygulamanın makine kullanım yüzdeleri yönünden kıyaslaması Tablo 1'de verilmiştir. Model, Üst Dış Kapı paneli ve Paslanmaz Çelik Kapı panellerini dışarda üreterek yıllık 119.101,50 TL maliyet çıkarmaktadır. Bu sonuç şirket için yıllık 546.345,00 TL kazanç anlamına gelmektedir. Modelin bu sonucuna göre makine kullanım yüzdeleri S4-P4 makinesi için %98,8, S2 için %96,6, P2-1 için %96,6, P2-2 için %99 ve TC3000R için %96,7'dir.

Sezgisel metod; matematiksel modelin çıktılarının analizine dayanarak dış alım maliyetini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Sezgisel metod Visual Basic dilinde yazılmış ve Excel'le entegre olarak çalışması planlanmıştır. Şirket bu metod sayesinde hangi parça için dış alım yapacağı, makinelerin verimlilik oranları, toplam dış alım maliyeti ve parçaların atama bilgilerine ulaşabilmektedir.

Sezgisel metodun ilk adımında sistem şirket tarafından verilen zorunlu atamaları tamamlamaktadır. Bu zorunlu atamalar tamamlandıktan sonra, kalan atamalar minimum makine devir süresi prensibine göre atanmaktadır. Kısaca; sezgisel metod atama yaparken kesme ve bükme operasyonlarında makine devir kombinasyonlarına bakarak minimum olanı seçmektedir. Böylece sezgisel metodun ilk adımı tamamlanmaktadır.

Yapılan atamaların uygulanabilir olmasının kontrolü sezgisel metodun ikinci adımını oluşturmaktadır. Atamaların uygulanabilir olup olmadığı toplam operasyon zamanının o makinenin uygun zamanından küçük olup olmamasına göre karar verilir. Eğer toplam operasyon zamanı makinenin uygun zamanından büyükse sezgisel metod sistemde modifikasyonlar yapmaktadır. Modifikasyon süreci her parça için dışalım maliyetleri büyükten küçüğe sıralanmasıyla başlar. En ucuz parçadan başlanarak bu parçanın tüm atamaları sistemden silinir. Bu işlem toplam operasyon zamanı makinenin uygun zamanından daha düşük seviyeye çekilene kadar tekrarlanır.

Sezgisel metodun son aşamasında ise her makinenin yüksek verimlilikte çalışması ve dışalım maliyetinin en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Üçüncü adımda, ikinci adımda dış alım yaptığımız fakat hala sisteme tekrar geri yerleştirme şansı olan parçaları sisteme geri yüklenmesi amaçlanmaktadır. Sondan bir önce dış alım yapılan parçadan başlanarak, o parçanın toplam talebi sisteme geri yüklenir ve makinenin uygun zamanını aşıp aşmadığı kontrol edilir. Eğer bu geri yükleme makinelerin uygun zamanını aşmıyorsa geri yüklenen parçanın fabrikada üretilmesine karar verilir. Bu işlem, makinelerde uygun zaman kaldığı sürece, en yüksek dışalım maliyeti olan parçadan başlanarak en ucuz dışalım maliyetine sahip parçaya kadar her parça için tekrarlanır.

Yukardaki bilgilere ek olarak; P2-1 ve P2-2 makineleri özdeş makineler oldukları için atamaların sisteme uygun olup olmadığı kontrol edilirken ikisinin ortalama verimliliklerine bakılmaktadır. Kısaca; iki makinenin ortalama verimlilikleri %100 aşmaması gerekmektedir. Şirketin vermiş olduğu talep senaryolarına göre sezgisel metod ve şirketin dışalım parçalarının ve maliyetlerinin karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1 :** Dış Alım Maliyet Karşılaştırması Tablosu

| | BSH GÜNCEL SİSTEM | MATEMATIKSEL MODEL | SEZGISEL metod | SEZGISEL metod-BSH GÜNCEL SİSTEM |
|---|---|---|---|---|
| | Toplam Dış Alım Maliyeti | Toplam Dış Alım Maliyeti | Toplam Dış Alım Maliyeti | Toplam Kazanç |
| DEMAND | Yıllık | Yıllık | Yıllık | Yıllık |
| 288 | 6.247.967,00 ₺ | 4.449.512,00 ₺ | 4.975.696,00 ₺ | 1.272.271,00 ₺ |
| 316 | 9.100.309,00 ₺ | 7.677.847,00 ₺ | 8.026.455,00 ₺ | 1.073.854,00 ₺ |
| 348 | 14.454.250,00 ₺ | 10.031.887,00 ₺ | 10.438.695,00 ₺ | 4.015.555,00 ₺ |
| 384 | 17.222.561,00 ₺ | 13.475.346,00 ₺ | 17.377.590,00 ₺ | -155.029,00 ₺ |
| 420 | 19.891.594,00 ₺ | 16.710.447,00 ₺ | 17.743.009,00 ₺ | 2.148.585,00 ₺ |
| 460 | 26.407.014,00 ₺ | 20.762.259,00 ₺ | 24.280.013,00 ₺ | 2.127.001,00 ₺ |
| 530 | 32.937.241,00 ₺ | 28.440.742,00 ₺ | 31.633.534,00 ₺ | 1.303.707,00 ₺ |

# Restoranlar için Optimum İnsan Gücü ve Çizelgeleme

# D.ream (Doğuş Restaurant Entertainment and Management)

**Proje Ekibi**
Ayşegül ÇELİK
Özge ERBAY
Merve KÜÇÜK
Elif OYMAK
Irmak ÖRMECİ
İlyas Alper ŞENER

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Onur KAYALI,
D.ream - Süreç ve Sistem Geliştirme Mühendisi

**Akademik Danışman**
Yrd. Doç. Dr. Özlem Çavuş, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

D.ream, Türkiye'de yeme-içme ve eğlence sektöründe öncü olmak için Mart 2012'de kuruldu. D.ream kurulmadan önce bu sektörde yatırım azken, bu grup yeme-içme sektörüne yeni bir soluk getirerek bünyesindeki restoran ve eğlence merkezleriyle hem Türk yemeği hem de dünya mutfağını kaliteli ve nezih bir servisle sunmaktadır. Nusr-et, Mezzaluna ve Kitchenette gibi iyi bilinen markaları içeren D-ream'in toplamda 125 mekanı ve 3000 çalışanı bulunmaktadır. Çalışan sayısı yere ve sezona göre değişiklik göstermektedir.

## Proje Tanımı

Gözlemlerimize göre mevcut problem, iş gücü planlaması ve çalışanların çizelgelenmesi sistemlerinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu durum birtakım problemlere sebebiyet vermektedir. Örneğin, bir ya da birden fazla çalışan sağlık ya da kişisel sebeplerden dolayı o haftaki çizelgesini uygulamayacağını belirttiğinde; kalan çalışan sayısı, gerçekleşmiş çalışma zamanları, personel tercihleri, maliyetler gibi unsurları göz önüne alarak tekrar bir çizelgeleme oluşturmanın güç olduğu belirtilmiştir.

Projemiz sayesinde yarattığımız araç, odağımız olan Armada Kitchenette için tasarlanmıştır ve daha sonradan D-ream bünyesinde bulunan diğer restoranlara da uygun değişikliklerle uygulanabilecektir. Personel kullanımının en uygun hale getirilmesi ve müşterilerin bekleme zamanlarının en aza indirilmesi projemizin iki önemli amacıdır.

Restoranlar için iş gücü planlaması ve çizelgeleme şirketin daha önceden üzerinde durmadığı bir konudur ve planlama sezgisel ve basit tahmin yöntemleri ile yapılmaktadır. Bu konu literatürde hastaneler üzerinde sistematik bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin; hastaneler için yapılan iş gücü planlaması ve çizelgelemesi odaklı Woodall ve arkadaşlarının çalışmasında benzetim modelinden saatlik doktor ve hemşire talepleri alınmış ve eniyileme modelinde çizelgeleme için bu sonuçlar girdi olarak kullanılmıştır [2]. Thompson (1995) çalışmasında mesai için vardiya sistemini kullanmak yerine saatlik bir çizelgeleme modeli öne sürmüştür. Bu sayede şirketin şu anda kullandığı üç vardiyalı (öğlen, akşam ve gece) sistemi yerine, saatlik ve daha esnek bir çizelgenin modellenmesi sağlanmıştır [3]. Choi ve arkadaşları ise farklı çalışan tipleri için matematiksel modelleme yöntemleri geliştirmişlerdir. Bu çalışma doğrultusunda şirketin de talep ettiği üzere, part-time çalışanlar ile sözleşmeli çalışanların, farklı kısıtlar altında, fakat bir arada çizelgelenmeleri sağlanmıştır [4]. Bu akademik çalışmalardan esinlenerek, projemizde benzetim ve eniyileme modelleri ile restoranlar için kullanılabilir bir araç tarafımızca oluşturulmuştur.

Bu fikri hayata geçirmek adına izlenen yöntemler sırasıyla, problemi yerinde gözlemleme, gözlem verilerini benzetim modelimize aktarma ve geçmiş veri analizi yapma, gerçek sistemle uyuştuğunu onaylama, saatlik eleman taleplerini benzetim modelinden elde edip adresleme yapma ve bunları eniyileme modelimizin girdisi olarak kullanarak haftalık çizelgelerin elde edilmesidir.

Öncelikle, projenin odağı olarak seçilen Armada Kitchenette'de menünün verilmesi, yemeklerin hazırlanması, servis süresi, açılış ve kapanış hazırlıkları sırasında geçen süreleri içeren zaman etüdü çalışması yapılmıştır.

Daha sonra şirket tarafından temin edilen verilerin analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler temel alındığında müşterilerin günlere göre geliş oranlarındaki farklılıktan ötürü; grup geliş sıklıkları Pazartesi-Perşembe, Cuma ve hafta sonu olmak üzere üç kategoride incelenmiştir. Daha sonra restoranlara gelen grupların büyüklükleri için bir olasılık dağılımı elde edilmiştir. Bunun yanı sıra müşterilerin restoranda geçirdikleri süreler incelenip uygun bir olasılık dağılımı atanmıştır. Yemeklerin hazırlanma sürelerine çeşitlerine göre farklılık gösterdiği için müşterilerin hangi yemeği ne oranda sipariş ettiğinin analizi de yapılmıştır. Toplanan ve analiz edilen veriler benzetim modelinde mevcut durumu modellemek amacıyla girdi olarak kullanılıp müşterilerin bekleme sürelerini Arena-OptQuest [5] ile personel kullanımlarını belirli bir eşik değerin altına indirmeden en küçükleyerek saatlik personel talebi alınmış ve bu çıktılar eniyileme modelimizde girdi olarak kullanılmıştır.

Projemizin son aşaması ise restoranların çizelgelemesinde kullanabileceği bir MS Excel aracı oluşturulmasıdır. Bu excel aracılığı ile benzetim modelinin çıktıları kullanılarak eniyileme modelinin çalıştırılması ve restoranlara uygun bir çizelge sağlanması amaçlanmıştır. Eniyileme modeli, MS Excel'e yüklenen OpenSolver [6] eklentisi aracılığı ile çözdürülmektedir [6]. Ayrıca kullanım kolaylığı sayesinde istenilen kısıtlar (haftalık normal ve fazla mesai çalışma saatleri, her gün için en fazla ya da en az çalışma kısıtları, izin günleri vs.) restoran müdürü tarafından değiştirilebilecek ve kısa bir süre içinde en uygun haftalık çalışan çizelgesi kullanıcının eline geçmiş olacaktır.

Şu anda yapılan sezgisel yöntemler ile bulunan çizelgelerin çalışan ihtiyaçları ile tam olarak örtüştüğü farz edildiğinde bile eniyileme modeli %5 veya üzerinde bir çalışan maliyeti sağlamıştır. Ayrıca, çalışan ihtiyaçlarının benzetim modeli aracılığıyla incelenip iyileştirildiği düşünüldüğünde bu maliyet düşüşündeki oran daha da büyük değerler alacaktır.

Proje, son aşama olan MS Excel aracı dâhil olmak üzere tamamlanmıştır ve proje için istenilen son revizyonlar üzerinde yoğunlaşılmıştır. Nisan ayının sonu itibari ile de uygulanmaya konulması beklenmektedir. Uygulama sonucunda da bilimsel bir altyapıya dayanan iş gücü çizelgeleme paketinin, mevcut sezgisel çizelgeleme yöntemine göre çalışan maliyetinde düşüş ve müşteri memnuniyetinde artış yaratması beklenmektedir.

## Kaynakça

**[1]** D.ream. Retrieved 20 April, 2015, from http://www.d-ream.com.tr/tr/hakkimizda .

**[2]** Woodall, J. C., T. Gosselin, A. Boswell, M.l Murr, B. T. Denton (2013). Improving patient access to chemotherapy treatment at Duke Cancer Institute, *Interfaces* 43(5), 449-461.

**[3]** Thompson, G. (1995). Improved implicit optimal modeling of the labor shift scheduling problem. *Management Science* 41.4 595-607.

**[4]** Choi, K. et al. (2009). Scheduling restaurant workers to minimize labor cost and meet service standards *Cornell Hospitality Quarterly* 50.2 (2009): 155-167.

**[5]** Arena, a discrete event simulation and automation software developed by Systems Modeling and acquired by Rockwell Automation, 2000. Retrieved 21 April, 2015, from https://www.arenasimulation.com/ .

**[6]** Mason, A.J. (2012), "OpenSolver – An Open Source Add-in to Solve Linear and Integer Progammes in Excel", Operations Research Proceedings 2011, eds. Klatte, Diethard, Lüthi, Hans-Jakob, Schmedders, Karl, Springer Berlin Heidelberg pp 401-406, 2012. Retrieved 21 April, 2015, from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-29210-1_64, http://opensolver.org .

# Perakende Lojistiğinde Depo Süreçlerinin Optimizasyonu

# Ekol Lojistik A.Ş

**Proje Ekibi**
Aysun Aladağ
Dilay Canıtez
Kerem Erdal
Mutlu Karapınar
Fırat Kılıç
Hakan Öncü

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Murat Türkçelik
İş Geliştirme Sorumlusu

**Akademik Danışman**
Yrd. Doç. Dr. Alp Akçay
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Ankara ili Elmadağ ilçe sınırları içerisinde bulunan Ekol Lojistik'e ait tesis, 51.000 m2 arazi üzerine kurulmuş ve 43.100 m2 kapalı alandan oluşmaktadır. 2008 yılında tam kapasite olarak hizmete giren tesiste serbest depolama, antrepo, katma değerli hizmetler, sipariş hazırlama, iade elleçleme ve fabrika-depo arası taşıma hizmetleri verilmektedir. İleri teknolojiye sahip tesiste, otomatik depolama ve geri çağırma sistemi (ASRS - Automated Storage & Retrieval System) kullanılarak elleçleme işleminin %85'i insan gücüne ihtiyaç duyulmaksızın otomatik olarak yürütülmektedir. Çok derinlikli palet depolama imkanı sağlayan 5 istifleme robotu (S/R machine) ve yaklaşık 300 metrelik konveyörden oluşan 52.800 palet depolama kapasitesine sahip bu sistem, saatte 150 palet giriş ve 250 palet çıkış yapma kapasitesine sahiptir. Sipariş hazırlama sürecinde kullanılan sesli toplama sistemi (pick by voice) ile karma palet hazırlama süreci ergonomik bir şekilde yürütülmektedir.

## Proje Tanıtımı

Bu çalışma, Ekol Lojistik Şirketi'ne ait Mimoza Tesisinde kullanılan Depo Yönetim Sistemi kapsamında düşünülen potansiyel gelişmeleri incelemektedir. Mal kabul hattı ve sipariş toplama süreçlerinde yapılan gözlemler, bu süreçlerdeki verimsizliklerin siparişlerin sevkiyatında gecikmelere sebep olduğunu göstermiştir. Bu proje, mal kabul hattı için hat dengeleme çalışması ve sipariş toplama süreci için ürünleri gruplayan bir model ile süreçlerin daha verimli hale getirilmesini önermiştir. Hat dengeleme çalışması için Arena Simülasyon programı kullanılmış olup sipariş toplama süreci için Java proglama dili kullanılarak bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir.

Ekol Lojistik Şirketine ait olan Mimoza Tesisi, Ziylan Grubu ürünlerini depolamak amacıyla yaklaşık 1 yıl öncesinde kiralanmış olduğu için firmanın diğer tesislerinde olduğu gibi bir otomasyon sistemine sahip değildir. Yapılan gözlemler ve proje grubunun endüstriyel danışmanı Sn. Murat Türkçelik'in önerileri doğrultusunda, ürün sevkiyatında gecikmeye sebep olduğu öngörülen iki farklı süreç ele alınmıştır. Bunlardan bir tanesi depoya yeni gelen ürünlerin tesisteki sisteme tanıtılması amacıyla kurulan mal kabul hattındaki işlemleri içerirken diğeri Ziylan Grup ürünleri için Türkiye'nin dört bir yanından gelen siparişlerin toplanması sürecini kapsamaktadır. Bu öneriler doğrultusunda sistemin verimliliğini artırmak amacıyla bir benzetim modeli ve matematiksel model geliştirilmiştir.

Perakende lojistiği verimliliğini arttırmak amacıyla mal kabul hattı dengeleme çalışması ve sipariş toplama verimliliği olmak üzere iki farklı amaç belirlenmiştir. Mal kabul hattı için yapılan hat dengeleme çalışması ile hat üzerinde oluşan darboğazların en aza indirgenerek en uygun akışı elde etmek hedeflenmiştir. Bu akışı gözlemleyebilmek amacıyla Arena benzetim modeli kullanılmış ve farklı süreçler gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Sipariş toplama modeli ise günlük gelen siparişlerin toplanması sürecinde ürünlerin depo içerisindeki konumlarına göre ayrıştırılıp en kısa mesafe göz önünde bulundurularak toplanmasını hedeflemektedir. Modelin çalıştırılması sonucunda ürün gruplarının en uygun sırası belirlenerek toplayıcının yolu çizilmektedir.

Perakende sektöründe mağaza siparişlerinin en kısa zamanda mağazalara iletilmesi müşteri memnuniyeti açısından en önemli faktörlerden biridir. Bu sebeple, ürün sevkiyatı öncesi ürünlerin toplanma süreci büyük önem arz etmektedir. Mimoza Tesisinde ürün toplama süreci, mağazalardan gelen ürün siparişlerinin tesisin ekranına düşmesiyle başlar. Bunu takiben günlük olarak her toplayıcı el terminallerinin yönlendirmesiyle depo içerisinde bulunan her

koridoru baştan sona yürüyerek siparişi bulunan ürünleri toplar ve en son sevkiyat öncesi ürünler dağıtım alanında toplanarak mağazalara göre farklı kolilere ayrıştırılır ve sevkiyat gerçekleştirilir. Bu süre 2(iki) gün olarak hedeflenmekle birlikte yapılan görüşmeler sonrasında sevkiyatın 7(yedi) güne kadar gecikebildiği firma tarafından belirtilmiştir. Bu süreyi minimum düzeye indirebilmek için kullanılan model, ürün toplayıcının yolunu azaltmayı hedeflediği gibi tesise gelen mağaza siparişlerini de ürünlerin depoda bulundukları konumların yakınlığına ve aynılığına göre gruplayarak sipariş öncesi mağaza kolilerine dağıtılma aşamasını da göz önünde bulundurmaktadır.
Model ilk aşamada, mağaza siparişlerindeki ürünleri ikili ürün setleri halinde değerlendirerek depo içerisinde bulundukları koridorların aynılığı ($Sim_{ij}$), iki ürün arasındaki minimum mesafe ($Sav_{ij}$) ve iki ürünü toplama aşamasında yürünecek olan ekstra koridor sayısı ($A_{ij}$) olarak üç farklı değeri inceler. Bu veriler sonucunda *"düzenlenmiş tasarruf miktarı"* olarak adlandırılan son veriyi her ikili ürün grubu için hesaplar.
Modelin ikinci aşaması, ayarlanmış tasarruf miktarı değişkenini kullanarak gelen siparişleri istenilen sayıya göre gruplar. Sonuç olarak, aynı grup içerisindeki ürünleri toplama mesafesi ve bu ürünlerin toplanma sırası belirlenmiş olur.

Firma içerisinde yeni geliştirilen bir toplama aracı ile 4(dört) farklı sipariş aynı toplayıcı tarafından toplanabilmektedir. Yeni tasarlanan toplama aracı ve modelin birlikte kullanılmasıyla ürün siparişleri her mağaza için farklı kolilerde toplanmış olacak ve aynı zamanda toplayıcının yürüyeceği mesafe de hesaplanmış ve azaltılmış olacaktır. Ürünlerin toplanma esnasında her mağaza için ayrı kolilere konulması, sevkiyat öncesi ayrıştırma sürecini büyük oranda ortadan kaldıracak olup firma için yaklaşık 15 insan gücü ve dağıtım bölgesi alanınca bir $m^2$ tasarrufu sağlayacaktır.
Siparişler küçük gruplara bölünmeden önce ise yine aynı model kullanılarak günlük gelen 40 000 kadar ürünü içeren sipariş kümesi öncelikle 15 000 adet ürünü içerecek şekilde gruplanacak ve günlük 15 000 adet ürün olmak üzere toplanacaktır.

Depoya ürünler geldiği anda mal kabul hattına girmektedir. Bu hatta otomasyon sistemi yoktur yani bütün iş işçiler tarafından yapılmaktadır. Bu hatta süreçlerin eş zamanlı çalışmaması dolayısıyla darboğaz oluşmaktadır. Birinci dönem geliştirdiğimiz tek model sonrasında şirketten aldığımız geri dönüş sonrası ürünlerimizi 3 farklı şekilde gruplayıp; 3 farklı model oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu 3 farklı model kolay, orta, zor diye sınıflandırılmaktadır ve bunlar ürünlerin alarmlanmasının zorluk derecesine göre adlandırılmaktadır. Bu üç modeldeki amaç, darboğazları elemek ve süreçlerin utilizasyonunu (işçi kullanımı) artırmak şeklindedir. Bu doğrultuda modeller Arena Simulation Software'de oluşturulmuş ve

validasyonu sağlanmıştır. Sonrasında da resource (işçi) sayılarında değişiklikler yaparak darboğazlar elenmiş ve süreç utilizasyonlarını artırılmıştır.

Kolay ürünler için koli açma ve koli bantlama süreçlerinde 1er kişilik artış sağlayarak darboğazlar elenmiştir. Ancak alarmlama ve koli-alma2 süreçlerindeki utilizasyon düşüklüğü sebebiyle alarmlama süreçlerindeki işçileri 12'den 8'e indirip; aynı zamanda koli-alma2 süreçlerinde bulunan toplam 3 kişiyi 1e indirip bu 1 kişinin 3 hatta birden bakmasına karar verilmiştir.

Orta ürünler için koli açma ve koli bantlama süreçlerinde 1er kişilik artış sağlayarak darboğazları elenmiştir. Ancak koli-alma2 süreçlerindeki utilizasyon düşüklüğü sebebiyle koli-alma2 süreçlerinde bulunan toplam 3 kişiyi 1e indirip bu 1 kişinin 3 hatta birden bakmasına karar verilmiştir.

Zor ürünler için koli açma ve koli bantlama süreçlerinde 1er kişilik artış sağlayarak; alarmlama süreçlerinde 2'şer kişilik artış sağlayarak darboğazlar elenmiştir. Ancak koli-alma2 süreçlerindeki utilizasyon düşüklüğü sebebiyle koli-alma2 süreçlerinde bulunan toplam 3 kişiyi 1e indirip bu 1 kişinin 3 hatta birden bakmasına karar verilmiştir.
Mal kabul alanı simülasyon çalışması sonucunda, daha verimli işçi dağılımları önerildi. Bu sayede işçilerin kullanım oranları optimize edildi, darboğaz süreçler ortadan kaldırıldı ve bu geliştirmelerin sonucunda birim zamanda sistemden çıkan ürün miktarı arttırıldı.

## Kaynakça

Lam, C.H.Y., et al. "An Order-Picking Operations System For Managing The Batching Activities In A Warehouse." International Journal of Systems Science 45.6 (2014): 1283-1295. Scopus®

Kelton, W. D., Sadowski, R. P., and Swets, N. B., *Simulation with Arena*, 5th Ed., Mc Graw Hill, 2011

# Mesken Müşterilerinde Kayıp Kaçak Kullanım Belirlenmesinin İstatistiki Olarak Modellenmesi

## ENERJİSA A.Ş

**Proje Ekibi**
Merve Baykam
Ayça Duydu
Kerem Kendirli
Selin Su Savaş
Pelin Topdağı
Cemre Ünal

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Serdar Güven
Ticari Kayıplar Takım Yöneticisi

**Akademik Danışman**
Yrd. Doç. Dr. Ayşe Selin Kocaman
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Enerjisa 1996 yılında Sabancı şirketlerinin elektrik gereksinimlerini karşılamak üzere bir otoprodüktör şirketi olarak kurulmuştur. Elektrik zincirinin tüm aşamalarında değer yaratmayı hedefleyen entegre yapısı, müşteri ve pazar odaklı iş modelleri, verimliliği ve teknolojiyi esas alan üretim ve dağıtım yatırımları, rekabetçi stratejileri ile Türkiye'nin büyüyen elektrik piyasasının lider oyuncularından birisi durumuna gelmiştir. Nisan 2013 itibariyle, dünyanın en büyük özel elektrik ve doğal gaz şirketlerinden biri olan E.ON'un Enerjisa'ya %50 ortaklık süreci tamamlanmıştır. 2560 MW kurulu güç kapasitesi ile Türkiye'nin en büyük serbest enerji üreticisi olan Enerjisa, Türkiye elektrik üretiminde yaklaşık %4, tedariğinde ise %26 pazar payına sahiptir.

## Proje Tanıtımı

Bu proje, Türkiye'deki 21 elektrik dağıtım bölgesinden üçüne sahip EnerjiSa A.Ş. için kayıp-kaçak elektrik kullanımı tespitinde kullanılacak müşterilerin sistematik olarak risk gruplarına ayrıldığı bir model geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda yapılan araştırmalar sonucunda bir otomatik öğrenme (machine learning) modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ancak, bu konuda yapılmış araştırmaların ötesinde, süpervize edilmeyen yığınsal kümelendirme yöntemi ile otomatik öğrenme algoritmasını paralel olarak kullanarak konuya yeni bir bakış açısı katmak amaçlanmıştır.

Mevcut sistemde EnerjiSa, TEİAŞ'dan alınan elektriğin müşterilere dağıtımı sırasında ve sonrasında meydana gelen kayıp-kaçak ve usulsüz kullanım verilerinin tespiti için manuel olarak planlanmış bir süreç kullanmaktadır. Şüpheli tespit sürecinde, verimsizliği arttıran ve veri kalabalığına sebep olan sayaçların farklı günlerde ve aralıkla okunması gibi uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalar, kullanım farklılıklarının göz ardı edilmesine sebep olmakta ve şüpheli müşterilerin verimsiz/yanlış kategorize edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bahsedilen sistemde, şüpheli bulunan ve saha ekibince kontrole gidilen müşterinin elektriği kayıp-kaçak olarak kullandığı tespit edildiği takdirde, bu şirket için başarı sayılmaktadır ve toplam kayıp-kaçak tespit sayısının, şüpheli görülen müşterilere oranı "hit-rate" olarak tanımlanmaktadır. Şirketin amacı ise hit-rate değerini artırmak, yani tutarlı kayıp-kaçak tespitini attırıp, gereksiz saha tespitine bağlı parasal harcama ve işgücü kullanımını en aza indirmektir.

Bu proje, kayıp-kaçak kullanıcılarını en doğru şekilde risk gruplarına ayırarak hit-rate'i artırmak üzere kullanılacak sistematik bir otomatik öğrenme modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu projede oluşturulan istatistiksel model iki aşamada çalışmaktadır. İlk aşamada, yığınsal kümelendirme modeliyle verilerin süpervize edilmeden kümelendirilmesi hedeflenmektedir. İkinci aşamaysa otomatik öğrenme algoritması olan destek vektör makinesinin (SVM) önce eğitilmesi daha sonra ise test edilerek kullanılması amaçlanmaktadır.

EnerjiSA tarafından sağlanan verinin süpervize edilmeyen bir şekilde kümelendirilmesi icin IBM SPSS içinde gömülü olan yığınsal hiyerarşik küme çözümlemesi algoritmasi kullanılmıştır. Bu algoritma, etiketlenmemiş 551 müşterinin tüketim verisi üzerinde, birbirinden bağımsız elementlerden oluşan kümelerin aşamalı bir şekilde birleştirilmesiyle bir hiyerarşi oluşturmaktadır. Hangi kümelerin birleştirileceği üzerindeki karar mekanizmasında Ward Metotu kullanılmıştır. Bu metot hiyerarşik küme analizinde, amaç fonksiyonun optimum değerini bulmak için ölçü olarak Euclidean uzaklıklarının karesini kullanmakadır. Her müşteriyi ilk başta başlı

başına bir küme olarak kabul eden model en yakın Euclidean uzaklığa sahip kümeleri birleştirerek kümelendirme işlemini gerçekleştirmektedir.

Kümelendirme yöntemiyle, 551 müşteri için üst limiti 3 olan küme sayısı, müşterilerin zaman serisi biçimine göre belirlenmiştir. Bu 3 ana küme içinde müşterilerin, mevsimsellikten doğan değişimleri ve günlük değişimlerini saptanmış, böylelikle düzenli müşteri kümeleri kolaylıkla saptanabilmiştir.

SVM istatistiksel öğrenme teorisini baz alır ve veri tanıma, kategorize etme gibi amaçlar doğrultusunda kullanılır. Bu projede kullanılan ikili SVM algoritması kümelendirme için optimal bir seçim fonksiyonu oluştururken sınıflandırma hatasını minimize etmektedir.
İlk aşamada, literatürdeki örneklerden farklı olarak algoritmanın düzenli ve düzensiz müşterileri tespiti yapabilmesi icin süpervize edilmemiş sınıflandırma üzerine çalışılmıştır. Ancak, verinin tutarsız zaman dilimi ve çok çeşitli biçimdeki müşteriler bu yöntemin kullanılmasını zorlaştırmıştır ve süpervize edilmiş otomatik öğrenme metodu kullanılmasına karar verilmiştir.

Sonuçlar, MATLAB R2015a 8.0 Academic Version, Classification Learner Toolbox kullanılarak elde edilmiştir. SVM'in çeşitli versiyonları olan Linear, Cubic, Fine Gaussian, Medium Gaussian ve Coarse Gaussian formları denenmiş ve en yüksek doğrulukta çalışan kernel fonksiyonu belirlenmiştir. Başlangıçta, verilen kernel parametresinin yanı sıra doğruluk seviyesinin artırılması için örnek çalışmalarda optimal sonucu veren 0.92 değeri de denenmiştir.

Çıktıların valide edilme sürecindeyse SPSS ve SVM sonuçları için benzer yöntem kullanılmıştır. SPSS için 3 farklı kümedeki tüm müşterilerin etiketleri üzerinden bir analiz yapılmıştır. Her kümedeki normal ve kayıp-kaçak kullanan müşteri sayısı toplama oranlanmıştır.

SVM'de ise test sonuçları bilinen etiketlerle karşılaştırılmıştır. Bu analiz normal olup normal etiketlenen (RR), normal olup kaçak olarak etiketlenen (RF), kaçak olan ve kaçak etiketlenen (FF), kaçak olup normal etiketlenen şeklinde gerçekleştirilmiş ve denenen her model için hit-rate hesaplanmıştır.

SPSS ile yapılan çalışmalarda, kümelendirme metodunun tutarlılığını ölçmek amacıyla mesken müşterinin bulunduğu kılavuz veri oluşturulmuştur. Kılavuz çalışmasından sonra, SPSS çıktı olarak müşterileri toplamda 3 kümeye ayrıştırmıştır. Bu sonuçlar gerçek kategoriler ile karşılaştırıldığında %64 oranında örtüşme gözlemlenmiştir.SVM tarafında ise verilerin eğitim ve test için seçilmesinde Hold Out 25%, 35%, 45% ve çapraz doğrulama 10 fold metotları uygulanmıştır. Her metodun test aşamasında eğitimde kullanılan verilerin dahil edildiği ve edilmediği iki farklı yöntem de denenmiştir. Ancak

bu iki yöntem arasında doğruluk oranı açısından bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Modelin test sonuçları ise **Tablo 1'de** özetlenmiştir. En yüksek hit-rate oranı farklı metotlar için Quadratic SVM ve Cubic SVM arasında değişiklik göstermiştir. Ancak, Cubic SVM'in bazen çok yüksek bazen ise çok düşük sonuçlar verebildiği gözlenmiştir. Modelin uzun vadede kullanılabilirliği dikkate alındığında Quadratic SVM'in daha tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. En iyi sonuç ise Quadratic SVM Holdout %25 ve çapraz doğrulama metotlarında K=0.92 için %93.28 olarak elde edilmiştir.Proje öncesinde aylık veriler baz alınarak yapılan incelemeler sonucu ortaya çıkan hit-rate değerleri EnerjiSa tarafından Başkent Bölgesi için %7.90, Toroslar içinse %15.24 olarak biliştirmiştir. Bu proje, hit-rate'in bu değerlerden %93.28'e kadar çıkarılabileceğini ve kayıp-kaçak tespit sürecin şirkete olan maliyetinin önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermiştir.

## Kaynakça

[1] J. Nagi, K. Yap, S. Tiong, S. Ahmed, and A. Mohammad, 'Detection of abnormalities and electricity theft using genetic Support Vector Machines', *TENCON 2008 - 2008 IEEE Region 10 Conference*, 2008.

## Tablo 1: Farklı metotlar için SVM Çıktılarının Doğruluk Oranları

| | Linear SVM | Linear SVM Compact | Quadratic SVM | Quadratic SVM Compact | Cubic SVM | Cubic SVM Compact | Fine Gaussian SVM | Fine Gaussian SVM Compact | Medium Gaussian SVM | Medium Gaussian SVM Compact | Coarse Gaussian SVM | Coarse Gaussian SVM Compact |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **HO %25 Default** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 43.92 | 43.92 | 50.82 | 50.82 | 51.54 | 51.54 | 47.91 | 47.91 | 43.19 | 43.19 | 54.63 | 54.63 |
| FF | 28.49 | 28.49 | 41.20 | 41.20 | 41.38 | 41.38 | 32.49 | 32.49 | 20.51 | 20.51 | 0.00 | 0.00 |
| **RR+FF** | **72.41** | **72.41** | **92.01** | **92.01** | **92.92** | **92.92** | **80.40** | **80.40** | **63.70** | **63.70** | **54.63** | **54.63** |
| FR | 16.88 | 16.88 | 4.17 | 4.17 | 3.99 | 3.99 | 12.89 | 12.89 | 24.86 | 24.86 | 45.37 | 45.37 |
| RF | 10.71 | 10.71 | 3.81 | 3.81 | 3.09 | 3.09 | 6.72 | 6.72 | 11.43 | 11.43 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **HO %25 K 0.92** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 50.45 | 50.45 | 51.36 | 51.36 | 41.56 | 41.56 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 |
| FF | 39.56 | 39.56 | 41.92 | 41.92 | 29.95 | 29.95 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 |
| **RR+FF** | **90.02** | **90.02** | **93.28** | **93.28** | **71.51** | **71.51** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** |
| FR | 5.81 | 5.81 | 3.45 | 3.45 | 15.43 | 15.43 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 |
| RF | 4.17 | 4.17 | 3.27 | 3.27 | 13.07 | 13.07 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **HO %35 Default** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 43.92 | 43.92 | 50.82 | 50.82 | 51.54 | 51.54 | 47.91 | 47.91 | 43.19 | 43.19 | 54.63 | 54.63 |
| FF | 29.04 | 29.04 | 41.20 | 41.20 | 41.38 | 41.38 | 32.49 | 32.49 | 20.51 | 20.51 | 0.00 | 0.00 |
| **RR+FF** | **72.96** | **72.96** | **92.01** | **92.01** | **92.92** | **92.92** | **80.40** | **80.40** | **63.70** | **63.70** | **54.63** | **54.63** |
| FR | 16.33 | 16.33 | 4.17 | 4.17 | 3.99 | 3.99 | 12.89 | 12.89 | 24.86 | 24.86 | 45.37 | 45.37 |
| RF | 10.71 | 10.71 | 3.81 | 3.81 | 3.09 | 3.09 | 6.72 | 6.72 | 11.43 | 11.43 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **HO %35 K 0.92** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 50.45 | 50.45 | 51.36 | 51.36 | 41.56 | 41.56 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 |
| FF | 39.56 | 39.56 | 41.92 | 41.92 | 29.95 | 29.95 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 |
| **RR+FF** | **90.02** | **90.02** | **93.28** | **93.28** | **71.51** | **71.51** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** |
| FR | 5.81 | 5.81 | 3.45 | 3.45 | 15.43 | 15.43 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 |
| RF | 4.17 | 4.17 | 3.27 | 3.27 | 13.07 | 13.07 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **HO %45 Default** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 43.56 | 43.56 | 50.45 | 50.45 | 51.54 | 51.54 | 47.91 | 47.91 | 43.19 | 43.19 | 54.63 | 54.63 |
| FF | 29.40 | 29.40 | 41.20 | 41.20 | 41.38 | 41.38 | 32.49 | 32.49 | 20.51 | 20.51 | 0.00 | 0.00 |
| **RR+FF** | **72.96** | **72.96** | **91.65** | **91.65** | **92.92** | **92.92** | **80.40** | **80.40** | **63.70** | **63.70** | **54.63** | **54.63** |
| FR | 15.97 | 15.97 | 4.17 | 4.17 | 3.99 | 3.99 | 12.89 | 12.89 | 24.86 | 24.86 | 45.37 | 45.37 |
| RF | 11.07 | 11.07 | 4.17 | 4.17 | 3.09 | 3.09 | 6.72 | 6.72 | 11.43 | 11.43 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **HO %45 K 0.92** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 50.45 | 50.45 | 51.36 | 51.36 | 41.56 | 41.56 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 |
| FF | 39.56 | 39.56 | 41.92 | 41.92 | 29.95 | 29.95 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 |
| **RR+FF** | **90.02** | **90.02** | **93.28** | **93.28** | **71.51** | **71.51** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** |
| FR | 5.81 | 5.81 | 3.45 | 3.45 | 15.43 | 15.43 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 |
| RF | 4.17 | 4.17 | 3.27 | 3.27 | 13.07 | 13.07 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **Cross Validation Default** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 43.56 | 43.56 | 50.64 | 50.64 | 51.54 | 51.54 | 47.91 | 47.91 | 43.19 | 43.19 | 54.63 | 54.63 |
| FF | 29.40 | 29.40 | 40.83 | 40.83 | 41.38 | 41.38 | 32.49 | 32.49 | 20.51 | 20.51 | 0.00 | 0.00 |
| **RR+FF** | **72.96** | **72.96** | **91.47** | **91.47** | **92.92** | **92.92** | **80.40** | **80.40** | **63.70** | **63.70** | **54.63** | **54.63** |
| FR | 15.97 | 15.97 | 4.54 | 4.54 | 3.99 | 3.99 | 12.89 | 12.89 | 24.86 | 24.86 | 45.37 | 45.37 |
| RF | 11.07 | 11.07 | 3.99 | 3.99 | 3.09 | 3.09 | 6.72 | 6.72 | 11.43 | 11.43 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **Cross Validation Kernel 0.92** | | | | | | | | | | | | |
| RR | 50.45 | 50.45 | 51.36 | 51.36 | 41.56 | 41.56 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 | 53.72 |
| FF | 39.56 | 39.56 | 41.92 | 41.92 | 29.95 | 29.95 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 | 39.20 |
| **RR+FF** | **90.02** | **90.02** | **93.28** | **93.28** | **71.51** | **71.51** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** | **92.92** |
| FR | 5.81 | 5.81 | 3.45 | 3.45 | 15.43 | 15.43 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 | 6.17 |
| RF | 4.17 | 4.17 | 3.27 | 3.27 | 13.07 | 13.07 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

# Lojistik Operasyonlar için Kaynak Yeterliliği

# ETİ Gıda San. ve Tic. A.Ş.

**Proje Ekibi**
Hasantoygar Akın
Kaan Başaran
Caner Can
Aykan Canbaz
Cem Doğru
Yılmaz Berk Ezilmez

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Engin Çölova
Eti Gıda San. Tic A.Ş, Satış Planlama Müdürü

**Akademik Danışman**
Prof. Dr. Nesim K. Erkip
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

ETİ, 1962 yılında, Firuz Kanatlı önderliğinde, 22 çalışanıyla ve günlük sadece üç ton üretim kapasitesi ile faaliyete başladı. Daha sonraki yıllarda ise fabrika sayısını ve buna paralel olarak üretim kapasitesini artıran ETİ, günümüzde pazarın öncü firmalarından biri olmayı başarmış durumdadır. "Hızlı Tüketim Malları Sektörü" içerisinde faaliyet gösteren ETİ, beş ana üretim fabrikasını (Kek Fabrikası, Çikolata Fabrikası, Bisküvi Fabrikası, Kraker Fabrikası, Bozüyük Fabrikası) bünyesinde barındırmaktadır. Beş ana fabrikada üretim kapasitesi yaklaşık olarak 350.000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

## Proje Tanıtımı

Projede ETİ'nin Eskişehir'de bulunan merkez deposu ile ülke çapındaki bölgesel depoları arasında işleyen lojistik süreçler kapsanmıştır. Yapılan araştırma ve analizler çerçevesinde uygulanan kararların getirdiği performansın ölçüldüğü bir simülasyon modeli, depolara atanması gereken kamyon ve işçi sayılarının belirlendiği bir optimizasyon modeli ve Volkswagen'da yapılan çalışmadaki gibi[1] bu modeller arasında döngüsel olarak ilerlemeyi sağlayan bir yineleme metodu geliştirilmiştir. 4 farklı performans ölçütünü (geç karşılanan talep oranları, ortalama günlük tur sayıları, ek mesai süreleri ve araç doluluk oranları) baz alan çalışmalar sonucunda ETİ'ye şu anki işleyiş hakkında açıklayıcı sonuçlar veren ve karar mekanizmalarına destek sağlayan yöntemler geliştirilmiştir. Performans ölçütleri, optimizasyon ve simülasyon modelleri arasında bağlantı noktaları olmuştur. Yineleme metodu, bahsedilen performans ölçütlerinin optimizasyon ve simülasyon modellerinin çalışması sonucu güncellenmesiyle ilerlemiş, modellerin yakın sonuç vermesiyle sonuçlandırılmıştır.

Projeye ETİ ile endüstri mühendisliği lisans öğrencileri arasında üniversite sanayi işbirliğini artırmak amacıyla başlanmıştır. Eskişehir merkez deposu ile ülke çapında dağılmış bölge depoları arasında işleyen lojistik süreç kapsanmıştır. Oluşturulan projenin özgün kısmı, kaynak kullanımlarının incelenip yetersizliklerin görülmesi ve iyileştirilmesini sağlayan yineleme yöntemi kullanılmasıdır. Yineleme yöntemi, projede kullanılan optimizasyon ve simülasyon modellerinin birbirleriyle bağlantılı olarak çalıştırılmasını temel almaktadır. Oluşturulan bu yöntemle ETİ şirketine karar destek sistemi sağlanmıştır.

ETİ lojistik sistemi, Eskişehir'de bulunan merkez depo ve Türkiye'de dağılmış 20 bölgesel depodan oluşmaktadır. Eskişehir merkez depoda, üretilen ürünlerin kabulü, yerleşimi, bölgesel depo taleplerinin toplanması ve araçlara yükleme işlemleri gerçekleşmektedir. Bölgesel depolarda ise merkez depodan gelen araçların kabulü, yerleşimi ve distribütör ve diğer müşterilere giden ürünlerin yükleme işlemleri yer almaktadır. Fakat, bölgesel depoların da lojistik operasyonlara dahil olması ile birlikte sistemin performans ölçütleri ETİ tarafından takip edilememektedir. Bu durum şirketin bütçe planlama dönemindeki kaynak dağıtımı(işçi, rampa ve araç) hususunda belirsizliklere sebep olmaktadır.

Matematiksel model oluşturulurken öncelikle ETİ tarafından gönderilen veriler analiz edilmiş ve uygun rassal dağılımlarla simülasyon modeline konulmuştur. Bu şekilde, şu anki sistemdeki kaynak dağılımının performans ölçütleri üzerindeki etkisini analiz etmektir. Elde edilen sonuçların, gönderilen veriler ile karşılaştırılarak ve şirket tarafından onaylanarak

validasyonu sağlanmıştır. Bir sonraki aşamada belirlenen performans ölçütlerinin sistem üzerindeki etkisini analiz edebilmek ve kaynak dağılımı üzerinde çözüm önerisi sunabilmek adına bir optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Model, ETİ tarafından gelen geri dönüşümler ile güncellenebilecek bir esnekliğe sahiptir.

Simülasyon modeli ELM ve 20 bölgesel deponun lojistik süreçlerini kapsamaktadır. Depolarda talep miktarlarına göre paletler toplanır ve talebin bir kısmını distribütörler kendi araçlarıyla teslim alır, kalanlar ise kapasitelerine uygun araçlara yüklenip müşterilere gönderilir. Gün sonunda da depodan çıkan palet miktarı kadar Eskişehir'e istekte bulunulur. ELM' de tırlara yüklenen siparişler, depolara ulaştığında mal kabulü operasyonu yapılır ve paletler hücrelere yerleştirilir.

Simülasyon, kaynak dağılımının sistemin ana performans ölçütleri üzerindeki etkisini incelemektedir. Ana performans ölçütleri; kamyonların palet cinsinden doluluk oranı, depolarda yapılan ek mesai süresi, depoların geciktirdiği talep oranı ve bir aracın gün içerisinde attığı ortalama sefer sayısı olarak belirlenmiştir. Bunun yanında her depo için işçi, rampa ve kamyon gibi kaynakların kullanımlarının talep değişimlerine bağlı değişimini de incelebilmek adına esnek bir model yapılmıştır. Bu sayede ETİ bir bölgede açacağı deponun sistem performansı üzerindeki etkisini görebileceği gibi bölgesel depolardaki herhangi bir kaynak ya da talep değişiminin o depoya olan etkisini görebilir. Modeldeki lojistik süreçler ETİ tarafından gönderilen verilerle oluşturulan rassal dağılımlar ile belirlenmiştir. Böylece değişkenlik arttırılarak risk durumu içeren durumların tespit ve analizi amaçlanmıştır.

Optimizasyon modelinin amacı depolardaki ek mesai sürelerini en aza indirgemektir. Fakat, modelin amacı araç sayısını, işçi sayısını veya geç karşılanan talep oranını da en aza indirgemek için kullanılabilecektir. Modelde toplam yüklemenin/boşaltmanın getirdiği işçi gücü sayısı, farklı kapasitedeki araçların kullanım sıklığı ve doluluk oranları da göz önüne alınarak oluşan taşıma kapasiteleri, havuzdaki toplam araç sayısı gibi kısıtlar bulunmaktadır. Simülasyon modelinden elde edilen 4 performans ölçütü de her depo için ayrı ayrı girdi olarak alınarak kaynak ataması yapılması amaçlanmıştır. Böylece, gereksiz kaynaklar belirlenmiş olup mali açıdan bir tasarruf planı hazırlanarak ETİ'ye öneri olarak sunulmuştur.

Çözüm yöntemi olarak, optimizasyon ve simülasyon modellerini birlikte çalıştıran özgün bir yineleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, kaynak dağıtımını en iyi sonuç alana kadar güncelleyen sonuçlar vermektedir[2]. Yineleme süreci Ek 1'de de görüldüğü üzere 4 performans ölçütünün simülasyondan çıktı olarak alınmasıyla başlayarak, bunların optimizasyona

girdi olarak sokulmasıyla devam ettirilmiştir. Bu süreç, art arda yapılan kaynak dağıtımları yakınsanıncaya kadar devam ettirilmiştir.

Yapılan 8 yineleme sonrasında kaynak dağılımları ve belirlenen performans ölçütleri birbirine yakınsamış ve süreç bitirilmiştir. Bunun sonucunda, bölgesel depolarda kullanılan 15 adet 16 paletlik kamyon ve 45 işçinin azaltılabileceği görülmüştür. Azaltılan kaynaklar ile birlikte maliyetin de %12 düşürülebileceği öngörülmüştür.

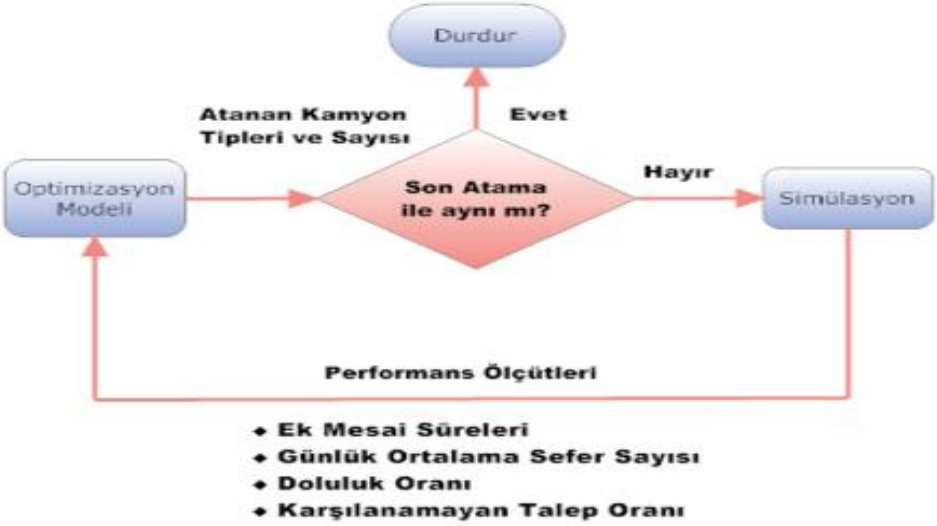
Maddi karşılığı olan iyileştirmelerin yanında, lojistik sürecin önemli performans ölçütleri olan kaynak kullanımı yaklaşık %15 iyileştirilirken, geç karşılanan talep oranı da %7,8'den %5,3'e indirilmiştir.

## Kaynakça

[1] Karabakal, Nejat, Ali Günal, and Warren Ritchie. "Supply-Chain Analysis at Volkswagen of America." *Interfaces* 30.4 s. 46-55. 1 Ağustos 2000. Web. 1 Aralık. 2014.

[2] Woodall, Jonathan C., Tracy Gosselin, Amy Boswel, Michael Murr, and Brian T. Denton. "Improving Patient Access to Chemotherapy Treatment at Duke Cancer Institute." *Interfaces* 43.5 (2013): 449-61. 01 Kasım 2013. Web. 01 Aralık 2014.

**Ek 1: Yineleme Metodu**



## Ek 2 – Tablo 1: Depo Bazında Kaynak Sayıları

| Depo Kodu | Depo Adı | Rampa Sayısı | | Araç Sayıları | | | | İşçi Sayısı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Doldurma | Boşaltma | 16 paletlik* | 27 paletlik** | 36 paletlik*** | 66 paletlik | |
| 1000 | ELM | 40 | 10 | 0 | 9 | 40 | 110 | 286 |
| 2001 | İKİTELLİ | 6 | 6 | 4 | 0 | 4 | 0 | 45 |
| 2002 | SANCAKTEPE | 7 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 21 |
| 2003 | AYAZAĞA | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 2004 | BURSA | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 21 |
| 2005 | ADANA | 2 | 1 | 4 | 1 | 3 | 0 | 11 |
| 2006 | ANKARA | 5 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 21 |
| 2007 | SAMSUN | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 10 |
| 2008 | İZMİR | 3 | 2 | 5 | 2 | 0 | 0 | 20 |
| 2009 | ANTALYA | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 12 |
| 3000 | GAZİANTEP | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 15 |
| 3001 | MALATYA | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 16 |
| 3002 | BATMAN | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 17 |
| 3003 | ERZURUM | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 14 |
| 3005 | TATVAN | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 13 |
| 3006 | KAYSERİ | 4 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 15 |
| 3007 | ISPARTA | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 13 |
| 3008 | KONYA | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 14 |
| 3009 | ÇORUM | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 12 |
| 3010 | ORDU | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 15 |
| 3011 | TEKİRDAĞ | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 14 |

| | | |
|---|---|---|
| * | 9 | ELM için |
| ** | 18 | |
| *** | 42 | |

## Ek 3 – Tablo 2: 4 performans Ölçütü ve Sonuçları

| Depo Kodu | Depo Adı | Günlük Ortalama Sefer Sayısı | | | | Doluluk Oranı (palet cinsinden yüzdelik) | | | | Ortalama Geciken Talep Oranı (%) | Ortalama Ek Mesai Süreleri (kapı/saat cinsinden) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 16 paletlik* | 27 paletlik** | 36 paletlik*** | 66 paletlik | 16 paletlik* | 27 paletlik** | 36 paletlik*** | 66 paletlik | | Mal Kabul | Yükleme | Toplam |
| 1000 | ELM | 0 | 0,3 | 0,5 | 0,55 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,3 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | İKİTELLİ | 1,09 | 0 | 1,7 | 0 | 0,59 | 0 | 0,62 | 0 | 2 | 0,066 | 0,016 | 0,082 |
| 2002 | SANCAKTEPE | 0 | 2,11 | 0 | 0 | 0 | 0,62 | 0 | 0 | 0 | 0,63 | 0 | 0,63 |
| 2003 | AYAZAĞA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,018 | 0,044 | 0,062 |
| 2004 | BURSA | 0,8 | 1,07 | 0 | 1,7 | 0,57 | 0,68 | 0 | 0,5 | 21 | 0,4 | 0,023 | 0,423 |
| 2005 | ADANA | 0,89 | 1 | 0,64 | 0 | 0,61 | 0,65 | 0,58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | ANKARA | 1,43 | 1,56 | 0 | 0 | 0,64 | 0,6 | 0 | 0 | 17 | 0,005 | 0,066 | 0,071 |
| 2007 | SAMSUN | 1,26 | 1,29 | 0 | 0 | 0,52 | 0,65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2008 | İZMİR | 0,76 | 2 | 0 | 0 | 0,62 | 0,87 | 0 | 0 | 14 | 0,55 | 0 | 0,55 |
| 2009 | ANTALYA | 0 | 0,96 | 0,76 | 0 | 0 | 0,68 | 0,69 | 0 | 2 | 0,23 | 0,004 | 0,234 |
| 3000 | GAZİANTEP | 1,24 | 1,3 | 0 | 0 | 0,51 | 0,66 | 0 | 0 | 1 | 0,09 | 0,004 | 0,094 |
| 3001 | MALATYA | 0,47 | 0 | 1,79 | 0 | 0,67 | 0 | 0,63 | 0 | 33 | 0,067 | 0,009 | 0,076 |
| 3002 | BATMAN | 0,56 | 0,71 | 0,96 | 0 | 0,55 | 0,73 | 0,79 | 0 | 3 | 0,069 | 0 | 0,069 |
| 3003 | ERZURUM | 0,94 | 1,02 | 1,02 | 0 | 0,54 | 0,65 | 0,65 | 0 | 2 | 0,06 | 0 | 0,06 |
| 3005 | TATVAN | 0 | 0 | 1,74 | 0 | 0 | 0 | 0,66 | 0 | 65 | 0,037 | 0,005 | 0,042 |
| 3006 | KAYSERİ | 0,8 | 0,48 | 0 | 0 | 0 | 0,43 | 0 | 0 | 0 | 0,15 | 0 | 0,15 |
| 3007 | ISPARTA | 0,33 | 0,5 | 0 | 0 | 0,54 | 0,77 | 0 | 0 | 1 | 0,011 | 0 | 0,011 |
| 3008 | KONYA | 0 | 1,18 | 0 | 0 | 0 | 0,63 | 0 | 0 | 2 | 0,024 | 0 | 0,024 |
| 3009 | ÇORUM | 0 | 1,23 | 0 | 0 | 0 | 0,47 | 0 | 0 | 3 | 0,11 | 0 | 0,11 |
| 3010 | ORDU | 0 | 1,04 | 1,12 | 0 | 0 | 0,69 | 0,72 | 0 | 4 | 0,16 | 0 | 0,16 |
| 3011 | TEKİRDAĞ | 1,36 | 0 | 1,66 | 0 | 0,68 | 0 | 0,62 | 0 | 9 | 0,45 | 0 | 0,45 |
| | TÜRKİYE ORTALAMALARI | 0,87 | 1,24 | 1,29 | 1,70 | 0,59 | 0,65 | 0,64 | 0,50 | 7,80 | 3,13 | 0,17 | 3,30 |

Not1: * Toplam günlük Türkiye ek mesai süreleri

# Toplama Alanı ve Yürüyüş Mesafesi Optimizasyonu

# ETİ Gıda San. ve Tic. A.Ş.

**Proje Ekibi**
Arda Çağatay Coşkun
Aslı Elif Çolakça
Pelin Er
Özgün Erdopan
Aykut Gül
Cansu Selin Türkmen

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Engin Çölova
Eti Gıda San. Tic A.Ş, Satış Planlama Müdürü

**Akademik Danışman**
Yrd. Doç. Dr. Özlem Karsu
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

ETİ, 1962 yılında, Firuz Kanatlı önderliğinde, 22 çalışanıyla ve günlük sadece üç ton üretim kapasitesi ile faaliyete başladı. Daha sonraki yıllarda ise fabrika sayısını ve buna paralel olarak üretim kapasitesini artıran ETİ, günümüzde pazarın öncü firmalarından biri olmayı başarmış durumdadır. "Hızlı Tüketim Malları Sektörü" içerisinde faaliyet gösteren ETİ, beş ana üretim fabrikasını (Kek Fabrikası, Çikolata Fabrikası, Bisküvi Fabrikası, Kraker Fabrikası, Bozüyük Fabrikası) bünyesinde barındırmaktadır. Beş ana fabrikada üretim kapasitesi yaklaşık olarak 350.000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

## Proje Tanıtımı

Projede düzensiz ürün yerleşiminden kaynaklanan sorunların giderilmesi amaçlanmıştır. Bu sorunlar; her toplayıcının tüm noktaları ziyaret etmek zorunda olması, toplama alanındaki ürünlerin adreslerinin belli olmaması, kontrol sisteminin manuel yapılması ve taşıma sırasında dengesiz palet yerleşiminden doğan vakit kaybı şeklinde sıralanmaktadır. Sorunlar giderilerek zaman ve yol kayıplarını en aza indirgeyen bir ürün dizilimi oluşturmak amaçlanmıştır. Ayrıca, personel hatalarını en aza indirmek de projenin bir diğer amacıdır.

Sipariş alma, sipariş toplama ve yükleme operasyonlarının gerçekleştiği Eti Ankara Dağıtım Merkezi; toplama alanı, rezerv alanı ve tampon alanı olmak üzere üç bölgeden oluşmaktadır. Bu alanlardan toplama alanı ise çikolata, bisküvi ve soğuk oda olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Siparişlerin toplanma operasyonunun gerçekleştiği bu alanda, ürünler SKU (StockKeeping Unit) kodlarına göre dizili olup; toplayıcılara verilen sipariş listeleri de bu kod sırasına göre düzenlidir. Toplayıcılar siparişleri transpaletlerle taşımaktadır ve her toplayıcıya ait bir transpalet vardır. Sisteme ulaşan siparişler düzenlendikten sonra toplayıcılara teslim edilir ve böylece sipariş toplama işlemi başlamış olur. Toplama işlemini bitiren toplayıcılar, dolu haldeki paletlerini tampon alanına getirirler. Birden fazla palet gerektiren listelerde ise ürünleri tampon alanına bıraktıktan sonra, boş paletleri ile tekrar toplama işlemine dönerler.

Yapılan gözlemlerde, düzensiz yerleşimden kaynaklanan problemler olduğu tespit edimiştir. Bu problemler; her toplayıcının tüm noktaları ziyaret etmek zorunda olması, toplama alanındaki ürünlerin adreslerinin belli olmaması, kontrol sisteminin manuel yapılması ve taşıma sırasında dengesiz palet yerleşiminden doğan vakit kaybı gibi problemlerdir. Her toplayıcının tüm noktaları ziyaret etmek zorunda olması ve toplama alanındaki ürünlerin adreslerinin belli olmaması toplama süresinin uzamasına neden olup; kontrol sisteminin manuel yapılması da hatalara yol açarak vakit kaybına neden olmaktadır.

Bu projedeki asıl amaç, problemlerden kaynaklı zaman ve yol kayıplarını en aza indirgeyen bir ürün dizilimi oluşturmaktır. Bunun yanında, personel hatalarını en aza indirgemek de projenin amaçlarından bir tanesidir.
Bahsedilen hedeflerin gerçekleştirilmesi için üç ayrı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler ABC analizi, Arena simülasyon modeli ve Java modeli kullanımına dayanmaktadır

ABC analizinin amacı ürünleri önem sırasına göre sıralamak ve bu sıraya göre toplama işlemini eniyileyecek bir ürün yerleşimi yapmaktır. Bu analiz

yapılırken ürünlein hacimleri ve ürünlerin listelerde görülme sıklıkları göz önünde bulundurulmuştur. Hacmi büyük ürünler paletin alt kısımlarına yerleştirilmelidir, çünkü bu ürünler üst kısımlara konulduğu takdirde daha küçük ve hafif ürünlerin ezilmesine neden olurlar. Listelerde görülme sıklığı ise hücrelere uğrama yoğunluğunu belirlediği için önem taşır.
ABC analizi yapılırken, öncelikle ürünler hacimlerine göre sıralanmıştır, daha sonra 80/20 kuralı kullanılarak A,B ve C grupları oluşturulmuştur. Oluşturulan her ürün grubu için ürünlerin listelerde görülme sıklıkları kullanılarak, bu gruplar için de tekrar A,B ve C grupları oluşturulmuştur. Çikolata ve bisküvi için A, B ve C gruplarına ait ürün sayıları Tablo 1' de belirtilmiştir.

Tablo 1. ABC Analizi Sonuçları

| Sınıf | Bisküvi | Çikolata |
|---|---|---|
| A | 11 | 15 |
| B | 11 | 34 |
| C | 158 | 40 |

Ürünlerin sipariş listelerinde görülme sıklığını ve bu listelerde, bir ürünün ortalama kaç kutu bulunduğunu girdi olarak kullanan simülasyon modelinde depo yerleşimi çikolata ve bisküvi olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır. Depo yerleşimi koridorlar şeklinde gösterilmiş olup, her koridorun kendine ait gecikme süresi vardır. Bu gecikme süreleri koridorun yürünmesinden kaynaklanan sürelerdir. Sistemde toplamda on koridor bulunmaktadır. Yerleşimin koridorlara bölünmesinin amacı ise sistemde dolaşan paletin takibini kolaylaştırmak ve sipariş toplama operasyonu esnasında hangi koridorların kullanıldığını görmektir.

Model ilk olarak mevcut sisteme göre tasarlanmış olup herhangi bir düzen değişikliğine adapte edilebilir durumdadır. Simülasyon modelinde kullanılan modüllerin içine giren bilgilerin değiştirilmesi ile, ürünlerin dizilimi sistemde değiştirilir.
Liste başına harcanan ortalama toplama süreleri ve toplama esnasında hangi koridorların kullanıldığı bilgisi simülasyon modelinin çıktılarını oluşturmaktadır. Model toplamda 300'den fazla değişken ve 3000'e yakın modülden oluşmaktadır. Bu değişkenlerden bazıları hücrelerde herhangi bir anda bulunan urun sayısını , urunleri toplama alanına indirirken gecen zamanı, urunleri almada gecen zamanı ve palet degistirme zamanını göstermektedir. Sipariş başına düşen toplam palet sayısı ise "paletin tasıdıgı urun sayısını" ve "palet kapasitesini" gösteren değişkenlerle belirlenir. Siparişin sonuna gelindiğinde sistemden çıkan paletin yerini yenisi alır, Yeni sipariş için paletin taşıdığı ürün sayısı sıfırlanır, toplam palet sayısı ise yeni siparişin başlaması ile birlikte 1 artırılır. Diğer değişkenler ise yukarıda bahsedilen gecikme süreleri ile alakalı değişkenlerdir.

Ürünlerin bulunduğu hücrelerin her biri bir alt model (sub model) olarak belirlenmiştir. Toplama işlemi gerçekleşirken, ürünün hücreden alınıp alınmayacağı, eğer ürün alınıyorsa palete konulup konulamayacağı, eğer ürün hücreden alındı ise hücrede ürün kalıp kalmadığı gibi durumlar karar (decide) modülleri ile kontrol edilir.
Ek olarak, şirket danışmanı tarafından yapılan geri bildirim sonucunda, Atama (Assign) modülleri yardımı ile hangi koridordan kaç ürün alındığı bilgisi simülasyon modeline eklenmiştir. Bu modüller, listelerde kaç çeşit ürün olduğunun görülmesini dolayısıyla da ürün çeşidi farklılığının yol açtığı zaman kaybının ölçülebilmesini sağlar.

Şirketten alınan bilgi ve grup üyeleri tarafından yapılan iş etüdleri sonucunda bir toplama emrinin ortalama 25 dakika sürdüğü,bu sürenin %20-24 ünün amaç dışı gecen süre; %35-40 inin yürümede gecen süre; % 40-45 inin ürünleri alırken geçen süre olduğu gözlemlenmiştir. Simülasyon modelinin validasyonu sürecinde modelin olabildiğince gerçeğe yakın olmasını istenmiş ve çalışmalar bu yönde gerçekleştirilmiştir. Alınan her koli başına, gidilen her metre başına ve listedeki çeşit sayısının mal olduğu zaman için bir süre belirlenmiştir (4.7 saniye koli başına, 2.6 saniye çeşit sayısına ve elde transpaletle 1.25 saniyede 1 metre yürünebilir). Söz konusu model ilk başta sadece tek bir liste için çalıştırılmş ve yavaş yavaş replikasyon (liste) sayısı arttırılmıştır. Var olan durumun simülasyon modeline yansımış halinde, ortalama bir sipariş için gereken süre 46 dakikadır. Yürümede geçen sürelerin ise toplam sürenin %30u ile %40ı arasında olduğu görülmüştür. Bu sonuç gerçeğe çok yakındır. Modelde sadece amaç dışı faaliyetlerde kaybedilen zamanı hesaplanamadığı için bu zaman, model tarafından diğer iki faaliyete (ürün toplarken geçen zaman ve yürüme) paylaştırılmıştır.

Modelde 5 farklı senaryo denenmiştir. Bunlardan ilki, validasyonda da kullanılan var olan dizilimdir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu sistemde bir sipariş için gereken ortalama süre 46.64 dakikadır. Ayrıca bu sistemde yaklaşık 1100 listede bisküvi bölmesinde bulunan 10. koridora hiç girilmediği gözlemlenmiş ve yaklaşık 600 listede çikolata bölmesinde bulunan 5. koridora uğranmadığı tespit edilmiştir.

ABC analizinden bulunan dizilim modelde denendiğinde ortalama bir sipariş için gereken ortalama sürenin 22.3 dakikaya düştüğü görülmüştür. Ayrıca çikolata bölgesinde bulunan 5. koridorun 750 listede, 3. Koridorun ise 35 listede kullanılmadığı tespit edilmiştir. Bisküvi bölümünde ise 125 listede 9., 200 listede 10., 150 listedeyse 8. koridorlar kullanılmadığı görülmüştür. Böylece her toplayıcının tüm koridorları yürümesi problemi ortadan kalkmıştır.

Yukarıda bahsedilen dizilim üzerine getirilen Pick by Voice sisteminin kullanılması önerilmiştir. Bu system toplama dışı aktivitelerden doğan zaman kaybını ortadan kaldırmış, bunun sonucunda ise bir sipariş için geçen ortalama süre 20.91 dakikaya düşmüştür.
Bahsedilen çözüm önerilerine ek olarak "jet" adı verilen ve depolarda kullanılan bir taşıma aracı sunulmuştur. Transpalet kapasitesini iki katına çıkaran bu öneri modele uygulandığında ise bir sipariş için ortalama süre18.4 dakika olarak bulunmuştur.

Java modeli sipariş listelerini girdi olarak kullanarak her bir liste için yürünen toplam yolu, kullanılan palet sayısını ve toplama süresini hesaplamaktadır. Bu hesaplama, hücreler arası uzaklıkları ve ürünlerin hacimlerini gösteren hacim matrisleri kullanılarak yapılır. Çikolata ve bisküvi alanı için oluşturulan iki ayrı uzaklık matrisinde dağıtım merkezinde ölçülen gerçek uzaklıklar kullanılmıştır.
Algoritma bütün sipariş listelerini okur ve her biri için hesaplamaları yaptıktan sonra; tüm listeler için ortalama yürünen yol, toplama süresi ve kullanılan palet sayısını hesaplar. Bu işlemler yapılırken, kullanılan palet sayısını hesaplamak için palet_kapasitesi ve paletin doluluk oranı dikkate alınmıştır. Ayrıca, toplama süresinin hesaplanmasında da bir personelin ortalama hızı, ürünün transpalete yerleştirilmesi işlemi için harcanan zaman ve transpalete yerleştirilen her ürün için sipariş listesinin kontrol edilmesi için geçen süre dikkate alınmıştır.

Mevcut dizilim için modeli çalıştırdığımızda; ortalama yürünen yol 232.06 metre, ortalama toplama süresi 36.71 dakika, ortalama kullanılan palet sayısı ise 3.05 olarak bulunmuştur. ABC analizinden elde edilen dizilim modelde denendiğinde ise; ortalama yürünen yol 182.78 metreye düşerken, ortalama toplama süresi 24.22 dakikaya, ortalama kullanılan palet sayısı ise 1.87' ye düşmüştür. Böylece, ABC analizi ile elde edilen dizilimin mevcut dizilimden daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Yeni ürün diziliminin üzerine Pick by Voice sistemi uygulanırken, transpalete yerleştirilen her ürün için sipariş listesinin kontrol edilmesi için geçen süre hesaplama algoritmasından çıkartılmıştır; çünkü Pick by Voice sistemi manuel kontrol işlemlerini ortadan kaldırır. Bu durumda model çalıştığında; ortalama yürünen yol ve kullanılan palet sayısı aynı kalırken, ortalama toplama süresi 22.49 dakikaya düşmüştür. Sistemin bu haline jet modelini de entegre ettiğimizde, ortalama yürünen yol 150.88 metreye düşerken, ortalama toplama süresi 20.56 dakikaya, ortalama kullanılan palet sayısı da 1.29' a düşmüştür.

Yapılan tüm çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, Tablo 2' de belirtilen iyileştirme yüzdelerine ulaşılmıştır.

Tablo 2. İyileştirme Yüzdeleri

| **Java Sonuçları** | Mevcut Dizilim | ABC Dizilimi + Pick by Voice + Jet Palet | İyileştirme Yüzdeleri |
|---|---|---|---|
| Ortalama Yürünen Yol | **232.06 m** | **150.88 m** | **% 34.98** |
| Ortalama Kullanılan Palet | **3.05 palet** | **1.29 palet** | **% 57.7** |
| Ortalama Toplama Süresi | **36.71 dk** | **20.56 dk** | **% 43.99** |
| Ortalama Son Uğranılan Hücre Numarası | **168** | **119** | |
| **Simülasyon Sonuçları** | | | |
| Bir Sipariş İçin Gereken Süre | **46.64 dk** | **18.4 dk** | **% 60.55** |

Bahsedilen durumlar için yapılan maliyet hesapları ise Tablo 3' te gösterilmiştir.

Tablo 3. Maliyet Hesapları

| | Mevcut | ABC | ABC+PbV | ABC+PbV+0,4 | ABC+PbV+Jet |
|---|---|---|---|---|---|
| Toplam adam saat/gün | 79,20 adamsaat | 62,38 adamsaat | 57,94 adamsaat | 57,45 adamsaat | 52,96 adamsaat |
| Toplam adam saat/ay | 2.059,20 adamsaat | 1.621,88 adamsaat | 1.506,44 adamsaat | 1.493,70 adamsaat | 1.376,96 adamsaat |
| Toplam Maaliyet/ay | 22.133,76 TL | 17.433,13 TL | 16.192,30 TL | 16.055,36 TL | 14.800,55 TL |

Yapılan ABC analizinden yararlanarak oluşturulan yeni ürün diziliminin, sağlayacağı faydalar ilk olarak simülasyon modelinde hesaplanmıştır. Ardından 3 ay içinde kullanılmış listeler Java modelinde denenerek, gerçek verilerle ne kadar fayda sağlanabileceği hesaplanmıştır. Eğer bu yeni ürün dizilimi, uygulanacak olan Pick by Voice sistemine entegre edilir ve diğer bir dizi öneri de uygulanırsa, depoda önemli miktarda (sipariş için gereken ortalama süreyi yaklaşık %50 oranında azaltan) bir iyileştirme çalışması yapılmış olunacaktır.

# Hastanelerin Lojistik Süreçlerinde Malzeme İhtiyaç Analizi ve Eniyilemesi

## HAVELSAN

**Proje Ekibi**
Yağmur Meray Algül
Fatma Ece Demirer
Ece Ersü
Yasemin Gökdağ
Barış Kocaman
Simge Koç

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Gürsel Gündüz, HAVELSAN
Ziya Bayrak, Ankara GATA Komutanlığı

**Akademik Danışman**
Yrd. Doç. Dr. Emre Nadar
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

HAVELSAN 1982 yılında, HAVELSAN-AYDIN ismi ile bir Türk - ABD şirketi olarak kurulmuş, 1985 yılında sermayesinin %98'i Türk Silahlı Kuvvetleri Güçlendirme Vakfı'na bağlı olarak faaliyet göstermeye başlamıştır. HAVELSAN, Savunma ve Bilişim sektörlerinde global çözümler sunan bir bilişim ve sistem şirketidir. HAVELSAN uzmanlığını; C4ISR, Deniz Savaş Sistemleri, Hava Savunma Sistemleri, Yönetim Bilgi Sistemleri, Simülasyon ve Eğitim Sistemleri, Anayurt Güvenlik Sistemleri ve Enerji Yönetim Sistemleri alanlarında geliştirmektedir.

## Proje Tanıtımı

HAVELSAN iş birliği ile Ankara GATA Komutanlığı başta olmak üzere belirli TSK asker hastanelerinin malzeme yönetimindeki verimsizliklerini gidermek amacıyla lojistik süreç analizi yapıldı. Hastanelerin envanter seviyeleri ile malzeme tüketimlerini eş zamanlı olarak dengelemek amacıyla hastaneler arasında en verimli malzeme akışını sağlayan matematiksel model (muvazene modeli) oluşturuldu. Hastanelerin malzeme yönetim performansını denetlemek için veri zarflama analizi yardımıyla performans ölçüm modelleri geliştirildi. Proje sonunda muvazene modeli kullanılarak mevcut sistemin maliyetinde %19,66 ile %32,99 arasında düşüş sağlandı.

GATA 3000 sağlık personeli ve 3500 hasta kapasitesiyle TSK için sağlık hizmetleri sunan Türkiye'deki en büyük hastanelerden biridir. Projeye başlanmasının başlıca sebepleri TSK hastanelerinin malzeme yönetim süreçlerinde gerçek ihtiyaçların ve tüketim miktarlarının doğru tespit edilememesinden kaynaklı verimsizliklerin olmasıdır. Bu verimsizlikler sistem analizi yapılarak oluşturulan eniyileme modeliyle giderilmeye çalışılmıştır.

Mevcut sistemde hastaneler gelecek sene için yapılacak toplu malzeme siparişlerini, doktorların ve Sağlık Komutanlığı Lojistik Birimi'ndeki yetkililerin öznel görüşlerine göre vermektedir. Bunun sonucunda hastanelerde malzeme kıtlığı ya da israfı oluşmaktadır. Hastanelerde israfa yönelik bir düzenleme bulunmazken, kıtlık halinde mahalli malzeme alımı gerçekleşmektedir. Bu yöntemle yapılan alımlar, toplu alımdan daha pahalı olmakta, gereksiz yere zaman ve insan kaynağı kullanımına neden olmaktadır. Sistemde kıtlık veya israf durumunun giderilmesine yönelik etkili bir düzenlemenin eksikliği nedeniyle, aynı malzeme için hastanelerin bazılarında israf görülürken, bazılarında kıtlık yaşanmaktır. Bu durum, sistemde bir dengeleme (muvazene) gereksinimini doğurmaktadır. Ek olarak, mevcut sistemde hastanelerin malzeme yönetimine dair bir performans ölçütünün bulunmaması nedeniyle, malzeme yönetimindeki hastane bazlı verimsizlikler takip edilememektedir.

Bu analizler doğrultusunda, problemin çözümü için TSK hastaneleri arası bir muvazene modeli ve hastane performanslarının ölçülebilirliği için performans modeli geliştirilmiş, kullanıcı ara yüzü hazırlanarak kuruma sunulmuştur.

Hastaneler arası malzeme dengelemesini amaçlayan muvazene modeli sistemdeki toplam maliyeti enküçüklemektedir. Bu maliyet, beklenen toplam kıtlık ve israf maliyetleri, beklenen toplam mahalli alım maliyeti ve malzemelerin hastaneler arası taşınmasında ortaya çıkan ulaşım maliyetinden

oluşmaktadır. Bu maliyet enküçüklenirken, model malzeme akışı, maliyet, araç kullanımı ve rota ile ilgili bazı kısıtları göz önüne almaktadır.

Malzeme akışı ile ilgili olarak, model her hastane ve malzeme için akış dengesini sağlamanın yanı sıra, herhangi bir hastanenin bir malzeme için mahalli alıma gitmesi durumunda o malzemeyi diğer hastanelere yollamasını engeller. Maliyet ile ilgili olarak ise, sistemdeki toplam ulaşım maliyetine ve her hastanenin mahalli alım bütçesine bir üst limit uygulanır. Araç kullanımında ise, bir aracın ait olduğu hastaneye geri dönmesi kısıtı vardır. Buna ek olarak bir aracın ait olduğu hastaneden ayrılmaması durumunda, bu aracın hastane ağında kullanımı engellenir. Rota ile ilgili olarak modelde alt tur engelleme kısıtı da bulunmaktadır.

Sezgisel modelin geliştirilmesi için kurum ile iş birliği sonucunda Ankara-GATA, Etimesgut, İstanbul-GATA Haydarpaşa, Eskişehir ve Diyarbakır asker hastaneleri olmak üzere beş pilot hastane seçilmiştir. Ankara GATA ve Etimesgut asker hastaneleri aralarındaki uzaklık göz ardı edilebilir olduğundan tek bir hastane olarak değerlendirilmiştir. Kalan dört hastane arasında malzeme akışı için iki ana rota belirlenmiştir. İlk rota Ankara-İstanbul-Eskişehir-Ankara iken, diğer rota Ankara-Diyarbakır- Eskişehir-Ankara şeklindedir.

Modelin ilk aşamasında her hastane için olası kıtlık ve israf miktarları hesaplanır. İkinci aşamada gönderilecek malzemeler belirlenirken, rotalar üzerindeki hastane büyüklükleri göz önüne alınarak, malzeme akışı ve araç önceliği birinci rotaya verilmiştir. Bu aşamada her iki rotadaki hastane grupları için 3 olasılık vardır: Bütün hastanelerde kıtlık ya da bütün hastanelerde israf olması durumunda herhangi malzeme akışı söz konusu olamaz. Bunun yanı sıra bir hastanede kıtlık, diğer iki hastanede israf olabilir ya da bir hastanede israf, diğer iki hastanede kıtlık olabilir. Tüm bu durumlarda sezgisel model, her malzeme için olası kıtlık ve israf maliyetlerini karşılaştırarak maliyeti en küçük olan malzeme akışına karar verir. Üçüncü aşamada ise olası akışı belirlenen malzemeler, gönderilmeleri halinde sağladıkları tasarruf söz konusu ulaşım maliyetinden fazla ise, gönderilmek üzere kamyonlara yerleştirilir. Bu aşamada yine rota önceliği gözetilir. Son aşamada, malzeme akışı ardından, envanter seviyeleri güncellenir, sistemdeki toplam kıtlık, israf ve ulaşım maliyeti hesaplanır.

Performans ölçüm modeli, veri zarflama analizi (Jacobs, 2000) temel alınarak projedeki sağlık yönetimi amaçlarına uygun olarak yeniden tasarlanmıştır. Model kuruluşunda ilk adım olarak hastane performanslarının belirlenmesindeki ölçütler tartışılmış ve performans girdi ve çıktıları olmak üzere gruplandırılmıştır. Kararlaştırılan çıktı ve girdilerin oranı karma bir performans ölçütü olarak tanımlanarak performans ölçüm modeline dahil

edilmiştir. Bu matematiksel modelde karar değişkenleri performans ölçütlerinin sisteme etkileridir ve amaç fonksiyonu hastanelerin birbirlerine göre verimliliklerini ölçecek şekilde formüle edilmiştir.
Uygulama kısmında, belirlenen performans ölçütleri için kurum tarafından sağlanan veriler kullanılmış, her hastane için belirtilen model ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Sonuç olarak, tüm hastanelerin, sistemdeki en iyi hastaneye göre göreceli verimlilik oranları belirlenmiştir. Sistemde ileride oluşacak değişiklikler sonucunda, yeni veriler kullanılarak modelin düzenli olarak çalıştırılması ve hastanelerin sürekli verimlilik karşılaştırmasına tabi tutulması amaçlanmaktadır.

| | Mevcut Sistem | Matematiksel Model | Sezgisel Model | Mevcut - Matematiksel Model (%) | Sezgisel - Matematiksel Model (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Örneklem** | **Maliyet (TL)** | **Amaç Değeri (TL)** | **Amaç Değeri (TL)** | | |
| **1** | 154.394,36 | 103.464,43 | 121.713,22 | 32,99 | 14,99 |
| **2** | 159.794,73 | 113.041,50 | 132.017,34 | 29,26 | 14,37 |
| **3** | 133.815,81 | 103.067,90 | 118.165,47 | 22,98 | 12,78 |
| **4** | 84.354,34 | 65.048,82 | 77.214,16 | 22,89 | 15,76 |
| **5** | 108.732,50 | 77.791,22 | 94.219,13 | 28,46 | 17,44 |
| **6** | 110.597,32 | 77.858,44 | 95.878,28 | 29,60 | 18,79 |
| **7** | 93.025,64 | 74.735,55 | 85.482,97 | 19,66 | 12,57 |
| **8** | 86.014,02 | 67.721,92 | 76.119,54 | 21,27 | 11,03 |
| **9** | 52.257,05 | 37.718,00 | 42.787,40 | 27,82 | 11,85 |
| **10** | 112.773,61 | 79.102,33 | 91.705,59 | 29,86 | 13,74 |

**Tablo 1:** Mevcut Sistem - Matematiksel Model - Sezgisel Model Karşılaştırması

Bu sistem ile birlikte, hastaneler arası ulaşım maliyeti, kıtlık maliyeti, israf maliyeti, mahalli alım maliyeti ve envanter dengesi gözetilerek yapılan malzeme akışı yoluyla mevcut sistem maliyetine göre %19,66 ile %32,99 arasında düşüş sağlanmıştır. Sezgisel model sonucu ile matematiksel modelin amaç değeri arasındaki fark ise %11,03 ile %18,79 arasında hesaplanmıştır.

Projenin maliyeti, muvazene modelini çözecek yazılımın ücreti (26.567 ₺) ve yıllık lisans yenileme ücretinden (güncel lisans ücretinin %20'si) oluşmaktadır. Projede sağlanması öngörülen ortalama 29.620 ₺ 'lik aylık maliyet düşüşü göz önüne alındığında proje başlangıcında yaklaşık olarak 1 ay, ilerleyen yıllarda ise yaklaşık olarak 1 hafta içerisinde başabaş noktasına ulaşmaktadır. Yazılımın satın alınmaması durumunda ise, sezgisel modelin kullanımı ile beklenen ortalama aylık maliyet düşüşü 16.045 ₺ 'dir.

## Kaynakça

Rowena Jacobs (2000), "Alternative Methods to Examine Hospital Efficiency: Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis," Discussion Paper 117,4.

# Personel İhtiyacının Satışa Göre Belirlenmesi ve Mağaza İçi Personel Çizelgelendirilmesi

## Hazır Giyim Firması (Ulusal)

**Proje Takımı**
Naci Samet Aslan
Serhat Ekdi
Ahmet Enes Günay
Hüseyin Selvi

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Sevcan Kasman
Proje Yöneticisi

**Akademik Danışman**
Dr. Oğuzhan Vıcıl
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

## Proje Tanıtımı

Perakendecilik sektöründe, çalışan maliyeti ve müşteri memnuniyeti arasındaki dengeyi kurmak mağazalar için her zaman bir sorun olmuştur. Çünkü personel maliyetleri mağaza giderlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Buna karşın, yetersiz sayıdaki personel, müşteri memnuniyetsizliklerine ve hizmet kalitesinde düşüşlere neden olmaktadır. Bu amaçla optimum personel çizelgelenmesinin belirlenmesi perakendecilik sektörü için önemli bir iyileştirme olacaktır. Buna ek olarak, daha önceden iş gücü gerekliliği tahmin modeli ve iş gücü çizelgelemesine yönelik bir optimizasyon modeli üzerinde çalışılmadığı için yapılan proje alanında ilk olma özelliğini taşımaktadır. Örneğin, ülkemizin öncü hazır giyim firması olan şirketimiz, haftalık personel çizelgelendirilmesi konusunda mevcut düzenlerinde mağaza müdürlerinin tecrübesine güvenmek durumundadır. Mağaza müdürlerinin tecrübelerine dayanarak ve daha çok gözlem yoluyla yaptıkları haftalık çizelgelemeler zaman zaman fazla elaman çalıştırılmasına ya da eleman eksikliklerine yol açabilmektedir. Bu bağlamda, mağaza müdürlerinin kolaylıkla kullanabileceği karar destek mekanizması sağlanmış olacak ve bu şekilde yurt genelindeki tüm mağazalarda matematiksel model çıktıları kullanılarak personel maliyeti azaltılacaktır. Bu sayede, çizelgelendirme çok daha hızlı ve hatsız bir şekilde yapılabilecektir.

Matematiksel ve analitik bir tabana dayanmayan, içerisinde insan faktörünün fazlaca olduğu bir sistemin optimum çalıştığını garanti etmek mümkün değildir. Buna karşın, yapılan projede haftalık çalışan çizelgeleri, istatistiksel model kullanılarak yapılan tahminin matematiksel modelle çözülmesi sonucu elde edilmektedir.

Ülkemizde bu konuda yapılan akademik çalışmalar bulunmadığı için yapılan proje ile birlikte perakende sektöründe birçok yeniliğin uygulamaya konulacağı ve projenin bu alanda yeni çalışmalara bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Proje çalışmasına başlamadan önce, tipik bir firma mağazasının işleyişini öğrenmek ve güncel sistem dinamikleri hakkında fikir edinilmesi için ulusal bir firmanın CEPA mağazasında gözlemler yapılmış ve mağaza müdürü ile toplantılar gerçekleştirilmiştir. Sistem dinamiklerinin anlaşılmasından sonra, proje danışmanı ve akademik danışmanımızın geri bildirimleri doğrultusunda modellemeler yapılmıştır.

Bu modellemelerle, Arena programı kullanılarak güncel sistemin simulasyonunun yapılması ve mağazaların genel işleyiş biçiminin gözlenmesi amaçlanmıştır. Simülasyon modeli girdi olarak, mağazanın açılışından kapanışına kadar geçen süre içerisinde her saat aralığı için mağaza ve her

reyon tipi için gelen müşteri sayıları gözlemlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda, mağazaya gelen toplam müşteri sayısının farklı reyonlara dağılma oranları bulunmuştur. Bu oranlar sistemin en önemli girdisidir. Bunun yanı sıra, her reyon için o reyona gelen bir müşterinin ortalama kaç adet ürün dağıttığı gözlemlenmiş ve bunun üçgensel dağılımda olduğu görülmüştür. Mağaza personelinin dağılan bir ürünü ortalama kaç saniyede topladığı bilgisi de farklı çalışanlar için süreler tutularak gözlenmiştir ve modele girdi olarak tanımlanmıştır. Çalışanların bir ürünü ortalama toplama süresi yine üçgensel dağılımla sisteme girilmiştir. Sisteme kaynak olarak, personeller ve deneme odaları girilmiştir. Ayrıca, reyonlar arası müşteri geçiş oranları da yine gözleme dayalı olarak bulunmuştur. Simülasyon sonuçları ile güncel personel verimlilikleri ve önerilen personel ihtiyaçlarının verimlilikleri karşılaştırılmıştır. Güncel sistemdeki personel sayılarının saatlere göre değişim grafiği ve önerilen sistemdeki personel sayılarının saatlere göre dağılımı kıyaslanmış ve gösterilmiştir.

Matematiksel modelden gelen haftalık çizelgeleme sonuçları simülasyon modelinde kullanılarak önerilen sistemin personel verimlilikleri bulunmuştur. Böylece bulunan personel verimlilik değerleri, mevcut sistemdeki personel verimliliğiyle kıyaslanabilmiştir.

Amaç, doğru çizelgeleme ile verilen personel hizmetinin müşteri geliş oranına göre optimize edilmesidir. Matematiksel modele gelindiğinde, vardiya uzunlukları (4, 5, 6,..,12 saat) ve olası vardiya saat aralıkları (18:00-22:00, 10:00-16:00 gibi) modele girdi olarak tanımlanmıştır. Modele farklı çalışan türlerinin (tam zamanlı, yarı zamanlı ve hafta sonu çalışan) kısıtları da girdi olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde, farklı personel türlerinin çalışma ve izin gün sayıları da modele girdi olarak verilmiştir.Örneğin, tam zamanlı bir çalışan haftada brüt (molalar dahil) en fazla 54 saat çalışabilir ve haftada bir gün tatil yapması yasal zorunluluktur. Yarı zamanlı çalışanlarda durum, haftalık en fazla brüt 36 saatlik çalışma zamanı ve hafta da en fazla 4 gün çalışabilme zorunluluğudur. Hafta sonu çalışanları ise sadece hafta sonları brüt en fazla 18 saat çalışabilmektedirler.

Bütün bu girdilerden sonra matematiksel model, toplam personel maliyetini amaç fonksiyonu olarak kullanarak, haftalık personel maliyetini düşürürken saatlik personel ihtiyacını da karşılayacak şekilde personeli vardiyalara (shift) optimum şekilde atamaktadır.Daha sonra matematiksel modelin sonuçları, Java tabanlı program aracılığıyla rapor haline getirilmiştir. Java programının projeye olan katkısı, matematiksel olarak verilen sonuçların kullanıcı dostu bir şekilde raporlanarak herkesin rahatça anlayacağı bir formata çevirmektir. Güncel sistemdeki personellerin vardiyalara atanması matematiksel model vasıtasıyla yapılmış ve önerilen personel ihtiyacının matematiksel modele girdi olarak verilmesiyle önerilen personel vardiya atamaları da

yapılmıştır.Proje kapsamında, mağaza müdürü ile görüşmeler, CEPA mağazasında zaman etüdü çalışmaları ve akademik danışmanımızla şirket beklentileri doğrultusunda modelleme çalışmaları yapılmıştır. Projenin bütün mağazaları kapsaması için, istatistiksel model ile data analizi yapılmıştır. Özellikle, ikinci dönem temel olarak data analizi projenin geri kalan kısmını oluşturmuştur ve R programı yardımıyla regressyon anlizi yapılmıştır. Bu anlamda Ankara özelinde dört mağaza tipinin (A, A+, B, C) her birinden üçer örnek mağazanın ilgili dataları incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda başta regresyon analizi olmak üzere eldeki data havuzu bilimsel metodlar ile anlamlandırılmıştır. Regresyon modelinde response değişkeni (tahmin edilmeye çalışan değişken) saatlik gereken işçi sayısı olmak üzere, predictor (tahmin edici değişkenler) olarak da saatlik satış, haftanın günü, reyon tipi ve ilgili saat aralığı kullanılmıştır. Regresyon modelleri şu formdadır; Satış Miktarı (2015) = A0 + A1* Satış Miktarı (2014) + A2* Satış Miktarı (2013) + A3 * Önceki Haftadaki Satış Miktarı (2015) + A4 * Reyon +A5* Gün,ve Saatlik Gereken Personel Miktarı = A0 + A1* Satış + A2* Saat + A3 * Reyon + A4 * Gün şeklinde kurulmuştur.İleriki bir tarihin satış değerleri bilinemediği için yukarıdaki regresyon modeline ek olarak satış regresyon modeli kullanılmıştır. Bu modelde ise 2015 yılına ait satış verileri tahmin edilirken, tahmin edici değişkenler aynı güne karşılık gelen 2014 yılı satışı, 1 hafta önce aynı günün satışı, 2 hafta önce aynı günün satışı, ilgili gün ve reyonlardır. Bu iki tahmin modeli birleştirilerek, gerekli iş gücünü bulan Visual Basic tabanlı Excel üzerinde çalışan bir karar destek sistemi kurulmuştur.

Projenin sonucu olarak regresyon modelinin yardımıyla satış tahmini yapılmış ve yapılan tahmine dayalı olarak gerekli personel sayısı pilot mağazalardan CEPa AVM'de olanı için belirlenmiştir. Gerekli personel sayısının belirlenmesinden, sonra matematiksel model yardımıyla optimum personel çizelgesi oluşturulmuştur. Projenin gerçekleşmesi sonucunda sadece bu mağaza için yıllık personel maliyetinde, 30,000 TL kazanç elde edilebileceği ön görülmüştür. Projenin ülke genelindeki mağazalara uygulanması ile elde edilecek kazanç yaklaşık olarak 15,000,000 TL'dir. Gereken analitik incelemenin yapılması için oluşturulan modeller ve firmanın bu mağazası için önerilen personel çizelgelemesi ilgili şirkete teslim edilmiştir. Şirketin analitik incelemesinden geçen modeller, uygulamaya konmuş olup, sonuçlar için gözlem sürecinin bitmesi beklenmektedir.

**Karar Değişkenleri**

**StafftoShift(s,i)** s nolu vardiya ve i nolu günde çalışan kişi sayısı

**Assignfull(i, j, k) =** 1 Tam zamanlı çalışan k vardiya uzunluğu j ve i nolu gün
0 Değilse

**Assignpart(i, j, l) =** 1 Yarı zamanlı çalışan l vardiya uzunluğu j ve i nolu gün
0 Değilse

**Assignweekend(w, j, m) =** 1 Kısmi zamanlı çalışan k vardiya uzunluğu j ve i nolu gün
0 Değilse

**Fullworker(k) =** 1 Tam zamanlı çalışan k çalıştı mı ?
0 Değilse;

**Partworker(l) =** 1 Yarı zamanlı çalışan l çalıştı mı ?;
0 Değilse;

**Weekendworker(m)=** 1 Tam zamanlı çalışan k çalıştı mı

0 Değilse;

**Minimize** $z = C^F * \sum_k \text{Fullworker}(k) + C^P * \sum_l \text{Partworker}(l) + C^W * \sum_m \text{Weekendworker}(m)$

**Kısıtlar**

$\sum_l \text{Partworker}(l) * (1 - R^P) + \sum_m \text{Weekendtworker}(l) * (1 - R^P) <= \sum_k \text{Fullworker}(k) * R^P$ (1)

$WD^F * \text{Fullworker}(k) \geq \sum_i \sum_j \text{Assignfull}(i,j,k) \quad \forall k$ (2)

$WD^P * \text{Partworker}(l) \geq \sum_i \sum_j \text{Assignpart}(i,j,l) \quad \forall l$ (3)

$WD^W * \text{Weekendworker}(m) \geq \sum_i \sum_j \text{Assignweekend}(w,j,m) \quad \forall m$ (4)

$WH^F \geq \sum_i \sum_j \text{DurS}(j) * \text{Assignfull}(i,j,k) \quad \forall k$ (5)

$WH^P \geq \sum_i \sum_j \text{DurS}(j) * \text{Assignpart}(i,j,l) \quad \forall l$ (6)

$WH^W \geq \sum_w \sum_j \text{DurS}(j) * \text{Assignpart}(w,j,l) \quad \forall l$ (7)

$1 \geq \sum_j \text{Assignfull}(i,j,k) \quad \forall k, i$ (8)

$1 \geq \sum_j \text{Assignpart}(i,j,l) \quad \forall l, i$ (9)

$1 \geq \sum_j \text{Assignweekend}(w,j,m) \quad \forall m, w$ (10)

$\text{HreqW}(i,h) \leq \sum_s (\text{StafftoShift}(s,i) * \text{WorkH}(s,h)) \; \forall i, h$ (11)

$\sum_k \text{Assignfull}(i,j,k) + \sum_l \text{Assignpart}(i,j,l) + \sum_m \text{Assignweekend}(i,j,m) \geq \sum_s (\text{StafftoShift}(s,i) * \text{ShiftL}(s,j)) \; \forall i, j$ (12)

*Şekil 1.Matematiksel Model*

# Boyahane Departmanı Yerleşim Planı İyileştirmesi

## MAN Türkiye

**Proje Ekibi:**
Zekeriya Akyıldız
A. Ozan Harlak
H. Cihan Helvacıoğlu
Ömer Burak Kınay
Mert Uçanok

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Elif Gamze Şahin, MAN Türkiye A.Ş.
Boyahane Departmanı Süreç Mühendisi

**Akademik Danışman**
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Orijinal adı MAN Truck & Bus AG olan firma, Almanya/Münih merkezli bir kamyon ve otobüs üretim firmasıdır ve bu alanda dünya çapında önde gelen şirketlerden birisidir.

Şirketin, Almanya, Polonya, Rusya, Türkiye, Avusturya, Güney Afrika ve Hindistan'da üretim fabrikaları bulunmaktadır. Polonya ve Türkiye şubeleri otobüs üretiminden sorumlu olan ana bölgelerdir. MAN Türkiye A.Ş. 1966'da Akyurt/Ankara'da kurulmuştur ve bu fabrikada şehir içi, şehirlerarası ve orta mesafe otobüsler üretilmektedir.

## Proje Tanıtımı

MAN Türkiye A.Ş. 1966'da Akyurt/Ankara'da kurulmuştur ve bu fabrikada şehir içi, şehirlerarası ve orta mesafe tiplerinde otobüsler üretilmektedir. Fabrikanın boyahane departmanı tüm üretim sistemi içerisinde kilit öneme sahip departmanlardan biridir. Departman içerisinde, her biri kendinden öncekinin ön koşullu işlemi olan 15 adet istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlar bir üretim bandı gibi birbirini takip eden bir yerleşimde olmayıp, çoğu birbirinden bağımsız ve birbirlerine paralel olarak yerleşmiş durumdadırlar. Bu durum, istasyonlar arası araç taşınmasının önemini oldukça arttırmaktadır. Buna ek olarak, firmanın sipariş üzerine çalışması nedeniyle ürün çeşitliliği artmakta, ürün çeşitliliği beraberinde süreç çeşitliliğini getirmekte ve bunların sonucunda üretim aşamaları ve süreleri belirsizleşmektedir. Fabrikanın karşılaştığı temel sorun, boyahane içerisindeki yarı mamül araçların yol açtığı trafik sıkışıklığı ve buna bağlı yaşanan sıkıntılardır.

Bu sıkışıklığın arkasındaki sebepleri anlayabilmek için departmanın mevcut sistem analizi yapılmıştır. İstasyonlardaki süreçlerin detayları ve süreleri her sınıf aracın körüklü olma, desenli olma, arakatlı boyaya sahip olma, metalik boyaya sahip olma gibi sınıf içi farklılıklar sebebiyle değişiklik gösterebilmekte ve bu durum departman içerisinde standartlaşmış bir çevrim süresinden bahsedebilmeyi engellemektedir. Her araç bulunduğu istasyondaki işlem tamamlandıktan sonra altı işçi yardımıyla kendinden bir sonraki istasyona taşınmaktadır; kendinden sonraki istasyondaki işlemin henüz bitmemesi durumunda araçlar park alanlarına götürülüp burada gidecekleri istasyonun işleminin bitmesini beklemektedirler. Mevcut yerleşim planında birbirini takip eden istasyonlar arası mesafelerin çok uzun olması, kullanılan taşıma rotası ağında bir çok noktada çakışma gözlemlenmesi ve departman içerisinde bulunan yarı mamül araç sayısının fazlalığı yaşanan trafik sıkışıklığının temel sebepleri olarak analiz edilmiştir. Trafik sıkışıklığı beraberinde yarı mamül aracın departman içerisinde taşınmasını iyice zorlaştırmakta, çarpışma ve boya kirliliği riskleri doğurmakta ve oluşan zaman kaybına bağlı olarak firmanın aylık hedeflediği üretim sayılarına ulaşmasını zorlaştırmaktadır.

Fabrika yetkilileri bu sorunun farkına varmış ve yerleşim planını iyileştireceği düşünülen bir projenin inşaatını başlatmışlardır. Yapılacak yatırımlar ve inşaatlar sonucunda departman içerisindeki ilk dört istasyonun birbirini takip eden doğrusal bir şekilde departman dışarısına alınması planlanmaktadır.

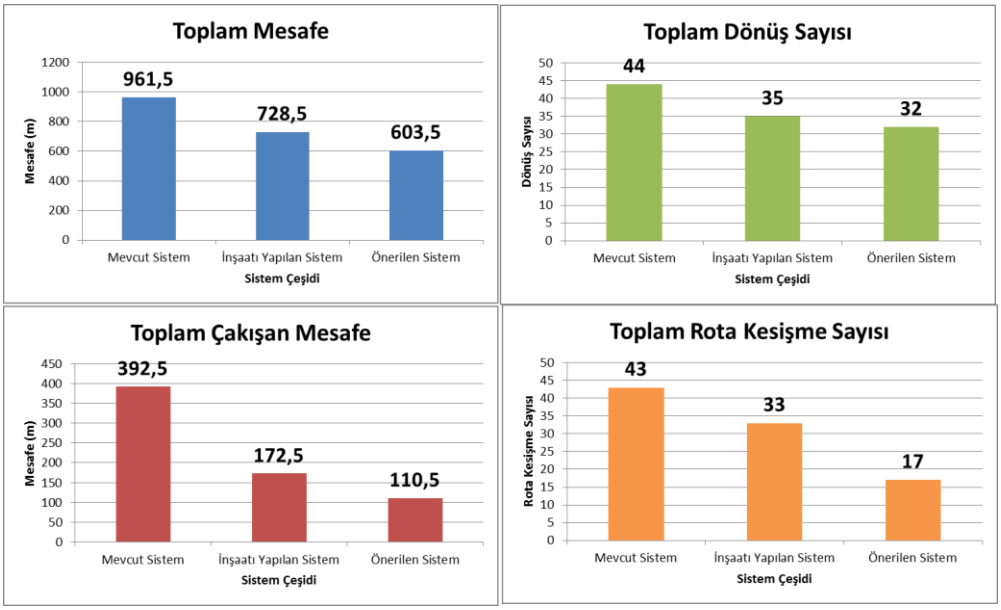
Yürüttüğümüz yerleşim planı düzenleme projesi uygulamaya geçtiği takdirde problemin çözümüne yönelik olarak belirlenen altı temel performans

kriterinde iyileştirme olması öngörülmüştür. Bu kriterler 15 istasyon arası toplam rota mesafesi, toplam çakışan rota mesafesi, rotalardaki toplam dönüş sayısı, toplam rota kesişmesi sayısı, departman içerisinde bulunan ortalama yarı mamül araç sayısı ve departmanda işlemini tamamlayan aylık ortalama araç sayısı olarak tanımlanmıştır. Bu kriterler mevcut sistem, inşaatı yapılan sistem ve önerilen sistem için karşılaştırılacak ve daha verimli bir yerleşim planına ulaşılıp ulaşılmadığının göstergesi olacaktır.

Yapılan literatür araştırmasıyla mevcut problemin etkili çözüm yolunun her istasyonu bir bölmeye yerleştirirken departman içerisinde kat edilen mesafeyi en aza indirgeyen ve dolaylı olarak da rotalara karar veren bir matematiksel model olacağı kanaatine varılmıştır. İkinci Dereceden Eşleştirme Problemi (Quadratic Assignment Problem) modelleri, kullanım alanları ve örnekleri incelenmiş ve problemin niteliklerine uygun gerekli değişiklikler yapıldığında projenin amacına başarılı bir şekilde hizmet edebileceğine karar verilmiştir. Ayrıca, literatürde yerleşim planı karşılaştırmalarını yapmak amacıyla simülasyon modeli kullanımı da göze çarpmıştır. (Azadivar ve Wang, 2000). Proje dahilinde tasarlanan süreç ile kullanılacak yöntem önerilen sistemin matematiksel model yardımıyla oluşturulması, bu sistemin yerleşim planıyla ilgili diğer 3 kriterde iyileştirme sağlayacak bir şekilde iyileştirilip iyileştirilemeyeceğinin kontrol edilmesi ve tüm sistemlerin kurulan simülasyon modelleriyle karşılaştırılması olarak belirlenmiştir.

Önerilen sistemi oluşturacak olan matematiksel model, projenin uygulanabilirliğini arttırmak amacıyla firma tarafından inşaatı yürütülen yerleşim planı göz önünde bulundurularak kurulmuştur. Departman içerisinde kullanılabilecek tüm rotaların mesafeleri hesaplanmış, gerekli karar değişkenleri tanımlanmış, firmanın bazı isteklerini de dikkate alarak bir otobüsün departman içerine girdikten çıkana kadar toplam kat ettiği mesafeyi en aza indirgerken istasyonların yerlerine karar veren bir matematiksel model oluşturulmuştur. Bu model IBM Cplex v12.5 çözücüsünde çalıştırılmış ve önerilen sistem ortaya çıkmıştır.

Simülasyonlar kurulmadan önce matematiksel model sonucunda ortaya çıkan önerilen sistem, yerleşim planı verimliliğine ait belirlenen dört performans kriteri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma Şekil 1'de görülebilir.



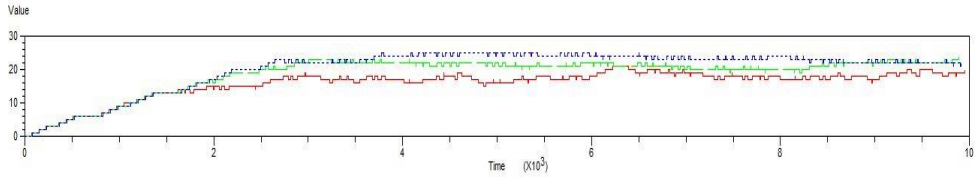

Şekil 1. Sistemlerin 4 performans kriteri açısından karşılaştırılması

Bu çalışmanın ardından diğer iki performans kriteri açısından da karşılaştırma yapabilmek ve yerleşim planı verimliliğinin süreç akışına etkisini gözlemlemek amacıyla mevcut sistemin, inşaatı yapılan sistemin ve önerilen sistemin simülasyon modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller oluşturulurken öncelikle rotaların, kesişme noktalarının ve yarı mamül park yerlerinin belirlendiği taşıma ağı oluşturulmuştur. Daha sonrasında modellemede kullanılacak varsayımlar belirlenmiş ve şirketten alınan model bazlı istasyon süreç zamanları, model dağılımları, üretim sıralaması, transfer zamanları, vardiya programları ve istasyonların araç kapasiteleri göz önünde bulundurularak öncelikle mevcut sistem modeli simülasyonu ARENA programı kullanılarak kurulmuştur. Model sonucunda elde edilen aylık ortalama üretilen araç sayısı verisinin fabrika verileriyle örtüşüp örtüşmediğini ölçmek amacıyla eşleştirilmiş örneklem t-testi yapılmıştır. Test sonucunda mevcut sistem modeli ve gerçek sistem arasında bir tutarsızlık tespit edilmemiştir. Daha sonrasında inşaatı yapılan sistem ve önerilen sistem simülasyon modelleri de oluşturulmuş ve diğer iki performans kriteri açısından 20 günlük 100 replikasyon yapılarak kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamaya ait veriler %95 güven aralıklarıyla birlikte Tablo 1'de görülebilir.

| | Ortalama Aylık Üretim | Ortalama Anlık Yarı Mamül |
|---|---|---|
| Mevcut Sistem | 132 ± 0,95 | 23,21 ± 0,83 |
| İnşaatı Yapılan Sistem | 133 ± 0,98 | 22,05 ± 0,79 |
| Önerilen Sistem | 138 ± 0,87 | 19,35 ± 0,87 |

Tablo 1. Sistemlerin simülasyon aracılığıyla iki performans kriteri açısından karşılaştırılması

Ayrıca, Şekil 2'de departman içi ortalama anlık yarı mamül araç sayısının tüm sistemler için 10 bin dakikalık bir süre boyunca durumunun gösterimi yer almaktadır. Bu grafikte en üstte kalan mavi çizgi mevcut sisteme, genel olarak ortada seyreden yeşil çizgi inşaatı yapılan sisteme ve aşağıda kalan kırmızı çizgi önerilen sisteme aittir.




Şekil 2. Sistemlerin Ortalama Anlık Yarı Mamül Sayısının 10 bin dakikalık durumu

Sonuç olarak, farklı açılardan kıyaslanan modellere göre, önerilen sistemin uygulanması durumunda yerleşim planının verimliliği arttırılacaktır. Trafik sıkışlıklığı sorununun önemli ölçüde üstesinden gelinecek ve taşıma mesafeleri kısalacaktır. Bu noktayı destekleyen en önemli performans kriteri ortalama yarı mamül araç ve toplam rota kesişme sayısındaki azalmadır. Bir aracın kat ettiği toplam mesafe de hedeflendiği üzere iyileştirilmiştir. Bütün bu kazanımların yanı sıra, dolaylı olarak çarpışma ve boya kirliliği riskleri de azalmış olacaktır. Kısaca, yapılan iyileştirmelerle projenin belirlenen hedeflere ulaştığı söylenebilir.

## Kaynakça

Azadivar, F., Wang, J.J., 2000. "Facility Layout Optimization Using Simulation and Genetic Algorithms", International Journal of Production Research, Vol. 38, No. 17, pp. 4369-4383.

Elshafei, A.N., (1977). "Hospital Layout as a Quadratic Assignment Problem", Operations Research Quarterly, Vol.28, pp. 167-179.

# Stokların Enazlanması

# Mefa Endüstri

**Proje Ekibi**
Ezgi Akkaş
Bengisu Altunsu
Mahmut Çulcu
Hasan Eraslan
Ekin Mutaf
Cavit Çağlar Tosun

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanları**
Oytun BOSTANCI
Üretim Müdürü

Emre ÜSTÜNDAĞ
Satış Müdürü

**Akademik Danışman**
Prof. Dr. Mustafa Çelebi PINAR
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Mefa Endüstri, beyaz eşya sektöründe önde gelen firmaların sepet ve çeşitli aksesuar tedariğini sağlamaktadır. 2006 yılında Ankara'da kurulmuştur ve iki fabrikası, 569 çalışanı vardır. Üretim kapasitesi yıllık yaklaşık olarak 2 milyon sepettir. Mefa Endüstri ürettiği sepetlerin yüzde 95'ini Arçelik'e satmaktadır, bu nedenle bu sektördeki en büyük müşterisi Arçelik'tir. Ve Mefa Endüstri Arçelik'in bulaşık makinesi sepetindeki tek tedarikçisidir. Bu nedenle de Mefa Endstri'nin üretim planı Arçelik'ten gelen taleplere bağlıdır.

## Proje Tanıtımı

Mefa Endüstri'nin bu projedeki amacı, Arçelik'ten gelen anlık taleplere karşı üretim içerisinde aksaklık oluşmaması için gerekli güvenli stok miktarlarının belirlenmesi ve talep karşılama oranının arttırılmasıdır. Bu projenin ilk aşamasında gerekli emniyet stoklarının belirlenmesi için kullanılan modelin GAMS aracılığıyla doğrulanması yapıldı ve son aşama olarak şirketin kullanıma hazır hale getirilmek amacıyla Excel'e aktarıldı.

Mefa Endüstri, beyaz eşya sektöründe önde gelen firmaların sepet ve çeşitli aksesuar tedariğini sağlamaktadır. Mefa Endüstri'nin bu sektördeki en büyük müşterisi Arçelik'tir ve Mefa Endüstri Arçelik'in bulaşık makinesi sepetindeki tek tedarikçisidir.

Üretim planı Arçelik'in üretim planına göre ayarlamaktadır. Her ayın belli bir gününde Arçelik'ten bir sonraki ayın ön görülen haftalık ve aylık üretim planı gelir. Mefa bu planların uygulanabilir olup olmadığını, gerekli kurulum zamanına, çevirim süresine ve stok seviyelerine bakarak analiz eder. Daha sonra gelen son güncel üretim planıyla, Mefa ve Arçelik'in planları son halini alır ve günlük bazda uygulamaya konur. Daha sonra karar verilen aylık plan üzerinde daha detaylı çalışmalar yapılarak önce haftalık sonra da günlük üretim planları oluşturulur ve her ayın ilk gününde üretim planları uygulamaya konur.

Arçelik'in aylık üretim planı ve talebi; Mefa'ya kendi kapasitelerini, çalışan sayılarını ve makine kısıtlarını düşünme imkanı sunar. Haftalık üretim planı aylık plandan daha detaylıdır. Günlük planda ise üretimi kesinleşen ürünlerin hangi bantta üretileceğine karar verilir ve aşamaların planlamaları düzenlenir.

Mefa'nın karşılaştığı önemli problemlerden biri, aylık olarak gelen üretim planlarıyla günlük güncellenen planların farklılık göstermesidir. Bunun nedeni, Arçelik'in kendi üretim planı ve diğer tedarikçilerinden kaynaklanan gecikmeler nedeniyle oluşan talep değişiklikleridir. Bu taleplerin karşılanması konusunda Mefa zaman zaman sorun yaşayabilmektedir.

Mefa'da stok alanları ve bu alanlardaki ürün çeşit ve miktarları, Arçelik'in anlık talep ihtiyacından dolayı fabrika içerisindeki diğer alanlardan daha önemli bir pozisyona sahiptir. Mefa Endüstri'nin stok konusundaki en önemli hedefi mevcut stok alanlarının en iyi şekilde planlanarak Arçelik'ten gelen anlık taleplere cevap verebilir hale getirilmesidir. Mefa Endüstri'nin fabrika içindeki stok kapasitesi 5000 sepet, Arcelik'te sahip olduğu stok kapasitesi de 5000 sepettir. Izgaralar az yer kapladığı ve stok alanında sorun yaratmadığı için stok probleminin odak noktası sepetlerdir. Mefa Endüstri kaplanmamış sepet ile son ürün arasındaki sepet sayılarının takibini yapamamaktadır.

Kaynaklı tel ile son ürün arasında iki aşama vardır. Bunlar kaplama ve gruplamadır. Kaynaklama aşamasında 45 farklı ürün varken gruplama sırasında bu sayı 450'ye çıkmaktadır. Bu aşamalardaki stok sayısı da bilinmemektedir ve bu durum üretim planında sorunlara sebep olmaktadır. Talebi karşılamak için yeterli ürün olmasına rağmen stok sayılarının bilinmemesinden ötürü fazladan üretim yapılması bu sorunlardan biridir.

Üretim alanında farklı aşamalar vardır.

a. Kaynaklanmış sepetler (45 model)
b. Kaplanmış sepetler (90 model)
c. Gruplanmış sepetler (450 model)

Ay başında gelen raporda sıklıkla değişkenlik olduğu için anlık taleplerde sıkıntı olabiliyor. Anlık talebi karşılamak için üretimi durdurup anlık talebi üretmeye başlamaktadır. Hâlbuki emniyet stoklarında anlık talebi karşılayacak ürün olsaydı üretimi durdurup yeni talebi karşılamaları gerekmezdi.

Bu sebeplerden ötürü projemizin ilk adımı optimum emniyet stoğu miktarını hesaplayacak bir matematiksel model oluşturmaktı.

Projemizin ilk adımı olan matematiksel modeli oluşturmak için kullandığımız veriler; kaynaklama, kaplama ve gruplamanın çevrim süreleri, önceki yıla ait Arçelik'ten gelen talepler, farklı aşamalar için ayrılan stok alanları ve bu aşamalar sonucundaki ıskarta miktarıdır. Iskarta miktarını kullanarak servis seviyesini, çevrim sürelerini kullanarak ortalama teslim süresini ve teslim sürelerine ait standart sapmayı hesapladık. Emniyet stoğu miktarını kısıtlamak için toplam stok kapasitesini göz önünde bulundurduk.
Setlerde ürün tipini *j*, üretim aşamasını *k* ile gösterdik. Uygulanabilir bir sonuç elde etmek için önce 8 tip ürün kullandık, daha sonra bu sayıyı 45 ürüne çıkardık. Modelimizde önce kaynaklı sepetlerin emniyet stoğunu belirledik, sonra kaplama ve gruplama aşamalarında gereken emniyet stoklarını da hesapladık.

Modele ait parametreler;

- *a(k,j)* *j* ürün tipine ait talebi karşılamak için *k* aşamasında gereken servis düzeyi
- *q(k,j)* *j* ürün tipi için *k* aşamasında gereken sipariş miktarı
- *d(k,j)* *j* ürün tipinin *k* aşamasına ait ortalama talebi
- *l(k,j)* *j* ürün tipinin *k* aşamasındaki ortalama teslim süresi
- *sd(k,j)* *j* ürün tipinin *k* aşamasındaki talebine ait standart sapma
- *sl(k,j)* *j* ürün tipinin *k* aşamasındaki teslim süresine ait standart sapma
- *s(k,j)* *j* ürün tipinin talebinin *k* aşamasındaki teslim süresine ait standart sapma

- *x(k)* *k* aşamasındaki maksimum stok kapasitesi

Modelin karar değişkenleri;

- *EZ(k,j)* *j* ürün tipinin *k* aşamasındaki standardize edilmiş stok dışı kalma miktarı
- *Z(k,j)* *j* ürün tipinin *k* aşamasına ait standart normal sapma

Modelin amaç fonksiyonu;

Minimize safety stock: Min *SS* = $\sum_{k=1}^{3} \sum_{j=1}^{45} \frac{s(kj)*Z(k,j)}{1!l(k,j)}$

Modelin kısıtları;

- *EZ(k,j)* = $\frac{(1-a(k,j))*q(k,j)}{s(k,j)}$

- *Z(k,j)* = (*EZ(k,j)* – 0.38984228) * (-1.75294 + 0.4442135 * *EZ (k,j)* – 0.07061455 * *EZ (k,j))* (*j* ürün tipinin *k* aşamasına ait standart normal sapma)

- $\sum_{j=1}^{3} (\frac{s(k,j)*Z(k,j)}{l(k,j)}) \leq$ x(k)
- *EZ(k)* ≥ 0, *Z(kj)* ≥ 0

- *s(k,j)* = $\sqrt{l(kj)sd(kj)^2 + d(kj)^2 sl(kj)^2}$ (*j* ürün tipinin talebinin *k* aşamasındaki teslim süresine ait standart sapma)

Amaç fonksiyonumuzu emniyet stoğunu minimize edecek şekilde oluşturduk. *j* ürün tipinin *k* aşamasına ait standart normal sapması ile teslim süresine ait standart sapmayı çarptık. Bu çarpım sonucunda, stok dışı kalınan ürünlerin talebi karşılayabilmesi için gereken üretim süresini bulduk. Bunu *j* ürün tipinin *k* aşamasındaki ortalama teslim süresine böldüğümüzde, emniyet stoğu yardımıyla karşılanması gereken stok dışı kalma miktarına ulaştık. Böylece minimum emniyet stoğunu hesaplamış olduk. Daha sonra, her aşama için gereken emniyet stoğunu o aşamadaki üretim kapasiteyle sınırlayacak bir kısıt ekledik.

*j* ürün tipinin *k* aşamasına ait standart normal sapması'nı *(Z(k,j))* hesaplamak için, önce *E(Z(k,j))* değerlerini hesapladık. Parametrelerde belirtildiği üzere *E(Z(k,j)), j* ürün tipinin *k* aşamasındaki normal dağılımı için standardize edilmiş stok dışı kalma miktarıdır. Bu da *j* ürün tipinin *k* aşamasındaki birim talep teslim süresi için gereken üretim miktarına eşittir. Daha sonra *j* ürün tipinin *k* aşamasındaki servis seviyesini 1'den çıkardık ve bulunan değeri aynı aşamadaki sipariş miktarı ile çarptık. Bu çarpım sonucunda stok dışı kalma miktarını bulduk. Son olarak bu miktarı teslim süresine ait standart sapmaya böldük ve böylece talebin birim teslim süresi için gereken üretim miktarını elde ettik.

Doğrulama sonucunda, her ürün tipi ve aşama için farklı miktarlarda emniyet stoğu elde ettik. Emniyet stoğu miktarı iki faktöre bağlıydı: çevrim süresi ve talep miktarı. Modelimizden çıkan sonuca göre, çevrim süresi uzadıkça gerekli emniyet stoğu miktarı da artış gösterdi. Üçüncü aşama olan gruplamadaki çevrim süreleri kaynaklama ve kaplamadan daha yüksekti. Buna bağlı olarak gruplamada gerekli olan emniyet stoğu miktarı da diğer aşamalardan yüksek çıktı. Diğer önemli etken talepti. Yüksek miktarda talep edilen ürünlerin emniyet stoğu miktarı da diğer ürünlerden yüksek çıkmıştır. Örneğin 4. ürün tipinin talebi düşük olduğu için modelimiz bu ürüne daha düşük miktarda bir emniyet stoğu atamıştır.

## Kaynakça

Chetan Trimbak Shivsharan. "Optimizing the Safety Stock Inventory Cost Under Target Service Level Constraints"

Osman, H., Demirli, K. (2011). "Integrated safety stock optimization for multiple sourced stockpoints facing variable demand and lead time", Int. J. Production Economics 135, 299–307.

Stephen C. Graves, Sean P. Willems "Optimizing Strategic Safety Stock Placement n Supply Chains"

# İç Mekan Mobilyanın Mağazalara Dağıtım Planlaması

## Mudo Concept

**Proje Ekibi**
Merve Berber
Sedef Kutluay
Zeynep Orhan
Hayriye Sezer
Uğur Türkay
Serhat Yelkenci

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Bahar Türkeli, Mudo Concept,
Satış ve Kategori Uzman Yardımcısı

**Akademik Danışman**
Prof. Dr. Hande Yaman, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Mudo Concept mağazaları mobilyadan dekoratife, aydınlatmadan mutfak ve banyo aksesuarlarına kadar yerli ve ithal 38.000'i aşkın ürün çeşidini müşterileriyle buluşturmaktadır. İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya ve Bodrum'da olmak üzere 13 Mudo Concept mağazası bulunmaktadır. Mudo, global değişimleri sosyal ve teknolojik açıdan dikkate alarak, ürün yelpazesini de bu olgulara paralel olarak geliştirmektedir.

## Proje Tanıtımı

Firmanın henüz uygulamada olan ve mağazalarının geçmişteki ürün bazlı satış rekorlarına bağlı olarak oluşturulan ürün alokasyon planı bazı ölçütler göz önüne alındığında hem müşteri memnuniyetini sağlamak hem de maliyetleri düşürmek ve firmanın karlılığını sağlamak açısından yetersiz görünmektedir. Satılamadığı için tekrar ana depolara gönderilen ürünlerin ve mağazalar arasındaki stok dengelerini sağlamak ve talepleri karşılamak amacıyla yapılan mağazalar arasındaki ürün transferlerinin yüksek oranlarda seyretmesi ürün alokasyon planının her zaman geçerliliğini ve doğruluğunu koruyacak matematiksel bir modele dayalı olması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Firma doğru ürünü doğru mağazaya ya da diğer bir deyişle, ürünün satılabileceği mağazaya gönderen bir alokasyon planı kullanarak maliyetlerini düşürüp karlılığını ve müşteri memnuniyetini artırmayı hedeflemektedir.

Matematiksel model kurulumunu desteklemesi açısından her bir Mudo Concept mağazasının geçmiş satış rekorları iki adımlı zaman serileri analizi sürecinden geçirilmiştir. İlk adımda mağazaların bütün ürün kategorilerini kapsayan kümülatif satış miktarları, ikinci adımda ise her mağazanın ürün kategorileri bazında satış miktarları incelenmiştir. Bunun sonucunda her mağazanın geçmiş satış verilerinde sezonsallık ya da periyodik dalgalanmalar ve trend gözlemlenmiştir.

Projenin amacı her mağaza için doğru talep tahmini ve hassasiyet analizi yaparak, doğru ürünlerin doğru mağazaya yerleştirilmesini sağlamak böylece mağazalardan merkeze iade edilen ürünlerin miktarını azaltarak maliyeti düşürmekir. Her mağazanın geçmiş satış verilerinin analiz edilmesi ile gelecek yıl için (aylık bazda) satışların tahmini istatistiksel bir program olan JMP kullanılarak yapılmıştır. JMP; ARIMA, Sezonsal ARIMA ve farklı düzleme modellerini farklı performans kriterlerine göre kıyaslama imkanı sunmaktadır. Bu projede, en düşük varyansı veren metod talep tahmini modeli olarak kullanılmıştır.
Firma tarafından sağlanan, her bir mağaza için geçmiş yedi yıllık satış verileri, Ocak 2008'den Aralık 2014' kadar, modelin girdileri olarak kullanılmış ve modelin kullanacağı tahmin periyodu 1 yıl ve tahmin aralığı 1 ay alınarak aylık bazda tahmin çıktıları alınmıştır. Modelin tahmin ettiği satış miktarları firmanın hedeflediği satış miktarlarıyla karşılaştırılarak hangi ürünün hangi mağazaya gönderilip gönderilmeyeceği kararı alınmıştır.
Ürün yerleştirme kararı iki aşamada verilmiştir. Bu aşamalarda hem mağazanın toplam net satış miktarı tahmini hem de ürün bazındaki satış miktar tahminleri kullanılmıştır.

- 1. aşamada her bir mağazanın altı ürün kategorisini içeren toplam satış miktarı tahminleri yapılmış ve eğer 2015 yılı için yapılan toplam satış tahmini

hedeflenen satış miktarını geçmiyorsa bu mağazaya ürün yerleştirmesi önerilmemiştir.

- 2. aşamada her bir mağaza için altı farklı ürün kategorisinde satış tahminleri yapılmış ve eğer 2015 yılı için yapılan spesifik ürün grupları bazındaki satış miktarları firma tarafından hedeflenen satış miktarından büyük değilse, spesifik ürünün mağazaya yerleşimi önerilmemiştir.

**Tablo 1. Birinci Aşamadaki Örnek Karar Süreci**

| Şehir | Mağaza | Hedeflenen Satış Miktarı, TRY | Satış Tahmini, TRY | Uygulanan Tahmin Methodu | Karar |
|---|---|---|---|---|---|
| Ankara | Ankara Ankamall City | 32,000 | 96,994 | Seasonal ARIMA (1,2,4) | Send! |
| Adapazarı | Adapazarı Ada Center City | 11,400 | 7,900 | Seasonal Exponential Smoothing, 4 | Do not send! |

JMP'de kullanılan tahmin modellerinin validasyonu gözlenen değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farkların MAPE (Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi) yorumlanarak yapılmıştır. Tablo 2 iç mekan mobilyanın gönderilmesi veya gönderilmemesi kararı alınan mağazaları göstermektedir.

**Tablo 2. Örnek Doğrulama**

| Store | MAPE |
|---|---|
| Nişantaşı Concept | 23% |
| Maslak Concept | 16% |
| Antalya Lara Concept | 43% |
| Ankara Panora City | 29% |
| Antalya Migros City | 40% |
| Bursa Anatolium City | 34% |
| Istanbul Carrefour City | 26% |
| Marmaris Solaris City | 42% |
| Eskişehir Neo City | 47% |
| Bodrum Midtown City | 47% |
| Çekmeköy Kardiyum City | 38% |

Sürdürülebilir bir Excel algoritması oluşturmak için hassasiyet analizi yapıldı. Bu analiz her Concept mağazasına spesifik olan kârlılık eşik değerleri

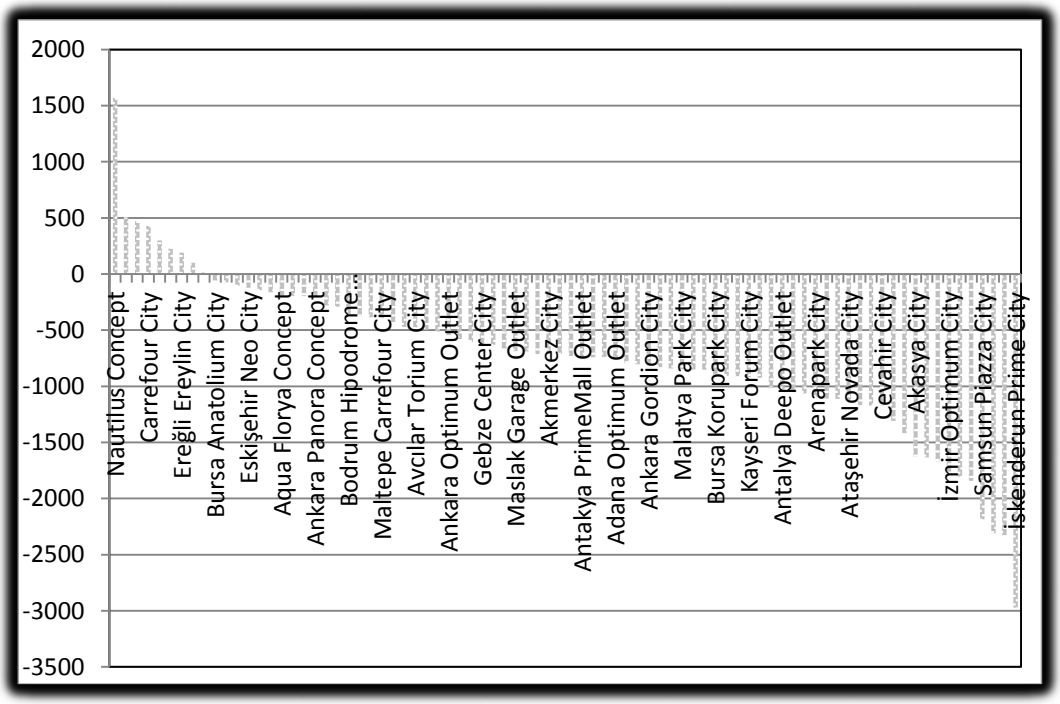
atayarak kullanıcının mağazanın hedef satış miktarına ulaşıp ulaşmadığını ve ne kadarlık bir kârlılık payı sağladığını kontrol etmesine yardımcı olur. Kârlılık eşik değeri hem 1 yıllık tahmin edilen satış miktarları hem de 1 yıllık ortalama satış miktarları üzerinden iki farklı sütunda gösterilmektedir. Model, kullanıcı kârlılık oranını belirttiği zaman her bir mağaza için kârlılık eşik değerlerini vermektedir.

Excel modeli iki girdiye sahiptir. Bunlardan birincisi mağazanın $m^2$ başına düşen satış miktarını ikincisi ise mağazanın $m^2$ başına düşen giderlerini göstermektedir. İki parametrenin de $m^2$ bazında sağlanması farklı mağazaları $m^2$ başına düşen kârlılık oranı bazında karşılaştırma imkanı sunmaktadır. Excel modelini oluştururken kullanılan formüller Tablo 3' de verilmiştir.

**Tablo 3. Excel Modelinde Kullanılan Formüller**

| |
|---|
| **(Girdi #1)$_k$=**$\frac{Satış\ Miktarı(TL)}{Alan(m^2)}$ |
| **(Girdi #2)$_k$=**$\frac{Toplam\ Giderler(TL)}{Alan(m^2)}$ |
| **Karlılık Oranı = r (%)** |
| **Karlılık Eşiği=** $Girdi\ \#2 * \frac{(100+r)}{100}$ |
| $\boldsymbol{m^2}$ **Başına Düşen Karlılık =** (Girdi #1)$_k$ -(Girdi #2)$_k$ |

**Tablo 4 – Mağaza m$^2$ Başına DüşenKarlılık Miktarları**



# Fiyatlandırma Projesi

# Mudo Concept

**Proje Ekibi**
Pırıl CANTÜRK
Fatih ÇEÇE
Uluç EMANETOĞLU
Yakup KOCA
Batuhan POLAT
Orhun AKBULUT

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Muhlis Yücebıyık
Fiyatlandırma Uzmanı

**Akademik Danışman**
Dr. Kemal Göler
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Mudo Concept mağazaları mobilyadan dekoratife, aydınlatmadan mutfak ve banyo aksesuarlarına kadar yerli ve ithal 38.000'i aşkın ürün çeşidini müşterileriyle buluşturmaktadır. İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya ve Bodrum'da olmak üzere 13 Mudo Concept mağazası bulunmaktadır. Mudo, global değişimleri sosyal ve teknolojik açıdan dikkate alarak, ürün yelpazesini de bu olgulara paralel olarak geliştirmektedir.

## Proje Tanıtımı

Günümüzde fiyatlandırma stratejileri ürün maliyeti, kar ve pazar içi rekabet koşulları göz önüne alınarak belirlenmektedir. Perakendeciler uygulayacakları fiyatları belirlerken, içinde bulundukları koşullara bağlı olarak maliyete dayalı, rekabete dayalı ve tüketici değerine bağlı fiyatlandırma yöntemlerinden birini seçebilirler (Evans J. R. ve B. Berman ,1992). Maliyete dayalı yöntemlerin kullanılmasında, perakendeciler uygulayacakları fiyatları belirlerken, maliyetlerini ön plana alırlar. Bu uygulamada kar marjının belirlenmesi, ürüne olan talebi doğrudan etkileyebileceğinden, satıcı için stratejik bir önem taşımaktadır. Rekabete dayalı fiyatlandırma yöntemlerinde ise, işletmeler rakip firmaların fiyatlandırmalarını ve ürünün pazar fiyatını temel alırlar. Burada fiyat işletmenin kontrolü dışında belirlenmekte ve kimi zaman işletmeler için zorluk yaratabilmektedir. Tüketici değerlerine bağlı fiyatlandırma yönteminde ise perakendeciler maliyetler yerine alıcıların algıladıkları değeri temel alırlar. Tüketici algılarının belirlenmesinin güçlüğünden ötürü bu yöntem diğerlerine göre daha zor ve karmaşıktır. Yöntemlerin şirket satışları üzerindeki olası etkilerinin öngörülememesi, satıcı için fiyat belirlerken karışıklığa yol açmaktadır.

Pazara sunulan ürünlerin fiyatlandırılmasında, geçmiş verilerin değerlendirilememesi ve matematiksel yöntemlerin kullanılamamasından dolayı pek çok problemle karşılaşılabilir. Bunlardan ilki satıcının çok yüksek veya gereğinden düşük fiyat tespiti yapmasıdır. Eğer satıcı çok yüksek fiyatlandırma yaparsa talep azalacak ve satıcının elindeki stokları eritmesi güçleşecektir. Eğer gereğinden düşük fiyatlandırma yapılırsa da bu kez satıcı stokunu eritmekte güçlük çekmeyecek fakat pazar içindeki potansiyelinden çok daha az bir ciro elde edecektir. Fiyatlandırmanın el yordamı ile yapılmasının oluşturduğu bir diğer problem ise rakiplerin fiyat stratejilerinin ne ölçüde dikkate alınacağının belirsiz olması durumudur. Rekabeti artırmaya yönelik fiyat indirimleri, pazar içerisinde tedarikçileri zor durumlara sürükleyebilmektedir. Bu sebeple işletme geçmişte, rakip firmaların yapmış olduğu fiyatlandırmaların kendi satışları üzerinde yapmış olduğu etkileri doğru analiz etmeli ve salt rekabetten doğan fiyat kırma stratejilerinden gerekli değilse kaçınmalıdır.

Proje için iki farklı matematiksel model oluşturulmuştur. Bu modeller sırasıyla pazar odaklı ve tüketici değeri odaklı modellemelerdir.

Pazar odaklı matematiksel model, satıcı için ürünün fiyatının pazar içerisindeki değişkenlere bağlı olarak analizini gerçekleştirmek için oluşturulmuştur. Bu model iki aşamalı doğrusal regresyon (iki aşamalı en küçük kareler) ile ürünün liste fiyatını belirler. İlk regresyon adımında girdiler

sırasıyla önceki periyotta kullanılan fiyat, beklenen dolar kuru ve ürünün satış adedir (1). İkinci regresyon adımında ise girdiler sırasıyla ilk regresyonun sonucunda bulunan fiyat, tüketici güven indeksi ve faizdir (2). Bu adımlar sırasıyla aşağıda gösterilmiştir:

$$Fiyat = A_2 + A_2 * Fiyat_{t-1} + A_3 * USD_t + A_4 * Satis_Adedi_t \quad (1)$$

$$Satis_{Adedi} = \mathrm{B}_0 + \mathrm{B}_1 * Fiyat_t + \mathrm{B}_2 * Tuketici_{Guven_{Endeksi_t}} + \mathrm{B}_4 * Nominal_Faiz_t \quad (2)$$

Liste fiyatı kullanılarak fatura fiyatı ve müşteri fiyatı kolaylıkla belirlenebilir, sonrasında model optimum fiyat planını kullanarak her ay için beklenen satış yüzdesini bulur. İki aşamalı doğrusal regresyonun temel amacı endojen bir değişkent olan fiyatın egzojen olarak kullanılabilmesi için fiyatı temel değişkenlere bağlamak ve bunun sonucunda fiyatın regresyonun ilk aşaması sonucu elde edilen sonuçlarını kullanmaktır.

Fiyatın hangi değişkenlerden etkilenebileceğinin belirlenmesi ise ikili korelasyonlar kontrol edilerek yapılmıştır. Satış fiyatını etkilediği düşünülen bağımsız değişkenlerden enflasyon, faiz ve nominal dolar kurunun ikili korelasyonlarının önemli derecede yüksek olduğu anlaşıldıktan sonra çoklu eşdoğrusallık problemine sahip olmamak amacıyla bu üç değişkenden sadece nominal dolar kurunun kullanılmasına karar verilmiştir. Bunlara ek olarak, değişkenlerin modelde beklenen katsayılara sahip olup olmadığı da bir doğrulama yöntemi olarak kullanılmıştır (Örneğin fiyatın satış adedi üzerindeki etkisinin negatif olması).
Modelin validasyonu ise fiyata ve diğer değişkenlere bağlı olarak gerçekleşen gerçek satış adetlerinin iki aşamalı regresyon sonucunda ortaya çıkan tahminlerle karşılaştırılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma ile elde edilen sonuçlar, ürünün geçmiş verisinin büyüklüğünün regresyon sonucu elde edilen tahminlerin başarısıyla doğru orantılı olduğunu göstermiştir.

Çekince fiyatı alıcının belli bir zamanda belli bir mala ödeyeceği en yüksek fiyat olarak tanımlanmaktadır Çekince fiyatlarını belirlemek oldukça karmaşık bir süreçtir. Bizim modelimizde çekince fiyatları bulunurken Pazar payı odaklı çokterimli logbirim modeli kullanılmıştır[2]. Bu model normal şartlar altında çift değişkenli verileri girdi olarak alır, ancak şirketin sağladığı veriler bu sisteme uygun olmadığından, model Berry inversiyonu kullanılarak geliştirilmiştir[3]. Kullanılan matematiksel model aşağıdaki gibidir:

$$\Delta jt = \log(s(j)\hat{}t) - \log(s(0)\hat{}t) = X(jt)\,\beta - \alpha\, p(jt)$$

Bu model de hedef ürünün pazar payının logaritmasından harici ürünlerin pazar payının logaritması çıkartılıp ürünlerin özellikleriyle arasındaki bağlantılar bulunmaya çalışılmaktadır. Bu modelin girdileri bulunurken ve değerlendirilirken, marjinal etkiler kullanılmıştır. Marjinal etkiler, logbirim modellerine özgü yöntemlerle saptanmıştır [4].

Tüketici-değeri odaklı matematiksel model her bir ürün için, ürünün çekince fiyatını kullanarak, toplam satış gelirini en yüksek seviyeye getirecek ortalama fiyatı belirlemeyi amaçlar. Bu model, çekince fiyatlarının ortalama ve standart sapmasını, stoktaki ürün sayısını, stoğun bitme süresini ve bir ay içerinde gelmesi beklenen müşteri sayısını dikkate alır ve toplam satış gelirini en yükseğe taşıyacak fiyatlandırma planını hazırlar.

Matematiksel model çokluterim logit üzerine inşa edilmiştir. Bu modele göre, ürünün içinde olduğu kategorideki tüm ürünlerin satış fiyatı ve satış adedi girdi olarak alınır ve mağazaya gelen bir müşterinin söz konusu ürünü satın alma olasılığı üzerinden bir satiş fiyati – satış adedi ilişkisi belirlenir. Bu modelin avantajı, ürünün dahil olduğu kategori içerisindeki diğer ürünlerin fiyatlarının artmasının o ürüne olan talebini arttıracağı veya tersi bir durumun da o ürüne olan talebin azalacağını dikkate almasıdır.

Modelin değerlendirilmesi yönünde çapraz validasyon süreci kullanılmıştır. Çapraz validasyon, analiz sonuçlarının bağımsız başka bir veri setine ne ölçüde genellenebileceği hakkında fikir veren bir süreçtir. Çapraz validasyon süreci dâhilinde mevcut verilerin bir kısmı çapraz validasyon için ayrılarak kalan veriler üzerinden analiz yapıldıktan sonra ayrılan veriler üzerinde model denenmiştir. Eldeki verinin büyüklüğüyle aldığımız sonuçlar doğru orantılı olarak dağılmış olup analizde kullanılan veri sayısı arttıkça model daha güvenilir ve gerçeğe yakın sonuçlar vermiştir.

Proje sonucunda satıcı için yukarıdaki matematiksel modellemeler kullanılarak iki farklı fiyatlandırma modeli sunan bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Satıcı farklı senaryolar için bu fiyatlandırma stratejilerinden kendisine uygun olanı seçebilir. Bu senaryolardan ilki, kategori içi rekabetin çok olduğu durumlardır. Bu senaryo altında, kategori içindeki tüm ürünleri de dikkate alan çokluterim logit modelinin kullanılması uygun görülmüştür. Kategorideki ürünlere olan toplam müşteri talebinin belirlenmesinde ise iki aşamalı en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır, çokluterim logit modeli ise talebin bireysel ürünlere nasıl dağılacağını belirler. Kategori içi rekabetin görece az olduğu durumlarda ise iki aşamalı en küçük kareler yönteminin kullanılması daha uygun görülmüştür. Bunun nedeni, bireysel ürünlerin üzeirnde yapılan fiyat değişikliklerinin müşterileri yedek (substitute) ürünlere kaydırmayacağından dolayı bu ürünün satış adedi üzerinde fazladan bir etki oluşturmamasıdır. Başka bir deyişle, ikinci senaryo altında, bir ürünün satış

adedi diğer ürünlerin fiyatından etkilenmemektedir. Bu senaryolar altında doğru modeller kullanılması, fiyatlandırma sürecinde satıcıya hem zaman hem de doğru karar verebilme açısından fayda sağlayacaktır.

Proje çıktısının elde edilebilmesi için gereken tüm veriler Mudo Concept tarafından sağlanmıştır. Bu veriler kullanılarak, Mudo Concept'in ürün segmentinde sunduğu belirli mobilyalar için fiyatlandırılma yapılmıştır. Seçilen ürünlere yapılan fiyatlandırmaların ve Mudo Concept'in uygulamakta olduğu fiyatlandırma stratejilerinin karşılaştırılması sonucunda, karar destek sisteminin satıcının satış beklentilerini de dikkate almak suretiyle daha istikrarlı bir ürün fiyatlandırma ve satış stratejisi sunduğu gözlemlenmiştir.

## Kaynakça

[1] Evans J. R. ve B. Berman. Marketing. New York Macmillan, 1992. Print.
[2] Nevo, A. Measurıng Market Power In The Ready-To-Eat Cereal Industry. Econometrica, Vol. 69, No. 2 March, 2001, pg: 307-342
[3] Berry, S.T. Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentation. The RAND Journal of Economics, Vol. 25, No. 2 1994, pg: 242-262.
[4] Anderson, Soren and Newell, Richard. Simplified Marginal Effects in Discrete Choice Models. Resources for the Future. Discussion Paper 03-38. October 2003.

# Montaj Hatlarında E-Kanban Tasarımı ve Uygulaması

# Ortadoğu Rulman Sanayi (ORS)

**Proje Ekibi**
Anıl Canatalay
Metin Deniz Kavas
Yasemen Özsan
Öykü Talı
Cansu Tanatmış
Müge Taşelmas

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Dr. Alptekin Demiray
ORS Üretim Planlama ve SAP Program Yöneticisi

**Akademik Danışman**
Doç. Dr. Osman Oğuz
Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

ORS teknoloji ve insan kaynakları kullanımındaki başarısı ile üretim kapasitesini arttırmak doğrultusunda gerçekleştirdiği ısrarlı ve titiz çalışmaların sonucunda, bugün kalitesini Türkiye iç pazarında olduğu kadar tüm dünyada ispatlamış, aranılan ve güvenle kullanılan bir rulman markası olmuştur. Bugün, ORS Ankara Polatlı'da 300.000 m2 arazisinde tamamı kullanılan 100.000 m2 kapalı alanda yıllık 60 milyonu aşan rulman üretim kapasitesine sahiptir. Planlanan yatırımlarla birlikte hedef yıllık 80 milyon rulman üretim kapasitesine ulaşmaktır.

## Proje Tanıtımı

Malzemelerin gerekli hatlara dağıtılması sistemde problemli bir şekilde işlemektedir. Mevcut sistemde, iç tugger tren operatörü, gün boyunca manuel bir şekilde bilezik kutularının ve Kanban raflarının gerekli seviyede olup olmadıklarını kontrol eder. Bu operatör, bilezik kutularının eksik olması durumunda Fabrika 1'e, bilezik dışındaki diğer parçalar için Ambar 600'e durumu bildirir. Sistemde barkod taranması yapılmadığından, malzeme takibi ve alışverişi manuel bir şekilde gerçekleşmektedir.

Projemiz kapsamında çözümlenmesi amaçlanan problem; Fabrika 4'teki üretim bantlarında manuel malzeme takibi ve dağıtımından dolayı gerçekleşen hatalar ve bu hataların kayıp zamanlara yol açmasıdır. Kayıp zamanın başlıca nedenleri; 1- Ambar 600 operatörünün Kanban raflarında olan komponentlerin çeşidini ve sayısını tam olarak bilmemesi, 2- Fabrika 1'deki operatörün dış tugger treni operatörü gelene kadar hangi tip bileziği hazırlaması gerektiğini bilmemesi, 3- Fabrika 4'deki iç tugger treni operatörünün kendi gözlemleri ve hesaplamaları sonucu yanlış komponentin ya da yanlış sayıda komponentin üretim bantlarına bırakması, zamanında gelmeyen komponent nedeniyle üretimde çalışan hat operatörünün malzeme almak için hattı terketmesi ve hattın malzeme beklemesidir.
Bu sorununun ortadan kaldırılması için malzeme akışında değişiklerin yapılması gerekmektedir. İnsan faktöründen oluşan problemlerin ortadan kaldırılması ve komponentlerin kusursuz bir şekilde ulaştırılması için elektronik altyapı ve otomasyon sistemi geliştirilmelidir. Kayıp zaman sorununun yol açtığı finansal kaybın ortadan kaldırılması için E-Kanban sistemi uygulanmalıdır.

Tasarlanan süreç, hat operatörünün montaja girecek bilezik kasasının barkodunu okutmasıyla başlar. Malzeme akışı bu operasyon ile tetiklenir ve Fabrika 1'e kullanılan malzemeden bir kasa Hazırlama Emri oluşur. Fabrika 1'deki operatör istenen malzemeden hazırda var olup olmadığını kontrol eder; eğer var ise barkod yapıştırılır, okutulur ve Hazırlama Emri kapatılır, eğer hazırda yok ise malzeme üretilir ve aynı işlemler tekrarlanır.

Hazırlanan malzemelerin Fabrika 4'e iletilmesi için dış tugger tren kullanılır. Dış tugger treninin malzemeleri teslim almaya gitmesi için koşullu bir döngü mekanizması çalışır. Algoritma ilk adımda hazırlanmış malzemeler arasında acil bir malzeme olup olmadığını kontrol eder. Eğer acil bir malzeme var ise dış tugger treni için Gel-Al Emri oluşur. İlk koşul sağlanmadıysa, döngü ikinci koşul olan tugger treninin kapasitesini kontrol eder. Eğer hazırlanmış malzemeler trenin kapasitesine eşit veya daha fazla ise, yine Gel-Al Emri oluşur. Dış tugger treni Fabrika 1'e ulaştıktan sonra malzemeleri alması için bir Yükleme Emri oluşur. Tren operatörü malzemelerin barkodlarını okutarak

doğru malzemeyi aldığından emin olur ve bu emri kapatır. Yükleme Emri'nin kapanması ile birlikte malzemeleri Fabrika 4'e götürmesi için bir Git Emri oluşur ve malzemeler Fabrika 4'te bulunan Dock'a bırakılır.
Dock'ta olan malzemeler için de benzer bir koşullu döngü çalışır. Eğer acil bir malzeme var ise ya da iç tugger treninin kapasitesine ulaşacak kadar malzeme var ise iç tugger treni için Gel-Al ve Yükleme Emirleri oluşur. İç tugger tren operatörü bu emirleri kapatmak için Dock'a ulaşır ve teslim aldığı malzemelerin barkodunu okutur. Yükleme Emri'nin kapanması ile birlikte alınan malzemeler için Dağıtım Emri oluşur. Bu emir o malzemenin hangi hatta ne kadar süre içinde ulaşması gerektiğini gösteren bir satır halinde iç tugger tren operatörünün el terminalinde gözükür. İç tugger treni malzemeleri teslim etmesi gereken hatta götürdüğünde doğru hatta olduğunu ve doğru malzemeyi bıraktığını kontrol etmek için yine barkodlardan yararlanır. İhtiyaç olan malzeme doğru bir şekilde doğru hatta teslim edildiğinde süreç tamamlanır ve döngü sürer.

Kurulan modelin akışını verimli kılmak için sistemde satırları sürekli olarak güncellenen tablolar oluşturulmuştur. Bu tablolar bilezikler ve komponentler için ayrı ayrı tasarlanmış, tabloların özellikleri kullanılacakları lokasyonların gereksinimlerine göre belirlenmiştir.
Bilezik sayı ve bilgilerinin tablolar aracılığıyla güncellenmesi şu şekildedir: Hat başı bilezik sayıları Fabrika 4'teki Fabrika 4-Hazırlar tablosunda tutulmaktadır. Hazırlanacak bilezik sayıları ve bilgileri, Fabrika 1'deki Fabrika 1-Hazırlanacaklar tablosunda, hazır bilezikler ile ilgili bilgiler ise Fabrika 1-Hazırlar tablosunda gözüküp güncellenmektedir. Bileziklerin Fabrika 1-Fabrika 4 arası ulaşımı için gerekli tablolar ise iç tugger treninde kullanılan Gel-Al ve Dağıtım tablosu, dış tugger treninde kullanılan Gel-Al tablosu ve Dock'ta kullanılan Dock-Hazırlar tablosudur. Tüm tablo satırları minimum due time prensibine göre güncellenmektedir.

Komponentler için tasarlanmış süreç birebir aynı akış, aynı kontrol mekanizmaları ve aynı prensiplerle işlemektedir. Tek fark; komponentler Ambar 600'de hazırlanmaktadır ve buradan iç tugger treni tarafından teslim alınıp hatlara dağıtılmaktadır.

Sistemin gerçekten çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için validasyon senaryoları geliştirilmiştir. Bu senaryolar şu şekildedir:

Bir kutu bilezik üretim bandına gireceği zaman operatör tarafından barkodu okutulur ve o bilezik için Fabrika 1'de Hazırlama Emri oluşturulur. O emrin "due time"ı Threshold seviyesine eşitse ya da seviyenin altındaysa Hazırlama Emri Tablosu kırmızıya dönerek uyarı verir. Bu durumda Fabrika 1'deki operatör siparişi gelen bileziği hazırlar ve barkodunu okutarak dış tugger treni için Gel-Al Emri oluşturur. Aciliyet durumları dışında hazır bekleyen bilezik kutu sayısı dış tugger treninin kapasitesine ulaştığında dış tugger treni Fabrika

1'e gider ve bekleyen kutuları trene yüklerken barkod okutarak Gel-Al Emrini kapatır. Yanlış bir barkod okutulduğu durumlarda sistem hata vererek yanlış kutu yüklenmesinin önüne geçilir. Doğru yükleme yapan dış tugger tren operatörü aldığı bilezik kutularıyla Fabrika 4'e gelerek kutuları Dock'a bırakır ve yeniden barkodlarını okutur. Eğer dockta bekleyen kutuların "due time"ı Threshold seviyesine eşitse ya da küçükse, bekleyen kutuların sayısı iç tugger treninin kapasitesine eşit ya da kapasitesinden büyükse iç tugger treni için Yükleme Emri oluşturulur. İç tugger treni Dock'a gelerek kutuların barkodlarını okutur ve Yükleme Emri böylece kapatılıp Dağıtım Emri oluşturulur. Kutuları gereken üretim bantlarına dağıtırken iç tugger tren operatörü tekrardan barkodu okutarak doğru üretim bandına bıraktığından emin olunur. Eğer yanlış üretim bandına bırakırsa sistem hata vererek operatörün bilezik kutuyu doğru üretim bandına bırakması sağlanır.
Kanban kutuları için de aynı durum geçerli olup sadece Fabrika 1 yerine Ambar 600'de Kanban kutuları hazırlanmaktadır.
Projemiz kapsamında çözüm yönetimi olarak, Rulman üretiminde kullanılan malzemelerin akışının düzenlenmesi için elektronik bir sistem kullanılmıştır. Detaylı bir süreç analizi ve malzeme akışı için bir süreç geliştirilebilmesi için şu an var olan sistem üzerinde detaylı çalışmalar yapılmıştır. İmalat, malzeme akış ve malzeme takip süreçleri gözlenmiştir.
Süreç tasarımı aşamasında imalat hatlarını besleyen iki nokta için iki farklı süreç tasarlanmıştır. Bu iki nokta yukarıda da bahsedildiği üzere Kanban Raf Komponentleri ve Bileziklerdir. Bu sürecin elektronikleştirilebilmesi için sistemin ERP sistemine entegrasyonu, barkod ve barkod okuyucuların kullanılması, malzeme ve emir takipleri için elektronik tabletler ve el terminalleri kullanılmıştır.
Elektronik materyal akışı arkasında çalışan algoritma, doğru malzeme akışını sağlamak için çeşitli senaryolar, uygulamalı sezgisel yöntemler ve kontrol mekanizmaları kullanmaktadır.
Sistemin devreye alınması aşamasında operatörlere uygulamalı eğitim verilmiş ve sistemin kullanılması öğretilmiştir.

Problem tanımında bahsedilen başlıca nedenlerden dolayı 1- numaralı olan neden yaklaşık 2 adamsaat/vardiya, 2- numaralı olan neden 3-4 adamsaat/vardiya ve 3- numaralı olan neden 2 adamsaat/vardiya kayıp zamana neden oluyordu. Ayrıca, tüm hatlarda toplamda 3 saat/gün malzeme bekleme duruşu yaşanıyordu. Geliştirilen modelle bu kayıp zamanlar ortadan kaldırılmıştır. Kurulan modelle sistemin otomasyonu ve hatasızlaştırılması sağlanmıştır. Proje kapsamında çoğunluğu donanım için olmak üzere bir kez için 15.000 TL harcanmıştır. Kurulan model, otomasyon, hatasızlaştırma ve kayıp zamanların giderilmesiyle yaklaşık olarak 720.000 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır.

## ŞİRKET YETKİLİSİNDEN TEŞEKKÜR MESAJI

**Ortadoğu Rulman Sanayi ve Tic. A.Ş. Üretim Planlama Müdürü'nden**

Ortadoğu Rulman Sanayi ve Tic. A.Ş. (ORS) bilyalı rulman, konik rulman, silindirik rulman, makara, bilezik ve burç üretimi yapan Ortadoğu'nun ilk, Türkiye'nin tek entegre rulman üretim firmasıdır. 1982 yılında kurulan şirket, 1986 yılında 4 milyon adet/yıl üretim kapasitesi ile seri üretime başlamış, geçtiğimiz 30 yıl içerisinde üretim kapasitesi 85 milyon adet/yıla, çalışan sayısı ise 2000 kişiye ulaşmıştır. Dünya çapında yüzlerce müşterisi olan şirketin ana müşteri grubunu otomotiv, beyaz eşya ve elektrik motoru üreticileri oluşturmaktadır. Toplam satışının %70'lik kısmını başta Batı Avrupa ve Kuzey Amerika ülkeleri olmak üzere sanayi ve teknolojisi en üst seviyedeki ülkelere gerçekleştiren şirket, Türkiye'nin ilk 500 sanayi kuruluşu arasında yer almaktadır.

ORS, eğitime sağladığı her türlü katkıyı sosyal sorumluluğunun bir gereği olarak görmekte, birçok üniversite ile benzer projeler yürütmekte ve öğrencilere staj imkânları sağlamaktadır. Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği ile 2000 yılından bu yana yürütülen projeler ise profesyonel yönetimi, çalışma disiplini ve ortaya çıkardığı katma değer açısından ayrı bir değere sahiptir. Türkiye'deki üniversite – sanayi işbirliğinin en başarılı örneklerinden olan bu projelerin gerçekleşmesini sağlayan üniversite yönetimi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün değerli öğretim üyeleri, asistanları ve Bilkent TTO her türlü takdiri hak etmektedir.

2014-2015 akademik yılında gerçekleştirilen "Montaj Hatlarında E-Kanban Tasarımı Ve Uygulaması" projesi ile montaj hatlarının beslenmesi otomatize edilmiş, sistem RF terminaller ve barkod etiketleri ile Kanban felsefesinde yürütülür hale gelmiş, hatalar ve israflar önemli ölçüde azaltılarak projenin başında konulan hedeflere başarıyla ulaşılmıştır. Sistem sadece modellenmemiş, aynı zamanda üretim sahasında hayata geçirilerek başarısını kanıtlamıştır.

Projeyi beraber yürüttüğümüz öğrenci arkadaşların yüksek motivasyonu ve yoğun çalışmaları sayesinde elde ettiğimiz bu fayda için kendilerine teşekkür ediyor, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği'nden 2002 yılında mezun bir ağabeyleri olarak bundan sonraki iş/akademik hayatlarında kendilerine başarılar diliyorum.

Dr. Alptekin DEMİRAY
Üretim Planlama Müdürü
SAP Program Yöneticisi

# Tasarım Değişiklikleri Devreye Alma Süreçlerinin Program Yardımıyla Takibi

## Oyak-Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş.

**Proje Ekibi**
Zeynep Alp
Ezgi Çetinkaya
Gökçe Erdoğan
Eren Kırımlı
Zeynep Özenç
Neslin Gizem Şahin

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Fatih Kamil Şahin, Oyak-Renault Otomobil Fabrikaları,
Boyalı Kasa Proses Mühendisliği Proje Şefi

**Akademik Danışman**
Doç. Dr. Osman Oğuz
Bilkent Üniversitesi , Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

1969'da Renault, Oyak ve Yapı Kredi Bankası ortaklığı ile kurulan ve iki yıl sonrasında faaliyete geçen Oyak Renault Otomobil Fabrikaları, bugün Renault firmasının Batı Avrupa dışındaki en büyük iştiraki konumunda bulunuyor. Karoseri-montaj ve mekanik-şasi fabrikaları ile bir uluslararası lojistik merkezinden oluşan Oyak Renault, Renault Grubu'nun dünya çapındaki 38 üretim merkezinden biri. Yıllık 360 bin otomobil ve 450 bin motor üretim kapasitesine sahip. Oyak-Renault, Yeni Clio, Fluence ve Mégane HB modelleriyle bu otomobillerin motor ve mekanik aksamlarını üreterek ihraç ediyor.

## Proje Tanıtımı

Projenin amacı, Oyak-Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş.'nin Bursa'da kurulmuş olan fabrikasında tasarım değişiklikleri devreye alma sürecini geliştirmek ve iyileştirmektir. Proje yapılırken fabrikanın "Boyalı Kasa Proses Mühendisliği" bölümüne bağlı olarak çalışılmıştır. Fabrikadaki mevcut sistemin zaman kaybına neden olması, ortak bir veritabanının kullanılmıyor olması ve bu durumun karışıklık yaratması, arşivin kolay ulaşılabilir olmaması, sistemin kalite riski yaratması ve maliyette artış ihtimaline sebep olması bu projenin yapılma nedenleridir. Proje yapılırken mevcut sistem incelenmiş, gözlemler yapılmış ve sorumlu kişilerle görüşülerek fikirleri alınmıştır. Sorunu daha iyi analiz edebilmek ve var olan sistem ile önerilen sistemi kıyaslayabilmek için Arena Simulasyon programından yararlanılmıştır. Tasarım değişiklikleri devreye alma sürecinin daha iyi takip edilebilmesi, ortak bir veritabanı üzerinden hareket edilmesi, istenilen bilgilere daha hızlı ulaşılabilmesi ve departmanlar arasında verimli bir iş akışı sağlamak için Microsoft Access programı kullanılarak bir veritabanı oluşturulmuştur. Bu uygulamanın kullanıldığı önerilen sistem ile mevcut sistem simülasyon yardımıyla kıyaslandığında ise önerilen sistemde zaman kayıplarının azaldığı ve daha fazla sayıda değişikliğin devreye alınabildiği sonucu elde edilmiştir.

Oyak-Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş., Oyak ve Renault şirketlerinin işbirliği ile Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunmakta ve otomotiv sektöründe yer almaktadır. Bu fabrikada Clio4, Clio4 Station Wagon, Fluence ve Megane Hatchback olmak üzere 4 farklı otomobil üretilmektedir. Fabrikada kısıtlı sayıda model üretilmesine rağmen, Renault yerel markette %13.1'lik pazar payına sahiptir (2012 yılı bilgilerine dayanarak).

Projemizin bağlı olduğu departmanın adı "Boyalı Kasa Proses Mühendisliği" olarak geçmektedir. Bu departman 3 ana bölümden oluşmaktadır: Pres, Kaporta ve Boya Süreç Mühendisliği. Bu bölümün ana görevi tasarım değişikliklerini hayata geçirmek ve bu süreci kontrol etmektir.

Üretim sistemlerinde tasarım değişiklikleri kalite ve üretim kaynaklı sorunları çözebilmek, maliyeti azaltmak ve teknolojiye ayak uydurmak için bir gerekliliktir. Projeye başlanılmasının nedeni departmanların arasındaki iletişim aksaklıklarını en aza indirgeyerek, departmanlar ve birimler arası verimli bir iş akışı sağlamaktır.

Bu konuyu baz alan projemiz ile ilgili gerekli terim açıklamaları aşağıdaki gibidir:

- LUP: Problem ve önergeler listesi
- DFC: Fizibilite çalışma talebi
- DEVO: Tasarım belgesi
- COMODIF: Tasarım değişikliği onay toplantısı

Tasarım değişikliklerini devreye alma süreci LUP dosyasının açılması ile başlar. Bu dosya ile önerilen tasarım değişikliği yatırım ve zaman gibi unsurlar çerçevesinde incelenir. Bu LUP dosyasıyla ilgili DFC fizibilite çalışmaları yapılır. İlgili tasarım değişikliğini hayata geçirebilmek için proje şefi COMODIF olarak adlandırılan toplantıda ilgili kişilerin onayına sunar. Onay alındıktan sonra DEVO dosyası yayınlanır ve böylece tasarım değişikliği resmileştirilmiş olur. Son aşama olarak tasarım değişikliği sisteme uyarlanır ve gerekli testler yapılır.

Var olan sistemin yapısında analiz edilmesi gereken bazı faktörler vardır. Bu faktörlerden en önemlisi, geçmiş verilerin ve güncel operasyonların tek bir veri tabanı altında bulunmamasıdır. Bu yüzden çalışanlar tarafından oluşturulan farklı formatlar karmaşa yaratmaktadır. Bu sorunlar büyük bir zaman kaybına sebep olmaktadır. Eğer güncel sistem yüzünden bir tasarım değişikliği yanlış olarak uyarlanırsa, bütün proje süreci bundan etkilenmektedir. Ayrıca bu sorun kalite riski yaratabilmekte ve maliyet artışına neden olabilmektedir. Bu nedenle, projemizdeki problem tanımımız "departmanlar arası kullanılacak ortak bir veri tabanı yaratarak, takip ve entegrasyon sürecindeki zaman kayıplarının ortadan kaldırılması ve verimin yükseltilmesi" şeklindedir.
Bu sorunu gidermek için Microsoft Access programını kullanarak departmanlar arası ortak bir template yaratılacak ve şirket içinde verimli bir iletişim sağlanacaktır.

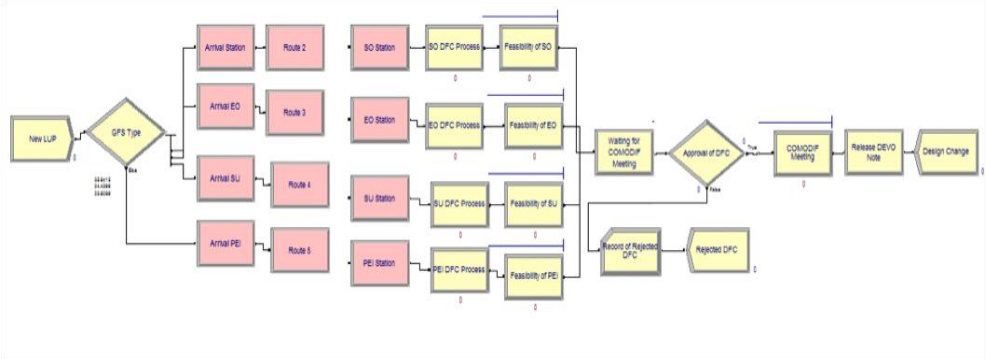
Proje boyunca kullanılan kaynaklar geçmiş şirket verileri, literatür araştırması ve proje yönetimi metotlarından olusmaktadir. Proje boyunca aşağıdaki yazılımlar kullanılmıştır:

*Arena Simülasyon Yazılımı* – var olan sistemin ve önerilen sistemin analizi için

*Microsoft Access* – basit bir veri tabanı kurulması için kullanılacaktır.

*Microsoft Office* – gerekli olan dokümanların belirli bir formatta oluşturulması için kullanılacaktır.

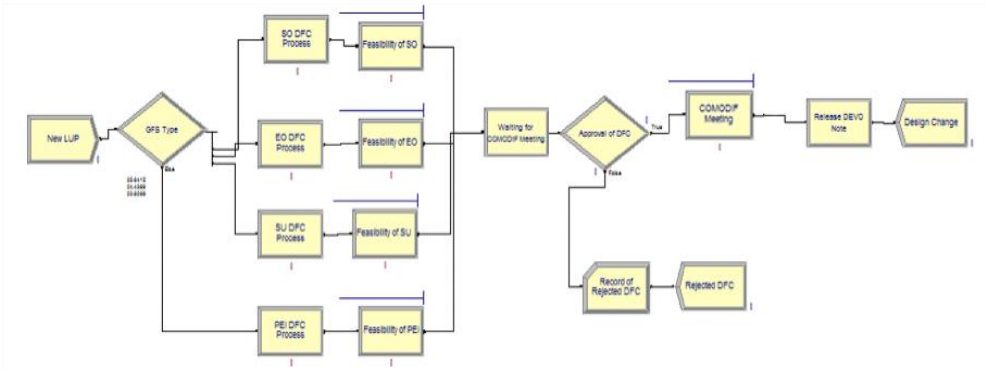
Proje doğrultusunda var olan sistemin çıktılarını tam olarak gözlemleyebilmek için sistemin simülasyonu oluşturulmuştur. Bu çıktılar baz alınarak yeni önerilen sistemin performans değerlendirmesi yapılması öngörülmüştür. Var olan sistem ve önerilen sistem için oluşturulan simülasyon modelleri aşağıdaki gibidir:




**Şekil 1. Var olan sistem için simülasyon modeli**

Proje doğrultusunda şirket içinde kullanılacak kullanımı kolay bir veritabanı yaratmak için Microsoft Access Database programı kullanılmıştır. Bu veritabanını kullanarak yetkililer;

- Kendilerine özel şifreleriyle giriş yaptıkları bir entegrasyon takibi portalına sahip olacaktır.
- Sisteme giriş yaptıktan sonra DEVO Search sekmesinde DEVO veya LUP numarasına göre arama yapabilecek ve proje detaylarını görebilecektir.
- DEVO Management sekmesini kullanarak DEVO raporunun olduğu aşamayı görebilecek ve güncelleme yapabilecektir.
- DEVO Management sekmesini kullanarak istediği güncellemeyi gerekli kişilere yorum ekleyerek mail atabilecektir.




**Şekil 2. Önerilen sistem için simülasyon modeli sonuçları**

Var olan sistem çıktıları ve önerilen sistem çıktıları Şekil 3 ve Şekil 4'teki gibidir. Önerilen sistemle değer yaratmayan süreçlerin neden olduğu zaman kaybının önlenmesi sağlanmaya çalışılmaktadır. Var olan sistem ve önerilen sistem için kurulan simülasyon modellerinin sonuçları dikkate alındığında ise bu zaman kayıplarının azaltıldığı ve daha çok sayıda değişikliğin devreye

alınabileceği görülmektedir. Bu sonuçlar, önerilen sistemin amaca uygun bir sistem olduğunu doğrular niteliktedir.

| Number In | Value |
|---|---|
| LUP | 274.00 |

| Number Out | Value |
|---|---|
| LUP | 257.00 |

| WIP | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| LUP | 15.4885 | (Correlated) | 0.00 | 18.0000 |

**Şekil 3. Var olan sistem için simülasyon modeli sonuçları**

| Number In | Value |
|---|---|
| LUP | 274.00 |

| Number Out | Value |
|---|---|
| LUP | 246.00 |

| WIP | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| LUP | 25.2688 | (Correlated) | 0.00 | 39.0000 |

**Şekil 4. Önerilen sistem için simülasyon modeli sonuçları**

# Uçak Kullanımı ve Zamanında Kalkış Performansını İyileştiren Çizelgeleme

## Pegasus Havayolları

**Proje Ekibi**
Beril Burçak
Osman Karaaslan
Ayça Karatepe
Alaz Ata Şenol
Hakan Şentürk
Kaan Yavuz

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Elifnur Doğruöz, Pegasus Havayolları
Network Planlama Analisti

**Akademik Danışman**
Dr. Kemal Göler
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Pegasus Havayolları; Aer Lingus, Silkar Yatırım ve Net Holding ortaklığıyla kurulduğu 1990 yılında, charter uçuşlarla hizmet vermeye başlamıştır. ESAS Holding tarafından 2005 yılında devralınması üzerine tarifeli uçuşlara başlayarak düşük maliyetli ağ taşıyıcısı iş modelini benimsemiş ve kısa sürede Türkiye'nin lider düşük maliyetli havayolu şirketi haline gelmiştir. Pegasus Havayolları, merkez uçuş noktası olarak Sabiha Gökçen Havalimanı'nı benimsemiştir. Sabiha Gökçen ağırlıklı olmak üzere yurtiçi ve yurtdışına yaptığı uçuşlarla 2015 itibariyle 37 ülkede 91 destinasyonda hizmet vermektedir. Tarifeli uçuşlara başladığı günden itibaren sürekli büyüyerek Avrupa'nın yolcu sayısı en hızlı büyüyen havayolu olmuştur.

## Proje Tanıtımı

Pegasus Havayolları mevcut durumda mevsimlik çizelgelerini hazırlarken Yaz (Nisan-Ekim) ve Kış (Kasım-Mart) dönemleri için iki farklı çizelge hazırlar. Tarife planlama uzmanları kişisel tecrübelerine göre geçen senenin çizelgesinde %5-10'luk oranlarda değişiklikler yaparak yeni çizelgeyi oluşturur. Bu süreç elle gerçekleştirildiği için şirketin iş gücü ve zaman kaynaklarının verimli kullanılamamasına neden olmaktadır.

Zamanında kalkış performansının düşük olması müşteri memnuniyetini düşürmekte ve fazladan hizmet giderleri oluşturmaktadır. Uçak kullanımı oranlarının düşük olması ise şirketin işletim maliyetlerini önemli ölçüde artırmakta ve karlılığı düşürmektedir. Bu nedenle, projemizde zamanında kalkış performansı ve uçak kullanımını eniyilemesi amaçlanmıştır.

| **Havayolu Şirketi** | **Uçak Kullanım Oranı** | **Zamanında Kalkış Performansı** |
|---|---|---|
| Pegasus Havayolları | 12.6 | % 84.76 |
| THY | 12.43 | % 83.9 |
| Ryanair | | % 90 |
| easyJet | | % 89.14 |

**Tablo.1** Pegasus Havayolları ve ana rakiplerinin anahtar performans göstergeleri incelendiğinde, şirketin var olan göstergelerinde iyileştirme yapılabileceği görülmektedir.

Bu amaçla, Pegasus Havayolları'nın operasyonel, taktik ve stratejik karar süreçlerinde kullanılabilecek üç farklı model geliştirilmiştir. Bu modeller; uçuş çizelgesinde beklenen gecikmeleri azaltmakta, uçakların havada kalma sürelerini artırarak kullanılan uçak sayısını azaltmakta ve yeni uçak sayısıyla oluşturulan çizelgede, uçuşları, beklenen gecikme değerlerine göre uçaklara atamaktadır.

Gecikmeleri azaltmak için S. AhmadBeygi'nin (2010) makalesindeki matematiksel modeli Pegasus'un tarifesi için uyarladık. Bu model gerçekleşen gecikmelerin daha sonraki uçuşlara etkisini ve yayılımını en aza indirgemeyi hedeflemektedir. Model girdi olarak uçuşların gecikme yapma olasılıkları, dönüş süreleri ve uçuşlar arasında halihazırda tedbir olarak bırakılan zaman paylarını almaktadır. Bunun yanında yeni çizelgenin uygulanabilirliğini sağlamak için uçuş saatlerinde yapılacak değişiklikleri sınırlandırılmıştır. Tüm bu girdiler dahilinde modelimiz, uçuşların kalkış saatlerini yeniden düzenlerken halihazırda mevcut olan zaman paylarını rötar yapma olasılıklarının en çok olduğu uçuşlara yeniden atar.

Bu model uçaklara daha fazla uçuş atayarak uçakların günlük havada kalma süresini artırır ve aynı sayıdaki uçuş için kullanılan uçak sayısını azaltır. Modelimizin uygulanabilirliğini artırmak amacıyla sıfırdan yaratılacak bir çizelge yerine bir önceki dönemde şirket tarafından kullanılan çizelgedeki uçuşların kalkış saatlerinde yapılacak değişiklikleri sınırlandırılmıştır. Bu kısıtla birlikte, Pegasus Havayolları'nın var olan dalga modeli devam ettirilirek, uçuşların taleplere göre oluşturulmuş saat aralıkları ve şirket için değişme prosedürü oldukça uzun ve zahmetli olan her havaalanında Pegasus Havayolları'na ayrılan zaman aralıkları da korunmuştur. Bu etkenlerin göz önünde bulundurulması ile model sonucunda ortaya çıkan çizelgenin şirket tarafından uygulanması kolaylaştırılmıştır.

Uçak kullanım modelinin sonucunda elde ettiğimiz çıktılar bize her uçuşun kalkış zamanlarını vermekteydi, fakat bu uçuşların uçaklara atanması problem büyüklüğü sebebiyle üçüncü bir matematiksel model ile sağlanmıştır. Atama modeli, uçak kullanımını artırmanın, zamanında kalkış performansına olumsuz etkisini enazlamayı hedeflemektedir. Burada uygulanan yöntem her bir uçak için beklenen ortalama gecikme süresini en aza indirgeyecek şekilde atamayı gerçekleştirmektedir. Bu modeli şirket istediği takdirde gecikmeleri en aza indirgemeyi göz ardı ederek uçak kullanım oranını en üst düzeye çıkarabilecek şekilde de kullanabilecektir. Uçak kullanım ve atama modelinin art arda kullanılması iki performans göstergesinin birlikte ele alınmasına ve aradaki ödünleşimin şirket tarafından yönetilmesine imkan sağlamaktadır.

Projemizin ilk aşamasında kullanılan gecikme yayılımını enazlayan modelimizin sonucunda, 9 Ağustos 2014 çizelgesinde uçak başına düşen gecikme yayılımı %41.4 oranında azaltılmıştır. Bu sayede, şirketin var olan çizelgesi gecikmelere daha dayanıklı olacak şekilde iyileştirilmiştir.

Projemizin ikinci aşamasında, şirketin uçak kullanım oranı iyileştirilmiş ve yeni çizelge gecikmelere daha dayanıklı hale getirilmiştir. Oluşturduğumuz uçak kullanım modeli, uçuş kalkış saatlerinin girdi olarak alınabilmesi temeline dayanmaktadır. Tarife planlama uzmanı, bu girdileri % 0 – 100 oranları arasında belirleyebilme seçeneğine sahiptir. Modelimizin çözümü sonucunda, şirket ile belirlediğimiz %97lik uçuş kalkış saati girdisi oranı esas alınmıştır. Bu yöntem ile kullanılan uçak sayısı mevcut durumdaki 34 uçaktan 28'e indirilmiş, %19.3 oranında iyileştirme sağlanmıştır. Sonuç olarak, 9 Ağustos 2014 günü tarifesinin günlük uçak kullanım oranı 10.22 saatten 12.41 saate çıkarılmıştır. Uçuş saati girdisi oranı, %0 ve %100 olarak alındığında ise, uçak sayıları sırasıyla 25 ve 28 olarak elde edilmiştir. Son aşamada ise bu modelin sonucunda alınan çizelge, uçak başına beklenen gecikmelerin maksimum değerini enazlayan atama modelinin kullanılmasıyla gecikmelere dayanıklı kılınmıştır. Atama modeli uçak kullanım modelinde 28

olarak enazlanan uçak sayısını 29'a çıkartarak, artan uçak kullanımının gecikmelerde yaratabilecek olumsuz etkisi en aza indirgemiştir. Bu durumda ise, Pegasus Havayolları'nın günlük uçak kullanım oranları 10.22 saatten 11.98 saate çıkarılmıştır. Bu durumda atama modelinin gecikme yayılımını uçak başına ortalama 84.19 dakikadan 61.43 dakikaya çektiği, daha az uçak kullanılmasına rağmen gecikmelerin % 27.03 oranında azaldığı görülmüştür. Şirkete sağlanan son seçenek ise, 29 uçaklı sonuç çizelgesinin gecikme yayılım modeliyle çözülmesidir.

Şirket danışmanımızdan aldığımız veriler ışığında, uçak başına günlük gelirlerin 8,105 TL artacağını tahmin edilmektedir. Uçak sayısı ve yıllık uçuş sayılarını göz önünde bulundurduğumuzda şirketin karlılığını önemli ölçüde artmaktadır.

Proje kapsamında geliştirdiğimiz matematiksel modeller farklı birçok değişkeni göz önüne alabilmekte, problem büyüklüğünün fazla olmasına rağmen (1500000 kısıt) tüm sürecin 7 dakikadan az bir sürede sonuç vermesi tarife hazırlama sürecini kritik seviyelerde azaltma imkanı tanımaktadır. Şirkete hazırladığımız bu modeller bu anlamda karar destek sistemi görevi görmekte ve pek çok farklı opsiyonu planlama uzmanına sunmaktadır. Bu sayede şirketin zaman ve işgücü kaynaklarını daha verimli kullanması, çizelgeleme sürecinin daha esnek ve kısa bir sürede pek çok kez uygulanabilmesi ve bu sürecin matematiksel temellere dayandırılarak daha dayanıklı olması sağlanmıştır. Pegasus Havayolları'nın mali ve işletme performansının artışı, sahip olduğu işgücü, zaman ve finansal kaynaklarının daha verimli kullanımı, müşteri memnuniyetinin ve bağlılığının artışı iyileştirilmiştir.

## Kaynakça

Pegasus Yatırımcı İlişkileri, 2015. '2014 Faaliyet Raporu', http://www.pegasusyatirimciiliskileri.com/operasyonel-ve-finansal-veriler/faaliyet-raporlari.aspx, 11 Mayıs 2015.

AhmadBeygi S., Cohn A., Lapp M. 2010. "Decreasing Airline Delay Propagation by Reallocating Scheduled Slack", IIE Transactions, 42:7, 478-489.

# Perakende Ürün Satış Sisteminde Talep Tahmini

# Tepe Home Mobilya

**Proje Ekibi**
Ozan Serhat Altuntuğ
Gizem Can
Yusuf Salih Doğan
Rıza Sarı
Umut Murat Şahin
Arman Yüksel

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanları**
Songül Anıl, Entegre Yönetim Sistemleri Direktörü
Bahar Kılıççıoğlu, Mobilya Ürün Direktörü
Arzu Kadıgil, Ürün Direktörü

**Akademik Danışman**
Yrd. Doç. Dr. Fehmi Tanrısever,
Bilkent Üniversitesi, İşletme Fakültesi

**Firma Tanıtımı**

Tepe Home Mobilya ve Dekorasyon Ürünleri Ticaret A.Ş., 1997 yılında Bilkent Holding'e bağlı olarak kurulmuş olup, ülkemizde mobilya ve ev aksesuarı perakendeciliği alanında faaliyet gösteren ilk ve en büyük mağazalar zinciridir. Tepe Home mağazalarında mobilya ve ev aksesuarı olmak üzere iki ana grup altında değişik beğenilere hitap eden çeşitli tasarımlarda ve geniş fiyat aralıklarında olmak üzere binlerce çeşit ürün müşterilerin hizmetine sunulmaktadır.

## Proje Tanıtımı

Tepe Home Mobilya, perakende ürün satış pazarında önemli bir konuma sahiptir. Projenin amacı tedarik ve satış sürecinde ortaya çıkan stok miktarını kontrol altında tutmak ve gelecek satış tahminlerini en uygun şekilde yapmak için karar destek mekanizması sağlamaktır. Bu bağlamda, geçmiş satış verileri ve çeşitli değişkenler göz önünde bulundurularak en uygun matematiksel model çeşitli yazılımlar kullanılarak geliştirilmeye çalışılmış ve bu amaç doğrultusunda oluşturulan model Excel'e aktarılarak Tepe Home tarafından kullanılan Oracle sisteminde test edilmek üzere şirketin kullanımına sunulmuştur.

Tepe Home'un mevcut talep tahmin sistemi daha çok ürün yönetim departmanının kalitatif yaklaşımına dayanmaktadır. Problemin ana kaynaklarından birisi, sipariş verirken belirli bir modele göre verilmekten ziyade, eski veriler kontrol edilerek ve kişisel yaklaşımlarla bu sistem işlemektedir. Şirket gelecek satışları tahmin etmeye çalışırken envanter ve sipariş verileri kullanılmaktadır fakat düzenli aralıklarla sipariş verilmediği için bazen karışıklıklar meydana gelebilmektedir.

Bu projenin en önemli ve kritik hedefi, çeşitli verileri kullanarak Tepe Home'un satışlarına dair başarılı talep tahminleri yapmaktır. Bu amaca ulaşmak için, gerçek satış miktarlarıyla talep tahminleri arasındaki hata payını en az seviyeye çekmek gerekmektedir. Bu hata oranı düşük seviyelere geldiği zaman, projemiz başarıya ulaşmış ve şirkete yarar sağlamış olacaktır. Modelimizi geliştirip şirketin kullanımına sunduğumuz zaman, sürekli kendini güncelleyen bir sistem olarak hem kullanımı daha kolay, hem de daha karlı bir talep tahmin sistemi kurulmuş olacaktır.

Bu projenin beklenilen sonucu daha iyi talep tahminleri yaparak stok miktarını minimum seviyeye indirmek, stokta mal bulunmadığı için yaşanan sipariş kayıplarını engellemek ve sipariş sistemini belirli bir düzene oturtmaktır. Proje başarıyla sonuçlandığı taktirde, firmanın arzuladığı şekilde talep tahmin sistemi tertipli ve daha başarılı bir şekilde yürütülebilecektir.

Tepe Home her bir ürünü için talepler ayrı ayrı ve sabit değildir, bu yüzden ürünler teker teker veya gruplandırılarak ele alınmalıdır ve bu ürünlerin satışını etkileyen reklam, kampanya, mağaza sayısı vb. etkenler modelde kendine yer bulmalıdır. Modelin çıktılarına göre de bu etkenlerin ürün satışında ne kadar etkisi olduğu gözlenebilecek ve reklam giderleri, mağaza sayısı vb. gibi nicelikler optimize edildikten sonra bu kaynaklar da projeden pozitif olarak etkilenecektir.

Projenin tamamlanmasıyla beraber firma tedarikçileriyle ve müşterileriyle daha uyumlu ve düzenli bir sistem içinde çalışabilecektir. Ayrıca, Tepe Home stok kontrolünde ve stok aktivitelerinde gereğinden fazla zaman ve para kaybetmektedir. Bu proje, envanterde daha az ürün bulundurarak bu tarz ek masrafları ve eforları azaltacaktır. Tüm bunları göz önünde bulundurarak, projenin temel amacı Tepe Home'un var olan talep tahmin sistemini geliştirmektir. Bu bağlamda, yerel üreticilerden karşılanan 38 farklı mobilya türü incelenmiş ve şirket için gelecek satışları tahmin etmek üzere bir model oluşturulmuştur.

Talep tahmin modelimizde yer edinmesi zor değişkenler başlıca kısıtlamalarımızı oluşturmaktadır. Değişken vergilendirme yöntemleri bu kısıtlardan ilki olarak değerlendirilebilir. Örneğin, devlet ithal edilen mallardan alınan vergi seviyesinde değişiklik yapması durumu beklenilen bir aksiyon değildir. Bundan dolayı bu tarz değişiklikler de öngörülmesi zor olmakla beraber modelde yer alması pek mümkün değildir. Bu şekilde gerçekleştirilen değişiklikler şüphesiz ki şirketin ürün fiyatını arttırmasına ya da satış oranının azalmasına sebep olmaktadır, bu da talep tahmin hatalarını arttırabilecek bir unsurdur. Ayrıca, rakip firmaların politikaları ve satışlarıyla ilgili bir veri tabanı bulunmamaktadır. Rakipler ani kampanyalar, reklamlar veya fiyat değişiklikleri yaptıkları için bu piyasadaki rekabet ortamını değiştirebilmektedir. Bu tarz değişiklikler de öngörülemeyeceği ve modelimizde yer alamayacağı için ana kısıtlamalarımızdan birisidir.
Verilen siparişlerin stoklara ulaşma süreleri sabit olmamakla beraber çok değişkenlik gösterebilmektedir. Her ürünün ayrı tedarik süresi olduğu için ve envanter kontrolü düzenli yapılmadığı için talep tahmin modeli kurulurken satış verileri baz alınıp tedarik süresinin sabit olduğu varsayımında bulunulacaktır.

Literatür incelendiği zaman perakende satışların talep tahmininde özellikle birkaç metot üzerinde durulduğu görülmüştür. Her bir metodun kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır, bu yüzden projede kullanılmak üzere bu metotlardan birkaç tanesi kullanılıp, genel olarak en düşük hatayı veren bir veya iki tanesi seçilmiştir. Bu modeller Regresyon, ARIMA, ARIMAX ve Yapay Sinir Ağı modelleridir.

Çoklu Regresyon, tahmin sonucunu etkileyen birden çok bağımsız değişkeni içinde barındırır ve genelde MINITAB, Excel gibi programlar aracılığıyla bu değişkenlerin ana değişkeni ne kadar etkilediğini değerlendirerek onların katsayılarını belirler. Bu yöntemle iki değişken arasındaki ilişkiyi görmek diğer modellere nazaran daha kolaydır. Mevcut projede de satışı etkileyen birden çok faktör olduğu için çoklu regresyon modeli değişkenleri belirleme kısmında projeye katkı sağlamıştır.

Yapay Sinir Ağı metodu trend etkisi ve sezonsallık etkisi bulunan veriler için talip tahmininde en önemli araçlardan birisidir. Veriler arasında lineer olmayan bir ilişki olduğunda Yapay Sinir Ağı diğer yöntemlere göre çok daha avantajlıdır. Ayrıca, aylık veya çeyrek dönemlik veriler için bu yöntem daha iyi çalışmaktadır (Ilan, Qi, Sadowski, : A Comparison of Artifcial Neural Networks and Traditional Methods). Fakat Yapay Sinir Ağı modelleri kendi değişkenlerini kendi içerisinde kapalı olarak ürettiği ve sonuçlar üzerine test yapılması çok mümkün olmadığı için modelde kullanılması uygun bulunmamıştır.

ARIMA modeli geçmiş verileri kullanarak mevcut satıştaki trend ve sezonsallığı da analiz ederek tahmin yapmamızı sağlayan bir başka yöntemdir. Bir başka deyişle zaman serilerinin geçmiş değerleri ve geçmişte yapılan tahmin hatalarından değişkenin gelecek değerlerini tahmin etmektir. ARIMA her ne kadar trend ve sezonsallık açısından zaman serilerini en iyi şekilde analiz etmemizi sağlasa da geleceğe dair tahmin yapılması konusunda çeşitli değişkenleri de hesaba katarak tahmin yapılması hususunda yetersiz kalmıştır.

ARIMAX modeli ise ARIMA ve Regresyon modellerinin bir nevi karışımı olarak projenin temel tahmin modeli olarak kullanılmıştır. Gretl yazılımı ARIMAX modeli için mevcut projede kullanılmıştır. ARIMA ve Regresyondan farklı olarak her bir değişkeni regressor olarak almış aynı zamanda trend ve sezonsallık faktörlerini de en iyi şekilde analiz edilmesine olanak sağlamış ve proje kapsamındaki 38 ürünün büyük bir çoğunluğunda en iyi sonucu vermiştir.

Ürünlerin 2011-2012-2013 satış verileri kullanılarak ARIMAX modelleri oluşturulduktan sonra, 2014 satışları tahmin edilmiştir ve toplamda ortalama %23'lük bir hata payı bulunmuştur. Perakende sektöründe %30'a kadar tahmin hataları 'iyi' , %30-%50 arası 'geliştirilebilir', %50 üzerindeki hatalar 'kötü' olarak değerlendirilmektedir. Bu sonuçlardan sonra şirket oluşturulan tahmin modelini beğenmiş ve test etmek üzere, kullandıkları Oracle sistemine entegre edilmesini önermiştir.

## Kaynakça

Alon, Ilan, Min Qİ, and Robert J. Sadowski. "Forecasting Aggregate Retail Sales: A Comparison of Artifcial Neural Networks and Traditional Methods." Journal of Retailing and Consumer Services 8 (2001). Print.

Cuhadar, Murat. "FORECASTING TOURISM DEMAND BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND TIME SERIES

METHODS." Süleyman Demirel University, Department of Business Administration. 2006.

Karaatlı, Meltem, Özlem Ceyda Helvacıoğlu, Nuri Ömürbek, and Gönül Tokgöz. "AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED AUTOMOBILE SALES FORECASTING." (2007). Print.

Koçaş, Cenk. "Ekonometrik Rekabet Modelleme, Pazar Tepki Analizi Ve Talep Tahmini." (2007)

Montgomery, Douglas C., Cheryl L. Jennings, and Murat Kulahci. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. Canada: JOHN WILEY &. SONS, PUBLICATION, 2008. Print.

"Tepe Home About Us." Tepe Home. Web. http://www.tepehome.com.tr/en/hakkimizda Retrieved. 19.Oct.2014.

# Mağaza İçi Teşhir Yerleşimi Karar Destek Sistemi

## Tepe Home Mobilya

**Proje Ekibi**
Ali Bozkurt
Elfe Buluç
Merve Büyükbaş
Nilgün Dönmez
Yağmur Güven
Sertuğ Kostik

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanı**
Songül Anıl, Tepe Home Mobilya ve Dekorasyon Ürünleri Ticaret A.Ş.
Entegre Yönetim Sistemleri Direktörü

**Akademik Danışman**
Dr. Nil Şahin
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Tepe Home Mobilya ve Dekorasyon Ürünleri Ticaret A.Ş., 1997 yılında Bilkent Holding'e bağlı olarak kurulmuş olup, ülkemizde mobilya ve ev aksesuarı perakendeciliği alanında faaliyet gösteren ilk ve en büyük mağazalar zinciridir. Tepe Home mağazalarında mobilya ve ev aksesuarı olmak üzere iki ana grup altında değişik beğenilere hitap eden çeşitli tasarımlarda ve geniş fiyat aralıklarında olmak üzere binlerce çeşit ürün müşterilerin hizmetine sunulmaktadır.

## Proje Tanıtımı

Tepe Home'un Bilkent mağazasında, mağaza içi teşhir yönetimine yardımcı bir karar destek sisteminin eksikliği hissedilmekte ve dolaylı olarak Tepe Home'un satışları teşhir yönetiminin yetersizliğinden etkilenmektedir. Mağazalarda teşhir ürünlerinin sergilenmesinde belli bir standardın izlenmesi, ürünlerin diziliminde belli stratejiler geliştirerek müşteri dikkatinin yüksek tutulması amaçlarını güden proje, yeni bir karar destek sistemi önermektedir.Bu projenin amacı, teşhir yönetimi için hızlı ve kullanıcı dostu bir karar destek sistemi tasarlamak, böylelikle şirkete inovatif ve verimlilik arttırıcı yeni bir teşhir yönetimi perspektifi kazandırmaktır. Bu yeni sistem, mağazanın sahip olduğu ürün özelliklerini ve raf bilgilerini alarak ürünlerin yerleştirilmeye en uygun olduğu rafı gösteren, çok amaçlı sırt çantası modeli şeklinde çalışmaktadır.Bu çalışma sonucunda, Tepe Home Bilkent mağazasındaki satışlarda yüksek oranda bir artış beklenmektedir.

Tepe Home, 1977 yılında kurulan, mobilya ve ev aksesuarları üretimi ve perakendeciliği alanında faaliyet gösteren bir Bilkent Holding firmasıdır.Tepe Home ülke çapında 34 şube ve toplamda 110.000 metrekare satış alanına sahiptir.

Projenin ele aldığı temel problem: *"Tepe Home mağazalarının mağaza içi teşhir dizaynında belli bir standardın olmayışı, ürün diziliminde bazı stratejilerin uygulanamaması."*

Tepe Home, ülke çapında birçok mağazaya sahip olduğundan, belirli bir mağaza teşhir sisteminin oluşturulabilmesi için matematiksel modele dayalı bir karar destek sistemine ihtiyaç duyulmuştur.

Tepe Home mağazalarında halihazırda kullanılan bir mağaza-içi teşhir dizayn sistemi bulunmamaktadır. Her şubenin mağaza görevlileri kendi inisiyatiflerini kullanarak mağaza-içi teşhir ürünlerini düzenlemektedir. Mağaza-içi teşhir stratejisinin bu şekilde belirlenmesi kısa vadede kullanışlı olup, uzun vadede bazı problemlere yol açmaktadır. Mağaza ürünlerinin uzun süre aynı noktada aynı şekilde sergilenmesi müşterinin ürünlere ilgisini düşürmekte; ürün yerleşimlerinin takibinin yapılamaması, çalışanların ürün yerleştirmelerinde yaptığı değişikliklerden yönetim birimlerinin habersiz kalması teşhir dizayn stratejilerinin etkisiz ve kontrolsüz olmasına yol açmaktadır.

Tepe Home'un ilk ve merkez şubesi olan Tepe Home Bilkent şubesi projenin uygulama merkezidir. Bilkent şubesinde yapılan ölçümlerden yola çıkılarak matematiksel modele dayalı bir karar destek sistemi oluşturulmuş, bu sayede

mağaza içi teşhir dizayn stratejisinin belirlenmesi ve ürün yerleştirmelerinin takibi uygulanmıştır.

Yeni bir ürünün sisteme tanıtılması ile birlikte başlayan süreç, karar destek sistemi aracılığıyla ürünün konulacağı yer seçeneklerini belirlemekte, aynı kategoriden(mutfak, banyo, vb.) ürünleri, çevresindeki ürünlerle uyumunu maksimize edecek şekilde yerleştirmektedir.

Tepe Home tarafından tavsiye edildiği üzere, projenin hedef ürün grubu mobilya grubu dahil edilmeyerek, ev aksesuarları grubuyla sınırlandırılmıştır. Tepe Home ev aksesuarları birtakım markalar dahilinde satışa sunulmaktadır. Bu tip markaların ürünleri aynı bölgede dağılmadan sunulmak durumunda olduğu için, karar destek sisteminde bir bütün olarak yer almaktadırlar.

Projenin karar destek sistemiyle elde edilen yerleştirme biçimi, mağaza içi ürün yerleştirmesinin dinamik bir şekilde sık sık gözden geçirilmesini, yeni ürün grupları geldiğinde görsel bütünlüğün korunabilmesini, ve bu sayede müşteri ilgisinin maksimum düzeyde tutulabilmesini sağlamaktadır.

Tepe home şirketinin bize projede kullanmak üzere vermiş olduğu ve içinde 100 ürünün çeşitli bilgileri ile bulunduğu listeyi kullanarak, modelde bir uygunluk tablosu çıkarttık. Tabloda 24x24 bir matris kullandık. Her aldığımız ürün için 10 üzerinden olacak şekilde ve hemen iki yanında bulunacak olan ürünlere uyumlu olmasını göz önüne alarak puan verdik. Az ilişkili ise 1-5, çok uyumlu ise 5-10 arasında puan verdik ve tabloyu çıkarttık.

Modelin geliştirilmesi sürecinde modelin amacını kullanıcıya rafta yerini belirlemek istediği ürünü, ürünün etrafında bulunacak diğer ürünlerle uyumlu ve ilişkili olacak yeri tayin etmesi olarak belirledik. Ele alınan önemli noktalar ise: rafların kapasitesi,hangi ürünün hangi ürün ile yerleştirilirse uyumlu olabileceği, müşterilerin ürünlere olan istek ve eğilimi idi.

*Rafların kapasitesi:* Bu süreçte veri olarak ürünlerin genişlik, uzunluk ve derinlik olarak girdileri ölçüldü ve onlar kullanıldı. Bunun amacı ise mümkün olan en optimize yol ile raflara ürünleri yerleştirmekti. Model de bu amacı ön alarak oluşturuldu.
*Ürünlerin Uyumluluğu:* Uyumluluk tablosu 16 alt katogori oluşturularak yapıldı ve oluşturma aşamasında üst kısımda da açıklanan 1-10 arasında puan verilmesi metodu kullanıldı.
*Müşteri Algısı:* Modelde iki ana değişken ürünlerin görünürlüğü ve ürünlerin çevresindeki diğer ürünlerle olan uyumluluğu olarak belirlendi. Satışları artırması beklenen bu iki ana değişkenin kullanıldığı projede,

değişkenlerin etkilerini ölçmek için anket gerçekleştirdik. Ankette sorular 3 alan üzerine yönelmişti ve bunlar sırasıyla:

- Spontane gelişen bir alışverişte ortalama müşteri alışkanlıkları,
- Müşterilerin alınacak ürünle ilişkili olabilecek ürünlere tercih gösterip göstermediği,
- Müşteri ihtiyacı olmasa dahi ilişkilendirilen diğer ürünlere yönleniyormu?

şeklinde idi.

Raflar kendi görununürlüğü oranlarına sahip şekilde düşünüldü çünkü dönem başında çıkarılmış olan bir sıcaklık haritası ile, göz seviyesi raflarda aynı lokasyonda olmalarından daha yüksek görünürlük skor alacak şekilde ayarlandı.

Modelin temel amacı; satış artışını ve kar marjını en yüksek şekilde arttırıcak fazla satış payı olan ürünleri, kendilerine uygun eşleşmiş ürünlerle, yüksek görünürlük skoru olan raflara yerleştirebilmektir. Böylelikle, kar marjını yükselticek ürünler yanlarına konulan ürünlerin de müşteriler tarafından farkedilmesini sağlamakla birlikte, tasarlanan uygun kombinlerle toplamda her iki ürünün de satış oranını arttırmaktadır.

Modelde kullanılan belli parametreler şunlardır: ürünlerin satış oranı, rafların görünürlük puanları, ürünler arasındaki uyumluluk puanı, ürünlerin boyu, eni ve uzunluğu, rafların boyu, eni ve uzunluğu. Karar değişkenlerimiz ise; bir ürünün belirlenmiş bir rafa konulup konulmadığıyla, iki ürünün belli bir rafta yanyana konulup konulmadığı olmuştur.
Modelimiz, ürünlerin en uygun raflara yerleşimini ve en uygun ürünlerle kombine edilmesini sağlamaktadır. Objektif fonksiyonumuz, çok amaçlı sırt çantası modelinden esinlenilmiştir. Objektif fonksiyonda kullanılması adına, kullanıcı algısını ve iki farklı objektifimizin önem ağırlıklarını belirlemek için bir anket gerçekleştirildi. 100 kullanıcıya onların alışveriş alışkanlıklarıyla ilgili sorular soruldu. Sorulan sorular, spontane bir şekilde akıllarında olmayan ancak uygun görünür yerlere konulmuş ürünleri satın alma sıklıklarıyla alakalıydı.
Sonuçlara göre müşterinin %45 oranında uyumlu ürünlere ve %55 oranında görünür ürünlere kayabildiği ve satın alma sürecini gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

CPLEX solver programıyla elde edilen çıktılar ürünlerin uygun raflara diziliminin şematik bir göstermesi şeklinde olmuştur. Örnek olarak alınan 24 ürünlük bir şematik gösterim aşağıda verilmiştir.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Shelf 1: | Çay bardağı | Su bardağı | Amerikan servis | | | | |
| Shelf 2: | Likör bardağı | Rakı bardağı | Şarap kadehi | | | | |
| Shelf 3: | Sampler mum | Mumluk | Tart mum | | | | |
| Shelf 4: | Kupa | Kitap ayracı | Dekoratif obje melek | Dekoratif obje yıldız | Elbise askısı | Sabunluk | Banyo kovası |
| Shelf 5: | El havlusu | Bıçak seti | Sahan | | | | |
| Shelf 6: | Çiçek | Duvar saati | Noel Baba | Yılbaşı çizmesi | | | |

# Yerel Market Zincirleri İçin
# Baz Satış Tahminleme Süreci

## Unilever

**Proje Ekibi**
Alp Er Tunga Altınsoy
Alpaslan Canlı
Büşra Kargın
Aslı Nur Peker
Onur Sarı
Sinan Türkmen

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışman**
Didem Çolpan
Unilever, Talep Planlama Uzmanı

**Akademik Danışman**
Prof. Dr. Ülkü Gürler
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Unilever, dünyanın önde gelen hızlı tüketim ürünleri şirketlerinden biri olup, ev bakımı, kişisel bakım, yiyecek ve yiyecek çözümleri kategorilerinde Omo, Elidor, Algida, Knorr gibi bilinen pazar lideri birçok markanın sahibidir. Türkiye pazarına 1952'de giren şirketin şu an Türkiye genelinde sekiz adet fabrikası ve 5363 çalışanı bulunmaktadır. Ürünlerini 35 farklı ülkeye ihraç eden şirketin 2012 cirosu 3.5 milyar TL'dir. Müşterilerine, Ulusal, Nakit ile Toptan Satış Mağazaları, İndirimli Satış Mağazaları, Dağıtımcı, Kozmetik Mağazaları ve Yerel Satış olmak üzere altı farklı kanal aracılığıyla ulaşmaktadır. Bu süreç Tedarik Zinciri ekibi tarafından, portföy seçimi, planlama, hammadde yönetimi, üretim, dağıtım ve servis seviyesi olmak üzere altı başlıkta gruplandırılarak yönetilmektedir.

## Proje Tanıtımı

Unilever, genel merkezleri Londra ve Rotterdam'da bulunan çok uluslu bir tüketim ürünleri şirketidir. Yiyecek, içecek, temizlik ve kişisel bakım ürünleri alanında hizmet veren Unilever'in toplamda 400'ün üzerinde markası bulunmaktadır. Türkiye'de faaliyetlerine 1952 yılında başlayan Unilever, dünyanın önde gelen tüketim ürünleri şirketlerinden biri olarak önce çıkmaktadır.

Bu projenin içeriğindeki en önemli problem, Unilever'in yerel marketler zincirlerinin baz tahminleme süreçlerindeki eksikliklerdir. Yapılan tahminleme sürecini takiben ürünlerin yerel marketlere yeteri miktarda tedariğinin sağlanamaması, müşteri memnuniyetsizliği, envanter fazlalığı veya azlığı, ürünlerin üretimi esnasında gelecek dönemlere ait talep tahmin verilerinin tutarsızlığı ve bu sebeple tedarik edilmesi gereken hammadde miktarındaki belirsizlikler, Unilever'in ve proje ekibinin proje çalışması esnasında gözlemlediği problemlerdir. Unilever, bu problemleri ortadan kaldırmak amacıyla yerel marketler zincirlerinin baz tahminleme süreçlerinde iyileştirmeye gidilmesini uygun görmüştür. Bu doğrultuda, birçok ürün grubu ve yerel marketler zincirleri arasından Sana Mutlu Aile Paketleri, LYL 100, Omomatik 5000, Domestos TB 810 ürün grupları ve Altun, Çağrı, Mopaş, Yeni Çağdaş, Gimsa gibi yerel marketler zincirleri proje kapsamına dahil edilmiştir. Bu seçimde, her bir ürün grubunun farklı ürün ailelerinden olmasına dikkat edilmiştir. Böylelikle, farklı satış davranışlarına sahip ürünlerin incelenmesi ve ileriki dönemlerde Unilever'in elinde farklı satış davranışlarına sahip ürünlere yönelik baz satış tahminleme yöntemlerinin olması amaçlanmıştır. Yerel marketler zincirlerinin seçimi aşamasında ise her yerel market zincirinin pazardaki payı dikkate alınmıştır. Bu yolla, projenin Unilever'e olan katkısının en üst seviyede olması amaçlanmıştır. Tablo 1.'de, seçilen yerel marketler zincirlerinin toplam pazardaki payı görsellenmiştir:

Tablo 1. Proje kapsamındaki yerel marketler zincirlerinin ciro bazlı pazar payları

| BÖLGE | MÜŞTERİ ADI | PAZAR PAYI(CİRO) |
|---|---|---|
| ISTANBUL | ALTUN GIDA | 7.01% |
| ISTANBUL | ÇAĞRI GIDA | 5.95% |
| ANKARA | YENİ ÇAĞDAŞ | 4.56% |
| ISTANBUL | MOPAŞ | 3.95% |
| ANKARA | GİMSA | 3.89% |

Proje süresince üzerinde çalışılması gereken ürün grupları ve yerel marketler zincirleri belirlendikten sonra, kaynak taramaları sonucunda Hampel's Method(Sushree Swarupa Tripathy vd.,2013), Tukey's Box Plot Method (Songwon Seo, 2002) ve Hidden Markov Model yöntemleri anomali

(promosyon) etkilerini tespit etmede ve promosyonlu satış değerlerinin baz satış seviyesinse indirgenmesinde kullanılmıştır. Scatter Method ve Sliced Intervals Method ise kendi çalışmalarımız sonucunda ürettiğimiz yöntemlerdir. Bu yöntemler sonucunda promosyon etkisinden temizlenmiş ürün gruplarına ait satış verileri, ARIMA ve Moving Average gibi tahminleme yöntemlerine girdi olarak kullanılarak gelecek senelere ait tahminleme sonuçları elde edilmiştir.

Proje süresince kullanılan yöntemler iki başlık altında toplanmıştır: Anomali tespiti ve Tahminleme yöntemleri. Bu yöntemler iki grup halinde detaylıca açıklanacaktır.

*Hampel's Method:* Frank R. Hampel'in bulduğu ve adını verdiği Hampel's Method'un çalışma prensibi sırasıyla aşağıda açıklanmıştır:
-Veri grubunun medyan değeri hesaplanır ve Me olarak adlandırılır. Her 'i' zaman aralığındaki veri (Xi) için Me değerinden sapma değeri hesaplanır ve Ri olarak adlandırılır.
-Ri değerlerinin mutlak değeri hesaplanır ve bu değerlerden yeni bir $|R_i|$ kümesi oluşturulur. $|R_i|$ kümesinin medyanı hesaplanır ve A olarak adlandırılır. Eğer $|R_i|>4.5*A$ ise, Xi değeri anomali olarak tespit edilir. Bu değer, 3*(tüm veri değerlerinin ortalaması) 'na indirgenir.

*Tukey's Boxplot Method:* John Tukey'in bulduğu ve adını verdiği Tukey's Boxplot Method'un çalışma prensibi sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.
-Verilerin 1. çeyreklik değeri Alt Kontrol Sınırı (AKS) olarak, 3. çeyreklikle 1. çeyreklik değerleri arasındaki farkın 1.5 katı ise Üst Kontrol Sınırı (ÜKS) olarak adlandırılır.
-ÜKS değerinden büyük verilerin ÜKS değerine indirgenmesi. AKS değerinden küçük değerlerin AKS değerine çekilmesi.

*Hidden Markov Model:* Leonard E. Baum tarafından tasarlanan Hidden Markov Model'ın MATLAB programındaki fonksiyonları kullanılarak promosyon verileri tespit edilmiştir. Hmmestimate fonksiyonu ile baz satış ve promosyon satış değerleri arasındaki geçiş olasılıkları, hmmtrain fonksiyonu ile geçiş olasılıklarının en muhtemel halleri ve eldeki verinin olasılık yoğunluk fonksiyonu, hmmviterbi fonksiyonu ile her veri baz satış verisi veya promosyon verisi olarak adlandırılmıştır. Promosyon verisi olarak adlandırılmış veriler, verilerin ortalama değerine indirgenmiştir. Diğer değerler üzerinde ise herhangi bir işlem yapılmamıştır.

*Scatter Plot Yığılım Modeli:* Bu model anomalileri tespit edebilmek amacıyla ekibimiz tarafından modellenmiş olup çalışma prensibi aşağıdaki gibidir:
- Veriler üç yıllık geçmiş satış verisi olarak sıralanır ve bu satışların her bir yılı için verilerin Scatter Plot diyagramında gösterimi alınır.

- Satış verilerinin miktar olarak en çok hangi aralıkta dağılım gösterdiği belirlendikten sonra bu dağılım aralığı olasılık olarak bir sonraki zaman aralığında en fazla satışın gerçekleşeceği bölge olarak belirlenir.
- Bu belirlenen aralık dışındaki veriler anomali olarak işaretlenir ve bu değerler sistemden elimine edildikten sonra yeni satış ortalamalarına göre bir sonraki yılın yüksek ihtimalli baz satışı hesaplanır.

*Sliced Interval Modeli :* Bu model prensip olarak Scatter Plot Yığılım modeline göre çalışsa da verilerin aralığını hesaplamada yöneylem modeline göre hareket edip en yüksek dağılımın bulunduğu en küçük aralığı tespit eder ve son kullanıcıya bu sonucu en yüksek ihtimalli olarak döndürür. Kullanıcı bir sonraki yıldaki satışı bu tespit edilen aralığa göre tespit eder.

Matematiksel yöntemler sonucu elde olan haftalık satış verileri temizlenip tahminleme işlemi tamamlandıktan sonra, yapılan çalışmanın yeterliliği konusunda bir sonuç elde etmek amacıyla, geçerleme safhasına geçilmiştir. Bu sebeple, tahminleme yapıldıktan sonra tahminlemeye ait hata oranını veren MAPE yöntemi ile yapılan tahminlemenin ne kadar hata içerdiği Unilever'in MAPE oranlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu aşamada kullanılan MAPE yöntemi, gerçek MAPE yönteminden farklıdır. Geçmiş dönemlere ait gerçek baz satış değerlerine ulaşılamadığı için, bu değerler yerine geçmiş dönemlere ait verilerin anomali tespit yöntemleriyle temizlenmiş hali kullanılmıştır:

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Baz\ Satış\ Seviyesine\ İndirgenmiş\ Veri - Tahminleme\ Değerleri}{Baz\ Satış\ Seviyesine\ İndirgenmiş\ Veri}\right|$$

Her ürün grubu ve yerel marketler zincirleri için anomali etkilerinin giderilmesi ve tahminleme sürecinin tamamlanmasından sonra hesaplanan MAPE değerleriyle Unilever'in MAPE değerleri karşılaştırılmış, her ürün grubu ve yerel marketler zincirlerinde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Anomali etkilerinin giderilmesi ve tahminleme süreci için birden fazla matematiksel yöntem kullanılması sebebiyle, her ürün grubu ve yerel marketler zinciri için en az MAPE değerini veren eşleşmeler Tablo 3.'te gösterilmiştir:

Tablo 3. Her ürün grubu ve yerel marketler zinciri için elde edilen en uygun yöntemler

| FU | LMT | CLEANING METHOD | FORECASTING METHOD | MAPE |
|---|---|---|---|---|
| SANA MUTLU AİLE PAKETLER | E4531 ALTUN GIDA -TR | TUKEY's BOX PLOT | MA(4) | 2,973699 |
| SANA MUTLU AİLE PAKETLER | E4529 ÇAĞRI GIDA -TR | HAMPEL's | ARIMA | 0,517069 |
| SANA MUTLU AİLE PAKETLER | E4528 MOPAŞ -TR | SLICED INTERVALS METHOD | MA(4) | 0,456656 |
| SANA MUTLU AİLE PAKETLER | E4541 GİMSA İNŞ. -TR | HAMPEL's | MA(4) | 0,289909 |
| SANA MUTLU AİLE PAKETLER | E4542 YENİ ÇAĞDAŞ -TR | HAMPEL's | MA(4) | 0,338226 |
| LYL 1000 | E4531 ALTUN GIDA -TR | HAMPELL | MA(4) | 0,43224 |
| LYL 1000 | E4529 ÇAĞRI GIDA -TR | SLICED INTERVALS METHOD | MA(4) | 0,185316 |
| LYL 1000 | E4528 MOPAŞ -TR | HAMPEL's | ARIMA | 0,579551 |
| LYL 1000 | E4541 GİMSA İNŞ. -TR | HAMPEL's | MA(4) | 0,131392 |
| LYL 1000 | E4542 YENİ ÇAĞDAŞ -TR | TUKEY's BOX PLOT | ARIMA | 1 |
| OMOMTK 5000 | E4531 ALTUN GIDA -TR | HAMPEL's | MA(4) | 0,44815 |
| OMOMTK 5000 | E4529 ÇAĞRI GIDA -TR | HAMPEL's | MA(4) | 0,473174 |
| OMOMTK 5000 | E4528 MOPAŞ -TR | HAMPEL's | MA(4) | 1,105881 |
| OMOMTK 5000 | E4541 GİMSA İNŞ. -TR | SLICED INTERVALS METHOD | MA(4) | 0,201092 |
| OMOMTK 5000 | E4542 YENİ ÇAĞDAŞ -TR | HAMPEL's | ARIMA | 0,503744 |
| DOMESTOS TB 810 | E4531 ALTUN GIDA -TR | SCATTER | MA(4) | 0,308093 |
| DOMESTOS TB 810 | E4529 ÇAĞRI GIDA -TR | SCATTER | MA(4) | 0,340863 |
| DOMESTOS TB 810 | E4528 MOPAŞ -TR | SCATTER | MA(4) | 1,18198 |
| DOMESTOS TB 810 | E4541 GİMSA İNŞ. -TR | HAMPEL's | MA(4) | 0,518857 |
| DOMESTOS TB 810 | E4542 YENİ ÇAĞDAŞ -TR | HAMPEL's | ARIMA | 0,370053 |

Projenin kapsamındaki matematiksel yöntemlerin uygulanması sonucunda, tahminleme süreçlerinde elde edilen iyileştirmeler, şirketin gelecek dönemlerde, geçmişte yaşadığı tedarik zincirindeki problemleri ortadan kaldırmaya yöneliktir. Bu yönde yapılan çalışmalar, bizzat şirketin takdirini kazanmış ve uygulanması konusunda hemfikir olunmuştur.

## Kaynakça

Songwon Seo (2002), “A Review and Comparison of Methods for Detecting Outliers in Univariate Data Sets”

Sushree Swarupa Tripathy, Rajiv Kumar Saxena, Prabhat Kumar Gupta (2013) ,“Comparison of statistical methods for outlier detection in proficiency testing data on analysis of lead in aqueous solution”

# Personel Maliyetleri Eniyilenmesi

# Yunus Marketler Zinciri

**Proje Takımı**
Nazlı Esen
Merve Kuşdoğan
Sezen Nihal Salyador
Asım Suyabatmaz
Aslı Şenel
Canan Ökten

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

**Şirket Danışmanları**
Zeki Doğan, Genel Koordinatör
Gamze Yıldırım, İnsan kaynakları Uzmanı
Hasan Ali Pektaş, Çakırlar Mağazası Müdürü

**Akademik Danışmanlar**
Dr. Semih Ergür
Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Firma Tanıtımı**

Bir aile şirketi olarak ticari geçmişi 1989 yılına dayanan Yunus Market İşletmeleri Tic.
A. Ş.'nin "Yunus Marketler Zinciri" markasıyla perakende sektörüne girişi 1995 yılındadır. Ankara merkezli olarak Ayhan ailesi tarafından kurulan Yunus Marketler Zinciri asıl büyüme trendini 1998 yılında hizmete açtığı Etimesgut mağazasıyla yakalamıştır. 18 yıllık süre zarfında Türkiye genelinde 68 şubesi, 53.000 m² satış alanı, 5.600 m² depolama alanı, 300'ün üzerinde kasa sayısı ve 2000'in üzerinde çalışanıyla sektöründe söz sahibi bir marka haline gelmiştir.

## Proje Tanıtımı

Projenin amacı personel maliyetlerinin düşürmek ve işçi giriş çıkış oranlarını önceden öngörebilecek bir sistem oluşturmaktır. Personel maliyetlerinin eniyilenmesi, personel ulaşım maliyetlerinin analizi ve işçi giriş çıkış oranının kontrolünü içeren proje kapsamında altı farklı çözüm yolu izlenmiş ve proje sonunda şirkete amaca yönelik üç sonuç sunulmuştur. Personel maliyetlerinin düşürülmesi için mevcut sistem Arena yazılımında benzetilerek OptQuest aracıyla eniyilenmiş personel maliyeti bulunmuştur. Bununla beraber aynı amaca yönelik bir sezgisel yaklaşım tasarlanmış ve Java dilince kodlanmıştır. Şirketin kullanımı için metamodel tasarlanmış ve çözüm yolu olarak şirkete sunulmuştur. Personel giriş çıkış oranlarının kontrolü için regresyon ve tek yönlü anova analizi yapılmıştır. Aynı amaca yönelik yapay sinir ağı modeli tasarlanıp Matlab dilinde kodlanmıştır. En iyi validasyon oranını veren yapay sinir ağı modeli şirkete çözüm yolu olarak sunulmuştur. Personel ulaşım maliyetlerinin analizi için dış kaynak kullanımı araştırılmıştır. Şirketin ulaşım için kullandıkları mevcut sistemin dış kaynak kullanımından en azından kısa sürede daha az maliyetli olduğuna karar verilmiştir. Şirkete çözüm yolu olarak şu an kullandıkları sistemin dış kaynak kullanımından daha düşük maliyetli olduğu sonucu sunulmuştur.

Gerekli personel sayısı geleneksel yöntemler ile belirlendiği için olması gereken en iyi durum gözlenememektedir. Bu sebepten dolayı müşteriler kasada veya ilgili reyonlarda fazla beklemekte ya da bu reyonlarda çalışan kişiler uzun süre boş kalmaktadırlar. Vardiya saatleri ve marketteki müşteri yoğunluğunun fazla olduğu saatler örtüşmediğinden dolayı, mevcut sistemde ciddi verimsizlikler oluşmaktadır.

Aynı zamanda personel değişim oranın çok yüksek olması ve personellerin çalışma sürelerinin öngörülememesinden dolayı beklenmeyen zamanlarda personel açığı meydana gelmekte ve müşterilerin talebine cevap verilmesi güçleşmektedir.
Ulaşım kalemi gün içinde hem siparişleri dağıtmak hem de vardiyadaki personellerin ulaşımını sağlamak için kullanıldığından maliyeti arttıran bir sorun olarak gözlemlenmiştir.

Eniyilenmiş personel sayılarını bulmak için gerçek sistem Arena Programı kullanarak simüle edilmiştir. Modelin daha gerçekçi verilere dayanması ve müşterilerin mağaza içerisindeki hareketlerini daha gerçekçi bir şekilde simüle edebilmek için rastgele seçilen 5 kasanın 30 günlük fiş dökümlerine bakıldı. Öncelikle bu veriler 5 ana departman olan kasap, şarküteri, manav, orta reyon ve fırın için ayrı ayrı incelendi. Bu departmanlara uğrayan müşteri sayılarının günlük ortalama değeri hesaplandı. Örneğin; ilk durağı fırın olan müşterinin market içi rota dağılım olasılığı aşağıdaki şekilde hesaplandı:

K = (Fırına ve kasaba aynı alışverişte uğrayan toplam müşteri sayısı) / (Fırına uğrayan toplam müşteri sayısı)
Ş = (Fırına ve şarküteriye aynı alışverişte uğrayan toplam müşteri sayısı) / (Fırına uğrayan toplam müşteri sayısı)
O = (Fırına ve orta reyona aynı alışverişte uğrayan toplam müşteri sayısı) /
(Fırına uğrayan toplam müşteri sayısı)
M = (Fırına ve manava aynı alışverişte uğrayan toplam müşteri sayısı) / (Fırına uğrayan toplam müşteri sayısı)
KK = (Fırına uğradıktan sonra marketi terk eden toplam müşteri sayısı) / (Fırına uğrayan toplam müşteri sayısı)

*Müşteri Rota Dağılımı:* DISC(K , Kasap , K+Ş , Şarküteri , K+Ş+O , OrtaReyon , K+Ş+O+M , Manav , 1 , Kasap)

Yukarıdaki işlemler 255 rota kombinasyonu için ayrı ayrı hesaplandı. 8.00-12.59, 13.00-17.59, 18.00-22.00 olmak üzere 3 ayrı zaman diliminde inceleme yapıldı ve müşteri rota dağılımları bu saat dilimlerine göre analiz edildi. Bu aralıklar veriler incelenerek ortak dağılımların gözlemlendiği zaman dilimleri bulunarak belirlendi. Bu sayede sabah gelen müşterilerin dağılımları daha çok fırın ve orta reyon iken akşam gelenlerin kasap ve manava uğradığı tespit edildi ve sistem gerçeğe yaklaştırıldı.
Validasyonlar kasadaki sıra uzunluğu, departmanlara uğrayan kişi sayıları ve gelen müşteri sayıları üzerinden yapıldı.

ARENA'nın OptQuest aracını kullanarak alternatif senaryolar arasından en iyi sonuç bulundu. Bu programda kontrol değişkenleri tam zamanlı ve yarı zamanlı çalışan sayıları olarak atandı. Model yarı zamanlı yeni çalışan almayı ya da tam zamanlı çalışanları işten çıkartmayı hedefleyen senaryoları inceledi. Sistemin bazı gerekliliklerini korumak için müşteri dağılımları, kasa veya diğer departmanlardaki maksimum sıra uzunluğu, kasa çalışanlarının maksimum sayısı gibi 33 tane kısıtlama belirlendi. OptQuest'ten elde edilen sonuca göre 1 aylık personel maliyetinde %21,15 gelişme elde edildi. Şirketin bütün şubeler için 1 yıllık toplam personel maliyeti 45.693.000 TL iken, optimizasyondan sonra maliyette 7.767.810 TL düşüş gözlemlenmiştir. Ayrıca en iyilenmiş personel sayıları aşağıdaki tablodaki gibidir.

| | Mevcut Sistem | | Eniyilenmiş Sistem | |
|---|---|---|---|---|
| | Tam Zamanlı | Yarı Zamanlı | Tam Zamanlı | Yarı Zamanlı |
| Manav 1. Vardiya | 3 | 0 | 1 | 2 |
| Manav 2. Vardiya | 2 | 0 | 1 | 3 |
| Şarküteri 1. Vardiya | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Şarküteri 2. Vardiya | 3 | 0 | 2 | 0 |
| Orta Reyon 1. Vardiya | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Orta Reyon 2. Vardiya | 7 | 0 | 3 | 1 |
| Kasap 1. Vardiya | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Kasap 2. Vardiya | 2 | 0 | 2 | 0 |
| Fırın Tezgah 1. Vardiya | 2 | 0 | 2 | 0 |
| Fırın Tezgah 2. Vardiya | 2 | 0 | 2 | 0 |
| Fırın Mutfak 1. Vardiya | 4 | 0 | 4 | 0 |
| Fırın Mutfak 2. Vardiya | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Kasa 1. Vardiya | 3 | 0 | 1 | 3 |
| Kasa 2. Vardiya | 5 | 0 | 1 | 3 |

Maliyeti en aza indiren aynı zamanda verimliliği en fazlaya çıkaran uygulanabilir çalışan sayısını bulmak için sezgisel model geliştirildi. Sezgisel modelin amacı tam zamanlı çalışanların verimlilikleri düşünülerek sayılarına karar verilmesi ve müşteri talebinin karşılanamadığı en yoğun zaman dilimlerinde yarı zamanlı çalışanlar atanmasıdır.

Bazı yasal kısıtlamalar göz önünde bulundurularak günlük çalışma saatlerini düzenleyen olası 8 senaryo oluşturuldu. Müşterilerin gideceği yerler ve harcadıkları zamanlar tutuldu. Müşteri mağazaya ilk girdiğinde hangi departmana gideceğini içeren dağılım dosyası oluşturuldu. Her saatteki talebe göre müşteri oluşturuldu ve uğrayacakları departmanlar önceden belirlenen dağılımlara göre belirlendi. Bu işlem 8.00-12.59, 13.00-17.59, 18.00-22.00 olarak belirlenen 3 ayrı saat aralığı için tekrarlandı.

Eğer müşteri uğramak istediği departmana vardıysa, 3 koşul göz önünde bulunduruldu. Bunlardan birincisi eğer müşteri reyona yeni gelmişse eleman çağırmadan harcayacağı zamanı geçirir. Sonuncu koşul ise eğer müşteriye bir eleman atandıysa ve işlem süresini tamamladıysa gideceği yeni reyon belirlenir. Bu işlemler 8 vardiya çeşidinin her biri için 10 farklı şekilde tekrarlanıp en iyi dağılım bulundu. Çalışanların kullanım oranı hesaplandı ve 25%'den az olanlar sistemden çıkarılacak potansiyeller olarak belirlendi. Kullanımı bu sınırın altına düşenler çıkartıldı. Kullanımı 25% olarak belirlenen sınırı geçen part-time elemanlar kalıcı olarak eklendi.

Çakırlar Şubesi için aylık toplam personel maliyeti 72.068 TL'dir. Arena Modeli'nden elde edilen sonuç 17.1%'lik bir iyileştirme sağlamış olup maliyeti 60.197 TL'ye düşürmüştür. Sezgisel Model'den elde edilen sonuç

ise 15.2%'lik bir iyileştirme olup maliyeti 61.051 TL'ye düşürmektedir. Sezgisel Model bize uygulanabilir bir sonuç sağlarken Arena'nın en iyi sonuçları vermesinin yanı sıra daha iyi bir iyileştirme yüzdesine sahip olduğu için uygulama aşamasında Arena Modeli'nden elde edilen sonuçların sisteme uygulanmasına karar verildi.

Metamodel yaklaşımı gerçek sistemlerin girdi ve çıktılarının arasındaki ilişkiyi veren matematiksel ilişkidir. Bu yöntem sayesinde şirket eniyileme çalışması yapılan pilot mağaza dışındaki mağazalarının performanslarını ölçebilecek ve iyileştirme çalışmaları için aksiyon alabilecektir. Metamodel yaklaşımının sağlayacağı matematiksel formül belirlenen çıktıların değerlerini, yapılan hesaplamalar sonucunda girdilere atanan katsayılar ile birlikte belirlenen girdi değerlerine göre hesaplayacaktır. Elde edilen yerel metamodel MS Excel e entegre edildi.

Yunus Marketler Zinciri'nin personel değişim oranının yüksek olması, personel maliyetlerinin artmasına ve müşteri memnuniyetinin azalmasına neden olmaktadır. Bu soruna çözüm bulabilmek adına, birçok etkene bağlı olan çalışma sürelerinin tahminini yapacak olan matematiksel modellemeler yapılmıştır. En yüksek doğruluk oranı veren analiz şirkete sunulmuştur.

*Tek Yönlü Anova Analizi:* Personellerin işte kalma sürelerini etkileyen faktörlerin bu süreyi ne kadar etkilediğini görmek için yapılan bu model sonucunda; çıkan grafikler ve t-test ile alakalı p değerleri sonuçlarına göre bu etkenin, personelin işte kalma süresi üzerinde etkili olup olmadığına karar verildi. p-değeri eğer 0,05 ten küçükse, grupların ortalama değerleri birbirilerinden önemli ölçüde farklı demektir. Bu analiz sonucunda, faktörlerimiz sonuç değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip değil çıktı. Fakat tek yönlü anova analizi doğruluk derecesi açısından bizim modelimiz için çok güçlü bir analiz değildir.

*Regresyon Analizi:* Regresyon analizi, çalışma süresini etkileyen faktörlerin elde edilen denkleme girilmesi ile çalışma süresi tahmini yapılması için kullanılmıştır. Yapılan ilk analizin sonucuna göre; cinsiyet, sektörel deneyim, gelir düzeyi, medeni hal, yaş, eğitim düzeyi, görev, şube, işi bırakma sebebi etkenleri p-değerleri 0,05' ten büyük çıktığı için etkisiz olarak belirlendi. İlk analizin sonucunda, analizin ne kadar doğrulukla çalıştığı hakkında bilgi veren $R^2$ –adjusted değeri %6 bulundu. Yukarıdaki faktörler çıkarıldıktan sonra tekrar yapılan analizin sonucu olarak $R^2$ –adjusted değeri %3 bulundu. Bu nedenle, ilk model tercih edildi. Model validasyonu için 10 personelin verileri kullanıldı ve modelin %27 doğrulukla çalıştığı tespit edildi.

Yunus Marketler Zincirindeki işçi giriş çıkışı problemini iyileştirmek için yapay sinir ağı modeli geliştirildi. Bu modelle personel işçi giriş çıkış oranlarının düşürülmesi ve işçilerin işten ayrılma sürelerini öngörülmesi amaçlandı. Çıktılar belirlenen ay uzunluklarına göre 7 aralığa bölündü. Model iki kısımda kodlandı. Öğrenme kısmı da denilen birinci kısım bilgisayar verileri alarak, sorulan sorulara karşılık gelen eşlerine ayırdıktan sonra nöronları eğitiyor. Bu nöronlar her bir personel için yapılmış soruların cevaplarına karşılık atandığı sınıfların sonucunda elde edilen değerleri saklıyor. Test kısmı da denilen kodun ikinci kısmı öğrenilen girdilerin önceden tanımlanan aralıklara ait olup olmadığını test ediyor. Modelin validasyonu test kısmında tanımlanan su değişkeniyle hesaplandı. Kodun gerçek hayatla ne kadar uyuşup uyuşmadığı 100 tane personelin özelliklerinin modelde denenmesiyle 87 tanesinin doğru çıktı aralığıyla eşleştirilebildiği görüldü. Regresyon ve tek yönlü anova analizleriyle kıyaslandığı zaman %87'lik başarı oranıyla çalışan yapay sinir ağı modeli çözüm yöntemi olarak şirkete sunuldu. Model için şirketin kullanabileceği bir arayüz oluşturuldu.

Personellerin ulaşım maliyetlerini düşürmek ya da iyileştirmek için dış kaynak kullanımı analiz edildi. Yaklaşık 30 farklı şirketle yapılan fiyat araştırması sonucu en iyi aylık ulaşım teklifi olan 250 TL'yi veren Kökçen Turizm'den ilgili sözleşme belgesi alındı. Teklif rotası Çakırlar şubesindeki 2 vardiya için işçilerin getirilmesi ve götürülmesi yollarını kapsıyor. Mevcut sistem 3 yıl sonunda şirkete 202,266TL'ye mal olurken, dış kaynak kullanımı 270,000TL'ye mal oldu. Yapılan işlemler sonucunda mevcut sistemin en azından kısa dönemde dış kaynak kullanımına göre daha uygun maliyetli olduğuna karar verildi.

## ŞİRKET YETKİLİSİNDEN TEŞEKKÜR MESAJI

Yunus Marketler Zincirinden;

Yunus Marketler Zinciri 20 yıldan beri Türkiye genelinde 75 şubesi, 300'ün üzerinde kasa sayısı ve 2000'in üzerinde çalışanıyla sektöründe söz sahibi bir markadır. Bu süre zarfında mevcut ve yeni açılan şubelerindeki personel istihdamını geleneksel yöntemlerle sağlamıştır.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Öğrencileri ve akademisyenlerinin katkıları ile personel maliyetlerini düşürmek ve işçi giriş çıkış oranlarını önceden öngörebilmek için bir sistem oluşturulmuştur. "Personel Maliyetleri Eniyilenmesi"adını taşıyan bu proje sonunda pilot mağazamızda personel sayısı düşürülerek, personel maliyetleri minimize edilmiş; partime çalışma sistemine geçilerek müşterinin yoğun olduğu saatlerde yarı zamanlı personel takviyesi yapılmıştır. Bu sayede maliyetler en aza indirilirken, müşteri memnuniyetinde de bir azalma yaşanmamıştır.

Şirketimiz, çalışanlarımız ve müşterilerimiz için faydalı olduğuna inandığımız ve tüm şubelerimizde hayata geçireceğimiz bu projede, özverili çalışmalarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencilerini kutlar, şirketimiz çalışanları ile birlikte ortak gayret içinde bulunan bölüme ve akademik danışmanlara teşekkürlerimizi sunarız.

Zeki DOĞAN
Yunus Marketler Zinciri
Genel Koordinatörü