

**BİLKENT ÜNİVERSİTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜNİVERSİTE - SANAYİ/İŞ DÜNYASI
İŞBİRLİĞİ PROJELERİ
2012**

Derleyenler

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu

Prof. Dr. Selim Aktürk

Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara

Yeşim Erdoğan

Düzenleme Kurulu:

- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu *Bilkent Üniversitesi*
- Prof. Dr. Selim Aktürk *Bilkent Üniversitesi*
- Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara *Bilkent Üniversitesi*
- Yeşim Erdoğan *Bilkent Üniversitesi - USİM*
- Okan Dükkancı *Bilkent Üniversitesi*
- A. Gizem Özbaygın *Bilkent Üniversitesi*
- Başak Yazar *Bilkent Üniversitesi*

ISBN: 978-975-6090-74-9

BASKI: Meteksan Matbaacılık, Mayıs 2012.

Değerlendirme Kurulu:

- Yrd.Doç.Dr.Alper Şen *Bilkent Üniversitesi*
- Doç.Dr.Aslı Sencer *Boğaziçi Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Ayşe Kocabıykoğlu *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Ayşegül Altın *TOBB Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Ayşegül Toptal *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Banu Yüksel *Hacettepe Üniversitesi*
- Doç.Dr.Burçin Bozkaya *Sabancı Üniversitesi*
- Bülent Sönmez *Kulgi Danışmanlık*
- Canan Çakmakçı *Bilkent Cyberpark*
- Yrd.Doç.Dr.Canan Güneş Çorlu *Bilkent Üniversitesi*
- Prof.Dr.Ceyda Oğuz *Koç Üniversitesi*
- Prof.Dr.Çağrı Haksöz *Sabancı Üniversitesi*
- Doç.Dr.Deniz Özdemir *Yaşar Üniversitesi*
- Prof.Dr.Fulya Altıparmak *Gazi Üniversitesi*
- Dr.Hünkar Toyoğlu *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Kağan Gökbayrak *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Mahmut Ali Gökçe *İzmir Ekonomi Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Nagihan Çömez *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Önder Bulut *Yaşar Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Selçuk Gören *Kemerburgaz Üniversitesi*
- Prof.Dr.Serpil Erol *Gazi Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Sibel Salman *Koç Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Sinan Gürel *ODTÜ*
- Doç.Dr.Tonguç Ünlüyurt *Sabancı Üniversitesi*
- Dr.Utku Koç *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Yiğit Karpat *Bilkent Üniversitesi*

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-----|
| Önsöz----- | i |
| Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan----- | ii |
| Firmalardan Teşekkür Mektupları ----- | iii |
| Depo Tasarımı ve Sistem Geliştirilmesi A101 Yeni Mağazacılık A.Ş.----- | 1 |
| Ürün Gruplarının Sınıflandırılması ve Sipariş Verme Sisteminin İyileştirilmesi A101 Yeni Mağazacılık A.Ş.----- | 16 |
| AGV Teknolojisine Dayalı Montaj Hatları Malzeme Dağıtım Sistemi Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi ----- | 31 |
| Kalıp Atama Karar Destek Sistemi ve Uygulanması Arçelik Buzdolabı Makinesi İşletmesi ----- | 47 |
| Günlük Rotalama ve Karar Destek Sistemi Tasarımı Arolez ----- | 62 |
| Toz İçecek Ürünlerinin Kapasite ve Yıllık Üretim Planlaması Arolez ----- | 77 |
| Veri Yönetimi ve Madenciliği Sistem Tasarımı T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ----- | 90 |
| Ortak Depo için Malzeme Yenileme Sisteminin Tasarımı B/S/H Çamaşır Makinası Fabrikası ----- | 105 |
| Yerel Mağaza Zincirlerinde Ürünlerin Rafta Bulunabilirliğini Artırmak için Stok Yönetim Sisteminin İyileştirilmesi Coca-Cola İçecek A.Ş.----- | 121 |
| MIT İş Tasarımı ve Uyarlaması Coca-Cola İçecek A.Ş.----- | 137 |
| TPM Uygulamaları ve Veri İzleme Sistemi Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş.----- | 152 |

| | |
|--|-----|
| Toplam Üretken Bakım ve Yedek Parça Envanter Kontrolü Yönetimi Durukan Şekerleme Sanayi ve Ticaret A.Ş. ----- | 166 |
| İhraç Ürünlerinin Satış Tahmini Durukan Şekerleme Sanayi ve Ticaret A.Ş. ----- | 181 |
| Depo Faaliyetlerinin Düzenlenmesi için Karar Destek Sistemi Tasarımı ETİ Gıda A.Ş. ----- | 196 |
| Tır Boşaltmaları için Daha İyi Zaman Planlaması ile Tır Bekleme Sürelerinin Azaltılması Ford Otosan ----- | 211 |
| Mağaza içi Lojistik Operasyonları Karar Destek Sistemi IKEA ----- | 212 |
| Yedek Parça Toplama Ağı Karar Destek Sistemi ve Rota Yapılandırılması Tasarımı MAN Türkiye A.Ş. ----- | 226 |
| Esnek Montaj Hattı “UET5” için Parça Yenileme ve İkmal Sistemi Geliştirilmesi Oyak Renault ----- | 241 |
| Demiryolu Yük Taşımacılığı için Ağ Tasarımı: Çift Hat Yapımı TCDD ----- | 256 |
| Tepe Home Panel Üretiminde Yarı Mamül Düzeyinde Kapasite Analizi ve Karar Destek Sistemi Tepe Home ----- | 271 |
| SAP Süreçleri (Satın Alma Süreci) Üzerine İş Zekası Uygulaması Türk Telekom ----- | 284 |
| Algida Tedarik Zincirinin Talebe Cevap Verebilirliğinin ve Duyarlılığının Artırılması Unilever Türkiye ----- | 300 |

2011-2012 öğretim yılında gerçekleştirilen Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci projeleri, USİM (Üniversite-Sanayi İşbirliği Uygulama ve Araştırma Merkezi) koordinasyonunda yürütülmektedir. (<http://usim.bilkent.edu.tr/>)

Bugüne kadar bu programa katılarak katkıda bulunan kuruluşlar:



**2011-2012 döneminde bu programa katkıda bulunan kişilere
teşekkür ederiz...**

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Selim Aktürk
Yrd. Doç. Dr. Osman Alp
Yrd. Doç. Dr. Canan Güneş Çorlu
Yrd. Doç. Dr. Savaş Dayanık
Figen Eren
Prof. Dr. Nesim Erkip
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Prof. Dr. Ülkü Gürler
Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara
Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan
Doç. Dr. Osman Oğuz
Prof. Dr. Mustafa Pınar
Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu
Yrd. Doç. Dr. Alper Şen
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner
Prof. Dr. Barbaros Tansel
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal

Bilkent Üniversitesi İşletme Bölümü

Prof. Dr. Erdal Erel
Doç. Dr. Emre Berk
Yrd. Doç. Dr. Nagihan Çömez
Yrd. Doç. Dr. Doğan Serel

***Bilkent Üniversitesi, Üniversite-Sanayi İşbirliği, Uygulama ve Araştırma
Merkezi - USİM***

Yeşim Erdoğan

İş Dünyası

| | |
|--------------------|-----------------------|
| Orhan Dağlıoğlugil | A101 Yeni Mağazacılık |
| Korhan Dönmez | A101 Yeni Mağazacılık |
| Esra Özpolat | A101 Yeni Mağazacılık |
| İsmail Çiçek | A101 Yeni Mağazacılık |

Barış Menteş
Cem Kazan
Altuğ Hocaoğlu
Necmi Süloğlu
Tuğba Şahin
N. Tanzer Tunçalp
İlkem Demet Şensoy Yanar
Ali Altuncu
Mert Merttel
Emel Pilten
Esra Saruhan
Ekrem Ergün
Metin Topdemir
Tekin Topdemir
Erdem Dilaver
Bayram Solmaz
Güngör Akça
Vildan Aykan Aydın
Nihat Ergün
Prof. Dr. Ersan Aslan
Süfyan Emiroğlu
Oğuz Kurt
Yıldız Bayız
Canan Çakmakçı
Savaş Tat
Cenk Yüksel
Murat Yücel
Orçun Şentürk
Sibel Dumlu
Ender Kudiaki
Sevgi Bolel
Ece Yıldırım
Serdar Karaaslan
Murat Yapıcı
Arınç Altunsoy
Melih İşgör
Turgay Boyar
Emrah Kuzucu
Gökçen Çiğdem
Cüneyt Bublüş
Ebru Kaya Yaşar
Bahar Okyay
Ünal Kılıç

A101 Yeni Mağazacılık
A101 Yeni Mağazacılık
Arçelik A.Ş.
Arçelik A.Ş.
Arçelik A.Ş.
Arçelik A.Ş.
Arçelik A.Ş.
Arçelik A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic. A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
Arolez Gıda San. Ve Tic A.Ş.
T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Bilkent Cyberpark
B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Doğadan A.Ş.
Doğadan A.Ş.
Doğadan A.Ş.

| | |
|------------------------|-------------------------------------|
| Dinçer Oğuz | Doğadan A.Ş. |
| Nurettin Acar | Durukan Şekerleme San. ve Tic. A.Ş. |
| F. Orçun Koçak | Durukan Şekerleme San. ve Tic. A.Ş. |
| Sevde Kahraman Özmen | Durukan Şekerleme San. ve Tic. A.Ş. |
| Bekir Özkır | ETİ Gıda A.Ş. |
| Oğuz Raşit Togay | ETİ Gıda A.Ş. |
| Fatih Kılınç | Ford Otosan |
| Gökşen Töre Sancak | Ford Otosan |
| Haluk Aşar | Ford Otosan. |
| Ali Yalçın | Ford Otosan |
| Serkan Kabalı | Ford Otosan |
| Zeynep Karagenç Özeren | Ford Otosan |
| Elif Koçyiğit | Ford Otosan |
| Atakan Özata | IKEA |
| Serkan Okan | IKEA |
| Gönenç Ekmekçi | IKEA |
| Zafer Demirel | IKEA |
| Nida Sarıgöz | IKEA |
| Bülent Sönmez | Kılgı Danışmanlık |
| Gamze Bağcı | MAN Türkiye A.Ş. |
| Özen Erdoğan | MAN Türkiye A.Ş. |
| Gülin Altundağ Ağırman | Oyak Renault |
| Erkan Üçdal | Oyak Renault |
| Gözde Mavuş | Oyak Renault |
| Şükran Özgen | Oyak Renault |
| Mehmet Özaydın | Tepe Home |
| Süleyman Uyar | Tepe Home |
| Akın Çakır | Tepe Home |
| Songül Anıl | Tepe Home |
| Nesrin Ercan | TCDD |
| Recai Kılıç | TCDD |
| Bilgin Recep Bekem | TCDD |
| Tülay Kılıç | TCDD |
| Şemsettin Türköz | Tübitak |
| Emre Oskaylar | Türk Telekom |
| Ayşe Çelik | Türk Telekom |
| Alpaslan Üzmez | Unilever Türkiye |
| Yiğit Öğretmengil | Unilever Türkiye |
| Başak Baş | Unilever Türkiye |
| Aysen Arıkan | Unilever Türkiye |
| Kerim Kasap | Unilever Türkiye |

ÖNSÖZ

Bu kitap, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Üniversite-Sanayi İşbirliği Programı çerçevesinde 2011-2012 öğretim yılında gerçekleştirmiş olan iş dünyası ve sanayi projelerinin özetlerini kapsamaktadır. Programımız 18 yıl önce sistem tasarımı derslerinin (bitirme projelerinin) sanayi projelerine dönüştürülmesi ile başlamıştır. Bu süre içerisinde 66 şirketle toplam 291 proje gerçekleştirilmiştir.

Endüstri Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerinden oluşan proje ekipleri, şirket yetkilileri, üniversite akademik danışmanları ve USİM'in koordinasyonunda firmanın belirlediği gerçek problemleri çözmektedir. 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 hazırlanmıştır. 2011-2012 öğretim yılında gerçekleştirilen projeler, gizlilik ilkesine bağlı kalınarak özet halinde bu kitapta sizlere sunulmaktadır.

Kitaba girecek olan projelerin seçim aşamasında desteklerini esirgemeyen "Değerlendirme Kurulu"na, fuar jürisinde görev alan Anıl Yılmaz (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı), Şemsettin Türköz (TÜBİTAK), Mehmet Şakir Güvendi (McKinsey), Tolga Gürel (Eczacıbaşı), Canan Çakmakçı'ya (Bilkent Cyberpark) ve sürece katkıları nedeniyle Tübitak'a teşekkür ederiz.

Ayrıca sağlamış olduğu tüm destek ve katkılardan dolayı Mütevelli Heyeti Başkanımız Sn. Prof. Dr. Ali Doğramacı'ya ve Rektörümüz Sn. Prof. Dr. Abdullah Atalar'a çok teşekkür ederiz.

Prof.Dr. İhsan Sabuncuoğlu

Prof.Dr. Selim Aktürk

Doç.Dr. Bahar Yetiş Kara

Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 2007 yılında Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) adlı bağımsız kuruluş tarafından eğitim kalitesini belgeleyen tam akreditasyonu Türkiye'de ilk alan mühendisliği bölümüdür.

Eğitimde dünya çapında kalite standartlarını kullanan Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümü, **Üniversite-Sanayi İşbirliği** adı altında ülkemizde örnek gösterilen programını 18 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. USİM (Üniversite-Sanayi İşbirliği Uygulama ve Araştırma Merkezi) de yapılan tüm çalışmaları sistematik olarak takip etmekte ve projenin hedeflerine ulaşmasında katkı sağlamaktadır.

Bu yıl onuncusunu düzenlediğimiz Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nda 22 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 firma yetkililerine teşekkür ediyorum.

Ayrıca bütün bu süreç boyunca yoğun ve özverili çalışmalarıyla programın hedeflerine uygun şekilde yürümesi için büyük çaba gösteren program koordinatörleri Prof. Dr. Selim Aktürk, Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara hocalarımıza, USİM Koordinatörü Yeşim Erdoğan'a, asistanlarımız Okan Dükkancı, Gizem Özbaygın ve Başak Yazar'a çok teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu
Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı

FİRMALARDAN TEŞEKKÜR MEKTUPLARI

A101 Yeni Mağazacılık Sistem Geliştirme Müdürü'nden

Türkiye'nin en hızlı büyüyen perakende zinciri A101'de, istikrarlı ilerleyişi sürdürmek ve sektördeki yoğun rekabet ortamında farklılaşmak için mühendislik tekniklerini ve teknoloji kullanımına son derece önem verilir. Bu sebeple Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümü akademisyen ve öğrencilerinin Ankara Bölgemiz'de yaptıkları “Depo Tasarımı ve Sistem Geliştirme” ve “Ürün Gruplarının Sınıflandırılması ve Sipariş Verme Sisteminin İyileştirilmesi” projeleri uygulanabilir ve verimliliği artırıcı sonuçlar doğurdu. Proje boyunca öğrencilerin depoda ve mağazalarda yaptıkları çalışmalar, ölçümler sırasında depo ve mağaza çalışanları için de öğretici bir süreç gelişti. Projeler her ne kadar Ankara bölgemizde çalışılmış olsa da Türkiye'nin çeşitli yerlerinde bulunan 14 bölgemiz için de kullanılabilir bir uygulamaya sahip olmuş olduk. Bu sayede, tüm depolarımızda ürün yerleşimleri ve raf sistemi ve sipariş sıklıkları ile ilgili matematiksel modeli, saha pratiğimizle birleştirip lojistik süreçlerimizde önemli iyileştirmeler yapmayı hedefliyoruz.

A101 ailesi olarak Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne bu işbirliği için ve proje ekibi öğrencilerine gayretli çalışmaları için teşekkür ederiz. Öğrencilerimize, ayrıca, bundan sonraki hayatlarında başarılar dileriz.

Esra Özpolat
A101 Yeni Mağazacılık
Sistem Geliştirme Müdürü

**ARÇELİK A.Ş. Bulaşık Makinası İşletmesi Üretim Planlama
Yöneticisi'nden**

Arçelik Bulaşık Makinası İşletmesi, 1993'teki kuruluşundan beri bu yana birçok farklı modelde üretim yapmaktadır. Sincan'daki üretim tesislerinde, geniş bir üretim yelpazesinde üretilen bu ürünlerin yarıya yakını dünyanın 55 farklı ülkesine ihraç edilmektedir. Türkiye'nin en büyük kuruluşlarından olan Arçelik, üniversite ve sanayi arasında bilgi ve teknoloji transferinin kalkınma yolundaki önemini farkında olarak, üniversite-sanayi işbirliğini desteklemeye devam etmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri tarafından hazırlanan "AGV Teknolojisine Dayalı Montaj Hatları Malzeme Dağıtım Sistemi" projesi ile, manuel olan bulaşık makinesi sepeti dağıtım işi otomatize edilerek izlenebilir hale getirilmiş, yeni sistemle iş güvenliği de artırılarak üniversite-sanayi işbirliğine katkıda bulunulmuştur. Bu projenin Arçelik'te AGV kullanımına öncü olacağını düşünüyoruz.

Dokuz aylık çalışma döneminde gösterdikleri özverili ve gayretli çalışmalarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü proje ekibini kutlar, katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Ali ALTUNCU
Arçelik A.Ş.
Ankara Bulaşık Makinası İşletmesi
Üretim Planlama Yöneticisi

BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş Çamaşır Makinesi Fabrikası Lojistik Projeler Sorumlusu'ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan "Ortak Depo için Malzeme Yenileme Sisteminin Tasarımı " projesinin şu günlerde devreye almakta olduğumuz ortak depomuz ile fabrikamız arasında oluşturmaya çalıştığımız milkrun döngülerinin oluşturulması, fabrika depomuzun daha etkin yönetimi için günden güne iyileştirilmesi ve de en iyilenmesinde karar destek sistemi şeklinde çalışacak bir ara yüz olacaktır.

Bu çalışma ile yeni depo ile fabrikamız arasında oluşan trafiği ve depo alanımızı daha etkin nasıl yönetiriz konusundaki sorulara akademik anlamda kantitatif çalışmaları senaryo analizleri ile ortaya koymaya çalıştık. Proje çalışmaları ile alternatifler arasında en uygun senaryoların seçimi için karar destek sistemi olarak çalışan ara yüzleri fabrikamızın ihtiyaçları doğrultusunda üniversitemizin akademik çalışmaları ile destekleyerek ortaya koyduk. Bu değerlendirmeler ile depomuzu ve malzeme trafiğimizi günden güne daha iyi yönetir hale gelmek hedeflenmektedir.

Bu projede teorik ile pratiğin bir araya getirilip aradaki farkın en aza indirilebilmesi için bize özverili çalışmalarıyla destek olan 4. sınıf öğrencilerimizi ve danışmanlık yaparak projeyi yönetmemizde tecrübe ve yaklaşımları ile bize yol gösteren akademisyenlerimizi kutlar katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Savaş Tat
BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş
Tekirdağ Çamaşır Makinesi Fabrikası
Lojistik Projeler Sorumlusu

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel M¼d¼r¼'nden,

¼niversite sanayi işbirliğinin geliştirilmesinde ¼nemli çalışmalar yapan Bakanlığımız, Bilkent ¼niversitesi ile kamu ¼niversite işbirliğine ¼rnek teşkil edecek bir çalışma yapmıştır.

6948 sayılı Sanayi Sicil Kanunu gereği tutulan sanayi sicil kayıtlarında bulunan verilerin değerlendirilmesine y¼nelik Bilkent ¼niversitesi End¼stri M¼hendisliđi ¼đrencileri tarafından hazırlanan “Veri Y¼netimi ve Madenciliği Sistemi” projesi, raporlama s¼recinde sanayi sicil kayıtlarına olan g¼venin artmasına ¼nemli katkıda bulunacaktır. Veri Y¼netimi ve Madenciliği Sistemi'nin kurulumundan sonra, bilgi taleplerinin daha verimli bir çalışma ile kısa s¼rede karşılanacağı d¼ř¼n¼lmektedir.

Proje s¼resince g¼sterdikleri ¼zverili ve gayretli çalışmalarından dolayı Bilkent ¼niversitesi End¼stri M¼hendisliđi B¼l¼m¼ proje ekibini kutlar, teřekk¼r ederim.

S¼fyan EM¼ROĐLU
Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Sanayi Genel M¼d¼r¼

COCA-COLA Satış ve Dağıtım A.Ş. Yerel Mağazalar Müşteri Yöneticisi'nden

2020 yılı hedeflerimize doğru ilerlerken, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan "Yerel Mağaza Zincirlerinde Ürünlerin Rafta Bulunabilirliğini Artırmak İçin Stok Yönetim Sisteminin İyileştirilmesi" projesi sistemimizin iyileştirilmesine ve iş yapış şeklimizin gelişmesine olumlu katkılar sağlayacak niteliktedir.

Ürünlerimizin rafta bulunabilirliğini artırmak için stok yönetim sisteminin iyileştirilmesi konusunda yapılan çalışmalar ve geliştirilen çözümler sadece şirketimize değil, müşterilerimize ve tüketicilerimize yönelik olarak da katkı sağlayacaktır.

Proje sonucu geliştirilen çözümler sayesinde ,müşteri ve tüketici memnuniyetinde artış olacaktır. Şirketimizin ve müşterimizin satışları artacak, itibarı güçlenecektir. Şirket-müşteri-tüketici arasındaki ilişkilerde güçlenerek,tüketicinin marka bilinci tazeliğini koruyacaktır.

Projeler esnasında proje gruplarında yer alan tüm takım üyeleri proje ile yakından ilgilenmiş ve şirketimiz çalışanları ile birlikte ortak gayret içinde bulunmuşlardır.

Şirketimiz,müşterimiz ve tüketicilerimiz için fayda sağlayacağını düşündüğümüz bu projede; özverili çalışmalarından dolayı öğrencileri kutlar, bölüme ve akademik danışmanlara teşekkürlerimizi sunarız.

Cüneyt BUBLİŞ
Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.
Ankara Yerel Mağazalar Müşteri Yöneticisi

COCA-COLA İçecek A.Ş. Satış, Operasyonel Mükemmellik ve Kalite Yöneticisi'nden

Coca-Cola Sistemi'nde satış hacmine göre 6.sırada yer alan Coca-Cola İçecek (CCİ) Türkiye, Orta Asya, Orta Doğu ve Pakistan'ı kapsayan geniş bir coğrafyada 20 fabrikası ile faaliyet göstermektedir. Türkiye'de 8 fabrikası bulunan CCİ, üniversite ve sanayi arasında bilgi ve teknoloji transferinin kalkınma yolundaki öneminin farkında olarak, üniversite-sanayi işbirliğini desteklemeye devam etmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan "MIT İş Tasarımı ve Uyarlanması" projesi başarı ile tamamlanmıştır.

Bu proje ile sahada tanzim teşhir faaliyetlerini yürüten MIT ekibimizin standart iş tanımları ideal iş zamanları ile birlikte belirlenmiş, oluşturulan MIT Elemanı Sorumluluk Tablosu da kullanıma alınmıştır.Aynı zamanda Benzetim Modeli de yeniden rut yapılandırılmamızda bize girdi oluşturmuştur.

Projeler esnasında proje gruplarında yer alan tüm takım üyeleri proje ile yakından ilgilenmiş ve şirketimiz çalışanları ile birlikte ortak gayret içinde bulunmuşlardır. Tüm bunların ışığında asıl önemli olan ise projelerin gerçek hayata geçirildiğinde sistemimize olan somut katkılarının ortaya konmuş olmasıdır.

MIT ekibinin iş tasarımının iyileştirilmesine yönelik bu başarılı projeden ötürü bölümünüze ve tüm proje ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

Sevgi BOLEL
Coca-Cola İçecek A.Ş.
Satış, Operasyonel Mükemmellik ve Kalite Yöneticisi

DOĞADAN Gıda Ürünler San. ve Paz. A.Ş. Üretim Mühendisi'nden

Doğadan A.Ş. 1975 yılında ilk poşet çay makinesini Türkiye'ye getirip üretime başlamasından bu yana Bitki- Meyve Çayı pazarında liderliğini sürdürmekte olup, 2008 yılında da Siyah Çay pazarına girerek sektörümüzde yeniliklere öncülük etmeyi sürdürmektedir.

TPM sisteminin bizlere kazandırdığı vizyon sayesinde karar alma noktalarında daha net analiz sonuçları ile ortak hedeflere ulaşmanın ekibimize kazandıracakları konusunda inancımız sonsuzdur. Benimsenen bu vizyon çerçevesinde Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri ile “**TPM Uygulamaları ve Veri İzleme Sistemi**” projesi yolculuğuna Eylül 2011 başladık. Sahip olunan kaynakları en verimli şekilde kullanabilmek için analiz yapmak, önleyici bakım çalışmalarını sistematize etmek ve tüm ekibin TPM çalışmalarının önemi konusundaki bilinç düzeyini arttırmak hedefi ile özverili bir çalışma süreci sonrasında hedeflediğimiz proje çıktılarına ulaştık. Hataları ve kayıpları azaltmak için sürekli bir mücadele içerisinde olan ekibimiz, Bilkent ekibi ile verimli bir çalışma dönemi geçirmiş ve proje çıktılarını etkin bir şekilde kullanmaya başlamıştır. Belirli bir disiplin içerisinde yürütülen çalışmaların ilerleyen dönemlerde de bizlere sıklıkla yardımcı olacağı konusunda ekip olarak hemfikiriz.

Dokuz aylık çalışma döneminde gösterdikleri özverili ve gayretli çalışmalarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü proje ekibini kutlar, projeyi sahiplenmeleri konusundaki samimiyetleri ve sorumluluk bilinçleri için ayrıca teşekkür ederiz. Üniversite - sanayi işbirliğinin önemli bir göstergesi olan proje çalışmalarının devamını dileriz.

Ebru KAYA YAŞAR
Doğadan Gıda Ürünler San. ve Paz. A.Ş.
Üretim Mühendisi

OYAK Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş. Montaj Mühendislik Bölüm Şefi'nden

1969 yılında OYAK ve Fransız RENAULT grubunun katılımı ile kurulan Şirket, RENAULT marka binek araçlarının ve mekanik parçalarının üretimi ve ihracatını gerçekleştirmektedir. OYAK Renault yıllık 360 bin otomobil ve 450 bin motor üretim kapasitesi ile RENAULT' nun Batı Avrupa dışında en yüksek kapasiteye sahip fabrikası konumunda yer almaktadır. Hali hazırda Elektrikli Fluence aracı dâhil, tek ana montaj hattında 9 model aracın versiyonlarıyla beraber onlarca çeşitlilikte üretildiği OYAK Renault' da; Symbol, Clio III modelinin 3 ve 5 kapılı Hatchback ve Grand Tour versiyonları, Fluence ve Megane HB modelleriyle bu otomobillerin motor ve mekanik aksamaları üretilip ihraç edilmektedir.

Türkiye'nin en büyük otomotiv şirketlerinden olan OYAK Renault, üniversite-sanayi işbirliğinin önemini kavramakla beraber Ar-Ge gelişimi yolundaki payının farkında olarak üniversite-sanayi işbirliğini desteklemeye devam etmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri tarafından hazırlanan "*Esnek Montaj Hattı UET5 için Parça Yenileme ve İkmal Sistemi Geliştirilmesi*" projesi ile; ana montaj hattı kenarında parçaların doğru yerde doğru miktarda ve kalitede teslim edileceği bir sistem oluştururken operatörlerin parça arama ve montaj bölgesine taşıma sürelerini ve parça değişkenliğinden kaynaklanan çevrim süresi varyasyonunu azaltmak hedeflenmiştir. Bu çalışma ile parça toplama sisteminin yanında parça kutulama sistemini hayata geçirmeyi hedefleyen bir sistem tasarlanmış; ana montaj hattının daha verimli bir üretim akışına ulaşması hedeflenmiştir.

Projenin çalışılması Bilkent Üniversitesi ile var olan ilişkiyi pekiştirmekle beraber üniversite-sanayi işbirliğine bir katkı olmuştur.

Tüm proje çalışması süresince gösterdikleri özverili ve gayretli çalışmalarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü proje ekibini kutlar, katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Erkan ÜÇDAL
OYAK Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş.
Montaj Mühendislik Bölüm Şefi

Türk Telekom Kurumsal Kaynak Uygulamaları Direktörü'nden

Türk Telekom olarak sahip olduğumuz güçlü altyapı, gelişen teknolojilerle sürekli kendini yenileyen hizmetlerimiz ile hem bölgemizde hem de dünyada sayılı sabit telefon operatörleri arasındayız. Vizyonumuz iletişimde müşterilerimizi geleceğe taşıyan en doğru adres olmaktır. Yeni fikirler ve akademik çalışmaların bize çok daha fazla değer katacağına inanarak Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri ile birlikte çalışmak istedik.

Bilkent Üniversitesi öğrenci ve akademisyenlerinin değerli katkıları ile hazırlanan “Satın Alma Süreci Üzerine İş Zekası Uygulanması” projesi ile satın alma süreçlerinde veriye kolay ulaşım, veri denetiminin artırılması, erken sinyal ve uyarı sistemi kurulmasına katkı sağlanmıştır.

Proje gruplarında yer alan tüm takım üyeleri proje ile yakından ilgilenmiş ve şirketimiz çalışanları ile birlikte ortak gayret içinde bulunmuşlardır ve en önemlisi proje sonunda hayata geçirilecek somut bir çıktı elde edilmiştir.

Hayatın her alanına değer katmayı görev bilen Türk Telekom öğrencilerin iş hayatına attıkları ilk adımda yanlarında olmaktan ve iş hayatında başarılı olmalarına yardımcı olmaktan mutluluk duymuştur. Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümüne ve proje grubumuza teşekkürlerimizi sunuyor, projelerimizin önümüzdeki yıllarda da devamını diliyoruz.

Emre OSKAYLAR
Türk Telekom
Kurumsal Kaynak Uygulamaları Direktörü

UNILEVER San. ve Tic. Türk A.Ş. Dondurma Kategorisi Talep Planlama Müdür Yardımcısı'ndan

Unilever olarak amacımız, dünyanın her yerinde insanların günlük ihtiyaçlarını karşılamak, tüketicilerimizin ve müşterilerimizin istediklerini önceden tahmin etmek ve yaşam kalitesini yükseltmektir. Bunu başarmak için de, insanların kendilerini iyi hissetmelerine, iyi görmelerine ve hayattan daha fazla keyif almalarına yardım eden markalarımızı kullanıyoruz.

Biliyoruz ki, hem tüketicilerimizle hem de müşterilerimizle birlikte kazanabilmek için, servis seviyemizi ve kalitemizi dünya standartlarında tutabilmeliyiz. Rekabetin ve tüketici beklentisinin giderek arttığı Hızlı Tüketim Ürünleri sektöründe başarılı olmanın anahtarı, ürünlerimizi doğru zamanda ve doğru yerde konumlandırabilmekten geçer. Bunun için de, Tedarik Zinciri olarak sürekli iyileştirmelerle sektördeki değişime liderlik etmemiz gerekmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Algida Tedarik Zincirinin Talebe Cevap Verebilirliğinin ve Duyarlılığının Artırılması” konulu proje, içeriği ve sonuçları bakımından oldukça faydalı bir çalışma olmuştur. Pazar lideri Algida'nın, dağıtım gücüne paralel olarak “her zaman bulunabilirlik” konusunda ödün vermemesi ve tüketicisini mutlaka ürünleriyle buluşturması gerekmektedir. Öğrencilerimiz de, bu ilke doğrultusunda yaptıkları çalışmalarla tedarik zinciri kısıtlarına çözümler getirmiş ve özellikle malzeme tedariki konusunda önemli iyileştirmelere varmışlardır.

“Algida Tedarik Zincirinin Talebe Cevap Verebilirliğinin ve Duyarlılığının Artırılması” projesinde gösterilen başarıdan ötürü, öncelikle Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne, proje danışmanı hocalarımıza ve projede yer alan öğrencilerimize teşekkür eder, önceki yıllarda olduğu gibi önümüzdeki yıllarda da buna benzer başarılı projelerin devamını dileriz.

Yiğit ÖĞRETMENGİL
Unilever San. ve Tic. Türk A.Ş.
Dondurma Kategorisi Talep Planlama Müdür Yardımcısı

Depo Tasarımı ve Sistem Geliştirmesi

A101 Yeni Mağazacılık A.Ş.

Proje Ekibi

Tayfun Arıcı
Oğuz Çetin
Numan Faruk Dinçer
Emre Gökçe
Hüseyin Gürkan
Gülşah Gürük

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliğı Bölümü
Ankara

Şirket Danışmanı

Esra Özpolat
Sistem Geliştirme Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Alper Şen
Endüstri Mühendisliğı Bölümü

ÖZET

A101 Akyurt deposu, Ankara bölgesinde bulunan 130 mağazaya tedarik sağlamaktadır. A101 hızla büyümekte olan bir mağazalar zinciridir. Bu durum göz önüne alındığında, şirket için önemli olan stratejik kararların etkin bir şekilde verilebilmesi adına artan mağaza sayısına bağı olarak satış miktarındaki artışın tahmin edilmesi gerekmektedir. Söz konusu hızlı büyüme, Akyurt deposundaki iş yükünü artırmaktadır. Bu sebeple projede, depo içi operasyonların kolaylaştırılması ve fiziksel depolama kapasitesinin artırılması hedeflenmektedir. Proje kapsamında, deponun yakın gelecekteki tahmini mağaza siparişlerini karşılayabilmesi için yeni bir depo içi yerleşim düzeni ve raf sistemi önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: A101, depo içi yerleşim düzeni, satış tahmini, raf sistemi.

1. Şirket Tanıtımı

A101 Yeni Mağazacılık A.Ş. Türkiye'deki indirim mağazacılığı pazarına 28 Nisan 2008'de katılmış perakende marketler zinciridir. Merkez ofisi İstanbul'da olmak üzere 11 bölgesel dağıtım deposu vardır. A101, 2009 yılında "En Hızlı Büyüyen Marketler Zinciri" ünvanını almış olup, 2015 yılında Türkiye'nin 81 ilinde 2.000 mağaza açmayı hedeflemektedir (Rekabet Kurumu, 2011).

A101'in kalite politikası, müşterilerine düşük fiyatlarla yüksek kalitede ürünler sunmaktır. 15 adet ürün grubu satışa sunan A101, mağazalarında kampanyalı ürünlere de yer vermektedir. 15 adet ürün grubu; et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, içecekler, unlu mamüller, kuruyemişler, kahvaltılıklar, bisküvi ve şekerlemeler, konserve ve baharatlar, margarin ve yağlar, sebze-meyveler, dondurma ve dondurulmuş yiyecekler, deterjan ve temizlik ürünleri, kağıt ürünleri ve kozmetik ürünlerini kapsamaktadır. Kampanya ürünleri olarak ise; tekstil, elektronik, mutfak ve ev eşyaları satışa sunulmaktadır. A101, tanınmış markalar dışında, ürün yelpazesinin %30'unu kapsayan özel markalı ürünlere de yer vermektedir ve bu %30'luk payı %50'ye çıkarmayı hedeflemektedir (DHA, 2011).

Proje, Ankara-Akyurt'ta bulunan ve Ankara Bölge Müdürlüğü'ne bağlı mağazalara sevkiyat yapan ürün deposunda yürütülmektedir.

2. Proje Tanımı

A101 Yeni Mağazacılık A.Ş. hızla büyüyen bir şirkettir. Artan mağaza sayısı ile birlikte depo içi operasyonları doğrudan etkileyen satış miktarları da artmaktadır. Bir diğer deyişle, depo içi operasyonların ve fiziksel depolama kapasitesinin planlanması için mağaza sayısındaki artışın getireceği satış miktarındaki artışın tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu tahmin, şirketin vereceği stratejik kararlar açısından da önemli ve faydalı bir veri olacaktır.

A101 Akyurt deposunda, ürün yerleşimi ürünlerin ağırlığı dikkate alınarak tasarlanmıştır. Depo içerisinde ürünler, ağırdan hafife yerleştirilmiştir. Mevcut depo tasarımındaki ağırdan hafife yerleştirme uygulaması yüzünden birlikte sipariş verilen ürünlerin veya ürün gruplarının depo içerisinde birbirine yakın olarak yerleştirilmediği gözlemlenmiştir. Ayrıca, A101 Ankara bölgesinin mağaza sayısındaki artış sebebiyle, yakın gelecekte mevcut fiziksel depolama kapasitesinin yetersiz kalacağı ön görülmektedir.

Proje kapsamında, tedarik zincirinin sadece depo içi operasyonları üzerinde çalışılmıştır. Bu operasyonlar, gelen ürünlerin depoya yerleştirilmesi, siparişler doğrultusunda mağazalara gönderilen paletlerin hazırlanması ve paletlerin sevkiyat alanına taşınması işlemlerini içermektedir.

Projenin amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Artan mağaza sayısına karşılık gelen satış miktarına doğrusal regresyon analizi yapılarak satış tahmininde bulunulması.
- Mağaza siparişlerinin toplama ve palet hazırlama süresini en aza indiren depo içi yerleşim planının belirlenmesi.
- Depolama kapasitesinin artırılması ve deponun daha etkin bir şekilde kullanılabilmesi için raf sisteminin tasarlanması.
- Önerilen çözümlerin başka depolarda da uygulanabilmesi için Java tabanlı ara yüzlerin geliştirilmesi.

3. Sistem Analizi

2008 Ağustos ayında Ankara bölgesinde faaliyete başlayan A101 2012 itibarıyla bu bölgede 130 mağaza ile hizmet vermektedir. Bu mağazalarda satışı yapılan ürünler Akyurt deposundan tedarik edilmektedir. A101 Akyurt deposunun tasarımı ürünlerin depo içi yerleşimi de Ek 1'de görülmektedir. A101 Ankara Bölgesi'ndeki mağazalar, belirli bir listeye göre sipariş vermektedir. Bu listede her mağazanın hangi gün hangi ürün gruplarından sipariş vereceği belirlenmiştir. Ek 2'de, ürün grubu mağaza sipariş listesinin beş mağazalık kısmı görülmektedir. Örneğin, mağaza numarası bir olan A101 Pursaklar Mağazası Salı günleri sadece 13.,14.,15.,16. ve 17. ürün gruplarındaki ürünlerden sipariş verebilmektedir. Ayrıca ihtiyaç duyulan herhangi bir ürün için toplamda 30 ürünü geçmemek şartıyla, mağazalar o gün için belirlenen ürün gruplarına ilave olarak sipariş verebilirler. Mağazalar tarafından verilen siparişler depoda toplayıcılar tarafından paletler halinde hazırlanır. 30 paletin hazırlanmasını inceleyen zaman etüdü sonucunda, bir paletin ortalama hazırlanma süresi yaklaşık 14 dakika olarak tespit edilmiştir. Ek 3'te zaman etüdü sonuçları görülmektedir.

4. Literatür Taraması

Proje ile ilgili olan depo içi düzeni, toplama sırası ve raf sistemleri konularında literatürde birçok makale bulunmaktadır. Koster'in depo tasarımı ve ürün toplama sırasını konu eden makalesinde, depo yerleşim düzenlenmesinde sıklıkla kullanılan beş temel yöntem olduğu belirtilmiştir (2007). Bu yöntemler rastgele yerleştirme, en yakın adrese yerleştirme, özelliğe göre yerleştirme, ciroya göre yerleştirme ve ürün ailelerine göre yerleştirmedir. Ürün ailelerine göre sıralama yöntemine göre, belirli ürünler sıklıkla bir arada sipariş veriliyorsa, bu ürünler depo içinde birbirlerine yakın olacak şekilde yerleştirilmelidirler. Bu yöntem hem selektörlerin yürüme mesafelerinin kısaltmaktadır hem de ürünlere statik adresler vererek, selektörlerin ürünlerin yerlerine alışmalarını sağlamaktadır.

Ürünleri, ürün aile metoduna göre yerleştirmek için, öncelikle her bir ürün grubunun, deponun hangi bölümünde yer alacağı

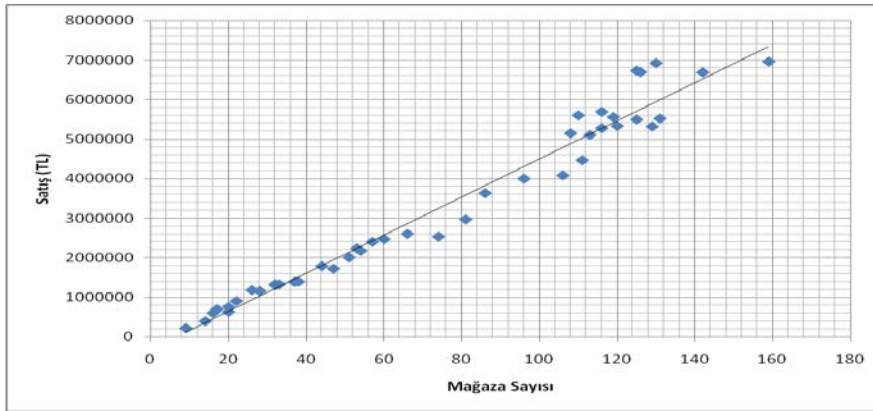
belirlenmesi gerekmektedir. Ürün aile grupları, ürün grupları ile birebir olarak eşleştiği için, ürün gruplarının yeniden belirlenmesine gerek yoktur.

Ürünlerin depo içi yerleşimi konusunda, Chiun-Ming Liu, selektörlerin toplama mesafesini en aza indirgeyecek olan stok yerleşimini bulmak için bir model oluşturmuştur (2004). Model temel olarak, benzerlik oranları yüksek olan ürün gruplarının birbirlerine yakın, yüksek devir hızı olan ürün gruplarının ise sevkiyat alanına yakın olacak bir şekilde yerleştirilmesini amaçlamaktadır. Liu'nun çözdüğü problem ile bu projedeki problemin farklı özellikleri bulunmaktadır. Örneğin, Liu'nun modeli her bir ürünün yerini belirlemektedir ancak projedeki problemde ürün gruplarının yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle projede modelinde kullanılacak olan benzerlik indekslerinin, Liu'nun modelindeki daha farklı bir şekilde hesaplanması gerekmektedir.

5. Önerilen Sistem

5.1 Satış tahmini modeli

Mayıs 2008-Mart 2012 arasındaki, ay bazında satış miktarları göz önünde bulundurularak, mağaza sayısı-satış ikili veri noktaları belirlenmiştir. Bu noktalar Şekil 1'de gösterilen grafikte işaretlenmiştir.



Şekil 1: Mağaza sayısı-satış ikili veri noktaları

Bu noktalar kullanılarak doğrusal regresyon analizi yapılmış ve Ek 4'te gösterilen sonuçlar elde edilmiştir. Bu analiz sonucunda elde edilen regresyon modeli aşağıda belirtildiği gibidir:

$$Y = -320546 + 48202 * X + e$$

Bu modelde "Y" TL cinsinden satış miktarını, "X" mağaza sayısını ve "e" hata payını göstermektedir. Bu model kullanılarak yapılan tahmine göre, mağaza sayısındaki artış, satış miktarını Tablo 1'de gösterildiği gibi etkileyecektir.

Tablo 1: Mağaza sayısı-satış miktarı tahmini

| Mağaza sayısı | Satış (TL) |
|---------------|------------|
| 140 | 6.427.734 |
| 150 | 6.909.754 |
| 160 | 7.391.774 |
| 170 | 7.873.794 |

Regresyon analizi, A101'in Ankara bölgesinde, hızla büyümekte olan bir mağazalar zinciri olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, yakın gelecekte Akyurt deposundaki iş yükü artacak ve depo içi operasyonlarının iyileştirilmesine ihtiyaç duyulacaktır.

5.2 Stok yerleşim modeli

Ürün gruplarının depo içerisindeki yerleri belirlenirken, Kısım 3'te anlatılan ürün ailelerine göre sıralama yöntemi göz önünde bulundurulmuştur. Bu yüzden öncelikli olarak depo içerisine ürünler aynı ürün grubundaki ürünler bir arada olacak şekilde yerleştirilecektir. Ürün grubu içerisinde ise her bir ürün ağırdan hafife olacak şekilde yerleştirilecektir. Ürün gruplarının depo içerisine yerleştirilmesi sırasında Kısım 3'te açıklanan doğrusal olmayan tam sayılı depo stok yerleşim modelinin çıktılarında faydalanılmıştır.

Doğrusal olmayan tam sayılı depo stok yerleşim modeli, ürün gruplarının aylık satış bilgisini ve her bir ürün grubunun diğer ürün gruplarıyla birlikte sipariş verilme sıklığını girdi olarak kullanır. (Ürün gruplarının birlikte sipariş verilme sıklığı Ek 2'deki matris kullanılarak belirlenmiştir.) İki ürün grubunun aylık satış rakamlarının küçük olanının büyüğüne oranı, birlikte sipariş verilme sıklığıyla çarpılarak benzerlik indeksi hesaplanır. Böylelikle satış rakamları oranı ve birlikte sipariş verilme sıklığı yüksek olan ürün gruplarının benzerlik indeksi yüksek olmaktadır. Stok yerleşim modeli, her ürün grubu çifti için benzerlik indeksinin, grupların birbirine olan uzaklığına oranını maksimum yapacak şekilde ürün gruplarını depo içerisine yerleştirir. Böylelikle model birbirine daha çok benzeyen ürün gruplarının depo içerisinde daha yakın olacağı bir çıktı vermektedir.

Stok yerleşim modelinde iki adet başlangıç kısıtı bulunmaktadır. İlk kısıt 13. ürün grubunun sevkiyat alanına en yakın konulmasını sağlamaktadır. Bu durumun sebebi, 13. ürün grubunun satış miktarı en yüksek ürün grubu olmasıdır. Bu kısıt sayesinde satış miktarları daha yüksek olan ürün grupları sevkiyat alanına daha yakın olacak şekilde yerleştirilmektedir. İkinci kısıt ise 22. ürün grubunun depo içerisindeki en arka pozisyona koyulmasıdır. Bu kısıt deterjan ürünleri olan 22. grup ürünlerinin gıda ürünleri ile birlikte aynı palete konulmamasını

sağlamak için kullanılmıştır. Modelin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.

Parametreler:

S_i : i numaralı ürün grubunun aylık satış miktarı; $i=13,14,\dots,25$

M_{ij} : i ve j numaralı ürün gruplarının bir ay içerisinde birlikte sipariş verilme sayısı; $i,j=13,14,\dots,25$

T_{ij} : i ve j numaralı ürün gruplarının benzerlik indeksi; $i,j=13,14,15,\dots,25$

C_{kl} : k ve l stok alanlarının birbirine olan uzaklığı; $k,l=1,2,3,\dots,11$

$$T_{ij} = \frac{\text{enk}(S_i, S_j)}{\text{enb}(S_i, S_j)} M_{ij}$$

Karar Değişkenleri:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ürün grubu } i \text{ stok alanı } j' \text{ye yerleştirilirse} \\ 0, \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Başlangıç Kısıtları:

$$X_{13,1}=1,$$

$$X_{22,11}=1.$$

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{enb} \sum_{(k,l)} \sum_{(i,j)} \frac{T_{ij}}{C_{kl}} \cdot X_{ik} \cdot X_{jl}$$

Kısıtlar:

$$\sum_k X_{ik} = 1, \forall k = 1, 2, \dots, 11$$

$$\sum_j X_{ij} = 1, \forall i = 13, 14, \dots, 25$$

Stok yerleşim modeli öncelikle GAMS ara yüzü kullanılarak kodlanmıştır ve CPLEX ile çözdürülmüştür. Ayrıca hazırlanan modelin farklı depolar için şirket yetkilileri tarafından da kullanılabilmesini sağlamak için Java programlama dili kullanılarak bir program yazılmıştır. Bu programda optimizasyon yapmak için Gurobi çözücü programı kullanılmıştır. Programın ara yüzü Ek 5'te görülmektedir. Bu ara yüze kullanıcı, satış rakamları ve ürün gruplarının birlikte sipariş verilme sayılarını girdiğinde, model Gurobi çözücü programı yoluyla çözdürülür ve ürün gruplarının yerleştirilmesi gereken depo lokasyonları kullanıcıya çıktı olarak yansıtılır.

Stok yerleşim modeli için hazırlanan ara yüzün amacı, modelin A101'in diğer depolarında da rahatlıkla kullanılabilmesidir. Ayrıca, ürün gruplarının satış değerlerinin zaman içerisinde değişiklik göstermesi durumunda, modelin güncel verilerle tekrar çalıştırılması kolaylaştırılmıştır.

5.3 Raf sistemi

A101 deposu fiziksel depolama kapasitesinin artırılması için, proje kapsamında bir raf sistemi tasarlanmıştır. Ürün grupları, palet ağırlığı, son kullanma tarihi gibi kriterler açısından ele alındığında 17. ve 15. ürün gruplarının (Bisküviler ve Çikolatalar, Cipsler) rafa koyulabileceği gözlemlenmiştir. Mevcut sistemde depo içerisinde 17. ve 15. ürün grupları 177 adet önyüz kaplamaktadır. 177 adet önyüz depo içerisinde yaklaşık olarak Ek 1'deki plan üzerinden C1, D1 ve E1 adaları kadarlık yer kaplamaktadır. Bu yüzden raf sistemi için bu alanlar belirlenmiştir. Raf sistemi ile fiziksel stok kapasitesi ve önyüz sayısının artırılması amaçlanmıştır. Ek 6'da önerilen raf sisteminin Google Sketchup programı ile hazırlanan tasarımı görülmektedir.

Önerilen raf sisteminin imalatının ve kurulumunun raf şirketlerine yaptırılması planlanmıştır. Raf şirketinin belirlenmesi için farklı şirketlerden fiyatlar alınmış ve A101 üst yönetimine sunulmuştur.

5.4 Performans karşılaştırması

Performans karşılaştırması yaparken üç farklı senaryo göz önünde bulundurulmuştur. Bu senaryolar:

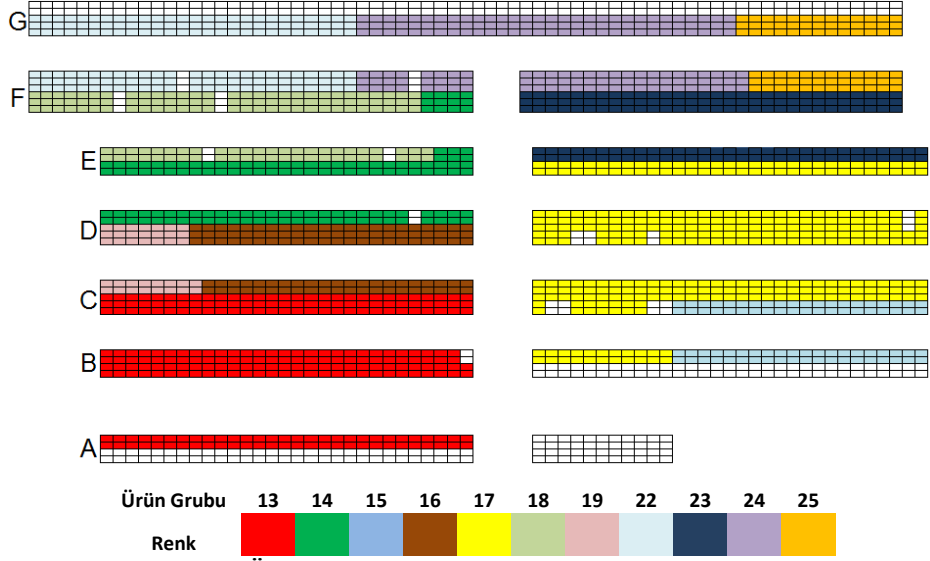
- Senaryo 1: Mevcut sistem
- Senaryo 2: Ürünlerin depo adreslerinin revize edildiği sistemdir.

Bu sistemin oluşturulabilmesi için Kısım 5.2'de bahsedilen stok yerleştirme modeli, Java üzerinden Gurobi kullanılarak çözülmüştür. Modelin sonuçları Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2: Stok yerleştirme modeli çıktısı

| Depo Lokasyonu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ürün Grubu | 13 | 17 | 14 | 25 | 15 | 23 | 18 | 16 | 19 | 24 | 22 |

Yukarıdaki tabloda "1" numaralı lokasyon deponun sevkiyat kaplarına en yakın kısmını, "11" numaralı lokasyon ise en uzak kısmını ifade etmektedir. Sevkiyat alanına yakın lokasyondaki ürünler daha kısa sürede paletlenip sevkiyat alanına taşınabilir. Bu sebeple, sevkiyat alanına yakın lokasyonlar deponun görece daha değerli kısımlarıdır. Örneğin, 13 numaralı ürün grubu depoda en hızlı dönen içecek ürünlerini içermektedir ve model sonucuna göre "1" numaralı yani en değerli lokasyona yerleştirilmiştir. Bu çıktı göz önünde bulundurularak depo yönetimi ile birlikte ürünler depoya Şekil 2'de gösterildiği şekilde yerleştirilmiş ve senaryo 2 oluşturulmuştur.



- Senaryo 3: Ürün depo adresleri revizyonu ile birlikte raf sisteminin uygulandığı senaryodur. Ürün gruplarının depo içerisindeki lokasyonlara yerleşimi senaryo 2 ile aynı şekildedir ancak bu senaryoda Kısım 5.3'te belirtilen alanlarda raf sistemi uygulanması planlanmıştır.

Bu üç senaryonun birbirleriyle karşılaştırabilmesi için üç çeşit performans ölçütü kullanılmıştır. Palet hazırlama operasyonlarındaki iyileşmeyi ölçebilmek amacıyla bir sipariş listesi için gerekli yürüme mesafesi ve ortalama palet hazırlama süresi ölçüt olarak belirlenmiştir. Depo kapasitesindeki iyileşmeyi ölçebilmek için ise, toplam önyüz sayısı ve toplam stok alanının palet sayısı cinsinden değerleri kullanılmıştır.

Bir sipariş listesi için gerekli yürüme mesafesini hesaplayabilmek için Java programlama dili kullanılmıştır. Sipariş listelerinde ürünlerin SAP kodları, isimleri, sipariş edilme adetleri ve depo önyüz adresleri yer almaktadır. Program, sipariş listesindeki ardışık iki ürün arasındaki en kısa mesafeyi hesaplayan metodu art arda kullanarak, sipariş listesi içinde yer alan ürünler arasındaki mesafeleri toplar. Programın kullanıcılar tarafından kolaylıkla kullanılabilmesi için Ek 7'de gösterilen ara yüz oluşturulmuştur. Bu ara yüzde kullanıcılar girdi olarak ürünlerin SAP kodlarını girmektedirler. Program, SAP koduyla eşleşen önyüz adreslerini belirleyip, yukarıda belirtildiği şekilde toplam yürüme mesafesini hesaplamaktadır.

Bu ara yüz üç farklı senaryo için de aynı şekilde çalışır ancak deponun yerleşim planı ve dolayısıyla ürünlerin depo adresleri senaryolara göre farklılık gösterdiği için ürün kodlarıyla eşleşen depo

önyüz adresleri de farklılık göstermektedir. Bu sebeple, aynı ürün kodları için her senaryoda farklı yürüme mesafeleri hesaplanır.

25 adet sipariş listesi için program çalıştırılmış ve Ek 8’de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir. Bu analizin sonucunda senaryo 3, ortalama yürüme mesafesinde %24,8’lik iyileştirme sağlamıştır. Ayrıca senaryo 2’de de ortalama yürüme mesafesinin %15,2 azaldığı görülmüştür.

Ortalama palet hazırlama sürelerini senaryolar arasında karşılaştırmak için mevcut sistemde hazırlanan 30 paletin toplama süreleri ölçülmüştür. Aynı şekilde, bu ölçümler senaryo 2 için de gerçekleştirilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır. (Nisan ayında senaryo 2’nin hayata geçirilmesi sayesinde, bu senaryo için de zaman etüdü gerçekleştirilebilmiştir.) Senaryo 1 için yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar Ek 6’da, senaryo 2 için yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar ise Tablo 3’te gösterilmiştir. Senaryo 2’de ortalama palet hazırlama süresinin 14dk’dan 12,1dk’ya inerek %13,5 azaldığı gözlenmiştir.

Tablo 3: Senaryo 2’deki palet hazırlama süreleri

| Palet no | Süre | Palet no | Süre | Palet no | Süre |
|------------------------|------|----------|------|----------|--------|
| 1 | 14dk | 11 | 15dk | 21 | 10dk |
| 2 | 9dk | 12 | 14dk | 22 | 17dk |
| 3 | 9dk | 13 | 8dk | 23 | 15dk |
| 4 | 8dk | 14 | 15dk | 24 | 9dk |
| 5 | 13dk | 15 | 17dk | 25 | 8dk |
| 6 | 15dk | 16 | 13dk | 26 | 16dk |
| 7 | 16dk | 17 | 11dk | 27 | 9dk |
| 8 | 12dk | 18 | 9dk | 28 | 14dk |
| 9 | 7dk | 19 | 13dk | 29 | 7dk |
| 10 | 17dk | 20 | 12dk | 30 | 13dk |
| Ortalama: | | | | | 12,1dk |
| Standart Sapma: | | | | | 3,24dk |

Senaryo 1 ve 2, depo fiziksel kapasitesi açısından birbiriyle aynıdır çünkü fazladan palet depolamayı sağlayacak bir çözüm ikisinde de bulunmamaktadır. Senaryo 3’te ise raf sistem ile birlikte, depolanabilecek toplam palet sayısında artış sağlanmıştır. Senaryoların palet depolama kapasiteleri açısından karşılaştırması Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4: Stok kapasitesi karşılaştırması

| | Sen. 1-Sen.2 | Sen.3 |
|--------------|--------------|-------|
| Önyüz Sayısı | 171 | 356 |
| Toplam Stok | 248 | 712 |

Aynı zamanda raf sistemi sayesinde, şu anda depolama amacıyla kullanılan bazı alanlar atılda bırakılarak sevkiyat alanı haline dönüştürülmüştür. Senaryo 3'ün sağladığı bu avantaj, sevkiyat alanlarındaki yoğunluk düşünüldüğünde önem kazanmaktadır.

6. Uygulama ve Genel Değerlendirme

Kasım ayında başlanan projede, Mart ayı sonu itibariyle yukarıda bahsedilen analizler tamamlanmıştır. Proje sonucunda A101 üst yönetimine ürünlerin depo adreslerinin revize edildiği senaryo 2 ya da ürünlerin depo adreslerinin revizyonu ile birlikte raf sisteminin uygulandığı senaryo 3'ün uygulamaya geçirilmesi önerilmiştir.

Nisan ayının dördüncü haftası itibariyle senaryo 2 hayata geçirilmiştir. Bu senaryo yalnızca ürünlerin depo yerleşimini değiştirdiğinden dolayı, bir günlük iş gücü haricinde herhangi bir masrafa yol açmamıştır. Kısım 5.4'te belirtildiği gibi, senaryo 2'nin hayata geçirilmesi sayesinde, zaman etüdü çalışması uygulanabilmiş ve gerçek toplama süresi verileri ile performans karşılaştırması yapılabilmektedir. Bu senaryo palet toplama süresi açısından %13,5'lik, yürüme mesafesi açısından ise %15,2'lik iyileştirme sağlamıştır.

A101 yönetimi, yakın zamanda Konya bölgesine yeni bir depo açılacağı ve bazı mağazalar o bölgeye bağlanacağı için Ankara deposunun iş yükünün bir süreliğine azalacağını belirtmiştir. Bu sebeple, kısa vadede raf sistemine geçmenin maliyet açısından uygun olmadığına karar verilmiştir. Ancak, mağaza sayısının hızla arttığı Ankara Bölgesi için, projede önerilen raf sisteminin gelecekte uygulanması planlanmaktadır.

Kısım 3'te bahsedilen 30 ekstra kalem ürün siparişi uygulamasının kaldırılması ve sadece belirli ürün gruplarından sipariş verilmesi, projenin sağladığı operasyonel kolaylığı arttıracaktır. Eğer bu uygulama kaldırılırsa, bir mağaza siparişi için selektörler sadece o günkü ürün gruplarının yer aldığı koridorlara girecektir.

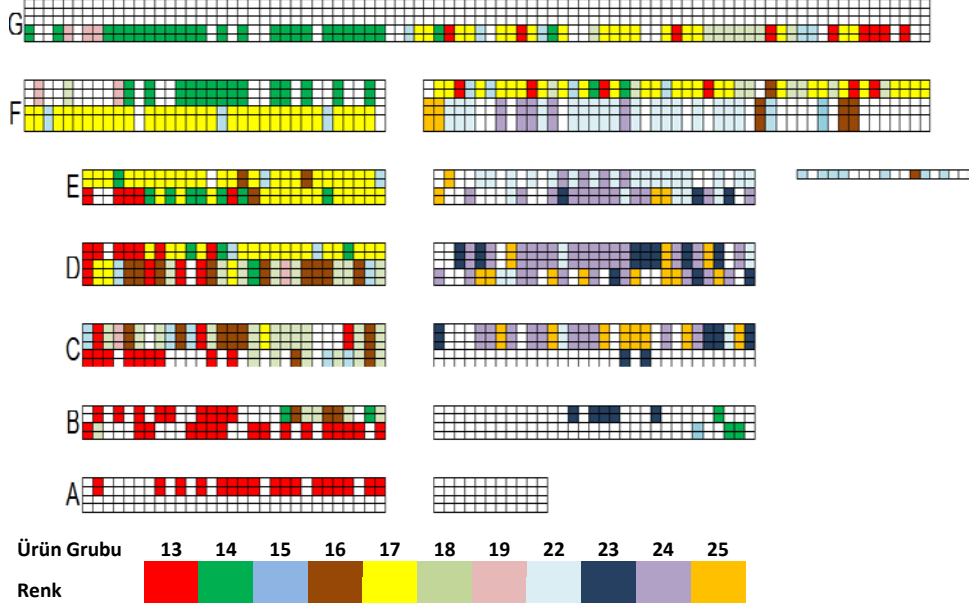
Stok yerleştirme modelinin sonucuna göre, Ek 2'de gösterilen ürün grubu-mağaza matrisinin de yeniden düzenlenmesi, uzun vadede değerlendirilebilecek bir öneridir.

KAYNAKÇA

- De Koster, R., Le-Duc, T., and Roodbergen, K.J. (2007). "Design and control of warehouse order picking: a literature review", *European Journal of Operational Research* 182(2), 481-501.
- Doğan Haber Ajansı 2011. "A101'den Dünyada bir ilk: 3 Yılda 101 Mağaza", June 2011, News Agency, DHA, <http://www.dha.com.tr/haberdetay.asp?Newsid=176169>. Son erişim tarihi: 7 Mayıs 2011.
- Liu, Chiun-Ming. 2004. "Optimal storage layout and order picking for warehousing", *International Journal of Operational Research* 1(1), 37-46.
- Rekabet Kurumu 2011. Türkiye Hızlı Tüketim Ürünleri Perakendeciliği Sektör incelemesi Ön Raporu 2011, http://www.retailturkiye.com/manset/Perakende_Sektor_Arastirmasi_genis_Ozet.pdf. Son erişim tarihi: 7 Mayıs 2011.

EKLER

Ek 1. Ürünlerin depo içi yerleşimi



Ek 2. Ürün grubu-mağaza matrisi

| Mağaza | Paz | Sal | Çar | Per | Cum | Cmts |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | | 13-14-15-16-17 | | 18-19-22-23-24 | | 13-15-17-22-23-25 |
| 2 | | 13-14-15-17-23 | | 16-18-19-22-24 | | 13-15-17-22-23-25 |
| 3 | | 13-14-15-16-17 | | 18-19-22-23-24 | | 13-15-17-22-23-25 |
| 4 | | 13-14-15-17-23 | | 16-18-19-22-24 | | 13-15-17-22-23-25 |
| 5 | 16-18-19-22-24 | | 13-14-15-17-23 | | 13-15-17-22-23-25 | |

Ek 3. Palet hazırlanma süreleri

| Palet no | Süre | Palet no | Süre | Palet no | Süre |
|-----------------|------|----------|------|----------|------|
| 1 | 15dk | 11 | 11dk | 21 | 13dk |
| 2 | 16dk | 12 | 19dk | 22 | 16dk |
| 3 | 17dk | 13 | 10dk | 23 | 18dk |
| 4 | 14dk | 14 | 16dk | 24 | 11dk |
| 5 | 9dk | 15 | 9dk | 25 | 17dk |
| 6 | 17dk | 16 | 19dk | 26 | 12dk |
| 7 | 12dk | 17 | 9dk | 27 | 15dk |
| 8 | 19dk | 18 | 17dk | 28 | 9dk |
| 9 | 11dk | 19 | 9dk | 29 | 18dk |
| 10 | 13dk | 20 | 16dk | 30 | 18dk |
| Ortalama: | | | | 14dk | |
| Standart Sapma: | | | | 3,49dk | |

Ek 4. Doğrusal regresyon analizi sonuçları

| Regresyon İstatistikleri | |
|--------------------------|-------------|
| Multiple R | 0,983424022 |
| R Square | 0,967122807 |
| Adjusted R Square | 0,966320924 |
| Standard Error | 399117,5203 |
| Observations | 43 |

| | Katsayılar | Standart Sapma | t Stat | P-value |
|-------------|--------------|----------------|----------|----------|
| Kesişim | -320546,1608 | 119862,6145 | -2,67428 | 0,010706 |
| X Değişkeni | 48202,48638 | 1387,982749 | 34,72845 | 4,97E-32 |

Ek 5. Stok yerleşim modeli Java arayüzü

Ürün grupları birlikte sipariş verilme sıklığı

| | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 13 | 448 | 720 | 208 | 788 | 32 | 180 | 388 | 558 | 92 | 312 |
| 14 | | 480 | 248 | 436 | 72 | 88 | 40 | 312 | 20 | 28 |
| 15 | | | 264 | 392 | 98 | 108 | 480 | 748 | 120 | 456 |
| 16 | | | | 216 | 280 | 216 | 176 | 108 | 220 | 20 |
| 17 | | | | | 40 | 188 | 544 | 712 | 198 | 472 |
| 18 | | | | | | 312 | 400 | 260 | 300 | 24 |
| 19 | | | | | | | 472 | 208 | 452 | 28 |
| 22 | | | | | | | | 888 | 588 | 472 |
| 23 | | | | | | | | | 328 | 480 |
| 24 | | | | | | | | | | 136 |

Ürün grupları satış bilgileri

| | |
|----|------------|
| 13 | 319575,36 |
| 14 | 700170,18 |
| 15 | 175647,18 |
| 16 | 98417,36 |
| 17 | 1187355,09 |
| 18 | 221841,00 |
| 19 | 117960,18 |
| 22 | 168062,82 |
| 23 | 178500,91 |
| 24 | 140504,55 |
| 25 | 252098,91 |

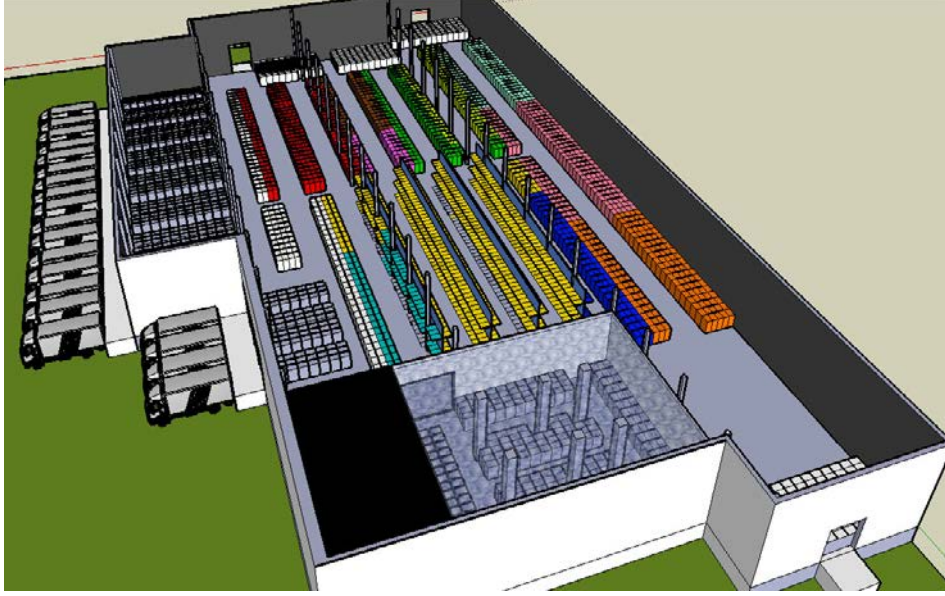
Sonuç

Stok Atanları: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Ürün Grupları: * * * * * * * * * *

Çöz
Geri

Ek 6. Önerilen raf sisteminin Google Sketchup tasarımı



Ek 7. Yürüme mesafesi hesaplama ara yüzü

A101-Team13

A.101 HARCA HARCA BITMEZ

Toplama Listesi

- 22000593
- 22000771
- 24000014
- 24000016
- 24000023
- 24000038
- 24000039
- 24000063
- 24000333
- 24000337
- 24000372
- 24000483
- 24000653
- 24000842
- 24000853
- 24000933

Mevcut sistem yürüme mesafesi: 435.6 metre
Önerilen sistem yürüme mesafesi: 350.18 metre
Rafsız önerilen sistem yürüme mesafesi: 329.2 metre

Tamam
Geri

Ek 8. Üç farklı senaryo için yürüme mesafesi karşılaştırması

| senaryo | 1 | 2 | 3 | Sen. 2 iyileştirme | Sen. 3 iyileştirme |
|-------------------|--------|-------|--------|--------------------|--------------------|
| 1. sipariş | 435,6 | 329,2 | 350,18 | 24,43% | 19,61% |
| 2. sipariş | 542,6 | 475,8 | 364,42 | 12,31% | 32,84% |
| 3. sipariş | 605,4 | 512,8 | 453,02 | 15,30% | 25,17% |
| 4. sipariş | 515,6 | 421,2 | 424,34 | 18,31% | 17,70% |
| 5. sipariş | 456,8 | 358,8 | 352,19 | 21,45% | 22,90% |
| 6. sipariş | 796,8 | 689,4 | 653,44 | 13,48% | 17,99% |
| 7. sipariş | 485 | 531,4 | 523,03 | -9,57% | -7,84% |
| 8. sipariş | 788,4 | 744,6 | 625,17 | 5,56% | 20,70% |
| 9. sipariş | 596,4 | 538,4 | 476,47 | 9,73% | 20,11% |
| 10. sipariş | 482 | 431,4 | 305,42 | 10,50% | 36,63% |
| 11. sipariş | 740 | 594 | 525,49 | 19,73% | 28,99% |
| 12. sipariş | 1000,6 | 951,8 | 762,01 | 4,88% | 23,84% |
| 13. sipariş | 677,2 | 619,2 | 500,87 | 8,56% | 26,04% |
| 14. sipariş | 646,2 | 520,4 | 477,4 | 19,47% | 26,12% |
| 15. sipariş | 379,6 | 287 | 272,1 | 24,39% | 28,32% |
| 16. sipariş | 524 | 416 | 319,17 | 20,61% | 39,09% |
| 17. sipariş | 595,8 | 443,2 | 388,38 | 25,61% | 34,81% |
| 18. sipariş | 407,2 | 318,4 | 287,51 | 21,81% | 29,39% |
| 19. sipariş | 626,4 | 533,2 | 476,84 | 14,88% | 23,88% |
| 20. sipariş | 708,8 | 575,6 | 524,56 | 18,79% | 25,99% |
| 21. sipariş | 667 | 530,2 | 486,72 | 20,51% | 27,03% |
| 22. sipariş | 568 | 471,2 | 439,61 | 17,04% | 22,60% |
| 23. sipariş | 618 | 500,8 | 441,13 | 18,96% | 28,62% |
| 24. sipariş | 658,6 | 578,4 | 512,27 | 12,18% | 22,22% |
| 25. sipariş | 490,8 | 427,8 | 356,06 | 12,84% | 27,45% |
| ortalama | | | | 15,27% | 24,81% |
| Sta. Sapma | | | | 0,077252075 | 0,087473813 |

Ürün Gruplarının Sınıflandırılması ve Sipariş Verme Sisteminin İyileştirilmesi

A101 Yeni Mağazacılık

Proje Ekibi

Dilruba Başak Aydın

Ekin Beste Dalgıç

Serra Nizamoğlu

Mine Soner

Ayşegül Yıldız

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanı

Esra Özpolat

Sistem Geliştirme Yöneticisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. M. Selim Aktürk

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

A101 Yeni Mağazacılık A.Ş.'nin Ankara bölgesindeki mağazaların ürün gruplarında ve sipariş verme politikalarında problemler olduğu gözlemlenmiştir. Bu projenin amacı; var olan ürün gruplarının ve sipariş matrisinin depo ve mağazaların yerleşim planı göz önüne alınarak geliştirilmesidir. Perakendecilik sektörünün farklı performans ölçütlerine bakılarak, ürün gruplarında değişiklik yapılması, sipariş günlerinin değişmesi, sipariş matrisinin yeniden düzenlenmesi gibi bazı değişimler gerekli görülmüştür. Bu bağlamda Java programlama dili ve SPSS istatistiksel yazılımı kullanılarak yeni bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemler ile A101 Ankara Mağazaları için daha iyi bir sipariş politikası bulunmuş ve ürün grupları yeniden sınıflandırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Sınıflandırma, sipariş politikası, sipariş matrisi, ürün grubu analizi.

1. Şirket Tanıtımı

A101 mağazalar zinciri, perakendecilik sektöründe kısa zamanda mağaza sayısını artırarak hızla büyümüştür. 2008 yılında kurulan şirket ilk mağazasını da aynı yıl içinde açmıştır. A101 mağaza zincirleri “Yüksek indirim” pazarlama stratejisini benimsemiştir. “Yüksek indirim” stratejisi müşterilere, yüksek kaliteyi ve uygun fiyatları bir arada sunar. Bu yüzden, her gelir düzeyinden alıcılar A101 Mağazalarının potansiyel müşterilerini oluşturmaktadır. A101 şu anda 1275 mağazasıyla hizmet vermekte olup, 2015 yılına kadar bu sayıyı 2000’e çıkarmayı hedeflemektedir.

A101 Türkiye genelinde 11 dağıtım merkezine sahiptir. Her dağıtım merkezi, bölgesinde bulunan mağazaların siparişlerini zamanında ve doğru miktarda sağlayarak, stok miktarını en aza indirmeyi hedefler. A101, müşterilerine 16 gruba ayrılmış geniş bir ürün yelpazesi sunmaktadır (Ek 1). Sipariş verme işlemi sırasında bu ürün grupları kullanılır. Müşterilerin taleplerini karşılamak için her mağazanın sipariş günü, sipariş verebileceği ürün grubu ve bunun gibi bilgilerin bulunduğu sipariş matrisi temel alınarak işlemler gerçekleştirilir.

2. Proje Tanımı

2.1 Proje kapsamı

Projenin ilk aşamasında, ürün gruplarını yeniden sınıflandırmak ve ürün grubu içindeki ürün sayılarını birbirine eşitleyerek günlük sipariş hacimleri arasında oluşan dengesizlikleri azaltmak hedeflenmiştir.

Projenin ikinci kısmında ise sipariş matrisi incelenmektedir. Sipariş gün ve gruplarını değiştirerek, mağazalarda ve depoda stokların kontrol edilmesi planlanmıştır. Mevcut sistemde mağazalar haftada üç gün sipariş vermektedir. Bu sayının doğruluğunu gösteren herhangi bir matematiksel model ya da kanıt yoktur. Bu yüzden karar destek sistemleri yardımıyla, her mağaza için haftalık en iyi sipariş gün sayısı hesaplanmıştır. Hesaplamalar yapılırken depo, iş gücü ve yol gibi kısıtlar göz önüne alınmıştır. Depo ürün gruplarına bağlı olarak düzenlendiği için paletleri hazırlarken işçilerin depoda daha az yürümleri planlanmıştır. Bunun için aynı ürün grubundaki ürünler aynı rafta bulundurulmaktadır. Ekstra günde sipariş verilecek ürün grupları seçilirken depodaki düzen dikkate alınmıştır.

En iyi şekilde sipariş günlerini belirlerken o günlerde hangi ürün gruplarının sipariş verileceği göz önüne alınmıştır. Bu aşamada, var olan kamyon rotaları sabit ve değişmeyecek şekilde düşünülerek, sipariş gün sayısı artırılan mağazalar için yeni rotalar oluşturulmuştur.

2.2 Şirket beklentileri

Firmanın ürünlerin yeniden sınıflandırılmasından beklentileri şunlardır:

- Ürün gruplarının içinde yer alan ürün sayısının dengelenmesi.
- Birbirine benzer özelliklere sahip ürünlerin aynı ürün grubunda yer alması.

Firmanın sipariş matrisi incelenerek tasarlanan karar destek sisteminden beklentileri şunlardır:

- Her mağazanın haftalık sipariş gün sayısının analiz edilerek gereken mağazalarda artırılması.
- Gün sayısı artırılan mağazaların yeni sipariş günlerine bakılarak kamyon rotalarının belirlenmesi.
- Yeni sipariş günlerindeki ürün gruplarının belirlenmesi.

3. Mevcut Sistem Analizi

3.1 Sistem yapısı

A101 mağazalarında yaklaşık 4.000 ürün satılmaktadır. Bu ürünler özelliklerine, kullanım alanlarına ve perakende satışlarına göre 16 ana gruba ayrılmıştır. Bu gruplar şirketin açılışından beri yaklaşık olarak aynı sayıda ürünü içermektedir. Fakat zamanla, bazı ürün gruplarına yeni ürünler eklenmiş ve bu yüzden bu gruptaki ürün sayı artmıştır. Bazılarından ise ürünler silindiği için gruptaki ürün sayısı azalmıştır. Bu yüzden şu anda kullanılan ürün grupları sabit sayıda ürün içermemektedir (Ek 2).

Şirket politikasına göre siparişler ürün grubu bazında verildiği için grupların eşit sayılarda ürün içermeleri büyük önem taşımaktadır. Günlük sipariş hacimleri arasında oluşan dengesizliklerin ürün gruplarının büyüklüklerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Mevcut sistem detaylı olarak incelendiğinde, şirketin her gün hangi ürün grubundan sipariş verileceğini gösteren sipariş matrisini kullandığı görülmektedir. Tüm mağazalar siparişlerini sadece haftalık bazda önceden belirlenen üç günde verebilmektedir. Ayrıca bu sipariş günlerinde mağaza, belirlenen gruplar haricinde ek olarak stok durumuna göre 30 tane ürünü fazladan sipariş edebilmektedir. Örneğin A Mağazası sadece pazartesi, çarşamba ve cuma günleri sipariş verebilmektedir. Pazartesi günleri sadece 13, 14, 15 ve 16. ürün gruplarından sipariş verebilir. Ek olarak eğer stoklarında bu ürün gruplarından başka gruplarda ürün kalmadıysa veya kritik değere düşüyse 13, 14, 15 ve 16. gruplar haricinde 30 tane daha ürün sipariş edebilir. Mağazaların sipariş verme işlemi sırasında her ürünün geçmiş satış verilerini okuyabilen bir el terminali kullanılır. Elde edilen bu veriler yardımıyla, mağaza çalışanları her ürün için bir sonraki sipariş verme gününe kadar gerekli olan ürün miktarını tespit ederek, el

terminaline kaydeder. Kaydedilen bu değerler Kurumsal Kaynak Planlama sistemine aktarılarak depoya iletişime geçilir. Siparişi verilen ürünler depoda ilk giren ilk çıkar prensibine uygun olarak toplanır ve paletlere yüklenir. Hazırlanan paletler sipariş verilen mağazalara gönderilmek üzere kamyonlara yüklenerek teslimat işlemi gerçekleştirir. Mağaza çalışanları, gelen ürünlerin kalitesini ve sayısını kontrol ettikten sonra ürünleri raflara yerleştirir. Görüldüğü gibi, sipariş politikası ürün gruplarıyla bağlantılıdır. Mevcut sistemde ürün gruplarının içindeki ürün sayıları aynı olmadığından depo siparişleri hazırlarken zorluk çekmektedir. Bir sipariş 17. ürün grubundan (426 üründen oluşan) geldiğinde yaklaşık 30 dakikada, 21. ürün grubundan (75 üründen oluşan) geldiğinde ise 15 dakikada hazırlanmaktadır. Bu yüzden, depodaki gerekli işgücü günden güne farklılık göstermektedir. Ek olarak ürün gruplarının sayısının farklı olmasından dolayı grupların ağırlık ve hacimleri de farklı olmaktadır. Bu da paletleri hazırlamakta zorluk yaratmaktadır.

3.2 Semptom ve şikayetler

Sürekli genişlemekte olan A101'in ürün portföyü, var olan ürün gruplarının içerdikleri ürün sayısının artmasına neden olmuştur. Mağazalar siparişlerini ürün gruplarına göre verdikleri için ürün gruplarının içerdikleri ürün sayısı arasındaki farklılıklar günlük sipariş hacimleri arasında dengesizlikler doğurmaktadır (Ek 2). Satışı devam eden ürünlerin dahil oldukları ürün grubunda benzerlik gösteren ürünlerle bir arada olup olmadığı bilinmemektedir. Yeni satışa sunulacak ürünler bir gruba dahil edilirken, tüm özellikleri dikkate alınmadan sınıflandırılmaktadır.

A101 Ankara Bölge Deposu'nun hizmet vermekte olduğu 124 mağaza, belirlenen sipariş politikası gereğince haftada üç gün sipariş verebilmektedir. Bu politika yüzünden, bazı mağazalarda stoklarda bulunmayan ürünler ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda şirket bünyesinde sıfır stoktan dolayı kaybedilen maliyeti gözlemlemek adına ciddi projeler yürütülmektedir. İlk etapta hangi mağazaların sipariş sayısının haftada dört güne çıkarılması gerektiği, bu ek günde hangi ürünlerden siparişe izin verilmesi gerektiği ve bunun sisteme yapacağı mali etki merak edilmektedir. Kimi ürünler çabuk bozulmaya müsait, kimileri daha çok kar getirdiğinden ve kimilerinin de satış talebi çok olduğundan bazı ürün gruplarının daha önemli olduğu belirtilip ek günde sipariş için öncelikli olacakları belirtilmiştir. Kamyonların mal tedarik süreçleri her gün ve her saatte aynı rahatlıkla yapılamayıp mağazadan mağazaya da farklılık göstermektedir. İç alanı küçük mağazalar, mağazanın bulunduğu yerler ve çevresinde pazar kurulma durumu, satış hasılatlarının ve ürün taleplerinin farklı seyretmesi yöneticiler tarafından ek gün için düşünülen mağaza ve gün

önceliklerini belirlemede önemli kıstaslardır. Depo görevlilerinin de belirttiği üzere sağlıklı çalıştığı düşünülen sipariş politikasının verimliliğine dair matematiksel bir analiz yapılmadığından dolayı sistemin iyileştirilebileceği düşünülmektedir.

3.3 Problem tanımı

Proje kapsamında çözülmek istenen problemler:

- Benzer ürünlerin aynı ürün grubunda olup olmadığını gösterecek bir sistemin olmayışı.
- Mağazaların sipariş politikalarındaki sipariş verilen gün sayısının ve sipariş miktarının doğruluğunu gösterecek karar destek sistemi eksikliği.
- Sipariş gün sayısı artırılması durumunda, bunun maliyet açısından şirkete olacak etkisinin bilinmemesidir.

3.4 Problem üzerine kaynak araştırması

Kümeleme çalışmasının yapılmasının ardındaki neden, geniş içerikli 17 ürün grubunun problemler kısmında belirtildiği gibi sistem işleyişinde oluşturduğu dengesizliklerdir. “Kümeleme analizi önemli veri yığınlarını yönetilebilir bir şekilde sınıflandırmak için bir tekniktir. Kümelmiş verilerin yönetilmesi daha kolaydır.” (Mahmood vd., 2011). Bu nedenle var olan ürün gruplarının yönetimi ve sipariş kontrollerinin verimli bir şekilde yapılabilmesi için kümeleme çalışmasının yardımcı olacağı düşünülmüştür.

En uygun algoritma bulunmadan önce veri türleri belirlenmelidir. Kategorik veri olarak koku ve sıcaklık ele alınmıştır. Bunun sebebi temizlik ürünleri ile gıda ürünleri aynı paletlere koyulmamaktadır ve bozulabilen gıdalar soğutmalı kamyon ile gönderilmektedir. Sürekli veriler için ise ağırlık, hacim ve depo adresi ele alınmıştır. Kamyonların kapasiteleri ve palet sayıları belirlenirken ağırlık ve hacim göz önüne alınmıştır. Ürünlerin depo adresleri ise paletleri hazırlayan çalışanın işlem zamanı ve performansı açısından önemlidir. Aynı gruptan ürünler yakın depo adreslerinde saklanır.

Kümeleme çalışmasında IBM’in sahibi olduğu SPSS (Sosyal Bilimler İstatistik Paketi) yazılımı kullanılmıştır. “SPSS’te küme veri kullanabilecek üç farklı prosedür vardır: hiyerarşik kümeleme, k-means kümeleme ve aşamalı kümeleme. Büyük bir veri dosyası ve sürekli ve kategorik değişkenlerden oluşan karışık veriler varsa, SPSS iki aşamalı kümeleme yöntemi kullanmanız gerekir” (Norusis, 2010). Bu nedenle projede iki aşamalı kümeleme algoritması kullanılmıştır. Algoritma ilk etapta k-means yöntemi mantığıyla çalışır, daha sonra ilk aşama sonuçlarına dayanan homojen kümeler oluşturarak sırayla öğeleri birleştirir. Uzaklık ölçüsü olarak log-likelihood kullanır. Kullanıcıya istenilen nihai küme sayısını girme esnekliği de tanıyan bir algoritmasından dolayı da projede tercih edilmiştir.

4. Önerilen sistem

Mevcut sistem analiz edildikten sonra problemleri ortadan kaldırabilecek bir “Karar Destek Sistemi” geliştirilmesi öngörülmüştür. Karar Destek Sistemi aracılığıyla, mağazalar belirlenen bir kritere göre filtreledikten sonra, kazanç ve kayıp analizleri yapılarak sipariş verme sayısının arttırılacağı mağazalar belirlenmiştir. Öncelikle satış ve sipariş verileri analiz edilerek bu mağazaların sipariş vereceği ürün grupları belirlenmiştir. Sipariş edilecek miktar ise palet cinsinden hesaplanmıştır. Sistem bir ara yüz yardımıyla, belirlenen mağazaların güncel sipariş verilerini kullanarak hesaplanan palet sayılarını ve mağazaları kullanıcıya rapor etmektedir.

4.1 Sistemin amacı

Bu sistemin amacı, öncelikle mevcut sistemi analiz ederek, belirlenen kritere göre filtrelenen mağazaların sipariş gün sayılarının uygunluğunu analiz etmek ve haftalık sipariş sayısının artırılmasına ihtiyaç duyulan mağazaları tespit etmektir. Bu aşamadan sonra ek sipariş gününü, sipariş edeceği ürün gruplarının çeşidini ve miktarını hesaplamak ve ek siparişleri depodan mağazalara ulaştırma yolunu belirlemektir. Sistemin şirkete olan kazanç ve kayıpları analiz edilerek, bir kamyon kiralama veya siparişleri başka rotalarla birlikte ulaştırma kararı verilecektir.

4.2 Sistem tasarımında göz önünde bulundurulacak kısıtlar

Şirketin isteği üzerine, haftalık toplam sipariş edilen koli miktarı sabit tutulmalı ve değiştirilmemelidir. Bu nedenle Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli’nden yararlanılamamaktadır. Bunun yanı sıra, alanı küçük olan ve deposu bulunmayan mağazalar, raflarda diğer mağazalara oranla daha az ürün bulundurabildiklerinden dolayı, bu mağazalara ek sipariş günü atanmamaktadır. Öte yandan, ek gün belirlenirken, söz konusu mağazaların bulunduğu semtlerde pazar kurulması, yoğunluk ve alan darlığına neden olmaktadır. Bu sebeple sevkiyatlar zorlaştığı için, bu günlere ek sipariş günü atanmamalıdır.

Mevcut sistemde siparişleri depodan mağazaya ulaştıran iki kamyon tipi vardır. Biri 12 paletlik, diğeri ise 15 paletlik kapasiteye sahip olan kamyonlardır. Bu kamyonların alabileceği en fazla ağırlık, hacim ve palet sayısı önemli kısıtlardır. Aynı şekilde, paletlerin de taşıyabileceği en fazla ağırlık ve hacim değerlerinin de göz ardı edilmemesi gerekir.

4.3 Sistem tasarımında göz önünde bulundurulacak varsayımlar

Ürünleri paletlere yüklerken her ürün grubu için ortalama bir ağırlık ve hacim hesaplanmıştır (Ek 3). Bunun nedeni talebin değişkenliğinden kaynaklanan belirsizliği ortadan kaldırmaktır. Ürünlerin satış miktarları günlük olarak değişkenlik göstermektedir, bu nedenle mağazalar siparişleri sezgisel bir yöntemle ihtiyaca göre

vermektedirler. Dolayısıyla, mağaza bir hafta sipariş ettiği bir ürünü başka bir hafta sipariş etmeyebilir. Mağazanın sipariş edeceği ürün, talebe bağlıdır, talep ise değişkendir. Bu yüzden sipariş edilip kamyonu yüklenecek olan ürünü günlük olarak tahmin etmek oldukça zordur ve bu konuda kesin bir sonuca varılamamaktadır. Talepteki değişkenliği bertaraf edebilmek ve kamyon ve paletlerin ağırlık ve hacim kısıtlarını aşmamak amacıyla, her ürün grubu için ortalama bir ağırlık ve hacim değeri hesaplanmıştır.

Mağazaların envanter tutma maliyetleri hesaplanırken, geçmiş üç aylık sipariş verileri kullanılmıştır. Gelecek aylardaki sipariş verilerinin bu üç aylık sipariş verileri ile aynı istatistiksel dağılımı göstereceği varsayılmıştır. Aynı şekilde, söz konusu mağazaların sipariş verecekleri ek gün belirlenirken, geçmiş üç aylık satış verilerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, depodan mağazaya ürün dağıtımını yapan kamyonların sabit rotaları olmadığı için, kamyon kiralınmaması durumunda ek siparişlerin diğer kamyonlara atanması problem yaratmayacaktır. Son olarak, sipariş edilen ürünlerin depoda yeterli miktarda bulunduğu varsayılmıştır.

5. Çözüm Yöntemi

5.1 Genel yaklaşım

Mağazaların sipariş verme sayısını artırmanın şirkete kazanç sağlarken bir yandan da kayıplara neden olacağı öngörülmüştür. Daha sık sipariş verme durumunda şirketin beklenen kazançları, mağazaların envanter tutma maliyetlerinin azalması ve rafta daha taze ürünler bulundurarak fire verme olasılığının azalmasıdır. Şirketin beklenen kayıpları ise, ürünleri depodan mağazalara ulaştırma maliyeti, depodaki işçinin ek siparişleri paletlere, paletleri de kamyonlara yükleme ve boşaltma maliyeti, mağaza görevlisinin paletteki ürünleri raflara dizme ve ek siparişi verme maliyetidir. Ürünleri depodan mağazalara ulaştırma aşamasında maliyeti en aza indirmek için sadece bir kamyon kiralınması gerektiği öngörülmüştür. Kamyonlar kilometre başına ücretlendirildiği için kamyon kapasitesi daha fazla olan 15 paletlik kamyon tercih edilmiştir. Sistemin verimlilik ölçüsü maliyettir; kazanç ve kayıp maliyetleri hesaplanıp karşılaştırılarak sistemin uygulanabilirliğine karar verilmiştir.

Ek sipariş günü tespit edilirken geçmiş üç aylık satış verilerinden yararlanılmıştır. Haftanın yedi günü için satış analizi yapılmış ve en yoğun satış yapılan gün saptanmıştır. Örneğin, Seyranbağları mağazasının en yoğun günü cumartesidir. Cumartesi günü müşteri kaybı yaşamamak adına perşembe günü akşam sipariş verilmelidir. Bu durumda sipariş edilen ürünler cumartesi sabah mağazaya ulaşmış olacak ve ürünlerin rafta bulunmama olasılığı azalacaktır.

Ek günde sipariş edilecek olan ürün gruplarını belirlemek için mağazalardaki ürün gruplarının satış analizi yapılmıştır. Yapılan

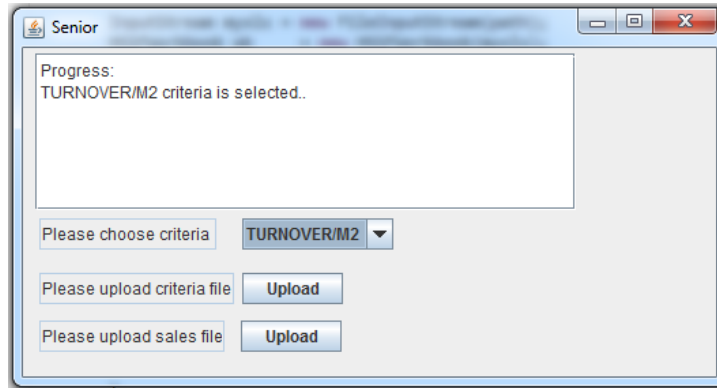
analizler sonucu, 12. (süt ve süt ürünleri), 13. (içecekler) ve 17. (bisküvi ve şekerlemeler) ürün gruplarının en çok satılan ve rafta bulunma olasılığı düşük olan ürün grupları olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte dayanma süresi az olan ve taze tüketilmesi gereken 11. ürün grubu (et ve et ürünleri) de şirketin isteği üzerine analize dahil edilmiştir. Bu nedenlerden dolayı, ek günde sipariş edilecek ürün gruplarına 11., 12., 13. ve 17. ürün grupları olarak karar verilmiştir.

Projenin uygulanması durumunda öngörülen kayıpların hesaplanabilmesi için Java J-Creator ve Eclipse programlama dilleri kullanılarak, güncellenebilen ve kullanımı kolay bir bilgisayar programı tasarlanmıştır.

5.2 Sistem Algoritması

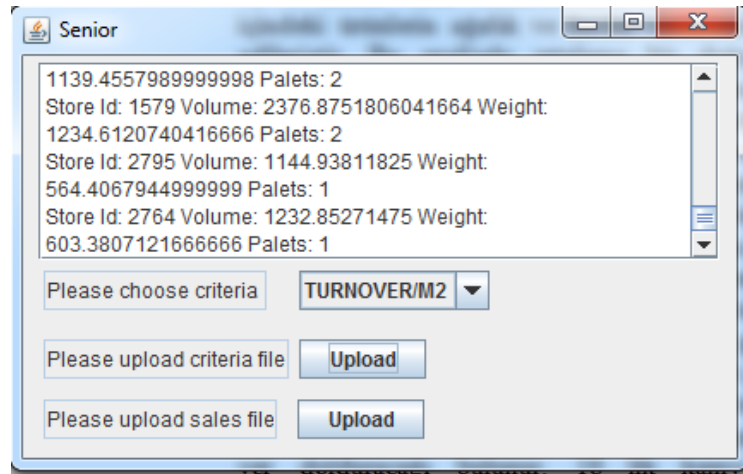
Modelin girdileri, mağaza filtrelemesi için kullanılan kriter dosyası ve söz konusu mağazaların üç aylık sipariş verileridir. Mağaza filtrelemesi için alan-ciro oranı kriter olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni, alanı küçük ve cirosu fazla olan mağazaların ek sevkiyat gününe ihtiyaç duymasındır. Alan küçük olduğu için raflarda çok fazla ürün bulunamamakta ve satışlar fazla olduğu için raflardaki ürünler kısa sürede bitmektedir. Dolayısıyla rafların boş kalması ve müşteri taleplerinin karşılanamaması gibi olasılıklar bu mağazalarda daha yüksektir. Bu analizi yapabilmek için, Ankara bölgesindeki mağazaların yıllık ortalama satış ciroları bu mağazaların alanlarına bölünerek bir oran bulunmuştur. Tüm mağazaların alan-ciro oranı hesaplanıp programa girdi olmak üzere dosyalanmıştır. Modelin çıktıları ise, ek sipariş günü koyulması gereken mağazaların isimleri, sipariş verebilecekleri en fazla palet miktarları ve bu paletlerin toplam hacim ve ağırlık değerleridir. Bu çıktıları kullanarak hem gider analizi hem de gelir analizi yapılmıştır. Program şu şekilde işlemektedir:

- Program kullanıcıdan Excel'de hazırlanan kriter dosyasını yüklemesini istemektedir. Oranları büyükten küçüğe sıraladıktan sonra Pareto prensibini kullanarak ilk 10 mağazayı seçip kullanıcıya rapor etmektedir.



Şekil 1. Kullanıcı arayüzü örneği.

- b. Program kullanıcıdan seçilen 10 mağazanın ayrı ayrı üç aylık sipariş verilerini Excel formatında yüklemesini istemektedir. Ardından, yüklenen sipariş verileri incelenerek her mağaza için 11. , 12. , 13. ve 17. ürün gruplarından sipariş edilecek palet adetleri hesaplanmaktadır. Haftalık toplam sipariş sayılarının sabit kalması için, üç günlük sipariş değerleri dört güne dağıtılmıştır. Mağaza, ek siparişini bu dört ürün grubu dahilindeki ürünlerden ihtiyaca göre seçerek, koli sınırını aşmamak şartı ile istediği miktarda sipariş verebilecektir.
- c. Program mağaza sıralamasında ciro/m² oranı en yüksek olan mağazadan başlayarak kolileri paletlere ve paletleri de kamyona yerleştirmektedir. Bu işlemde her ürün grubu için ortalama bir ağırlık ve hacim değerleri kullanılmakta ve bu işleme bir kamyonun kapasitesi doluncaya kadar devam edilmektedir. Kamyona paletleri yüklemek için matematiksel olarak programlanabilen ve literatürde var olan “Sırt Çantası Modeli” kurulmuştur (Ek 4). Bu model iki küme içerir. Birinci kümede mağazaların sipariş edecekleri ürünlerin tutulduğu ürünler kümesi U, ikinci küme ise bu ürünlerin koli cinsinden ağırlık ve hacim kapasitelerinin tutulduğu özellikler kümesi O’dur. Bu model sayesinde, mağazaların ciro-alan öncelikleri göz önünde bulundurularak ve kamyon kısıtları aşılmadan kamyon en verimli şekilde doldurulmaktadır.
- d. Programın, seçilen mağazaların isimlerini, her mağazanın sipariş verebileceği en fazla palet miktarını ve bu palet miktarlarına karşılık gelen ağırlık ve hacim değerlerini ekrana çıktı olarak bastırmasıyla mağaza seçimi bütün kısıtlar sağlanarak tamamlanmaktadır.



Yol ve rota analizi sonucu, toplam gidilen mesafe 128 km ve haftalık toplam kamyon maliyeti yaklaşık 170 TL olarak hesaplanmıştır. Gelir analizi sonucunda her mağaza için haftalık bulunan envanter kazancı analiz sonuçları aşağıdaki tabloda görülebilir.

Tablo 1. Seçilen mağazalar için envanter kazancı analizi.

| Mağaza Kodu | Kamyondaki mağazalar | Palet Sayısı | Rafta tutmama kazancı (TL) |
|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|
| 1258 | Subayevleri | 2 | 11.39 |
| 1603 | Seyranbağları | 1 | 6.89 |
| 1393 | Tıp Fakültesi | 1 | 11.27 |
| 1253 | Abidinpaşa | 2 | 9.23 |
| 1355 | Kızlarpınarı | 2 | 9.98 |
| 1423 | Dikmen | 2 | 7.52 |
| 1579 | Sanatoryum | 2 | 8.4 |
| 2795 | Bala | 1 | 3.97 |
| 2764 | Yenimahalle | 1 | 4.17 |

Bu analizin sonucuna göre, mağazaların haftalık toplam envanter kazancı yaklaşık 73 TL olup, kamyon giderini karşılayamamaktadır. Bu nedenle ek sipariş günü için ekstra bir kamyonun yeni oluşturulan rotaya atanması söz konusu olamamaktadır. Bunun yerine, ek sipariş günü ile sağlanacak envanter kazançlarını kaybetmemek adına, belirlenen mağazaların sipariş günlerinin dört güne çıkarılması desteklenmektedir. Öneri olarak, sevkiyat için mağazaların en çok satış yaptığı günler analiz edilmiştir.

Tablo 2. Seçilen mağazalar için ek gün bulma analizi.

| Mağaza Kodu | Mağaza Adı | En çok satış yapılan gün | Sipariş verilmesi gereken gün | Siparişin Mağazaya Ulaşacağı gün |
|-------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1258 | Subayevleri | Cuma | Perşembe | Cumartesi |
| 1603 | Seyranbağları | Cumartesi | Cuma | Pazar |
| 1393 | Tıp Fakültesi | Perşembe | Çarşamba | Cuma |
| 1253 | Abidinpaşa | Cumartesi | Cuma | Pazar |
| 1355 | Kızlarpınarı | Cumartesi | Cuma | Pazar |
| 1423 | Dikmen | Cuma | Perşembe | Cumartesi |
| 1579 | Sanatoryum | Cumartesi | Cuma | Pazar |
| 2795 | Bala | Salı | Pazartesi | Çarşamba |
| 2764 | Yenimahalle | Pazartesi | Cumartesi | Pazartesi |

Sevkiyatın seçilen günlerde var olan ve seçilen mağazaların yakınından geçmekte olan kamyonların kullanılması uygun görülmüştür. Bu sayede, kamyon gideri göz ardı edilebilecek seviyede az olup, mağazaların envanter maliyetleri %25 oranında azaltılabilecektir.

KAYNAKÇA

Bineham, G. 2011. "The Analysis of Research Data" erişim http://www.thh.nhs.uk/documents/_Departments/Research/InfoSheets/5_analysis_data.pdf.

Mahmood A., Muqbool W., Mumtaz M., Ahmad F., 2011. "Application of Multivariate Statistical Techniques for the Characterization of Ground Water Quality of Lahore, Gujranwala and Sialkot (Pakistan)", Pak. J. Anal. Environ. Chem. Vol. 12, No. 1 & 2.

Norusis M., 2010. "IBM SPSS Statistics 19 Guide to Data Analysis". Prentice Hall: Pearson Education.

"Statistics for Information Systems and Data Mining" 28.11.2011, erişim <http://www.uic.edu/classes/idsc/ids472/clustering.htm#9.1>.

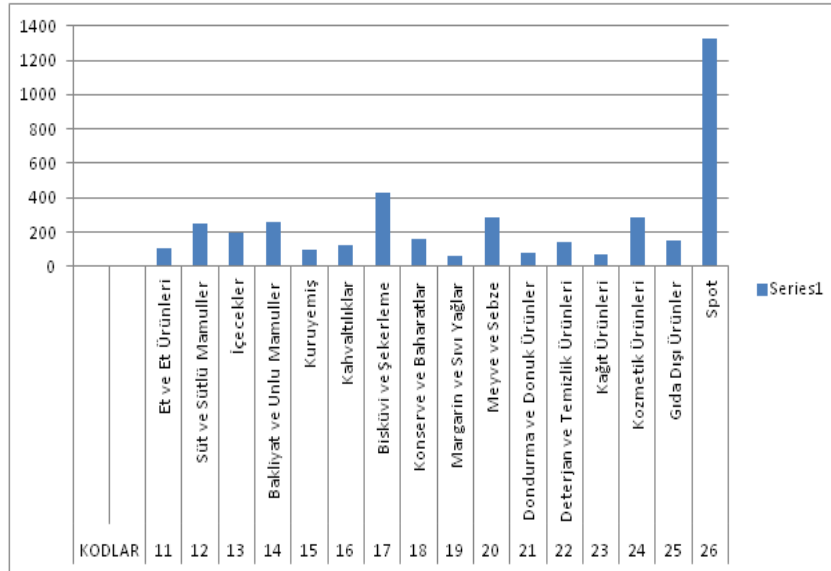
Yaman T., Karabatı S., ve Karaesmen F., 2008. "Clustering Grocery Shopping Paths of Customers by Using Optimization-based Models". 20th EURO Mini Conference "Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies" Neringa, Litvanya.

EKLER

Ek 1. Ürün grupları

| Ürün Grubu Numaraları | |
|-----------------------|-------------------------------|
| 11 | Et ve Et Ürünleri |
| 12 | Süt ve Süt Ürünleri |
| 13 | İçecekler |
| 14 | Bakliyat ve Unlu Mamuller |
| 15 | Kuruyemiş |
| 16 | Kahvaltılıkları |
| 17 | Bisküvi ve Şekerlemeler |
| 18 | Konserve ve Baharatlar |
| 19 | Margarin ve Sıvıyağlar |
| 20 | Meyve ve Sebze |
| 21 | Dondurma ve Donuk Ürünler |
| 22 | Deterjan ve Temizlik Ürünleri |
| 23 | Kâğıt Ürünleri |
| 24 | Kozmetik Ürünleri |
| 25 | Gıda Dışı Ürünler |
| 26 | Spot Ürünler |

Ek 2. Ürün grubu büyüklükleri



Ek 3. Ürün grubu başına ortalama ağırlık

| Ürün Grubu | Ortalama Ağırlık (kg) | Ortalama Koli başı hacim (cm ³) |
|------------|-----------------------|---|
| 11 | 3,911 | 14,537 |
| 12 | 6,844 | 15,102 |
| 13 | 12,730 | 11,494 |
| 17 | 2,786 | 13,849 |

Ek 4. Sırt Çantası Modeli

$$\text{Enk } \sum_{i \in U} P_i * X_i$$

k.s.

$$\sum_{i \in U} A_{ij} * X_i \leq C_j \quad \forall j \in O$$

Değişkenler:

P_i : i mağazasının ciro-alan oranı

A_{ij} : i mağazasının j kriter değeri

X_i : $\begin{cases} 1, & i \text{ mağazası seçilmiş ise} \\ 0, & i \text{ mağazası seçilmemiş ise} \end{cases}$

C_j : j kriterinin kısıtı

Ek 5. En Yakın Komşu Algoritması

Algorithm NN ($P = [p_1 \ p_2 \ \dots \ p_n]$)

for all $i \in [1, n], j \in [1, n]$

compute $d[i, j] = \|p_i - p_j\|$

for $i = 1$ to n

$dist[i] \leftarrow \infty$

for $j = 1$ to n

if $i \neq j$ and $d[i, j] < dist[i]$

then

$dist[i] \leftarrow d[i, j]; NN[i] \leftarrow j$

return $NN, dist$

Ek 6. Envanter kazancı hesaplama formülü

Rafta Tutmama Kazancı

$\sum_i \sum_j (Q_{ij} / 2) * (\text{rafta tutma maliyeti } (i, j))$

$(Q_{ij} / 2)$: i . Ürün grubundaki j . ürünün ortalama stok miktarı

i : ürün grubu indeksi

j : ürün indeksi

AGV Teknolojisine Dayalı Montaj Hatları Malzeme Dağıtım Sistemi

Arçelik A.Ş. Bulaşık Makinası İşletmesi

Proje Ekibi

Hülya Arıkan
Destina Ezgi Çavdar
Ezgi Erdiç
Galip Oral Okan
Bersu Uysalel

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

Şirket Danışmanı

Ali Altuncu
Üretim Planlama Yöneticisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Arçelik Bulaşık Makinası İşletmesi'nde, mevcut malzeme dağıtım sistemi Arçelik A.Ş.'nin etkinlik ve denetlenebilirlik beklentilerini karşılamamaktadır. Yoğun ve detaylı bir analiz ve karar verme süreci sonrası projenin kapsamı sepet taşıma işlemi olarak belirlenmiştir. Bu projenin temel amacı AGV (Otomatik Yönlendirmeli Araç) teknolojisine geçiş yaparak etkin ve denetlenebilir bir malzeme dağıtım sistemi oluşturmaktır. Yazın taraması ile AGV'nin dünya üzerindeki uygulamaları araştırılmıştır. Kullanılacak AGV tipi taşıyıcı AGV olarak kararlaştırıldıktan sonra alınacak AGV sayısı, besleme yapılacak istasyonlar ve AGV rotası benzetim modeli sonucunda kesinleştirilmiştir. Java programlama diliyle geliştirilen yazılım; fabrika içi istasyonlar, AGV ve sunucular arası iletişimi sağlamaktadır. Tasarlanan sistemin koşturumu Mayıs 2012'de gerçekleştirilecektir.

Anahtar Sözcükler: AGV, malzeme dağıtım sistemi tasarımı, benzetim modeli, Java, yazılım.

1. Firma Tanıtımı

Ankara'nın Sincan ilçesinde bulunan Arçelik Bulaşık Makinası Fabrikası, Arçelik markasının yanı sıra Koç'a bağlı olan Beko, Blomberg, Grundig, Arctic, Flavel, Electrabregenz ve Leisure markalarının bulaşık makinalarını da üretir. Makinaların üretimi yerli veya uluslararası satıcılardan gelen siparişler üzerine ya da taleplerin tahmini doğrultusunda yapılır. Mevcut durumda günlük üretim miktarı yaklaşık olarak 6500 adet iken, yıl sonunda bu sayının 7000 olması hedeflenmektedir. Fabrikada üretim, günde üç vardiya olarak gerçekleştirilmektedir.

Fabrika yönetimi müşteri memnuniyetini esas aldığı için tüm tesiste yapılan işlerde kaliteye çok önem verilmektedir. Fabrika Toplam Üretken Bakım (TÜB) sistemini benimsemiş olup bu anlamda birçok ödüle layık görülmüştür. Son yıllarda basit gelişim yöntemlerinden otomasyon projelerine kadar birçok gelişim planı yapılmış olup, üretim kapasitesi ikiye katlanmıştır.

2. Proje Tanımı ve Analiz

2.1 Mevcut sistem

Tedarikçilerden gelen malzemelerin fabrikaya girişi Rampa ve Arena olarak adlandırılan 2 farklı bölgeden yapılmaktadır. Malzemelerin depolandığı 2 adet Otomatik Depolama ve Geri Alma Sistemi (ASRS) vardır. Konteynerlerle gelen malzemelerin boyutları ASRSler'e depolanmak için uygun değildir. Bu malzemeler fabrikaya Arena'dan alındıktan sonra ya burada ya da diğer bir depolama bölgesi olan Ambar'da depolanır.

Montaj işlemleri üç montaj hattında gerçekleştirilir. Birinci montaj hattında (M1) ağırlıklı olarak yurt dışı üretim yapılır. İkinci montaj hattında (M2) ise çevrim zamanı yüksek ürünler üretilirken, üçüncü montaj hattında (M3) ağırlıklı olarak yurt içi üretim yapılır. Bir vardiyada, birinci montaj hattında orta büyüklükteki partilerle 925 adet, ikinci montaj hattında ise genellikle küçük, kırık partilerle 250 adet bulaşık makinası üretilmektedir. Üçüncü montaj hattında büyük partilerle vardiya başına 1160 adet üretim yapılarak günlük üretimin yaklaşık %50'si karşılanmaktadır.

Montaj hatlarına malzeme taşıma işlemi 3 vardiyada toplam 22 (8+8+6) işçi ve birçok otomatik mekanizma tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu işçiler arasında ASRS operatörleri, forklift ve transpalet sürücülerinin bulunur. Bir vardiyada görev alan toplam 6 forklift sürücüsünün 2 tanesi, 8 transpalet operatörünün de 6'sı montaj hatlarına malzeme taşımaktadır.

2.2 Bulgular

Forklift ve transpalet operatörleri malzemeleri hangi bant kenarı

ara depolama alanına bıraktıklarının kaydını tutmamaktadır. Bu yüzden, başka bir istasyonda o malzemelere ihtiyaç duyulduğunda ve o malzemeler ana depoda bulunmamaktaysa, diğer forklift operatörleri o malzemeyi montaj hatları arasında aramak zorunda kalmaktadır. Bu gereksiz gidiş gelişler trafiğe neden olurken, malzeme takibini de zorlaştırmaktadır.

Forklift ve transpalet operatörleri belli bir rota izlememektedir. Her biri kendi tecrübelerine ve o anki fabrika içi kişilerle ilişkilerine dayanarak kendi rotalarını belirledikleri için bir düzen içinde çalışmamaktadırlar. Operatörlerin sorumlu oldukları görevler için güncel kayıt tutulmadığı ve bu konuda bilgi alınabilecek tek kaynak operatörlerin kendisi olduğu için izlenebilir bir iş yükü dağılımı bulunmamaktadır. Rota düzensizliğinin yanı sıra malzeme dağıtımı da yol, zaman, enerji ve iş yükü dağılımı bakımından verimli gerçekleşmediğinden, bant kenarı ara depolama alanları bazen kapasitesinin üstünde bazen ise altında kullanılmaktadır.

2.3 Problem tanımı

Mevcut sistem denetlenebilirlik ve etkinlikten yoksun olduğundan Arçelik'in verimli bant kenarı depolama alanı ve iş gücü kullanımı, izlenebilir malzeme dağıtım hareketleri ve denetlenebilir operatör iş yükü dağılımı beklentilerini karşılamamaktadır.

2.4 Proje hedefi ve kapsamı

Projenin temel amacı -problem tanımında bahsedilen- Arçelik'in beklentilerini karşılayabilecek, denetlenebilir ve etkin bir malzeme dağıtım sistemi tasarlamaktır. Bu sistemi tasarlarırken, projenin kapsamı el ile dağıtım sistemi olarak belirlenmiş ve analizler bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.

2.4.1 Analizler

- Transpalet ve forklift vardiya takibi: Rastgele seçilen 5 ayrı vardiyada montaj hatlarına malzeme taşımak ile görevlendirilmiş transpalet ve forklift operatörleri gözlemlenmiş ve iş yükü dağılımları çıkarılmıştır. Bu analizden aynı zamanda hangi malzeme, hangi depolama alanından, hangi hattın hangi istasyonuna, hangi sıklıkla ve ne kadar süre ile taşındığı bilgisine ulaşılmıştır (Ek 1, 2, 3, 4).
- Sepet taşıma işlemi takibi: Transpalet ve forklift vardiya takip analizi ile sepet malzemesi taşıma işleminin el ile taşıma sistemindeki bir vardiyadaki 2 (22 işçi arasında 6 işçi) forklift operatörünün iş yükünün %40'ına karşılık geldiği sonucuna varılmıştır. Bu oran, sepet taşıma işleminin iyileştirilmesi ile tasarlanan malzeme taşıma sistemini de iyileştirebileceğini ortaya koymaktadır. Bu sebeple sepet taşıma işlemi daha detaylı bir analize tabi tutulmuştur. Bu analizin sonucunda üretimde kaç tür

sepet kullanıldığı, sepet taşıma işleminin nasıl gerçekleştirildiği, sepetlerin taşınma kapasitesini etkileyen fiziksel özellikleri, taşıma işleminin gerçekleşme sıklığı bilgilerine ulaşılmıştır (Ek 5, 6).

2.4.2 Sepet taşıma işlemi

Sepetler Ek 7'de görülebilen sepet arabaları ile taşınmaktadır. Taşıma işlemi manuel dağıtım sistemi elemanı olan 2 forklift sürücüsü tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu sürücülerden biri M1 ve M2'ye dolu sepet arabalarını bırakırken, M1'deki boş sepet arabalarını almakla görevlidir. Diğer sürücü ise M3'e dolu sepet arabalarını bırakıp, M2 ve M3'ün boş sepet arabalarını taşımaktadır.

Farklı bir operatör tarafından doldurulan sepet arabaları fabrikada tek bir alanda depolanmaktadır. Sepet taşıma işlemi forklift sürücülerinin bu sepet depolama alanından montaj hatlarına dolu sepet arabalarını dağıtmasıyla başlar, üretim sonrası boşalan sepet arabalarını Ambar'a getirilmesiyle son bulur.

2.5 Kısıtlar

Proje kapsamı, sepet taşıma işlemi ile sınırlandırıldıktan sonra bu işlemin nasıl iyileştirileceği montaj hatlarına yakın farklı bölgelerde fazladan sepet depolama alanı oluşturulması, sepet depolama alan sayısı artırımı, vagonlu sepet taşıma sistemine geçiş ve taşıma otomasyon sistemleri kullanımı başlıkları altında incelenmiştir.

Sepet arabası kapasitesi artırımı seçeneğinin, sepet dağıtım işlemini hızlandırabileceği ancak ergonomi ve iş güvenliği açısından tehlike oluşturacağı öngörülmüştür. Bu işlemi hızlandırabilecek bir diğer seçenek olan montaj hatlarına yakın farklı bölgelerde fazladan sepet depolama alanı oluşturulması, Arçelik'in beklentilerinden biri olan malzeme takibini zorlaştıracağından uygulanabilir çözüm olarak kabul edilmemiştir. Vagonlu sepet taşıma sistemi Arçelik'in bant kenarı ölçütlerini karşılamaına rağmen, fabrikanın fiziksel koşullarına uyum sağlayamadığı için iş güvenliği kurallarına ters düşmektedir. Esnek sistemler olmamalarına karşın, taşıma otomasyon sistemlerinin Arçelik'in denetlenebilirlik ve etkinlik beklentilerini karşılayabilecek en uygun seçenek olduğu görülmüştür.

3. Yazın Taraması ve AGV Kararı

Taşıma otomasyon sistemlerinin sektörde kullanımı dünya çapında incelendiğinde havadan konveyör vasıtasıyla malzeme taşıma sistemi, endüstriyel vinç, AS/RS, dikey asansör ve otomatik yönlendirmeli araç (AGV) sistemlerinin yaygın kullanıldığı görülmüştür. Yapılan analizlerle taşınacak malzeme sepet olarak kararlaştırılmıştır. Bu otomasyon sistemleri sepet taşıma işlemine uygunlukları açısından değerlendirildiğinde havadan konveyör sistemi mevcut sistemde var olup, tam kapasite kullanıldığından; endüstriyel

vinç taşınacak malzemenin hatlardaki çevrim hızını karşılamakta yetersiz kalacağından; AS/RS ve dikey asansör ile sepet arabalarının boyutlarında bir nesneyi taşınamayacağından elenmiştir. Sonuç olarak AGV sistemlerinin ideal çözüm olduğu kararlaştırılmıştır.

AGV, birim yükü dışarıdan gelen rehber bir sinyal vasıtasıyla bir noktadan diğerine taşıyan sürücüsüz araçlar olup; gerçek zaman kontrolü, iş gücü maliyetlerini azaltma, yüksek iş güvenliği, taşınan ürüne zarar vermeme, zeka ve çok yönlü kullanım özelliklerine sahiptir. Bu araçlar uygun malzemenin uygun yerde ve zamanda bulunmasına yardımcı etmekte ve fabrikalardan hastanelere, posta servislerine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır (Yiğit ve Güner, 2002).

Liman konteyner terminallerinin otomasyona geçiş aşamaları, otomatik taşıma sistemlerinin gerçek hayattaki uygulamasına bir örnek olarak verilebilir. Bu örnekteki terminaller ilk olarak otomatik istifleme vinç ve dikey asansör sistemine geçmiş, sonraki aşamada otomatik yönlendirmeli araçları malzeme taşıma sistemlerine dahil etmişlerdir. Bu geçiş süreçlerinde taşınan kargo adetleri artarken, meydana gelen kazaların azaldığı gözlemlenmiştir (Ek 8) (Sisson, 2009).

4. Geliştirilen Sistem

Otomatik yönlendirmeli araç kullanılmasına karar verildikten sonra, ilk olarak fabrikanın fiziksel koşulları ile taşınacak malzemenin yapısı göz önünde bulundurulmuştur. Bu doğrultuda, kullanılacak araç tür seçenekleri taşıyıcı ve römorklu araç olmak üzere ikiye indirilmiştir. Sonraki aşamada, kullanılacak araç türünü belirlerken boşaltma/yüklemede operatör ihtiyacı, sepet araba modifikasyonu, taşınabilen sepet arabası sayısı, manevra kabiliyeti, dönüş alma açısı, iş güvenliği, iş gücünde kazanç sağlanıp sağlanamayacağı hususları değerlendirilerek fabrikada kullanılacak araç tek seferde bir sepet arabası taşıyabilen taşıyıcı AGV olarak kararlaştırılmıştır.

4.1 Benzetim modeli

Fabrikanın bir aylık üretiminin ve fiziksel özelliklerinin gerçek verileri kullanılarak bir benzetim modeli geliştirilmiştir (Ek 9). Bu modelin geliştirilmesinin amacı tasarlanan otomasyona geçiş sürecinde gerekli olan en az AGV adedini belirlemektir. Bu model geliştirilirken hattın durma riskinin oluşturulmaması performans ölçütü olarak alınmıştır. Ayrıca bu model ile montaj hatlarına sepet taşıma işlemi sırasında gerçekleşen sorunlar tespit edilmiştir.

Benzetim modeli geliştirilirken AGV kullanımını için belirlenen rota Ek 10' de görülebilir. Bu rota belirlenirken fabrikada trafik, yolların fiziksel özellikleri ve istasyonların konumu göz önüne alındığı için rastgele seçilen forklift rotalarından farklı ve denetlenebilir. Bununla birlikte boş sepet arabaları artık Ambar'a değil, sepet depolama alanına bitişik olarak tasarlanan boş sepet arabası depolama alanına bırakılır.

4.1.1 Varsayımlar

- İstasyonlardaki ara depolama alanlarında en fazla 3 sepet arabası bulunabilecektir.
- AGV istasyona geldiğinde öncelikle ara depolama alanında sepet arabası bırakılabilecek yer olup olmadığını kontrol etmektedir.
 - Yer varsa sepet arabasını bırakıp, boş sepet arabası varsa onu alıp boş sepet depolama alanına gitmektedir. Boş sepet arabası hazırda bulunmuyorsa, 10 sn bekleyip hala boş sepet arabası bırakılmamışsa, herhangi bir şey taşımaksızın sepet depolama alanına geri gitmektedir.
 - Ara depolama alanında yer yoksa, taşımakta olduğu sepet arabası ile sepet depolama alanına geri dönüp sıradaki işlemi gerçekleştirmeye başlamaktadır.
- AGV'nin önüne çıkabilecek farklı tip engeller bulunmaktadır. Bir vardiyada engel oluşma olasılığı toplamda %10 olmakla birlikte, aracın bulunduğu konuma göre oluşan engel tipi farklılık göstermektedir. Engel tipleri insan, forklift ve malzeme olarak 3'e ayrılmaktadır. Bu engellerin ortadan kalkması için beklenen süre insan için 5 sn, forklift için 10 sn ve malzeme için 60 sn'dir.
- Engellerin yanı sıra AGV'nin arızalanma ihtimali de vardır. Müdahale gerektiren bu arızalardan minör olanı (ayda 4-5 defa gerçekleşen) için 10 dk, majör olanı (ayda 1-2 defa gerçekleşen) için 30 dk onarım süresi gerekmektedir.

4.1.2 Model girdi ve çıktıları

Üretim planı, ürün ağaçları ve farklı sepet türleri için sepet arabası kapasiteleri birleştirilerek hangi montaj hattında, hangi sepet türü kullanıldığına göre dakika bazında dağıtımı yapılan sepet arabası adedi hesaplanmıştır. Bu, benzetim modelinin ana girdisini oluşturmuştur. Bu girdiler gerçekleşmiş Şubat 2012 üretim planından alınmıştır. Bu zaman aralığının seçilmesinin sebebi dinamik bir yapıya sahip fabrikanın en güncel verisi olmasıdır. Engel ve arızaların oluşma sıklığı modelin diğer girdisini oluşturmaktadır. Yaptığımız analizlerde gözlemlendiği üzere, olduğu konuma göre sıklığı değişen bu girdiler Ek 11' de görülebildiği gibi modele eklenmiştir.

Modelin başlıca çıktıları; oluşan engel ve arıza adetleri, engel ve arıza durumlarında toplam bekleme süresi, kat edilen toplam mesafe, AGV'nin kullanım oranı, bant kenarı ara depolama alanında sepet arabası bırakılabilecek yer bulunmadığı için getirdiği dolu sepet arabası ile sepet depolama alanına yapılan dönüş sayısı ve işlemi başarılı olarak tamamlanmış sepet arabası sayısıdır.

4.1.3 Senaryolar

Benzetim modeli proje gereklerine göre 3 tane farklı senaryoda denenmiştir. Bu senaryolar:

- Tek AGV ile 6 istasyona sepet arabası beslenmesi: Tek AGV kullanarak tüm istasyonlara sepet beslemesi yapıldı.
- Tek AGV ile 4 istasyona sepet arabası beslenmesi: Tek AGV kullanarak M2 haricindeki istasyonlara sepet beslemesi yapıldı.
- İki AGV ile 6 istasyona sepet arabası beslenmesi: İki AGV kullanarak tüm istasyonlara sepet beslemesi yapıldı.

4.1.4 Sonuçların değerlendirilmesi

Tek AGV kullanılarak 6 istasyon besleme senaryosunda, montaj hatlarındaki üretime göre ağırlıklı ortalamaları alındığında siparişlerin % 95,4'ü karşılanmaktadır. Bu oran hat durma riski oluşturmaktadır. Dolayısıyla 6 istasyon tek AGV ile beslenmemelidir. Bu sorunun iyileştirilmesi için öncelikle istasyon sayısı 6'dan 4'e düşürülerek – M2 hattı taşıma yapılmayarak - yeni bir senaryo denenmiştir. Tek AGV kullanılarak 4 istasyon besleme senaryosunda, siparişlerin % 99,3'ü karşılanmaktadır. Tek AGV ile 4 istasyon besleme senaryosu, siparişlerin tamamlanmasında daha verimli sonuçlar verse de sepet taşıma işlemi el ile dağıtım sistemine bağımlı olmaktan kurtarılamadığından etkinlik ve denetlenebilirlik açısından sisteme beklenen katkıyı sağlamamaktadır. Bu doğrultuda, AGV sayısı 2'ye çıkarılarak yeni bir senaryo denenmiştir. Bu senaryonun sonuçlarında görüldüğü üzere 2 AGV 6 istasyonu rahatlıkla beslerken, başka malzemeleri de taşıyabilecek kadar tur yapabilmektedir. Bu sonuca AGVler'in bant kenarı ara depolama alanında sepet arabası bırakabileceği yer bulamayıp, geri dönüş yapma sayılarının analizi ile ulaşılmıştır. Senaryoların detaylı sonuçları Ek 12, 13, 14 ve 15'de görülebilir.

4.2 Yazılım

İstasyonlarda sepet montajıyla görevli operatörlerin sepet siparişlerini AGV'ye iletmesini sağlayan ve yapılan işlemlerin (istasyonlarda siparişlerin ne zaman verildiği ve AGV'nin bu siparişleri istasyonlara ne zaman teslim ettiği) kaydını tutan bir yazılım geliştirilmiştir. Java programlama diliyle yazılan bu yazılım, Ek 16'de görülebilen istemci/sunucu mimarisi üzerine kurulmuştur. Bu yazılım ile her bir operatör kendilerine verilen dokunmatik terminaller aracılığıyla sunucuya bağlanır. Sunucu da operatörlerle AGV arasında iletişimi sağlar.

4.2.1 Sunucu

Sunucu ara yüzünde istasyonların ve AGV'nin sunucuya bağlı olup olmadığı, üretim planı ve tüm istasyonlardan gelen aktif siparişler görülür.

Sunucuya öncelikle malzemelerin ürün ağaçları yüklenir ve malzeme eşleştirmesi yapılır. Böylece hangi modele hangi tip sepet malzemesi gerektiği belirlenmiş olur. Üretim planının sunucuya yüklenmesiyle istemciler sunucuya bağlandıklarında kendi ekranlarında üretim planını görürler. İstasyonların verdiği siparişleri gören sunucu uygun görürse siparişleri sıfırlayabilir.

4.2.2 İstemci

Operatörlere kolaylık sağlaması için kullanıcı dostu bir arayüz olmasına dikkat edilen istemci arayüzünde siparişi verilecek malzemeler, üretim planı, yapılmış aktif siparişler görülür.

Üretim planından hangi modelin üretileceği ve sunucuda önceden yapılmış olan malzeme eşleştirme sonucu modellerde hangi tip sepet malzemesi gerektiği belirlenmiştir. Yazılım, bu girdileri alarak hangi malzemelerin sipariş edilmesi gerektiğini saptar ve bu malzemeleri üretim planında olan sırasıyla istemci ekranına yansıtır. Operatörün tek yapması gereken sipariş vermek istediği malzemenin üzerine tıklamaktır. Böylece sunucuya aktif olarak sipariş isteği gitmiş olur. Sunucu da bu isteği AGV'ye iletir. Operatör üretim planı dışında bir sipariş vermek isterse "Özel Sipariş" adı altında bunu yapması mümkündür. Operatör yaptığı siparişleri isterse iptal de edebilir.

AGV, sunucudan kendisine iletilen siparişleri FIFO (İlk Giren, İlk Çıkar) yöntemi ile istasyonlara götürür. Bu durumda AGV siparişleri istasyonlara sipariş verme sıralarına göre iletir; siparişi önce veren istasyona önce gider. Yazılıma sonradan eniyileme modülü eklenebilir ve böylece istenilen eniyileme yöntemleri ile de AGV'nin siparişleri iletilmesi sağlanabilir.

5. Uygulama Planı

Mevcut sistemin analizinde daha önceden belirtildiği gibi sepet taşıma işlemi 2 forklift operatörünün görevlerinden % 40'ını oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan bir çizelgeleme çalışmasıyla bu operatörlerin görevleri, sepet taşıma işlemi ve diğer işlemler olarak ikiye ayrılmış ve operatörlere bu şekilde dağıtılmıştır. Bu dağıtım yapılırken operatörlerin yetkinlikleri de göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çizelgeleme Arçelik yetkilileri tarafından uygulanabilir bulunup, manuel dağıtım sistemi bu şekilde düzenlenmiştir. Bu düzenleme sonucunda otomasyona geçildiği takdirde herhangi bir geçiş sürecine ihtiyaç duyulmaksızın sepet taşıma işlemi, manuel dağıtım sisteminden AGV ile taşıma sistemine hızlıca aktarılabilir. Bu aktarım ile iş gücünden sağlanan kazanç vardiyada 1, günde 3 olarak gerçekleşecektir.

5.1 Koşurum

Yeni forklift görev çizelgesi ve geliştirilen AGV benzetim modellerinde AGV'nin malzeme dağıtım sistemine eklenmesinin

uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonucu fabrikanın gerçek koşullarıyla teyit etmek için, bir koşturum planlanmıştır. Bu koşturumda, taşıyıcı AGV'ye uygun – AGV'nin altına girebileceği 40 cm ykseklieğe sahip – olarak değiştirilmiş ancak taşıma kapasitesi aynı tutulan örnek bir sepet arabası kullanılacaktır. Bu koşturum için uygulama için trafik, yer – manevra kısıtı bulunan bölgeler seçilmiştir. Ancak bu koşturum “Endüstri Projeleri 2012” kitabının baskıya verildiği tarih itibariyle henüz gerçekleştirilmemiş olsa da, şirket ile kararlaştırılmış proje planında Mayıs 2012 gündeminde yer almaktadır.

5.2 Sonuçlar

Fabrikada deneme için seçilen alanda başka bir AGV tipi ile koşturum gerçekleştirilmiştir. Büyük çaplı değişiklik gerektirmeyen neriler Arçelik tarafından onaylanmış ve uygulamaya alınmıştır. Karar verilen AGV tipi kullanılarak sistemin denemelerinin yapılıp, tamamen uygulamaya geçirilmesi için sepet malzemesinin taşınmasında kullanılan sepet arabalarının AGV otomasyonuna uygun hale getirilmesi beklenmektedir.

6. Genel Değerlendirme

6.1 Projenin firmaya getireceği katkılar

Yapılan maliyet analizi sonucunda tahmini maliyet kalemleri (Ek 17) tek AGV'nin 7 ayda, iki AGV'nin ise 10 ayda geri dönüşlü olduğunu göstermiştir. Her iki senaryo da Arçelik'in 1 yıldan az geri dönüşlü projelere öncelik verme prensibini sağlamaktadır. Otomasyona geçiş ile iş kazalarında da ciddi oranda azalma sağlanacağından değer biilemeyecek katkılar görülecektir.

6.2 İleriye dönük geliştirme olanakları

Tasarlanan bu sistemin ilk uygulaması yapıldıktan sonra ileriki zamanlarda Arçelik'in beklentilerine göre eniyileme çalışmaları da yapılabilir. Ayrıca AGVler ile sepetle birlikte başka malzemelerin de taşınması firmanın gelecek planları içerisinde yer alabilir. Fabrikanın fiziksel koşulları uyarlanabilirse, malzeme taşıma işleminin manuel dağıtımdan tam otomasyona geçişi mümkün olabilir.

KAYNAKÇA

Sisson, M. 2009. "Automation and Safety on Container Terminals",
http://www.porttechnology.org/images/uploads/technical_papers/070-073.pdf. Son erişim tarihi: 15.12.2011.

Yiğit, F., Güner, E. 2002. "Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA) Sistemleri ve Depo Bakımında Rotalama Problemi",
mbdergi.pau.edu.tr/index.php/mbdergi/article/download/575/471.
Son erişim tarihi: 02.12.2011.

EKLER

Ek 1. Vardiya takibi

| A | B | C | D | E | F | G |
|-----|---------------------|------------------|-----------------------------------|------------|-----------|--|
| Tur | Malzeme | Nereden | Nereye | Kutu Adedi | Sure (sn) | Açıklama |
| 1 | Kart | Kart Gruplama | Kablo Grubu | 2 | 3 | |
| 3 | Display | Kart Gruplama | Kablo Grubu | 1 | | |
| 4 | Boş Koli Box | Kablo Grubu | Koli Box Depo | 1 | 2 | |
| 5 | Boş | Koli Box Depo | Kart Gruplama | | 2 | Yolda soru soruldu. |
| 6 | 4 Display Tusu | Kart Gruplama | Beton Sacı Alanı | 4 | 8 | Kart gruplama ile shuttle içinde ve önünde malzeme arandı. |
| 7 | Display Camı | Kart Gruplama | Beton Sacı Alanı | 1 | | Kart gruplama ile shuttle içinde ve önünde malzeme arandı. |
| 8 | Boş | Beton Sacı Alanı | Motor Gruplama | | 0 | |
| 9 | 6 Motor | Motor Gruplama | Panolar | 1 | 1 | |
| 10 | Boş Koli Box | Panolar | Koli Box Depo | 2 | 3 | |
| 11 | Boş | Koli Box Depo | ASRS-1 | | 6 | |
| 12 | Şase Contası | ASRS-1 | Filtre İstasyonu | 4 | 3 | |
| 13 | Boş | Filtre İstasyonu | Ambar | | 3 | |
| 14 | 11 Şebeke Kablo | Ambar | Beton Sacı Alanı | 1 | 9 | Arada M1 Stok alanında durup malzeme sayımı ve liste düzeltmesi yapıldı. |
| 15 | 12 Boş Koli Box | Beton Sacı Alanı | Koli Box Depo | 2 | 3 | |
| 16 | Boş | Koli Box Depo | ASRS-1 | | 1 | |
| 17 | 14 Su Giriş Hortumu | ASRS-1 | Montaj Takımı Red Bölgesi Karşısı | 2 | 3 | |

Ek 2. Transfer süreleri

| A | B | C | D |
|-------------------|----------------|-----------|---|
| Nereden | Nereye | Sure (sn) | |
| Ambar | M1 son | 40 | |
| Ambar | M1 orta | 40 | |
| ASRS 1 | Rampa | 0 | |
| ASRS 1 | Yan Montaj | 0 | |
| ASRS 1 | ASRS 2 | 60 | |
| ASRS 1 | M1 stok alanı | 60 | |
| ASRS 1 | Hazne gruplama | 60 | |
| ASRS2 | M1 stok alanı | 0 | |
| ASRS2 | Market | 20 | |
| ASRS 2 | M1 | 60 | |
| Boş kolibox alanı | Sistem stok | 0 | |
| Boş kolibox alanı | Rampa | 0 | |
| Boş kolibox alanı | ASRS 1 | 0 | |
| Boş kolibox alanı | Yan Montaj | 0 | |
| Boş kolibox alanı | M3 | 0 | |
| Boş kolibox alanı | M1 stok alanı | 20 | |
| Boş kolibox alanı | Motor gruplama | 20 | |

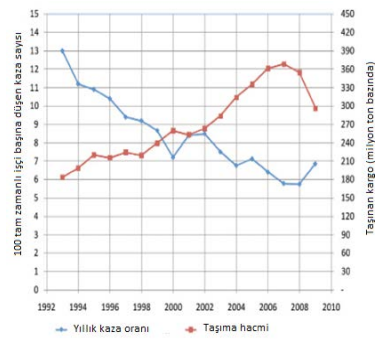
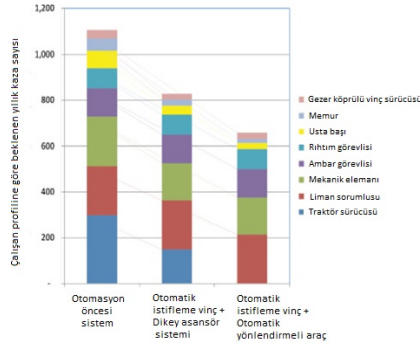
Ek 3. Malzeme taşıma süreleri ve tur sayıları

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|-----------------------------|----------------|---------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|---|
| 1 | M1-2 Besleyen Malzemeci | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | Malzeme | Yükleme | Taşıma | Boşaltma | Toplam Transfer Süresi (sn) | Açıklama | |
| 4 | PLASTİK TEKMELİK | 20 | 68 | 52 | 140 | Rampa ==> Alt sepet yanı | |
| 5 | PLASTİK TEKMELİK BOŞU | 25 | 42 | 3 | 70 | Alt sepet yanı ==> Kolibox | |
| 6 | TUZ HUNİSİ | 5 | 100 | 10 | 115 | ASRS ==> Alt sepet yanı | |
| 7 | TUZ HUNİSİ BOŞU | 5 | 45 | 15 | 65 | Alt sepet yanı ==> Rampa | |
| 8 | MENTEŞE KOLU SOL & SAĞ | 15 | 65 | 12 | 92 | Ambar ==> Beton sacı | |
| 9 | MENTEŞE KOLU SOL & SAĞ BOŞU | 10 | 60 | 60 | 130 | Beton sacı ==> Rampa | |
| 10 | KAPI KEÇESİ | 15 | 90 | 15 | 120 | Arena ==> | |
| 11 | KAPI KEÇESİ BOŞU | 5 | 90 | 7 | 102 | > Kolibox | |
| 12 | TAHLİYE POMPASI | 20 | 70 | 15 | 105 | Ambar ==> Beton sacı | |
| 13 | TAHLİYE POMPASI BOŞU | 10 | 50 | 60 | 120 | Beton sacı ==> Kolibox | |
| 14 | ISITICI | 25 | 150 | 10 | 185 | Arena ==> Panolara | |
| 15 | ISITICI BOŞU | 10 | 65 | 10 | 85 | Panolar ==> Kolibox | |
| 16 | ALT STRAFOR | 5 | 83 | 28 | 116 | Rampa ofis ==> Alt sepet yanı | |
| 17 | ALT STRAFOR BOŞU | 10 | 83 | 15 | 108 | Alt sepet yanı ==> Rampa ofis | |
| 18 | ALT KARTON | 25 | 140 | 15 | 180 | Arena ==> Alt karton | |
| 19 | ALT KARTON BOŞU | 5 | 45 | 15 | 65 | Arena ==> Alt sepet yanı | |
| 20 | ZIMBA TELİ | 5 | 70 | 20 | 95 | Rampa ==> Alt karton | |
| 21 | ZIMBA TELİ BOŞU | 5 | 45 | 5 | 55 | Alt karton ==> Kolibox | |

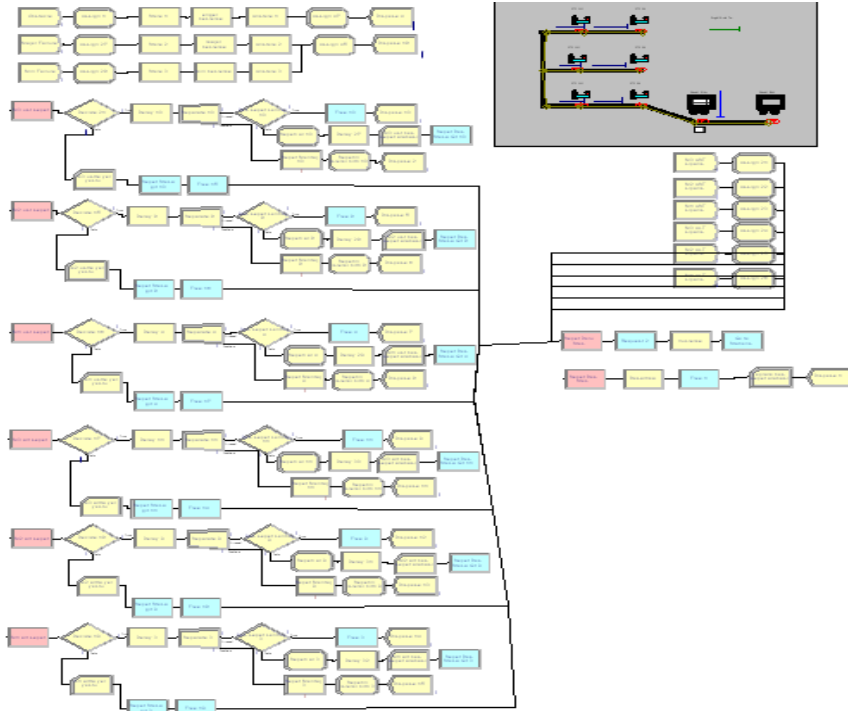
Ek 7. Sepet arabası görseli



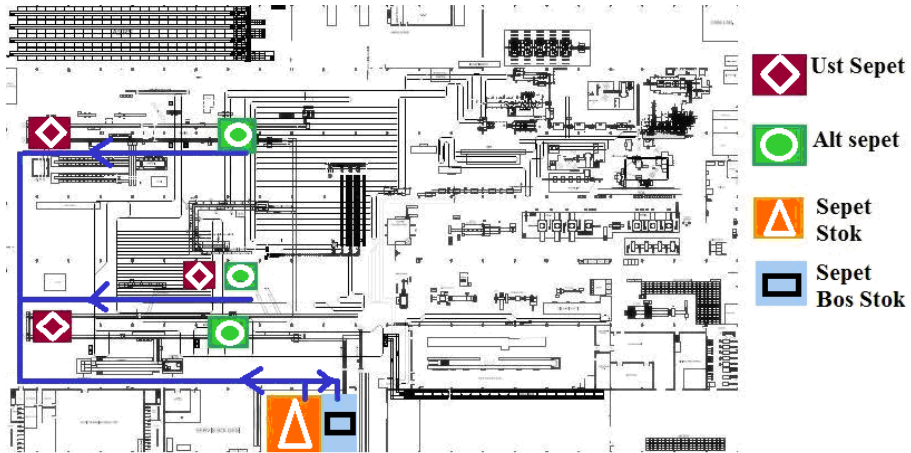
Ek 8. Liman konteyner terminallerinin otomasyona geçiş istatistikleri



Ek 9. Benzetim modeli



Ek 10. AGV rotası



Ek 11. Konumlara göre engel oluşma olasılıkları

| Engel/Konum | Boş Sepet | Sepet Stok | M1 Alt | M1 Üst | M1 Köşe | M2 Köşe | M3 Köşe | M2 Üst | M2 Alt | M3 Üst | M3 Alt |
|-------------|-----------|------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| İnsan | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 1 | 0,3 | 0,3 |
| Forklift | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0 | 0,4 | 0,4 |
| Malzeme | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,3 |

Ek 12. Tek AGV – 6 istasyon çıktıları

| | Oluşan Sipariş | Tamamlanan Sipariş | % | Bant kenarı kapasitesi sebebiyle AGV'nin hattan dönüşü | | Adet | Toplam Bekleme Süresi (sn) |
|--------|----------------|--------------------|-------|--|-------------|------|----------------------------|
| M1 üst | 763 | 734 | 96,2 | 147 | Engel Tipi | | |
| M1 alt | 754 | 716 | 94,96 | 457 | Forklift | 488 | 4880 |
| M2 üst | 214 | 208 | 97,2 | 15 | İnsan | 225 | 1125 |
| M2 alt | 275 | 274 | 99,64 | 3 | Malzeme | 245 | 14700 |
| M3 üst | 1014 | 973 | 95,96 | 559 | Arıza Tipi | | |
| M3 alt | 1139 | 1063 | 93,33 | 531 | Minör Arıza | 5 | 3000 |
| | | | | | Majör Arıza | 1 | 180 |

Ek 13. Tek AGV – 4 istasyon çıktıları

| | Bant kenarı kapasitesi sebebiyle AGV'nin hattan dönüşü | | Adet | Toplam Bekleme Süresi (sn) |
|--------|--|-------------|------|----------------------------|
| M1 üst | 400 | Engel Tipi | | |
| M1 alt | 643 | Forklift | 535 | 5350 |
| M3 üst | 824 | İnsan | 214 | 1070 |
| M3 alt | 355 | Malzeme | 209 | 12540 |
| | | Arıza Tipi | | |
| | | Minör Arıza | 5 | 3000 |
| | | Majör Arıza | 1 | 180 |

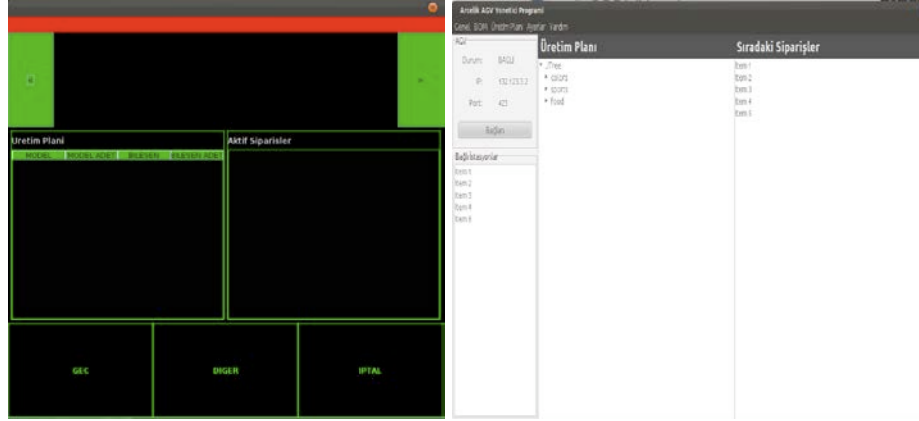
Ek 14. Tek AGV kullanılarak 4- 6 istasyon karşılaştırma

| | 6 İstasyon | 4 İstasyon |
|--------|------------|------------|
| M1 üst | 96,2 | 99,21 |
| M1 alt | 94,96 | 99,31 |
| M2 üst | 97,2 | |
| M2 alt | 99,64 | |
| M3 üst | 95,96 | 98,93 |
| M3 alt | 93,33 | 99,7 |

Ek 15. İki AGV çıktıları

| | Bant kenarı kapasitesi sebebiyle AGV'nin hattan dönüşü | | Adet | Toplam Bekleme Süresi (sn) |
|--------|--|-------------|------|----------------------------|
| M1 üst | 271 | Engel Tipi | | |
| M1 alt | 862 | Forklift | 521 | 5210 |
| M2 üst | 17 | İnsan | 202 | 1010 |
| M2 alt | 33 | Malzeme | 235 | 14100 |
| M3 üst | 2157 | Arıza Tipi | | |
| M3 alt | 1880 | Minör Arıza | 5 | 3000 |
| | | Majör Arıza | 1 | 180 |

Ek 16. Yazılım sunucu ve istemci ara yüzleri



Ek 17. Maliyet kalemleri

| Mevcut Sistem Maliyet Kalemleri | Önerilen Sistem Maliyet Kalemleri |
|---|--|
| 1 gün = 3 vardiya (3 işçi) (3x15.000 €/ yıl) | AGV Yatırımı (Tek AGV: 23.500 €, iki AGV: 47.000 €) (AGV bakım ve bant maliyeti yatırıma dahildir.) Tablet Yatırımı (5.500 €) |
| <u>1 Forklift için:</u> Kira/yıl (10.560 €/ yıl) LPG gideri/yıl (17.400 €/ yıl) | Sepet arabası modifikasyonu (8.600 €) Enerji gideri/yıl (524 €/yıl) |

Kalıp Atama Karar Destek Sistemi Tasarımı ve Uygulanması

Arçelik Eskişehir Buzdolabı Fabrikası

Proje Ekibi

Pınar Aksoy

Umut Bali

Ferdi Gümüşkaya

İbrahim Kendirli

Cansu Küçükgül

Merve Meraklı

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanı

Necmi Süloğlu

Endüstri Mühendisliği Uzmanı

Akademik Danışman

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Arçelik Buzdolabı Fabrikası'nda, plastik parçaların üretiminde kullanılan kalıpların yardımcı sanayilere atanması sürecinde bilgisayar tabanlı bir karar destek sisteminin yoksunluğundan dolayı problemler yaşandığı gözlemlenmiştir. Bu projenin amacı kalıp atamasını standart hale getirerek bu süreçte kaybedilen zamanı azaltmak, yardımcı sanayiler arası kalıp hareketini en aza indirmek ve plastik parçaların üretim kalitesini artırmaktır. Bu bağlamda sezgisel algoritma oluşturulmuş ve Java programlama dili kullanılarak karar destek sistemi "BilÇelik" geliştirilmiştir. Bu sistem aylık üretim planına göre yardımcı sanayi kapasitelerini hesaplayarak, kalıpları atamaktadır. Uygulama sonucunda lojistik maliyetlerinde %3 iyileşme, ürün kalitesinde %3 artış görülmüş, istenilen hedeflere ulaşıldığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sezgisel algoritma, kalite ve performans artışı, süreç analizi, kalıp atama.

1. Firma Tanıtımı

Arçelik A.Ş. dayanıklı tüketim ve tüketici elektroniği sektörlerinde üretim, pazarlama ve satış sonrası destek hizmetleri ile dünyanın dört bir yanında faaliyet göstermektedir. Yaklaşık 19.000 çalışanı ve 11 üretim tesisi bulunan Arçelik; Türkiye, Romanya, Rusya ve Çin başta olmak üzere 100'den fazla ülkede ürün ve hizmet sunmaktadır. Arçelik'in tanınırlığı Türkiye'den gerçekleştirdiği ihracatlar sayesinde tüm dünyaya yayılmıştır. %51'lik ihracat oranı ile Türkiye'deki lider pozisyonunu korumaktadır. Eskişehir'de bulunan buzdolabı fabrikası Arçelik'in en yüksek üretim hacmi olan ve dünyanın tek çatı altında buzdolabı üreten tek fabrikasıdır.

Geniş ürün yelpazesi bulunan Eskişehir fabrikası her ay 30 milyon plastik parça kullanarak 10.000 buzdolabı üretmektedir. İncelenen süreçte üretim, satın alma ve endüstri mühendisliği departmanları önemli role sahiptir. Bu süreç Ek-1'de anlatıldığı şekilde ilerlemektedir.

2. Projenin Tanımı

Arçelik bazı plastik parçaların üretimini için yardımcı sanayilerle anlaşmaktadır. Şu anki sistemde plastik parçaların üretiminde kullanılan kalıplar, yardımcı sanayilere kalite göz önüne alınarak yetkili kişilerin inisiyatifine bağlı olarak atanmaya çalışılmaktadır. Her ay atamalar kontrol edilir. Kapasite ve uzmanlık gibi koşulların ihlal edildiği durumlarda kalıpların dağıtımı gözden geçirilir ve sorun halledilmeye çalışılır.

Mevcut sistemde, her ay toplam talep yardımcı sanayilere atanırken, talebin fazla olduğu durumlarda yardımcı sanayilerin kapasitesi aşılabilmektedir. Kapasite aşımında dengeyi oluşturmak için yeni kalıp hareketi planlı oluşturulur.

Standartlaştırılmış bir sistemin eksikliğinden dolayı, karar verme periyodunda, yardımcı sanayi başına düşen talep yeniden düzenlenir. Problemin iki ana kısıtlaması vardır: Yardımcı sanayilerin kapasiteleri ve üretim kabiliyetleri.

İzin verilen zaman içerisinde mümkün olduğunca talebi karşılamak adına; kalıp hareketini minimize etmeyi, kaliteyi ve yardımcı sanayilerin önceliğini en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen çok amaçlı bir modele odaklanıyor olacağız. Bilgisayar tabanlı karar destek sistemi geliştirilerek kapasite ve üretim kabiliyetlerine bağlı kalmak koşuluyla kalıpların yardımcı sanayilere atanması amaçlanmaktadır.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

Bu kısımda, buzdolabı üretimi için gerekli olan plastik parçaların temini esnasındaki şirket ile yardımcı sanayi etkileşimi incelenecektir (Ek 1).

- Satış departmanı bayilerden aldığı verileri değerlendirerek, her ürün için aylık talebi rapor etmektedir.
- Satış departmanından gelen aylık talepler, aylık üretim planını ve plastik parça ihtiyacını belirlemek için kullanılmaktadır.
- Plastik parçaların üretimi için pres makineleri ve bu makinelerle birlikte plastik enjeksiyon kalıpları kullanılmaktadır. 45 tanesi Arçelik'te ve 250 tanesi ise yan sanayilerde olan 295 adet pres makinesi ile 1599 adet kalıp bulunmaktadır.
- Plastik parçaların üretilmesi için gerekli olan kalıplar her yeni projede ya Arçelik plastik üretim birimine ya da 11 yan sanayiye gönderilir. Atama sonuçları belli sürelerde kontrol edilir.
- Taşınması zor olan veya yüksek teknoloji gerektiren parçalar Arçelik üretim biriminde üretilmektedir.
- Arçelik plastik üretim birimine atanan kalıpların dışındaki kalıplar yan sanayilere, kapasite, uzmanlık, ek operasyon yetisi, tercih sırası ve ilgili parçaların bir arada üretilmesine göre atanmaktadır. Bu değerlendirmeler şu şekildedir:
 - Kapasite: Belirtilen maksimum çalışma saatini aşmamak koşuluyla iş yükleri yan sanayilere atanır.
 - Uzmanlık: Her yan sanayinin uzman olduğu farklı ürün grupları vardır. Yan sanayilerin uzmanlık alanında olan parça grupları, eğer buralarda üretilirse kalite yüksek olmaktadır.
 - Ek Operasyon Yetisi: Bazı parçalar üretildikten sonra elektronik gruplama, sıcak baskı, ısıtıcı gruplama gibi ek operasyonlara ihtiyaç duymaktadır. Bu operasyonlar, parçanın üretildiği yan sanayilerde yapılması tercih edilir.
 - Öncelik Sırası: Yan sanayilerin öncelik sırası, Arçelik ile geçmişten beri süregelen ilişkilerine, geçmiş ürün kalitelerine ve yaptıkları yatırımlara göre belirlenmektedir. Arçelik bu değerlendirmelerde en yüksek sırada bulunanları tercih etmektedir.
 - İlgili Parçaların Bir Arada Üretilmesi: Buzdolabının aynı bölgesinde bulunan plastik parçalar ilgili parçalar olarak adlandırılmaktadır. Örnek vermek gerekirse; buzdolabının alt kapağında kullanılan plastik parçalar ilgili parçalardır. İlgili parçaların aynı yan sanayide üretilmesi, bir problem çıktığında sorunun kaynağının kolayca tespit edilmesinde etken rol oynamaktadır.
- Bunun yanında, her kalıp kendi tonaj aralığı ile pres makinesinin tonaj aralığı arasında eşleştirilir (X ton \pm 50 ton).

- Yukarıda değindiğimiz kısıtlar ayda bir kere kontrol edilir. Bu kısıtlar ihlal edildiğinde ve yardımcı sanayilerin kısıtlamalara olan cevaplarına göre kalıplar tekrar yan sanayilere dağıtılır.
- Yan sanayilerde üretimi tamamlanan parçalar Arçelik'e gönderilir ve buzdolabı üretim hattında kullanılmak üzere sisteme girer.

3.2 Semptom ve şikayetler

Plastik enjeksiyon kalıplarının atanması sırasında oluşan semptom ve şikayetler aşağıdaki gibi listelenebilir:

1. Şirket plastik enjeksiyon kalıplarının atanması sırasında standart uygulamanın yoksunluğuyla karşılaşmaktadır. Bu yüzden;
 - a. Yardımcı sanayilere atama işlemi çok uzun zaman almaktadır.
 - b. Talepteki ani değişikliklere cevap vermede zorluk yaşanmaktadır.
 - c. Atama işlemi sırasında sezgilere dayalı kararlar alınması gerekmektedir.
2. Kalite değerinde düşüşler aşağıdaki durumlarda gözlenmektedir:
 - a. Özel işlem gerektiren parçalar, bu alanda uzman olmayan yardımcı sanayilere atandığında,
 - b. Birbiriyle bağlantılı plastik parçalar (aynı aile grubuna ait olan: mesela cam rafın hem yan plastik parçaları hem de ön plastik parçası aynı aile grubuna aittir.) aynı yardımcı sanayide üretilmediğinde,
 - c. Ekstra işlem gerektiren plastik parçalar (mesela boyama kesme ve vidalama gibi) bu işlemde uzman olmayan yardımcı sanayilere atandığında.
3. Her yardımcı sanayinin üretim kapasitesi için kendileri tarafından belirlenmiş alt ve üst sınırı bulunmaktadır. Atanan iş yükü yardımcı sanayinin üretim kapasitesinin üst limitini aştığı zaman, yardımcı sanayi gerekli iş yükünü yerine getiremez. Eğer atanan iş yükü üretim kapasitesinin alt limitinden düşükse, yardımcı sanayinin istediği iş yükü sağlanamamış olur.

3.3 Problem tanımı ve kapsamı

Plastik enjeksiyon kalıplarının atanmasında kullanılan mevcut çözüm metotları fazla zaman almakta ve uzman kişilerin inisiyatifine bağlı olması nedeniyle atama süreci uzamaktadır. Mevcut sistem, toplam talep yardımcı sanayilere atanırken, yardımcı sanayilerin kapasite sınırları ve ekstra anlaşma prosedürleri üzerinde ihlaller göstermektedir.

Standartlaştırılmış bir sistemin eksikliğinden dolayı, karar verme periyodunda, yardımcı sanayi başına düşen talep uzman kişilerin tecrübesine dayanarak yeniden düzenlenir. Problemin iki ana kısıtlaması vardır: Yardımcı sanayilerin kapasiteleri ve üretim kabiliyetleri.

İzin verilen zaman içerisinde Arçelik firmasından gelen talebi karşılamak adına; kalıp hareketini minimize etmeyi, kaliteyi ve yardımcı sanayilerin önceliğini en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen çok amaçlı bir modele odaklanılacaktır. Bilgisayar tabanlı karar destek sistemi geliştirilerek kapasite ve üretim kabiliyetlerine bağlı kalmak koşuluyla kalıpların yardımcı sanayilere atanması amaçlanmaktadır.

3.4 Literatür taraması

Güz yarıyılı süresince, projenin içeriğini detaylı bir biçimde anlamak ve problemin çözümünde farklı yaklaşımlar elde edebilmek için birçok makale incelendi. İlk bakışta, problemin tek bir çözümünün olmayacağı ve göz önüne alınması gereken birçok kriter olduğu kolaylıkla fark edilebilir. Bu, problemin “Çok Kriterli Karar Verme” problemi olduğu ve tüm karar değişkenlerinin tam sayı olması dolayısıyla “Çok Amaçlı Karar Verme” problemi olduğu sonucuna ulaştırmıştır. Problemimizde birçok değişkenin var olması nedeniyle problemin elle çözülmesi oldukça zordur. Ayrıca kalıp atama sistemi dinamik bir süreç olduğu için, ihtiyacı olan çözüm yollarının hızlı ve kolay çözümlenebilen yöntemler olması zorunludur. M. Avriel (1996) tarafından hazırlanan “Mathematical Programming for Industrial Engineers” makalesinde yapılan detaylı araştırma sonrası “Çok Amaçlı Karar Verme” problemlerinin çözüm yaklaşımları için hazırlanan, çok amaçlı problemleri, doğrusal programlama problemine çeviren “Hedef Programlama” yöntemi bir çözüm metodu olarak seçildi. Diğer çözüm yaklaşımları karmaşık çözüm teknikleri içerirken, doğrusal programlama problemini çözmek oldukça kolaydır. “Hedef Programlama”nın seçilmesinin diğer bir nedeni ise, farklı yazılım programlarının hedef programlamayı çözebilmesidir. Ayrıca, diğer çözüm metodlarında karar verenin çözüm üzerindeki etkisi oldukça fazladır. Projemizdeki diğer bir amacın nesneliği artırmak olduğu göz önünde bulundurularak “Hedef Programlama”nın üzerinde yoğunlaşılmasına karar verilmiştir.

“Yardımcı Sanayi Seçiminde Hedef Programlama” başlığı altında yol gösteren birçok makaleye ulaşıldı: Lee (1989) tarafından hazırlanan “Goal Programming for Multiple Objective Integer Programs”, Ignizio (1979) tarafından hazırlanan “Introduction to linear goal programming” ve Winston vd. (2003) tarafından hazırlanan “Introduction to mathematical modeling” bunlardan birkaçıdır. Bu makaleler Hedef Programlamanın gerçek problemler üzerinde uygulanışını örneklendirerek bu problemde hedef programlamanın nasıl uygulanacağı konusunda yol göstermiş oldu.

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Uygun yöntem biliminin seçilmesi

Kalıp ataması problemi kalıp hareketleri minimize edilirken ürün kalitesi ve yardımcı sanayi memnuniyetinin maksimize edilmesi amacı doğrultusunda her kalıbın atandığı yardımcı sanayinin saptanmasını gerektirir. Literatürde optimal sonuç elde edilmesini sağlayan çözüm yöntemleri tarandığında hakim algının problemin hedef programlama algoritması ve simpleks yöntemi kullanılarak bir doğrusal programlama yazılımına çözdürülmesi yönünde olduğu görülmüştür. Hedef programlama, problemin her defa farklı amaçlar kullanılarak ardışık olarak çözdürülmesini gerektirir. Bazı çözüm yöntemleri objektiflerin ardışık olarak değiştirilmesi yerine tüm amaçları kapsayan tek bir amaç oluşturulmasını ve problemin bu amaç doğrultusunda tek seferde çözdürülmesini önermektedir. Bu yöntemlerinde bir kalıbın bir yardımcı sanayiye atanıp atanmadığı ikili değişkenler kullanılarak tanımlanmıştır. Mevcut durumun incelenmesi sonrasında sistemin içerisinde 1599 aktif plastik enjeksiyon kalıbı ve 11 yardımcı sanayi olduğu görülmüştür. Her kalıp ve yardımcı sanayi için bir ikilideğişken oluşturulacağı düşünüldüğünde, 17589 farklı ikilideğişkenin gerektiği anlaşılmıştır. Kalıp atama probleminin NP-zor olması değişken sayısı büyük olan bir örneklem için zaman ve veri depolama açısından sorun teşkil etmektedir. Üretime giren her yeni proje ile yaklaşık 100 kalıbın sisteme girmesinin gerekmesi sebebiyle de problemin yapısı oldukça dinamiktir. Bu dinamik yapı optimal bir çözüm yönteminin koşturum süresinin uzun olmasına sebep olacaktır. Her projenin en erken şekilde üretime sokulması olgusu kalıp atama probleminin kısa sürede çözülmesini kaçınılmaz hale sokmaktadır. Olası matematiksel programlamaya yönelik çözüm yöntemleri zaman, maliyet, veri depolama, kalıp sisteminin değişken yapısı ve problemin boyutu gibi kriterler göz önüne bulundurularak incelendiğinde matematiksel programlamanın pratik hayatta uygulanabilecek bir yöntem olmayacağı gözlemlenmiştir. Bu yüzden matematiksel programlama kullanılan çözüm yöntemleri yerine aşağıda açıklanan sezgisel yöntem geliştirilmiş ve kodlanmıştır.

4.2 Sezgisel algoritma

Önerilen sistem, kalıp atama sürecinde kişilere bağlılık azaltılarak objektifliği arttırmak ve bu inisiyatif sonucunda oluşan hataları önlemek amacıyla bilgisayar tabanlı kalıp atanmasını gerçekleştiren bir karar destek sistemidir. Bu sistemde her ay kalıp listesi ve üretim planı programa girilir. Yeni projelere ait kalıpların ataması program tarafından yapılır. Daha sonra doluluk oranı kapasitesini aşmış olan yardımcı sanayilerin elindeki süregelen projelere ait kalıplar arasından kullanıcı tarafından seçim yapılır ve bu kalıplar kapasite aşımı olmayacak şekilde diğer yardımcı sanayilere atanır.

Atama işleminin sonucu olarak her kalıbın hangi yardımcı sanayiye atandığı ve atama sonrası yardımcı sanayilerin doluluk oranları program çıktısı olarak kullanıcıya gösterilir. Böylece kalıp atamasını yapacak olan kullanıcının aldığı inisiyatif en aza indirgenmiştir.

Programın altyapısında bulunan algoritmanın şematik modeli Ek 2’de verilmiştir. Bu algoritmadaki en önemli kısıtlardan bir tanesi olan aynı gruba ait kalıpların aynı yardımcı sanayiye atanması kısıtı için “grup kontrolü” metodu geliştirilmiştir. Bu metot, ilk aşamada grup içindeki her bir kalıbın atanabileceği tüm yardımcı sanayilerin listesini çıkarmıştır. Grupların atanabileceği yardımcı sanayiler, grup içindeki kalıpların atanabileceği yardımcı sanayilerin kesişimi olarak belirlenmiştir. Kesişim tek bir yardımcı sanayi içeriyorsa kapasite kontrol edilerek grup bu yardımcı sanayiye atanmış, birden fazla yardımcı sanayi içeriyorsa yardımcı sanayi önceliğine göre atama gerçekleşmiştir. Herhangi bir gruba dahil olmayan kalıpların atanması için 2 ayrı metot geliştirilmiştir. İlk metot uzmanlık gerektiren kalıplar için belirtilen uzmanlığı yapabilen yardımcı sanayi listesini belirleyip kapasite kontrolü dahilinde atamayı gerçekleştirmiştir. İkinci metot uzmanlık gerektirmeyen kalıpları kapasite kontrol ederek yardımcı sanayi önceliğine göre atamıştır.

Yeni proje için yardımcı sanayilerden herhangi birine yapılan yeni atamaların toplam atanacak kalıp sayısının %20 (+5) ini geçmemesi gerekmektedir. Bunun için her bir atamadan önce kontrol mekanizması geliştirilmiştir. Eğer bir yardımcı sanayiye, bir projeye ait kalıpların %20’si oranında kalıp atanması yapıldıysa bu yardımcı sanayi sistemden çıkarılarak daha fazla kalıp atanması engellenmiştir. Kalıp atama sırasını belirlemek için ise “tercih katsayısı” oluşturulmuştur. Bu katsayı kalıpların atanabileceği yer ve gruba göre belirlenmiştir. En küçük katsayıya sahip olan kalıp veya grubun atanması öncelikli yapılmıştır. Atama sonuçları incelendiğinde kalıpların öngörüldüğü gibi atandığı gözlemlenmiştir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1 Sistem bilgisi

“Kalıp Atama Karar Destek Sistemi” projesinin temel işlevi kalıp atama sürecini sistematik hale getirmek ve bu işleme harcanan süreyi en aza indirmektir. Yardımcı sanayilerin kapasiteleri, uzmanlık alanları, kalıbın gerektirdiği tonaj aralığında makine bulundurması ve ilgili parçaların aynı yardımcı sanayiye gönderilmesi gibi şartlar göz önünde bulundurularak sezgisel bir yaklaşım ile kalıp hareketini en aza indirerek sonuçlar veren bir sistemdir. İç içe döngü olarak yazılan sezgisel algoritma en uygun sonuçlar arasından kullanıcının tercihi doğrultusunda en iyi atamayı vermek üzere tasarlanmıştır. Bu sistem sayesinde kalıp atama işlemi bir kişinin inisiyatifine bağlı olmaktan

kurtarılmıştır ve zaman kaybı azaltılmıştır. Kalıp atama işlemini Arçelik fabrikasında tek bir uzman mühendis yapabilmektedir. Uzman kişi elde ettiği deneyim sayesinde atama işleminde saydığımız kriterleri ve Arçelik'in yardımcı sanayilerle çalışma isteğini göz önünde bulundurarak sezgisel bir şekilde atama yapmaktadır. Arçelik geniş ürün yelpazesiyle birlikte kendini sürekli yenileyen bir şirket olduğu için sürekli yeni kalıplar sisteme dâhil olmaktadır. Bu da kalıp atama işlemini her ay tekrarlanan ve üretimin arttığı aylarda karmaşık bir işlem haline getirmektedir. “Kalıp Atama Karar Destek Sistemi” projesi, atama işlemini tek bir uzman mühendise bağlı olmaktan kurtarıp atama işlemini kontrol edilebilir bir sistem haline getirmiştir.

5.2 Yazılım ve donanım bilgisi

Karar destek sistemi Netbeans ve Eclipse geliştirme ortamları kullanılarak java programlama dilinde oluşturulmuştur. Kullanıcıların rahatça kullanabileceği, basit ve kısa sürede öğrenilebilen bir arayüz tasarlanmıştır. Plastik enjeksiyon kalıplarının yardımcı sanayilere atamasının yapılabilmesi için gerekli olan bilgiler veri tabanı sistemi ile tutulmaktadır. Veri tabanında yardımcı sanayi ve kalıp bilgileri bulunmaktadır (Ek 3). Bu bilgiler güncellenebilmektedir. Yeni bir yardımcı sanayi veya kalıp eklenebilmekte ve silinebilmektedir. Ayrıca var olan bilgiler üzerinden de değişiklik yapılabilmekte, yardımcı sanayi öncelikleri, kapasiteleri, makine sayıları veya uzmanlıkları güncellenebilmektedir. Bu esnek yapı, karar destek sisteminin Arçelik'in sürekli değişen, dinamik yapısına uygun olması için tasarlanmıştır. Her ay program çalıştırıldığında ürün ağaç listesi ve üretim planı Excel'den okutulur, aylık plana göre yardımcı sanayilerin kapasiteleri hesaplanır. Çalışılan ayda yardımcı sanayi yer değişikliği yapılacak olan kalıplar ve yardımcı sanayi ataması ilk defa yapılacak olanyeni proje kalıpları Excel dosyalarından okutulur. Bu kalıpların hangi uzmanlık grubuna dahil olduğu ve varsa grubu sistem üzerinden kullanıcı tarafından belirlenir. Entegre edilmiş olan sezgisel algoritmaya göre kalıpların atama işlemi tamamlanır ve kullanıcıya hangi kalıbın nereye gitmesi gerektiği bilgisi raporlanır (Ek 4).

5.3 Koşturumun sonuçları

Geliştirilen karar destek sisteminin hedeflere uygun çalıştığını gözlemek için gerçek kalıp ve yardımcı sanayi bilgileri ile test verisi oluşturulmuştur (Ek 5). Bu testler yoluyla, oluşturulan sezgisel algoritmanın doğrulaması yapılmış ve algoritmanın göz önünde bulundurulması gereken kısıtlara uygun çalıştığı gözlenmiştir. Sonuçlar maliyet açısından göz önüne alındığında %3'lük bir iyileştirme görülmüştür. Sistemde tek bir kalıbın düzgün rotada çalışmasını sağlamak kalıpların birim maliyeti (1,05 TL) ve aylık kalıp kullanımı (8000 adet) göz önüne alındığında 2.646 TL yıllık tasarrufu beraberinde

getirmektedir. Kalıp ataması için yıllık toplam maliyet ise 88200 TL'dir. Böylece %3 oranında maliyette azalma olduğu bilinmektedir. Kalite göz önüne alındığında ise %3'lük iyileştirme olduğu gözlenmiştir. Kalite, ataması yapılacak olan kalıpların doğru uzmanlığa sahip yardımcı sanayiye atanması ve grup içindeki kalıpların aynı yardımcı sanayiye atanması kısıtları ile ölçülmektedir. Yapılan testlerde alınan sonuçlar var olan sistem sonuçları ile belli bir oran dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Kullanılan test verileri sistemdeki verilere göre daha az kalıbı kapsamaktadır. Bu yüzden iki sistem arasındaki iyileştirme hesaplanırken oran kullanılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre kalıpların doğru uzmanlığa sahip yardımcı sanayiye atanmasının yapılması ve grupların parçalanmadan aynı yardımcı sanayiye gönderilmesi dikkate alındığında %3 oranında daha doğru atama yapıldığı görülmüştür.

6. Uygulama Planı

Yapılan projedeki uygulama planı şu şekildedir:

- Öncelikle tarafımızdan belirlenen örnek kalıp atama yüklemeleri yazılıp onlar üzerinde testler alınmıştır.
- Sonra şirketten önceki ayların atanacak kalıp listeleri istenmiş ve yapılan atamalar ile programdan çıkan atamalar kontrol edilmiştir. Bu testlerin sonucu şirket yetkilisine gösterildi.
- Şirket yetkilisi isteği üzerine programda çeşitli değişiklikler gerçekleştirildi.
- Son olarak değişiklikler ve testlerin ardından, şirket yetkililerin onayı alınarak şirkette uygulamalara başlanılacaktır.

Süreç boyunca karşılaşılan en büyük zorluk daha önce böyle bir programın literatürde bulunmaması olmuştur. Bunun yanında, şirkette uygulanan sistemin standart bir sistem olmaması, karşılaştığımız zorluklardan bir diğeridir. Farklı birkaç program kullanılarak ve aynı zamanda orijinal fikirleri de sisteme dahil edilerek son programa ulaşılmıştır. Şirketten alınan bilgilerin karmaşık ve anlaşılması zor olması karşılaşılan bir diğer zorluk idi. Fakat bu problem şirketteki yetkililerin yoğun uğraş ve çabaları sayesinde aşılmıştır.

Karşılaşılan zorlukları da göz önüne alarak, şirkete yapılan öneriler şunlardır:

- Atanacak olan kalıpların bilgilerinin düzenlenen formata uygun olarak sisteme girilmesi,
- Kalıpların bulunduğu yer veya herhangi bir özelliği değiştiğinde, sisteme yeni kalıp yada yardımcı sanayi girişi yapıldığında BilÇelik'in veri tabanında da aynı güncellenmenin yapılması
- Şirkette her zaman bu program ile ilgilenen bir kişinin bulunması ve en azından programın çalışabilirliğini tam olarak sağlanana

kadar programın içeriği hakkında bilgi sahibi olan kişinin şirkette bulunması.

7. Genel Değerlendirme

Projenin başlangıç aşamasından itibaren yapılan görüşme ve incelemelerde Arçelik yetkililerinin beklentilerinin aşağıdaki gibi olduğu anlaşılmıştır.

- Kullanıcı insiyatifine bağlılığı yüksek olan kalıp atama işleminin bilgisayar tabanlı sistematik bir yapıya kavuşturularak kullanıcı kaynaklı hataların en aza indirgenmesi.
- Gerçekleştirilen kalıp atama işleminin birçok Excel dosyası kullanılarak yapılıyor olmasından kaynaklanan fazla zamanın azaltılması.
- Kalıpların yardımcı sanayilere ürünlerin, üretim ve dağıtım sürecinin kalitesini göz önünde bulunduracak şekilde atanması.

Bu kriterler göz önünde bulundurularak geliştirilen BilÇelik programının test aşamasına Mart ayında başlanmış, eski aylardaki datalar kullanılarak algoritma doğrulanmıştır. 16 Mayıs 2012 tarihi itibari ile fabrikada pilot uygulama yapılmasına başlanacaktır. Bu tarih itibariyle kalıp atama işlemi hem eski sistemdeki haliyle el yordamı ile yapılacak hem de BilÇelik kullanılacak ve iki sistemin karşılaştırması yapılacaktır. Yapılan test uygulamaları ardından aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Atama işlemi için gerekli olan üretim adedi ve kapasite hesaplamaları BilÇelik'e dahil edilerek bu hesaplamalar için harcanan ortalama 2 saatlik süre ortadan kaldırılmıştır.
- Atama işlemi BilÇelik sayesinde standart hale getirilmiştir böylece kalıp atama işlemi ilgili uzman kişilerin insiyatifine bağlı olmaktan kurtarılmıştır.
- Uzmanlık gerektiren parçaların direk uzmanlığı yapabilen firmaya gönderilmesiyle yıllık lojistik masrafının %3 azalacağı öngörülmüştür.
- Kalıpların, gruplarına ve gerektirdiği uzmanlıklara göre başarılı atanma oranları göz önünde bulundurulduğunda, ürün kalitesinin ortalama %3 artacağı hesaplanmıştır.

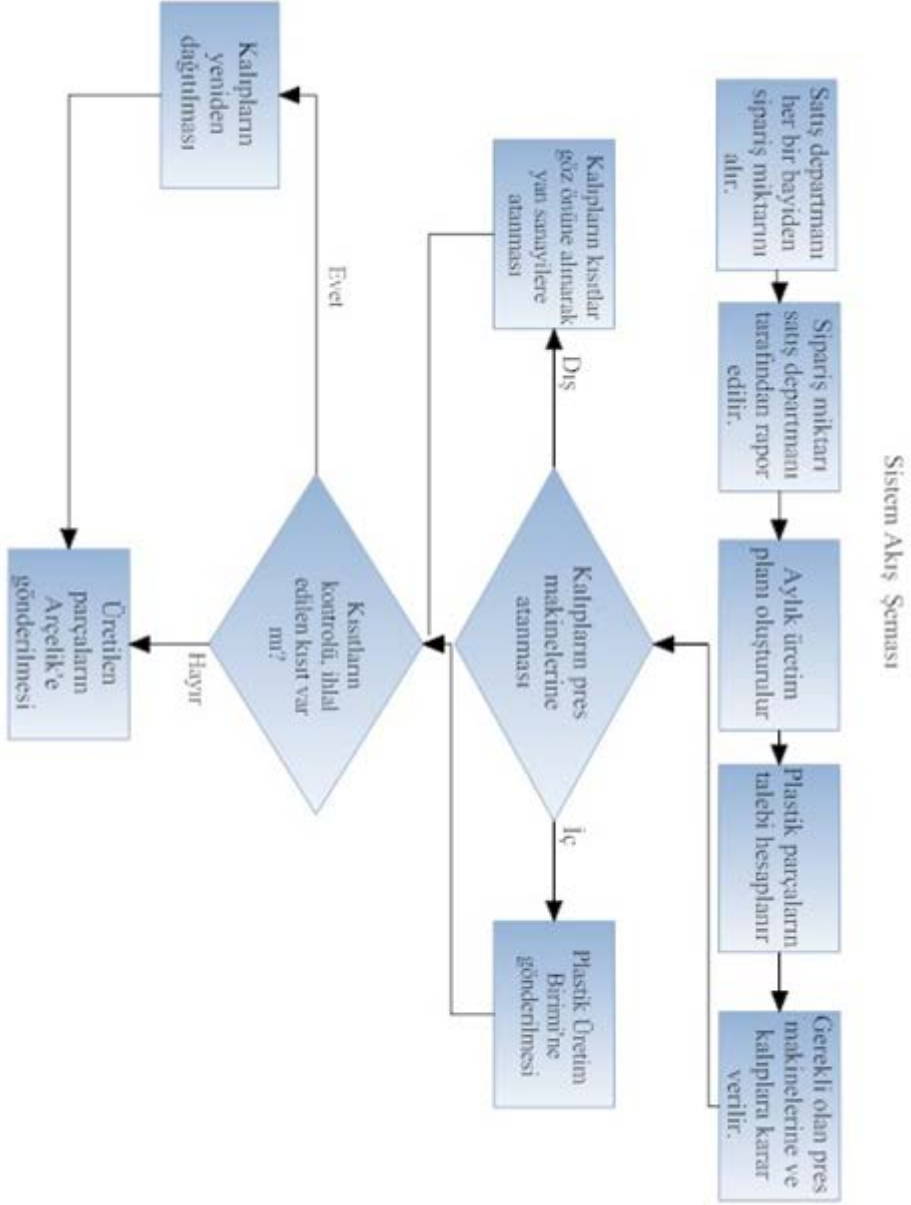
BilÇelik programının sürdürülebilirliği göz önünde bulundurularak programa ekleme yapma olanağı mümkündür. Programın SAP ile entegrasyonu yapılarak ürün bilgilerinin otomatik olarak güncellendiği bir sistem kurulması bu projenin uygulanması açısından daha verimli olacaktır.

KAYNAKÇA

- Avriel, M. (1996). "Mathematical programming for industrial engineers", Marcel Dekker, New York.
- Ignizio, J. P.(1985). "Introduction to linear goal programming", Sage Publications, Beverly Hills.
- Lee, S. M.(1979). "Goal programming methods for multiple objective integer programs",American Institute of Industrial Engineers, Norcross.
- Winston, W. L., Venkataramanan,M. A.,Goldberg, J. B.(2003). "Introduction to mathematical programming", 4th ed. Pacific Grove, Thomson/Brooks/Cole.

EKLER

Ek 1. Sistem Akış Şeması



Ek 3. Veri Tabanı Kalıp Bilgileri

Aktif Kalıp Bilgileri

| <i>Kalıp No</i> | <i>Kalıp Adı</i> | <i>Kalıp Sayısı</i> | <i>Pres Tonajı</i> | <i>Kalıp Göz Adedi</i> | <i>Çevrim Süresi (sn)</i> | <i>Üretim Yeri</i> |
|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|
|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|

Arçelik'in aktif olarak kullandığı kalıp bilgilerini göstermektedir. Kalıp numarası, kalıp adı, pres tonajı, kalıp göz adedi ve çevrim süresi sistem tarafından takip edilme, yardımcı sanayi atamalarında belirleyici unsur olarak kullanılmaktadır. Üretim yeri kalıbın çalışılan zamanda hangi yardımcı sanayide olduğunu göstermektedir. Yeni proje kalıpları için bu alan boş kalacaktır.

Veri Tabanı Yardımcı Sanayi Tonaj Bazında Makine Sayısı Matrisi

| | P Ü T | Ay Plastik | Baycan | Bekel | Doğus | Star | Kafa oğlu | Nova | Boy plast | Ak Plastik | Mec | Sipil |
|-----|-------------|---------------|--------|-------|-------|------|--------------|------|--------------|---------------|-----|-------|
| 50 | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | | | | | |
| 350 | | | | | | | | | | | | |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| 450 | | | | | | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | | | | | | |

Hangi yardımcı sanayinin hangi tonaj aralığında kaç makineye sahip olduğunu gösterilmektedir. Kapasite hesaplamalarında kullanılır.

Veri Tabanı Yardımcı Sanayi Önceliği Bilgisi

| Yardımcı Sanayi | Önceliği |
|-----------------|----------|
|-----------------|----------|

Yardımcı sanayiler belirli kriterlere göre öncelik sırasına dizilir.

Veri Tabanı Yardımcı Sanayi Kapasite Bilgisi

| | |
|--|--|
| Aylık Üretim Miktarı | |
| OEE - Planlı Bakım İç Üretim (Plastik) | |
| OEE - Planlı Bakım Yardımcı San | |
| Günlük Çalışma Süresi (Yar. San) | |
| Günlük Çalışma Süresi (İç Üretim) | |
| Aylık Net Çalışma Günü İç Üretim | |
| Aylık Net Çalışma Günü Yardımcı Sanayi | |

Her bir yardımcı sanayinin çalışma süresini, verimini ve çalışma gününü gösterilmektedir.

Ek 4. Bilçelik Kullanıcı Arayüzü

| Kalıp No | Kalıp Adı | Supplier | Kapasite |
|----------|--------------------------|------------|----------|
| 424938 | ATK KUTUSU - CAMI - K... | Sipil | !!! |
| 429810 | 80 MM KAPI RAFI | Sipil | !!! |
| 424347 | 54 CM KAPI RAFI | Sipil | !!! |
| 486867 | KART YUVASI | Star | |
| 424870 | PLASTİK PANEL TAKVİY... | Ay Plastik | |
| 487276 | BEKO SU PINARI ANA G... | Star | |
| 424895 | EVAPORATOR ÇERÇEV... | Ay Plastik | |
| 487458 | 84 cm Plastik Kabin Dibi | Ay Plastik | |
| 481701 | ÇEKMECE KAPAĞI | Ay Plastik | |
| 488446 | BORU TUTUCU | Ay Plastik | |
| 423730 | SENSÖR YUVASI KAPAĞI | Baycan | |
| 487807 | EVA ALT KAPAK | Star | |
| 420714 | BUZLUK TEPSİSİ | Star | |
| 424962 | ALT KAPAK -BEKO- (60C... | Boyplastik | |
| 481045 | FRZ ÜST KAPAK | Star | |
| 429863 | LG SAP DELİK TAPASI | Boyplastik | |
| 422723 | ARKA AYAK TEKERLEĞİ | Star | |
| 423225 | KÜÇÜK BUZLUK | Sipil | !!! |
| 405667 | ARKA TAKOZ | Sipil | !!! |
| 420393 | AYARLI ÖN AYAK | Baycan | |

GERİ YAZDIR

Ek 5. Test Verisi

| Kalıp No | Kalıp Adı | Kalıp Sayısı | Pres Tonajı | Kalıp Göz Adedi | Çevrim Süresi (sn) | uzmanlık 1 | uzmanlık2 | grup |
|----------|---------------------------------------|--------------|-------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|------|
| 421275 | GÖVDE ÜSTÜ ALINLIK | 1 | 450 | 2 | 45 | boya | yuvarlak baskı | 0 |
| 421318 | ALT ÜST KAPAK | 2 | 320 | 2 | 45 | görünüş | | 0 |
| 422693 | 70 CM BEKO SAP ARKA KAPAK | 1 | 320 | 2 | 48 | su pınarı | | 1 |
| 422719 | BEKO SAP ÖN KAPAK | 1 | 320 | 2 | 35 | su pınarı | | 1 |
| 422785 | 74 CM FF BOY SAP | 1 | 600 | 2 | 48 | ultrasonik | | 1 |
| 422799 | 74 CM FRZ BOY SAP (ARÇELİK) | 1 | 600 | 2 | 68 | | | 1 |
| 422805 | 74 CM FRZ BOY SAP (BEKO) | 1 | 600 | 2 | 65 | ultrasonik | | 2 |
| 422957 | 70 CM FF BOY SAP-422961 İLE 1+1 | 1 | 600 | 1 | 28 | sıcak baskı | | 2 |
| 422961 | 70 CM FF BOY SAP-422957 İLE 1+1 | 1 | 600 | 1 | 28 | sıcak baskı | | 2 |
| 423252 | BUHARLAŞTIRMA KABI | 1 | 450 | 1 | 40 | soğutucu kapak | encapsulating | 0 |
| 424554 | AYAR BUTONU | 1 | 60 | 2 | 25 | küçük parçalar | | 0 |
| 424587 | ALT HAVALANDIRMA - 60 CM | 1 | 450 | 2 | 50 | in mold decoration | | 0 |
| 424607 | BU MAKİNASI YOLLUK İÇ KAPAĞI | 1 | 150 | 4 | 40 | termostat | | 0 |
| 424890 | 70 CM FF ÜST KAPAK | 1 | 320 | 2 | 48 | fan üretimi | did grupları | 3 |
| 424891 | ALT KAPAK -ARÇELİK- (60CM) | 1 | 320 | 2 | 48 | fan üretimi | did grupları | 3 |
| 424892 | 70 CM FRZ ALT KAPAK | 1 | 320 | 2 | 48 | fan üretimi | | 3 |
| 424893 | ÜST KAPAK - ARÇELİK (60CM) | 1 | 320 | 2 | 48 | did grupları | | 3 |
| 424926 | GÖVDE ÜSTÜ ALINLIK | 2 | 450 | 2 | 40 | plastik metal ve yoğun gruplama | | 0 |
| 424942 | GÖVDE HAVALANDIRMA KAPAĞI (70CM) | 1 | 450 | 2 | 48 | plastik metal ve yoğun gruplama | | 0 |
| 424963 | ALT KAPAK -BEKO- (70CM) | 2 | 450 | 2 | 45 | havaleli parçalar | soğutucu kapak | 0 |
| 424981 | 70 CM TEKMELİK GÖVDESİ | 1 | 450 | 2 | 48 | display gruplama | | 4 |
| 424982 | KAPI ALTI TEKMELİK -BEKO- (60CM) | 1 | 450 | 2 | 48 | display gruplama | | 4 |
| 424983 | KAPI TEKMELİK ALT PARÇA -BEKO- (70CM) | 1 | 135 | 2 | 38 | fan motoru gruplama | hot melt gruplama | 0 |

Günlük Rotalama Karar Destek Sistemi Tasarımı

Arolez Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Proje Ekibi

Çağatay Altıntaş
Tolga Gülerhocaoğlu
Elif Gözde Güven
Çağlar Keleş
Binnur Koç
Can Tombul
Gizem Taş

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

Şirket Danışmanı

Mert Mertel
Yönetim Kurulu Üyesi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Arolez Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., toz ve süt grubu olarak adlandırılan iki farklı iş başlığı altında günlük taleplere göre farklı rotaların izlendiği bir dağıtım sistemine sahiptir. Toz grubu gezici satıcı problemi adı verilen (GSP) sistem gibi çalışmakta, süt grubu ise kapasiteli araç rotalama problemi (KKARP) adı verilen sistem ile çalışmaktadır. Bu projede rotalamadan doğan maliyet artışlarının engellenmesi amacıyla iki farklı sistem için farklı rotalama modelleri yapılmıştır. Bu modellerin çözümü için sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Modelin kullanılabilmesi için JAVA kodlama dilinde kullanıcı dostu bir ara yüz tasarlanmış ve uygun bir yazılım geliştirilmiştir. Noktalar arası adres uzaklıkları maps.google.com adresi kullanılarak hesaplanmıştır. Projenin hedefi; rotalamadan oluşan maliyetleri, geliştirilen sistemle yaklaşık %20 azaltmaktır.

Anahtar kelimeler: Rotalama, Rotalama maliyeti, Karar destek, GSP, KKARP.

1.Şirket Bilgileri

1985 yılında Ankara’da kurulmuş olan Arolez, 2005 yılında Ankara Sincan Organize Sanayi Bölgesi’nde üretim tesisi açmıştır. Uzun yıllar dondurma satışı yapan şirket 2003 yılından itibaren süt ürünleri ve toz grubu ürünleri olmak üzere sıcak çikolata, cappuccino, salep, üçü bir arada, toz krem süt ve pastörize tereyağı alanlarında üretime başlamıştır.

Şirketin ayrıca Antalya’da şubesi, İstanbul ve İzmir’de de bayilikleri bulunmaktadır. Ağırlıklı olarak süt ürünlerine yoğunlaşan şirket başka bayilikler ve şubeler açarak büyüme amacındadır.

2. Sistem Analizi

Gıda tarafında proje kapsamında ele alınan dağıtım sistemleri süt grubu ve toz grubudur. Bu gruplar günlük değişen taleplere göre haftanın altı günü dağıtıma çıkmaktadır.

Toz grubu, müşterilerini kuzey ve güney olmak üzere iki farklı bölgeye ayırmakta; tek bir araçla her hafta Pazartesi-Çarşamba-Cuma günleri kuzey bölgesine ve Salı-Perşembe-Cumartesi günleri ise güney bölgesine dağıtım yapmaktadır. Günlük uğranılacak müşteriler, bir önceki günden ya da daha öncesinden alınmış siparişler üzerinden belirlenir. Rotalar günlük farklılıklar göstermesine rağmen haftalık olarak benzerlik gösterir. Günlük rotalar, fatura adreslerine göre sevkiyat personeli tarafından önceden tecrübeyle belirlenmiş bir rota üzerine yeni adreslerin eklenmesi ile oluşturulur. Sipariş miktarları önceden belirlendiği için, siparişler araca dağıtım öncesinde yüklenmekte ve dağıtım esnasında şirkete dönülüp yeni yükleme yapılması gerekmemektedir. Tahsilât ise genellikle satış personeli tarafından, bazı durumlarda ise sevkiyat personeli tarafından yapılmaktadır.

Süt grubunda da toz grubuna benzer bir şekilde gidilecek müşterilerin sırası tecrübeyle oluşturulmuş rotalar üzerinden önceden alınmış siparişlerle belirlenir. Süt grubu toz grubundan farklı olarak haftanın altı günü üç farklı bölgeye üç araçla dağıtım yapar. Her bölgenin rotası ilgili sevkiyat personeli tarafından oluşturulur. Tahsilât, dağıtım esnasında veya sonrasında sevkiyat personeli tarafından yapılmaktadır. Araçlarda ürün kalması durumunda araçlar şirkete geri dönerler.

3. Şikayet ve Bulgular

Mevcut durumda, dağıtım öncesinde araçların hangi müşteriye hangi ürünleri vereceği herhangi bir yerde kaydedilmemektedir. Bu durum sevkiyat işleminin her aşamasını dağıtım personeline bağımlı yapmaktadır. Rotanın önceden hesaplanamıyor olması dağıtımın kontrolünü de zorlaştırmaktadır. Dağıtım elemanının değişmesi ve yeni

müşteri eklenmesi durumlarında rotanın öğretilmesi sorun yaratmaktadır.

Mevcut sistemde dağıtım aşamalarıyla ilgili karar mekanizmasının insan odaklı oluşu ve rotaların matematiksel bir model yerine uzun zamanda edinilmiş tecrübe ile oluşturulması temel problemlerdir. Toz ve süt grubu için takip edilen rotalar önceden hesaplanmadan sadece sürücülerin deneyimi ile oluşturulmaktadır.

Örneğin, dağıtım personelinin görev değişimi durumunda yeni sevkiyat personeline tecrübeyle belirlenmiş rotaların öğretilmesi gibi zaman ve emek isteyen bir süreç gerekmektedir.

Aynı şekilde, süt grubunun rotaları da tecrübe temelli ve insan odaklıdır. Toz grubundan farklı olarak üç araç olduğundan, bu bölgelerin seçimi de sürücülere bırakılmıştır. Hangi aracın ne kadar yük alacağı gideceği bölgeye göre seçilir. Araç kapasitesinin genel olarak ortalama %65'i kullanılmaktadır. Bu sebeple hem mevcut kapasite kullanımının hem de bölge seçiminin doğruluğu kuşkuludur.

Ayrıca her iki grup için de oluşturulan rotaların herhangi bir dokümantasyonu yoktur. Toz grubunda sürücü, gideceği yolları önceden kesilmiş faturalara göre oluşturarak yola çıkmaktadır. Süt grubunda ise sürücüler rotayı siparişlere göre kendileri belirler ve faturaları teslimat anında keserler. Adresler arasındaki uzaklıklar bilinmediğinden rotalar önceden hesaplanamaz.

4. Problem Tanımı

Problem; dağıtım için takip edilen rotaların şoförlerin inisiyatiflerinde olması ve sağlam temelli bir sistematige sahip olmamasıdır. Bu durum doğruluğu kontrol edilemeyen ve değişkenlik gösteren rotalara neden olmaktadır. Bu ise büyümekte olan bir şirketin, yeni bölgelerde uygun bir dağıtım sistemi oluşturmasını verimsizleştirecek ve zaman kaybına neden olacaktır.

5. Literatür Taraması

Literatür taraması iki farklı ürün grubuna için ayrı ayrı yapılmıştır. Toz grubu için Gezgin Satıcı Problemi (GSP) araştırılmıştır. Buna göre GSP, dağıtıcının bir noktadan başlayıp gidilmesi gereken her noktaya uğradıktan sonra başlangıç noktasına dönmesi için gereken kısa yolu bulma problemidir. 1983 yılında Laporte ve Nobert tarafından yazılmış olan makalelerde probleme ilişkin karar modeline dayalı özel algoritmalarla çözüm yaklaşımları getirilmiştir. Toz grubunda dağıtım elemanı evinden çıkıp fabrikaya uğramakta ve dağıtım sonunda yine evine dönmektedir. Dağıtım elemanının evi fabrikaya çok yakın olduğu için başlangıç noktasının fabrika olarak alınması ve GSP'nin uygulanması sorun yaratmamaktadır.

Süt grubunun modelini oluştururken, toz grubundan farklı olarak üç araca rota çıkarılması gerektiği için Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama

Problemi (KKARP) olarak adlandırılan problem incelenmiştir. Araç Rotalama Problemi (ARP), Danzig ve Ramser tarafından 1959 yılında ortaya konulmuştur. Birden fazla araç için çalıştırılan modele göre her müşteri araç rotalarından birinde mutlaka yer almalıdır ve araçların toplam dağıtım miktarı aracın kapasitesini geçmemelidir. Süt grubunda 3 araç her gün dağıtıma çıktığı için ARP'nin temel alınması uygun bulunmuştur. 3 araçla yola çıkıldığında kapasite sorunu oluşmasa da, alternatif çözüm olarak araç sayısının azaltılması ile rotaların oluşturulması durumunda araç kapasitenin de kontrol edilmesi gerekir.

Sezgisel modellerin çözümü sırasında, yaptığımız araştırmalar sonrasında benzer sorunlar için yaygın şekilde kullanılan “en yakın komşu” metodunun kullanılmasına karar verilmiştir ve bu metod “2-opt sezgiseli” ile geliştirilmiştir. 2-opt sezgiselinde; önceden oluşturulmuş olan rotadan herhangi iki bağlantı iptal edilerek tur maliyetini düşüren farklı bir kenar seti ile değiştirilir. Bu yöntem tur maliyetinde azalma olmayıncaya kadar devam eder. (Demircioğlu, 2009)

6. Çözüm Yolları

Arolez'in dağıtım kısmında karşılaştığı temel problem mevcut metodun verimliliğinin bilinmemesi ve sistemin insan odaklı oluşudur. Projemizde rotaların daha kısa sürede bulunması, performanslarının geliştirilmesi ve insan etkeninin ortadan kaldırılması hedeflendi.

Firmanın belirlediği kısıtlar göz önünde bulundurularak ve gerekli literatür araştırmaları ile matematiksel modeller oluşturuldu. Bu modeller XPRESS yazılımı kullanılarak çözdürüldü. Ancak bu modellerin en iyi çözümü için kullandığımız XPRESS yazılımı ücretli olduğundan ve çok sayıda noktaya gidildiğinde çözümü bulması uzun süreler aldığından dolayı sezgisel bir yöntem kullanma kararı alındı. Matematiksel modellerin ve sezgisel yöntemlerin daha kolay kullanımını sağlamak için ara yüz hazırlandı.

İki grup için de ortak olan durumlar aynı yöntem izlenilerek çözüme ulaştırılmıştır. Adresler arasındaki uzaklıklar bilinmediğinden bunların tek tek hesaplanması gerekmektedir. Bunun için JAVA dilinde BaRoute ismi verilen bir program oluşturulmuştur. Oluşturulan bu program ile hem müşteriler arasındaki adres uzaklıkları hem de uygun rota bulunabilmektedir. Yazılımın çözümü bulma hızı ve yeni müşteri ekleme gibi özellikleri sayesinde uzun süreli bir kullanım olanağı sağlanması planlanmıştır.

6.1 Matematiksel model

Oluşturulan yeni sistem toz ve süt grubu için farklı çözümler üretmektedir.

Literatür taramasında belirtildiği üzere toz grubu için GSP, süt grubu için ise KKARP matematiksel modelleri temel alınmıştır.

6.1.1 Toz grubu

Toplam mesafenin en aza indirildiği rotalar bütünü oluşturmak amacıyla GSP matematiksel modeli kurulmuştur. Bu modelin girdileri aşağıdaki gibidir:

- Her müşterinin birbirlerine ve depoya olan uzaklıkları
- Müşteri talepleri
- Aracın kapasitesi ve hızı
- Ortalama yükleme ve boşaltma zamanları

XPRESS'te düzenlenmiş matematiksel modelde 1 numaralı parametre; iki müşteri arasındaki mesafeyi, taşıma ve faturalama zamanını kullanarak, harcanan toplam sürenin yaklaşık değerini vermektedir(Ek 1). Amaç fonksiyonu toplam maliyeti mesafe açısından minimize etmektedir. 3. ve 4. kısıtlar, her müşteriye 1 kere uğranılmasını sağlamaktadır. 5. kısıt Miller- Tucker- Zemlin zaman kısıtıdır. Her ziyaretten sonra toplam zaman yenilenmektedir. Uygulanabilirliğin bozulmaması için günlük en yüksek dağıtım süresinin aşılması bu zaman kısıtıyla sağlanmaktadır. 6. ve 7. kısıtlar sırasıyla her müşterinin en erken ve en geç zamanları arasında uğranmasını sağlamaktadır. 8. kısıt dağıtım personelinin dağıtım süresinin olabilecek en fazla zamanı aşmasını engellemektedir. 9. kısıt hangi müşteriden hangi müşteriye gidildiği bilgisini tutar. 10. kısıt ziyaret zamanının sıfırdan küçük olmamasını sağlar.

6.1.2 Süt ürünleri grubu

Üç aracın toplam mesafelerinin en aza indirildiği KKARP matematiksel modeli oluşturuldu. Toz grubundan farklı olarak aşağıdaki girdiler eklendi.

- Her müşterinin birbirlerine ve depoya olan zaman birimli uzaklıkları
- Her müşterinin en geç ve en erken teslimat zamanları
Kısıtlamalar şunlardır:
- Kapasite kısıtı: Araçlar kendi kapasitelerini aşmamalı
- Zaman kısıtı: Müşterilerin en erken ve en geç teslimat zamanları göz önünde bulundurulmalı

XPRESS'te düzenlenmiş matematiksel modelde 1. kısıt iki müşteri arasındaki mesafeyi, taşıma ve faturalama zamanını kullanarak, harcanan toplam sürenin yaklaşık değerini vermektedir(Ek 2). Amaç fonksiyonu toplam maliyeti mesafe açısından minimize etmektedir. 3. ve 4. kısıtlar, her müşteriye 1 kez uğranmasını sağlamaktadır. 5. Ve 6. kısıtlar fabrikadan ayrılan ve dönen araçların sayısının eşit olmasını sağlamaktadır. 7. kısıt Miller- Tucker- Zemlin zaman kısıtıdır. Her ziyaretten sonra toplam zaman yenilenmektedir. Uygulanabilirliğin bozulmaması için günlük en fazla dağıtım süresinin aşılması bu zaman kısıtıyla sağlanmaktadır. En yüksek kapasite değerinin aşılmasını

engellenmek için ise 8. kısıtta Miller- Tucker- Zemlin Kapasite kısıtı yazılmıştır. Taleplerin kapasiteyi aşmadan karşılanmasını 9. kısıt sağlamaktadır. 10 ve 11.kısıtlar aracın müşteriye sırasıyla en geç zamandan önce, en erken zamandan sonra uğramasını sağlar. 12. kısıt dağıtım personelinin dağıtım süresinin olabilecek en fazla zamanı aşmasını engellemektedir. 13. kısıt hangi müşteriden hangi müşteriye gidildiği bilgisini tutar. 14. kısıt ziyaret zamanının sıfırdan küçük olmamasını sağlar.

6.2 Adres matrisinin oluşturulması

En kısa rotanın bulunması için her müşterinin en yakınındaki müşteriye bulmak gerektiği için bir uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Bu matriste her iki müşteri arasındaki uzaklıklar bulunmaktadır. Uzaklıklar hesaplanırken ‘maps.google.com’ adresi kullanılmıştır. Matrisin oluşturulması için önce elle denemeler yapılmış fakat yaklaşık 250 toz grubu ile 700 süt grubu müşterisi bulunduğundan bu yöntemle matrisleri oluşturmanın çok uzun süreceği öngörülerek JAVA kodlama dili ile uzaklık hesaplayan bir program tasarlanmıştır. Bu program adresler arasındaki yol ihtimalleri arasından en kısa olanı alarak kaydeder. Elle yapılan denemelerde 5 adres için 25 uzaklık hesaplaması 20 dakika sürmüş ve öngörülen toplam süre süt grubu matrisi için yaklaşık 1630 saat, toz grubu matrisi için ise 207 saat olarak hesaplanmıştır. JAVA kullanarak hesaplanan uzaklıklarda ise en önemli sorun googlemaps’ın tek seferde JAVA ile en fazla 2500 uzaklık hesaplama kısıtıdır. Bu yöntem kullanıldığında 2500 uzaklık hesaplaması internet hızına göre değişiklik göstermekte ve ortalama 25 dakika sürmektedir. Bu şekilde süt grubu matrisi 82 saatte, toz grubu matrisi 10 saatte oluşturulmuştur. Yeni yöntem matris oluşturma süresini yaklaşık 20 kat kısaltırken adreslerin googlemaps’teki yerleri kontrol edilerek uygun şekilde düzenlenmiştir. Adreslerin yerlerinin harita üzerinde nokta ile işaretlenerek belirlenmesi şirketteki adreslerin istenen formatta olmaması ve Ankara’daki adreslerin değişkenliği nedeniyle uzun sürmüştür. Java yönteminde adreslerin googlemaps’e uygun olarak düzenlenen hali tek bir dosyada toplanmış ve uzaklıklar program tarafından oluşturulan dosyadan alınmıştır. Alınan uzaklıklar EXCEL programında bir matris haline getirilmiştir.

Sürekli yenilenen müşterilerin sisteme eklenebilmesi için buna benzer ikinci bir yazılım oluşturulmuştur. İlk yazılımda adres listesinden seçilen başlangıç adresi sabit tutulup hedef adresi sırayla değiştirilirken, sonraki yazılımda hedef adresi sabit tutulup başlangıç adresi sırayla değiştirilmektedir. Birinde matrisin yatay satırları oluşturulurken diğesinde dikey sütunlar oluşturulup birleştirilerek matrise eklenmektedir.

6.3 Sezgisel yöntem

Bir başlangıç rotası oluşturabilmek amacıyla en yakın komşu sezgisel metodu kullanılmıştır. Bu yöntem, başlangıç noktasından başlayarak en yakın komşuları sıralamakta ve bu sayede birbirine en yakın noktalarla bir rota oluşturmaktadır.

GSP için geliştirilen λ -opt metodu literatürde en fazla kullanılan yöntemlerden biri olarak bilinir. Bu yöntemde λ adet yol bir rotadan çıkartılarak mümkün olan tüm permütasyonlar denenmektedir. Eğer mevcut çözümden daha iyi bir çözüm bulunursa, o çözüm yeni rota çıktısı olarak verilmektedir.

Oluşturulan başlangıç rotası, ilk rota üzerinde λ -opt(2-opt) geliştirme algoritması kullanılarak geliştirilmektedir. Bu yöntemin yalancı kodu ve örneği eklerde mevcuttur(Ek 3 ve Ek 4).

KKARP için ise GSP'den farklı olarak başlangıç rotaları "süpürme algoritması" dediğimiz yöntemle oluşturulmaktadır(Ek 5). Bu metotta bir araç ile başlanarak en yakın komşulara uğranılır. Ancak her gidilen noktada araç kapasitesi ve zamanı güncellenir. Araç kapasitesinin dolması ya da zaman kısıtının aşılması durumunda yeni araca geçilir. Yeni araç da başlangıç noktasından başlayıp sıradaki noktayla devam eder ve aynı prosedürleri uygular. Daha sonra oluşan rota üzerinde GSP'de yapıldığı gibi 2-opt yöntemi kullanılarak iyileştirme yapılmaktadır.

7. Teknik Araçlar

Sezgisel algoritmaların kodlanması, sonuçların hızlı bir şekilde alınması ve şirket tarafından kullanılması için gerekli teknik araçlar aşağıdaki gibidir;

- Yazılım Geliştirme Platformu: NETBEANS IDE 7.1.1
- Programlama Dili: JAVA
- Adres Uzaklıkları Ölçme Aracı: maps.google.com
- Verilerin Saklandığı Yer: NOTEPAD++
- Doğrulama: XPRESS
- Veri Tabanı Yönetim Sistemi: EXCEL

8. Oluşturulan Modellerin Doğrulanmaları

Sezgisel metodun verdiği değerlerin en iyi sonuçtan sapma oranının tespiti için XPRESS adlı programdan faydalanılmıştır. BaRoute'un test amaçlı yaratılan örnekler üzerinde oluşturduğu rotaların verdiği değerler XPRESS'in verdiği en iyi değerler ile karşılaştırılmıştır. 5 gibi az sayıda noktadan oluşan örneklerde en iyiye yakın değerler elde edilmesine karşın, örnekleme yer alan nokta sayısı arttıkça en iyiden sapma oranlarının yükseldiği görülmüştür (Ek 11). Nihai olarak, farklı büyüklüklerdeki toplam 16 örnek üzerinde yapılan denemeler sonucu ortalama en iyiden sapma oranı %73 olarak tespit edilmiştir. Örneklerde en fazla 15 noktanın kullanılmasının sebebi,

XPRESS programının çalıştırma kapasitesinin bu seviyeye kadar sınırlı olmasından kaynaklanmıştır. Toz gurubunda gün içerisinde ziyaret edilen nokta sayısı genellikle 10-20 arasında değiştiğinden bu denemelerden alınan sonuçlar yol gösterici olmuştur. Diğer yandan süt gurubunda günlük ziyaret edilen nokta sayısı 20-40 arası değişiklik gösterdiği için tahmin edilen en iyiden sapma oranı mevcut ortalama değerden daha yüksek olmalıdır.

9. Karar Destek Sistemi

Oluşturulan sezgisel algoritmaların şirketin kullanabileceği ve anlaması kolay bir ara yüz ile tasarlanması sonucu karar destek sistemi oluşturulmuştur. Bunun için JAVA programlama dili NETBEANS yazılım geliştirme platformu kullanılarak 'BaRoute' ismi verilen bir program yazılmıştır.

BaRoute öncelikle kullanıcıya hangi grup için rota istediğini veya adres eklemeyi isteyip istemediğini sormaktadır (Ek 6). Kullanıcı yeni adres eklemek istediğinde hangi gruba adres eklemek istiyorsa onu seçip sadece yeni müşterinin adını ve adresini yazarak adres ekleyebilmektedir. Yazılım müşteri adını ve adresini, müşteri listesine ve adres listesine ayrı ayrı eklemektedir. Yeni bilgiler eklenince aynı anda bu adresin diğer bütün adreslerle olan uzaklığını hesaplayıp, uzaklık matrisinde listenin sonuna eklemektedir. Eğer kullanıcı adres ve/veya isim ekleme kısımlarından birini boş bırakırsa program "adres eklemeniz gerekmektedir" veya "isim eklemeniz gerekmektedir" hatası vermektedir.

Eğer kullanıcı adres eklemek istemiyorsa ya da ekledikten sonra yazılımı çalıştırmak istiyorsa ana menü kısmından istediği ürün grubunu seçmelidir. Toz grubu seçildiyse sadece müşteri isimlerinin bulunduğu bir liste karşına çıkmaktadır ve gitmek istediği yerleri seçip programı çalıştırması yeterlidir. Eğer listeden müşteri seçilmezse "en az bir müşteri eklemelisiniz" uyarısı çıkmaktadır. İlk eklenen nokta rotada birinci ve sonuncu yer olmaktadır. Bu yüzden kullanıcının genellikle ilk olarak depoyu eklemesi gerekmektedir. BaRoute seçilen müşteri listesine göre bir rota çıkarmakta ve rotanın toplam kilometresini de hesaplamaktadır(Ek 7).

Süt grubu seçildiğinde de müşteri listeleri açılmaktadır. Ancak üç araç vardır ve bu araçların bölgeleri şirketin isteği üzerine değiştirilmeyecektir(Ek 8). Hangi araca hangi müşteri isteniyorsa ona göre müşteriler araç listelerine eklenmektedir. Şirketin bölgeleri değiştirmek istememesinin asıl sebebi; müşteri ilişkileri politikasıdır. Müşteriler ve dağıtım elemanları arasında zamanla gelişmiş olan ilişkilerin bozulmasını engellemektir. Müşteriler eklendikten sonra müşteri ismi, günlük talebi, hangi zaman aralığında gidilmelidir gibi bilgiler BaRoute'a girilmelidir(Ek 9). Bu kısıtlamalar doğrultusunda

program çalışmakta ve iki farklı rota kümesi vermektedir(Ek 10). İlk kısımda firmanın bölgelerine sadık kalınarak her araç için ayrı rota verilmekte, bu rota GSP temel alınarak oluşturulmaktadır. İkinci rotada ise KKARP temel alınarak oluşturulan ve bölgelerin BaRoute tarafından oluşturulduğu sonuç gösterilmektedir. Şirketin oluşturulduğu bölgelerin değişkenlik gösterdiği ikinci rotada ilk rotadan farklı olarak üç araç olmadan iki ya da bir araçla da dağıtımın yapılabileceği durumlar gözlenmiştir.

BaRoute'un kullanımı kolay ve hızlıdır. Adres ekleme işlemi internet hızına ve matriste bulunan müşteri sayısına göre değişmektedir. Yeni eklenen adresin diğer adreslere olan uzaklıkları matrisin satır kısmına; bütün adreslerin yeni adreslere olan uzaklığı matrisin sütun kısmına kaydedilmektedir.

10. Uygulama Planı

Hazırlanan sistem ilk olarak toz grubu üzerinde denenmiştir. Bunun sebebi toz grubundaki sistemin görece daha sade olması ve günlük sipariş yükünün fazla yüksek olmamasıdır. Uygulama sırasında karşılaşılan bazı güçlükler şunlardır:

- Yeni adres eklenmesi: Programın çalışabilmesi için uzaklık matrisinin en güncel haline ihtiyaç duyulduğundan, günün başında eklenmesi gereken çoklu adresler sıkıntı yaratmaktaydı. Yeni müşterilerin kazanıldığı bu yoğun dönemde, fazla sayıda yeni adresin eklenmesi çok fazla zaman aldığından adres güncellenmelerinin mesai sonrası dönemde yapılarak sonraki güne sarkıtılmaması kararı alınmıştır.
- Adresler üzerinden oluşturulan matrislerde, veri kaynağı bazı bazı sorunlar yaşanmıştır. Şirketten temin edilen adreslerden bazılarının sevk adresleri yerine faturalandırma yapılan adres olduğu keşfedildiğinde bu müşteriler üzerine özel olarak yoğunlaşmış ve o hatalar da düzeltilmiştir.

Sistemin sorunsuz olarak çalıştırılmasının ardından, farklı günlerde, mevcut toz grubu siparişlerine göre müşteri ziyaret sıraları oluşturulmuştur. Bu veriler, sürücünün gerçekte takip ettiği müşteri ziyaret sıraları ile karşılaştırıldığında, Baroute'un ortaya koyduğu rota kilometre bazında daha ekonomik çıkmıştır. 4 örneklem üzerinde yapılan çalışmanın ardından, gün içerisinde toplam katledilen mesafede %12 oranında bir azalma öngörülmektedir. Bu sonuçlar gösteriyor ki, şirket Baroute'u kullanmayı tam anlamıyla kavradıktan sonra karar destek sistemi olarak uygulamaya geçirmesinde bir sakınca yoktur. Uygulamaya geçilmesi ve aynı başarı oranı yakalandığı takdirde şirketin bu sistem sayesinde yıllık 2300 TL'lik $(300*150*0,42*0,12 =$ Bir yıldaki iş günü sayısı*Günde yapılan mesafe*Km'de yapılan yakıt masrafı*Öngörülen tasarruf oranı) bir tasarruf sağlayacağı

öngörülmüştür. Ayrıca başarı yüzdesinde belli bir düşüş yaşanması olasılığı da vardır.

Toz gurubunun ardından süt gurubu için de denemeler yapılmıştır. Bu süreçte karşılaşılan başlıca zorluklar şunlardır:

- Dağıtıcıların ertesi gün uğramayı planladıkları yerler dışındaki noktalara gün içerisinde karar vermeleri halinde Baroute'un işlevselliği doğru şekilde test edilemeyeceği için kendilerinden bir gün sonrasına ait kesin duraklar talep edilmiştir. O gün için planlanan noktalar dışında herhangi bir noktaya uğramamaları istendi. Bu günler içerisinde gelen anlık sipariş veya aynı noktaya tekrar uğrama gereksinimi durumlarını ihmal etme sonrasında yaşanacak olası gelir ve müşteri kaybı riske edilemeyeceği için, Baroute'un yarattığı ziyaret sırası çok katı bir şekilde takip edilememiştir.
- Google Maps kaynaklı mesafeleri temel alarak bir rota oluşturan Baroute, sürücülerin zamanla keşfettikleri ve gece yola çıkıyor olmalarının getirdiği avantajlar sayesinde sağladıkları pratik çözümler (ters yöne girme, geri geri sürüş, yol olarak gözükmeyen yerlerden geçiş, yasak dönüş vb.) karşısında daha atıl kaldığı için karşılaştırılmalı değerlerde beklenen verimi sağlayamamıştır.

Sezgisel yöntemin çalıştırılması için NetBeans yazılımının kullanıcının bilgisayarında yüklü olması gerekmektedir. Ayrıca modelin verilerinin okunabilmesi için Notepad++ kullanılmaktadır.

10.1 Uygulama Senaryoları

Yapılan pilot çalışmalar sonucu BaRoute'un toz gurubu dağıtım operasyonlarında kullanılması önerilmiştir. Programın adres silme fonksiyonu yer almadığından adreslerle ilgili keşfedilebilecek herhangi bir hata durumunda, adresin doğru hali eklenerek sorun giderilebilir. Diğer yandan, önümüzdeki dönemde toz gurubu müşterilerinde yaşanabilecek bir artış durumunda iki araçlı sisteme geçilmesi halinde, BaRoute'un yeni oluşacak rotaların en iyileşmesinde şirkete karar destek yetkinliği kazandırması beklenmektedir.

Süt grubu dağıtım operasyonlarında gün içerisinde oluşabilecek ani siparişlerle ilgili olarak ise 'anlık rotalama' metodu çözüm olarak öngörülmektedir. BaRoute'un uygun rotayı saniyeler içerisinde ortaya koyduğu düşünülürse, sürücülerin yeni bir sipariş aldıkları an, programı kalan müşterilere ek olarak yeni eklenen ani sipariş dâhilinde tekrar çalıştırmaları halinde söz konusu sorun çözümlenmiş olacaktır.

Ayrıca BaRoute, dağıtım operasyonları için bir tür benzetim programı olarak da kullanılabilir. Programın oluşturulacak rotalar için toplam mesafe değerlerini vermesinden yararlanılarak, dağıtım bölgelerinin araçlar arası paylaşımında denenmek istenen bazı alternatiflerin uygunluğu konusunda karar-destek rolü üstlenebilir.

11. Sonuç

Arolez için geliştirilen bu karar destek sistemi rotalama sistemini daha matematiksel ve kurumsal hale getirmektedir. Sistemin firmaya sağlayacağı ilk yarar dağıtım başlamadan önce verilen rotalama kararının tecrübeye bağlı değil, sistematik bir şekilde olmasıdır.

Arolez süt grubu ve toz grubu günlük ortalama 500 kilometre dağıtım yapmaktadır. Bu dağıtımı azaltabilen bir sistemin sağlayacağı maliyet tasarrufu yıl bazında hesaplandığında şirkete önemli bir maliyet düşüşü sağlayacaktır. Sistemin bazı durumlarda çok iyi bir rota verememesi gibi durumlar da söz konusudur. Ancak bu durumlar istisnai ve azdır. Oluşturulan karar destek sisteminin geliştirilebilmesi de mümkündür. Bu sistemin rotalama açısından firma için gayet mantıklı bir başlangıç olduğu söylenebilir. İleride oluşabilecek farklı durumlara göre yazılım değiştirilebilir. Sistemin amacına uygun çalıştığı gözlenmiştir. Kullanılan çözüm algoritmaları da bu benzer sorunlar için sıkça kullanılan ve geçerli sayılan çözüm algoritmaları olması nedeniyle uygulanabilir ve en iyi sonuca yakın sonuçlar vermektedir.

12. İleriye Dönük Geliştirme Olanakları

Oluşturulan BaRoute sistemi içeriğindeki bilgilerin değiştirilebilmesi durumunda ileride olabilecek değişikliklere uyumu kolaylaştırmaktadır. Yazılan algoritma ileriye dönük değişiklikler yapılacak şekilde geliştirilmiştir. Bu değişiklikler;

- Araç sayısının değiştirilebilmesi
- Araç kapasitelerinin değiştirilebilmesi
- Yeni müşteri ekleme, müşteri listesini yenileme gibi özellikleri sayesinde BaRoute farklı şehirler için de uygulanabilir bir programdır.

Program daha esnek kullanım açısından gerekli değişikliklere açıktır. İleride oluşabilecek farklı durumlara uyum gösterebilmesi açısından var olan kodun içeriğinde yapılacak bazı değişiklikler sonucu hemen her türlü rotalama sistemlerine uygun olması planlanmıştır. Gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra, her türlü kullanıcının ihtiyacını karşılaması planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Darcan, U. 2007. “Stokastik Araç Rotalama Algoritmalarının Karşılaştırılmalı İncelenmesi”, Web Documents, Belgeler.com <http://www.belgeler.com/blg/109a/stokastik-arac-rotalama-algoritmalarinin-karsilastirmali-incelenmesi-comparative-research-of-stochastic-vehicle-routing-algorithms> Son erişim tarihi: 8 Mayıs 2012.
- Demircioğlu, Mert, 2009 “Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım ile çözümlenmesi üzerine bir uygulama”, Web Magazine, Sayısal Yöntemler, www.sayisalyontemler.com/files/images/1350_2.pdf Son erişim tarihi: 8 Mayıs 2012.
- Evans, J. R., Minieka, E. 1992, “Optimization Algorithms for Networks and Graphs”, Marcel Dekker Inc., New York.

EKLER

Ek 1. GSP matematiksel modeli

The TSP modelis:

Parametreler

n : Ziyaret edilecek müşteri sayısı

C_{ij} : i ve j müşterileri arası uzaklık

d_j : j müşterisinin ürün talebi

t_{ij} : i müşterisinden j müşterisine ulaşıma süresi

E_i : i müşterisine en erken gitme zamanı

L_i : i müşterisine en geç gitme zamanı

M : günlük en fazla dağıtım yapma süresi

s : aracın ortalama hızı

u : her ürünün araçtan boşaltılma süresi

b : fatura kesme süresi

$$t_{ij} = \frac{(c_{ij} * 60)}{s} + d_j * u + b \quad (1)$$

Karar Değişkenleri

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{araç i ve j müşterileri arasında taşıma yapması durumunda} \\ 0 & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$\text{en küçük } z = \sum_{i=0}^n C_{ij} * X_{ij} \quad (2)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad j = 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

$$T_j \geq T_i + t_{ij} - M(1 - X_{ij}) \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$T_i \leq L_i \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$T_i \geq E_i \quad i = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$T_i + t_{i1} * X_{i1} \leq M \quad i = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$T_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (10)$$

Ek 2. KKARP matematiksel modeli

KKARP Modeli

Parametreler

n : Ziyaret edilecek müşteri sayısı

C_{ij} : i ve j müşterileri arası uzaklık

Q_i : i müşterisini ziyaret sonrası toplam teslim edilmemiş ürün miktarı

Q_{max} : aracın en fazla kapasitesi

K : Depoda hazır bekleyen dağıtım araçları sayısı

d_j : j müşterisinin ürün talebi

t_{ij} : i müşterisinden j müşterisine ulaşıma süresi

E_i : i müşterisine en erken gitme zamanı

L_i : i müşterisine en geç gitme zamanı

M : günlük en fazla dağıtım yapma süresi

s : aracın ortalama hızı

u : her ürünün araçtan boşaltılma süresi

b : fatura kesme süresi

$$t_{ij} = \frac{(c_{ij} * 60)}{s} + d_j * u + b \quad (1)$$

Karar Değişkenleri

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{araç i ve j müşterileri arasında taşıma yapması durumunda} \\ 0 & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$\text{en küçük } z = \sum_{i=0}^n C_{ij} * X_{ij} \quad (2)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad j = 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = K \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i1} = K \quad (6)$$

$$T_j \geq T_i + t_{ij} - M * (1 - X_{ij}) \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$Q_j \geq Q_i + d_j - Q_{max} * (1 - X_{ij}) \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$Q_i \leq Q_{max} \quad i = 1, \dots, n \quad (9)$$

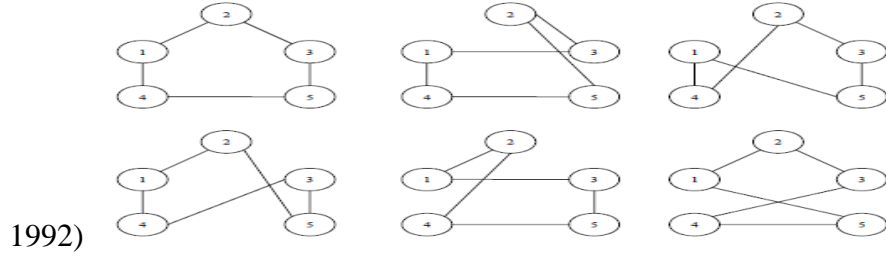
$$T_i \leq L_i \quad i = 1, \dots, n \quad (10)$$

$$T_i \geq E_i \quad i = 1, \dots, n \quad (11)$$

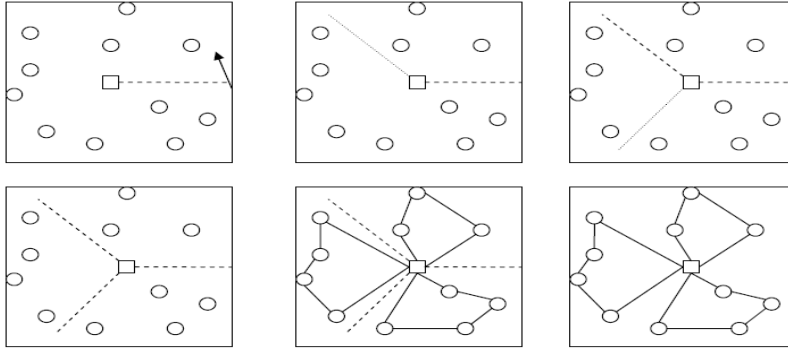
Ek 3. 2-opt Algoritması akış şeması



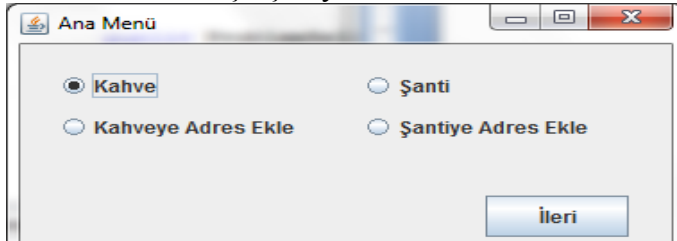
Ek 4. 5 noktalı GSP için 2-opt değişimi örneği (Evans and Minieka,



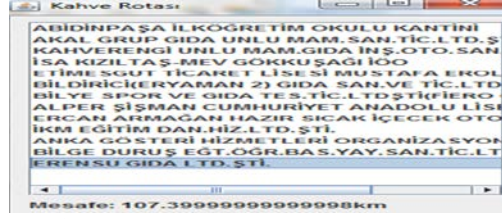
Ek 5. Süpürme algoritması adımlarının örneği (Darcan, U.)



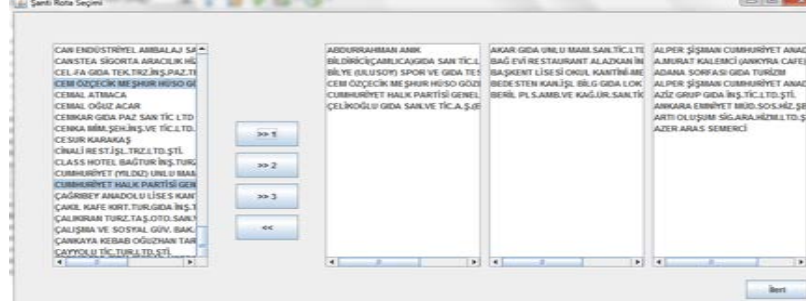
Ek 6. BaRoute Açılış Sayfası



Ek 7. Toz Grubu için oluşturulan rota örneği



Ek 8. Süt grubu için adres listesi



Ek 9. Süt grubu için müşteri bilgilerinin eklenmesi

| Müşteri | Talep | En erken | En geç |
|---|-------|----------|--------|
| ABDURRAHMAN ANIK | 10 | 00 | 000 |
| BİLDİRİÇİ/CAMLI/CAĞIDA SAN TİC.LTD.Ş. | 10 | 00 | 000 |
| BİLYE (ULUSOY) SPOR VE GIDA TES. | 10 | 00 | 000 |
| CEM ÖZÇEKİR MEŞHUR HÜSO GIDA | 10 | 00 | 000 |
| CUMHURİYET HALK PARTİSİ GENEL MERKEZ | 10 | 00 | 000 |
| CUMHURİYET HALK PARTİSİ GENEL MERKEZ | 10 | 00 | 000 |
| AKAR GIDA UNLU MAM. SAN. TİC. LTD. Ş. | 10 | 00 | 000 |
| BAĞ EVI RESTAURANT ALI EKİN İNŞAAT LTD.Ş. | 10 | 00 | 000 |
| BAŞKENT LİSE Sİ OKUL KANTİNİ-MEHMET AY | 10 | 00 | 000 |
| BEDE-STEEN KANLIŞL. BİLG. GIDA LOK. YAP. SAN. TİC. LTD.Ş. | 10 | 00 | 000 |
| BERİL PL. S. AMBL. VE KAĞ.ÜR. SAN. TİC. LTD.Ş. | 10 | 00 | 000 |
| ALPER ŞİŞMAN CUMHURİYET ANADOLU LİSE | 10 | 00 | 000 |
| AMURAT KALEMÇİ (ANKARA CAFE) | 10 | 00 | 000 |
| ADANA SORFASI GIDA TURİZM | 10 | 00 | 000 |
| ALPER ŞİŞMAN CUMHURİYET ANADOLU LİSE | 10 | 00 | 000 |
| AZER ARAS SEMERÇİ | 10 | 00 | 000 |

Ek 10. Süt grubu için oluşturulan örnek rota karşılaştırılması

| Müşteri | Talep | En erken | En geç |
|---|-------|----------|--------|
| ABDURRAHMAN ANIK | 10 | 00 | 000 |
| CELİNKÖLÜ GIDA SAN.VE TİC.A.Ş.(BALIĞATI) | 10 | 00 | 000 |
| CUMHURİYET HALK PARTİSİ GENEL MERKEZ | 10 | 00 | 000 |
| CEM ÖZÇEKİR MEŞHUR HÜSO GÖZLEME EV | 10 | 00 | 000 |
| BİLDİRİÇİ/CAMLI/CAĞIDA SAN TİC.LTD.Ş.TL | 10 | 00 | 000 |
| BİLYE (ULUSOY) SPOR VE GIDA TES.TİC.LTD | 10 | 00 | 000 |
| AKAR GIDA UNLU MAM. SAN. TİC. LTD. Ş. | 10 | 00 | 000 |
| BAĞ EVI RESTAURANT ALI EKİN İNŞAAT LTD.Ş. | 10 | 00 | 000 |
| BAŞKENT LİSE Sİ OKUL KANTİNİ-MEHMET AY | 10 | 00 | 000 |
| BEDE-STEEN KANLIŞL. BİLG. GIDA LOK. YAP. SAN. TİC. LTD.Ş. | 10 | 00 | 000 |
| BERİL PL. S. AMBL. VE KAĞ.ÜR. SAN. TİC. LTD.Ş. | 10 | 00 | 000 |
| ALPER ŞİŞMAN CUMHURİYET ANADOLU LİSE | 10 | 00 | 000 |
| AMURAT KALEMÇİ (ANKARA CAFE) | 10 | 00 | 000 |
| ADANA SORFASI GIDA TURİZM | 10 | 00 | 000 |
| ALPER ŞİŞMAN CUMHURİYET ANADOLU LİSE | 10 | 00 | 000 |
| AZER ARAS SEMERÇİ | 10 | 00 | 000 |

EK 11. En iyiden sapma oranları (Grafik Halinde)



Toz Ürünler İçin Kapasite Planlaması ve Üretim Modellemesi

Arolez Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Proje Ekibi

Engin AKKUŞ
Berkem CANBEYLİ
Canberk GÜZEL
Şima MIHLAYANLAR
Duygu Nice TOKATLI
Mustafa YORGUN

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

Şirket Danışmanı

N. Güngör AKÇA
Gıda Mühendisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Doğan SEREL
İşletme Fakültesi

ÖZET

Bu projede Arolez A.Ş.'nin mevcut kapasite analizi yapıp, firmanın toz üretim bölümünün her bir ürün için günlük üretim kapasitesi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarla firmanın taleplere olan maliyet stratejisine yardımcı bir EXCEL programı geliştirilmiştir. Aynı kapasite verileri kullanarak, yıllık üretim planlaması modellenmiştir. Son olarak firmanın eski verileri, tahmin metotlarına uygulanarak, gelecek dönemler için talep tahminleri hazırlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kapasite Analizi, Talep Tahmini, Verimlilik, Üretim Süreci Hesaplanması.

1. Şirket Tanıtımı

Arolez Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. 1985 yılında kurulmuştur. 2005 tarihinden itibaren Ankara 1. Organize Sanayi Bölgesi'ndeki üretim merkezinde çalışmayı sürdürmektedir. İlk ürün olarak dondurma ile piyasaya girmiş ve uzun süre piyasaya dondurma(Dondo) ile hizmet vermiş olan bu kuruluş 2003 yılından itibaren krem şanti(Dondo) ve toz içecek grubundan sıcak çikolata, cappuccino, salep,3'ü bir arada, toz krem şanti(Fiero) ve pastörize tereyağı(Dondo)üretimi ile piyasada yer almaktadır. Ankara dışında firmanın, İstanbul, İzmir ve Antalya şehirlerinde de şubeleri bulunmaktadır. Bu şehirler, Marmara, Akdeniz ve Marmara Dağıtım ve Pazarlama bölgelerini temsil etmektedir.

2. Problem Tanımı

Mevcut bir kapasite analizinin bulunmaması üretim stratejisinin belirlenmesini de zorlaştırmaktadır. Firma, talebi kabul edilen ürünün normal üretim süresini aşması durumunda maliyeti artırıcı etkenler ile birlikte karar vermek zorundadır. Fazla mesai yapılması ya da normal mesai saati içerisinde çalışan sayısının artırılması kararları verilerek üretim tamamlanmaktadır. Gelecek olan taleplerde ki belirsizlik firmanın geleceğe yönelik planlama yapmasını zorlaştırmaktadır.

Yukarıda belirtilen problem tanımı ve kurum beklentileri doğrultusunda proje kapsamı, Arolez'in toz bölümünün mevcut kapasitesinin ölçülmesi, uzun vadeli üretim planlaması yapılması ve firmanın bundan sonraki yıllar içerisinde de kullanabileceği bir talep tahmin sistemi oluşturulması olarak belirlenmiştir.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistemin analizi

Arolez kesintisiz süreçle ilerleyen bir firmadır. Firmanın, dondurma, şanti ve toz grubu olmak üzere üç ana üretim alanı bulunmaktadır. Projenin kapsadığı alan olan toz grubu üretimi, iki alanda gerçekleşmektedir. Karıştırma alanı, 150kg ve 250kg 'lık karıştırma makineleri bulunmakta ve tartım ile karıştırma işlemleri gerçekleşmektedir. Paketleme alanında ise, temel olarak S140, S80 ve SAĞBİL makineri bulunmakta ve otomatik veya manuel olmak üzere iki çeşit paketleme süreci gerçekleşmektedir. (Ek 1)

Toz grubunda 15 ana ürün altında 63 adet ürün çeşidi bulunmaktadır. 63 ürün için akış üretim şeması yapıldığında, paketleme sürecinin üretim aşamasında en çok zaman aldığı ve bu yüzden kapasiteyi bu paketleme sürelerinin belirlediği görülmüştür. (Ek 2)

Belirli bir kapasite ölçümü ve üretim planlaması yoksunluğundan dolayı, firmanın 2011 yılında 1357 saat fazla mesai ücreti ödemek zorunda kaldığı gözlenmiştir.

3.2 Hedefler

Firmada makinelerin ölçümleri bulunmaktadır. Fakat, analizler sonucunda paketleme sürecinin üretim geciktirici faktörü olduğu için kapasiteyi etkilediğine karar verilmiştir. Her ürünün paketleme süreleri ölçülerek, paketleme süreçlerinin daha etkili olduğunun gösterilmesi ve bu yüzden elde edilen paketleme süreleri ile bir kapasite analizinin yapılması hedeflenmiştir. Kapasite analizinin oluşturulmasıyla firma, üretim planlamalarını ve üretim maliyetlerini karar verirken daha doğru bir yaklaşım içinde bulunabilecektir.

2011 talep verileri kullanılarak bir üretim planlaması oluşturulması amaçlanmıştır. Oluşturulan bu planlama sayesinde, firmanın 2011 yılında planlamada yapmış olduğu hatalarını, kendi verileri ve yeni yapılan üretim planmasını karşılaştırarak kıyaslaması hedeflenmiştir.

Firmanın stratejik hedeflerine doğru şekilde ulaşabilmesi için geçmiş yılları temel alan talep tahmin sistemi yapılmasına karar verilmiştir. Bu sistem gelecekte firmanın yapacağı planların doğruluğunun ölçülmesi konusunda yardımcı nitelik olacaktır.

4. Önerilen Yöntem

4.1 Genel yaklaşım

Günümüz koşullarında üretici firmalar ürettikleri ürünlerin satışından gelen karın artırılmasının yanı sıra üretilen malın maliyetinin düşürülmesi stratejisi ile de pazar içerisindeki rekabette önemli avantajlar sağlamaktadırlar. Bu doğrultuda projede hesaplanmak istenilen kapasite ölçütleri firmaya maliyet analizinde ve üretim planlamasında yardımcı olacaktır. Sistemin öncelikle üretim aşamaları belirlenerek kapasiteyi etkileyen faktörler tespit edilmiştir.

Sistem içerisindeki aşamaların üretim miktarı üzerinde çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda daha kesin sonuçlar elde edilmesi için kapasite analizi her ürün başına günlük üretim miktarının belirlenmesi amacı esas alınarak genişletilmiştir. Belirlenen kapasite miktarlarıyla firmaya talep karşılama süreci içerisinde alınacak kararlarda yardımcı olacak karar destek mekanizması ve üretim planlamasına yardımcı olacak bir matematiksel model oluşturulması amaçlanmıştır.

4.2 Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

4.2.1 Toz ürünleri üretiminin kapasitesinin ölçülmesi

Her yıl yeni ürünlerini piyasaya süren ve mevcut ürünlerinin satışının artması için çalışmalarda bulunun Arolez A.Ş. oluşacak talebi karşılamak anlamında eksik verilere sahiptir. Projemiz firmanın toz ürünlerin üretim bölümünü ele aldığından çalışmalarımızda bu bölge üzerinde yoğunlaşmıştır. Öncelikle toz ürünlerinin üretim sürecinde her aşamada hangi bölümlerde üretimin gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Bunun için firmanın kat planlarından ve üretim sürecinin gözlemlenmesi sonucu alınan bilgilerden yararlanılmıştır.

Ürünlerin karışımlarının yapıldığı kısım ile paketleme işlemlerinin yapıldığı kısım yan yana bulunmaktadır. Bu iki bölüm analiz sırasında üretimin kesintili olduğu varsayılarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda karıştırıcı bölümü ile paketleme bölümünün kapasitesinin ayrı ayrı belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Üretim aşamaları değerlendirilirken öncelikle karıştırıcı bölümünden başlanmıştır. Başlangıçta üretilecek ürüne ait bütün hammaddelerin karıştırıcı bölümünde bulunduğu varsayılmıştır. Karıştırıcı bölümünde, karıştırıcı makinelerine konulan ürünlerin ortalama kilogramları belirlenmiştir. Karıştırma bölümündeki işçilerin işlemleri gerçekleştirirken kullandıkları yöntemler gözlemlenip en fazla kullanılan yöntem, rastgele yapılan süre analizlerinde kullanılan yöntemi oluşturmuştur. Daha sonra hesaplamalarda, tespit edilen sürelerin ortalama değerleri kullanılmıştır.

Makinelerin yapılan karışımlar için ne kadar süre çalıştığı ürün tipi göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Paketleme bölümüne geçildiğinde ise makineler ve yöntem anlamında yapılan veri toplama işlemleri tekrarlanmıştır. Ancak paketleme bölümünde karıştırma bölümünden farklı olarak işçi sayısı üretim yoğunluğuna göre değişmektedir. Bu durumda ölçümler yapılırken paketleme işlemi sırasında çalışan işçi sayısı paketleme şekline göre sabitlenmiş olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar ve zaman kısıtlamaları belirlendikten sonra firmanın ürün yelpazesine uygun olacak bir akış şeması taslağı hazırlanmıştır. Hesaplanan ve belirlenen süreler akış şemalarına taşınmıştır. Daha önceden belirtildiği gibi akış şemaları üretilen her ürünü kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Akış şemaları analiz edilerek ürünlerin hangi kısımlarda dar boğaz oluşturduğu belirlenmiştir. Dar boğaz süreleri ve sürekli üretim yapıldığında kullanılan kilogram miktarıyla yapılan hesaplamalar sonucunda her ürün için günlük üretim kapasitesi belirlenen varsayımlara göre tespit edilmiştir.

Firmanın önceden kabul ettiği kapasite miktarlarıyla, yapılan çalışma sonucu oluşturulan kapasite miktarları arasında farklılıklar görülmüştür. Oluşturulan verilerin fonksiyonel anlamda kullanılması ve firmanın talebi doğrultusunda günlük üretim kapasiteleri ile gereken talebin üretim şeklini kararlaştırmak amacıyla Excel programı kullanılarak bir ara yüz oluşturulmuştur. Oluşturulan bu ara yüz, siparişi verilen ürünlerin talep edilen sürelerde hazırlanması için alternatiflerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Talep edilen ürünün çeşidi, miktarı, teslimat süresi ve alternatif üretim metotları kullanıldığında oluşacak maliyet birimlerinin girdi olarak kullanıldığı programın sonucunda firma üretimden oluşacak karlılığı hesaplamada kullanılacaktır. (Ek 3)

4.2.2 Yıllık üretim planlaması

Firma ile yapılan görüşmeler sonucunda üretim planlamalarının haftalık olarak gerçekleştirildiği öğrenilmiştir. Fakat yapılan bu programa ek olarak gelen siparişlerin tamamlanması için gerçekleştirilen yeni düzenlemelerin firmaya ek maliyetler getirdiği görülmüştür. Firmanın üretim planlamasındaki problemlerini analiz etmek ayrıca uzun vadeli planlamalarda talep karşısında üretilen miktarlar doğrultusunda bir matematiksel model oluşturulmuştur. Literatürde toplu üretim modeli olarak benimsenen bu modelde karar değişkenleri iki şekilde oluşturulmuştur. Karar değişkenleri, mesai saati içerisinde yapılan üretim miktarı ve fazla mesai içerisinde yapılan üretim miktarı şeklinde belirlenmiştir. Modelin amaç fonksiyonunda, karar değişkenlerinin çarpıldığı sabitler ise maliyet etkenlerinin belirli varsayımlar çerçevesinde gözden geçirilmesi sonucu oluşturulmuştur. Maliyet sabitlerinde iki karar değişkeninde de hammadde maliyeti gibi fiyat farkı oluşturmayacak maliyet etkenleri göz önüne alınmamıştır. Özellikle firmanın fazla mesai sonucu değişiklik gösteren maliyet etkenleri üzerinde durulmuştur. İşçi maaşları, elektrik, ulaşım, su, ısınma maliyetleri temel alınarak mesai saatinde kullanılan maliyetler ve fazla mesai sonucu kullanılan maliyetler olmak üzere iki adet maliyet sabiti oluşturulmuştur. Toplam üretim modellerinde yer alan diğer bir maliyet unsuru olan çalışanların işten çıkarılma ve işe alınma maliyetleri ya da yeni çalışmaya başlayan bir kişiye verilecek oryantasyon ve üretim sürecine alışma maliyetine modelimizde değinilmemiştir. Firma ile yapılan görüşmeler sonucu işten çıkarılma ve işe alınma şeklinde belirgin bir hareket olmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle modelde bir etken olarak belirtilmemiştir. Amaç fonksiyonu içerisindeki karar değişkenleri ve maliyet sabitleri aylık periyotlar üzerinden belirlenmiştir. Amaç fonksiyonu içerisinde bulunan bir diğer etken ise üretim ve talebi karşılama girişimleri sonucu ay sonunda oluşacak depo seviyeleridir. Firmanın gelecek dönemlerdeki talebi karşılamak anlamında üretimi önceden yapması sonucu fazla mesaideki maliyeti minimize edebilmesi imkânını sunmaktadır. Depodaki ürünlerin maliyeti ise mesai saati içerisinde oluşan maliyet sabitinin %15'i alınarak oluşturulmuştur. Anlatılan üç faktör ile amaç fonksiyonu oluşturulmuştur.

Modelin kısıtları kapasite analizi sonucu oluşturulan verilerden de yararlanılarak oluşturulmuştur. Buna göre her bir ürünün aylık üretim miktarı küme üretim büyüklüklerine bölünmüş ve kümenin üretim süresi ile çarpılmıştır. Bulunan süreç miktarının aylık mesai süresinden daha az olması gerektiği öngörülmüştür. Aynı kısıt fazla mesai içinde uygulanmıştır. Gelecek ayın depo seviyesinin belirlenmesinde ise ayın başında depoda olan ürün miktarı mesai ve fazla mesai üretimi sonucu

oluşan ürün miktarıyla birleştirilip toplam talepten çıkarılmıştır. Son olarak ise firmanın depolama kapasitesi göz önüne alınmıştır.(Model 1)

Model 1. Toplu Üretim Modeli

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{15} \sum_{t=1}^{12} X_{itr} C_{ir} + \sum_{i=1}^{15} \sum_{t=1}^{12} X_{ito} C_{io} + \sum_{i=1}^{15} \sum_{t=1}^{12} I_{it} Ch_{it}$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^{15} (X_{itr} / \text{Parti Büyüklüğü}) * T_i \leq RT_t \quad \text{her } t \text{ için}$$

$$\sum_{i=1}^{15} (X_{ito} / \text{Parti Büyüklüğü}) * T_i \leq OT_t \quad \text{her } t \text{ için}$$

$$\sum_{t=1}^{12} \sum_{i=1}^{15} I_{i(t-1)+} X_{itr} + X_{i1o} - D_{it} = I_{it}$$

$$\sum_{i=1}^{15} I_{it} \leq \text{WCAP} \quad \text{her } t \text{ için}$$

$$X_{itr}, X_{ito}, I_{it} \geq 0$$

Firmanın 2011 yılında gelen ürün talepleri karşısındaki hareketlerini anlamak açısından modele talep verileri olarak 2011 yılına ait veriler girilmiştir(Ek.4). Ancak hazırlanan kapasite verilerinin kısıtlarlarda sonuçsuz kalan periyotları görülmüştür. Bunun sebebi ise normal üretim için hazırlanan üretim sürelerinin yüksek miktardaki üretimlerde değişkenlik göstermesi olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla firmanın üretim planlamasında standart bir yapıya sahip olmadığı görülmektedir. Bunun yanında belirlenen üretim sürelerinin işçi sayısı temel alınarak tekrar düzenlenmesi sonucu oluşan sabitlerle firmanın fazla mesai yapmadan da üretimini gerçekleştirebileceği görülmüştür. Bu nedenle firmanın ek maliyetlerden olan fazla mesai üretim maliyetini azaltması için stok seviyelerini gözden geçirip yeniden düzenlemesinin maliyeti azaltmada yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır.

4.2.3 Talep tahmini

Mevcut ürünler için yapılan talep tahminleri pratikte edinilen deneyimler, firmanın girebileceği yeni pazarlar sonucu oluşacak talep miktarları ve firmanın büyüme katsayısı göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Üretim planlamasına yardımcı olması amacıyla projemizde talep tahmini metotlarının kullanılarak firmanın eski verileri kullanılarak

talep tahmini hesaplamaları yapılmıştır. Öncelikle ürünlere ait geçmiş veriler sistematik bir biçimde toplanmıştır. Ürünlerin geçmiş verileri incelendiğinde bazı kategorilerde ve gramajdaki ürün için (yeni üretimine başlanan ürünler) yeterli değerler bulunmadığı görülmüştür. Bu nedenle 63 ürün, 15 kategoride yeniden düzenlenmiştir. Ürün sayısının kategoriler haline getirilmesi aynı zamanda ürün gramajlarında sabit bir değer seçilmesi sonucunu oluşturmuştur. Bu nedenle ürünlerin hepsi kilogram cinsinden tekrar hesaplanmıştır. Verilerdeki sapmaların azaltılması anlamında yapılan çalışmalardan sonra firmaya uygun görülen talep tahmini metotları üzerinde durulmuştur. Ürünlerin verilerinden zamana bağlı grafikleri oluşturulup incelenmiştir. Verilere uygun talep tahmini metotları belirlenirken Pegel sınıflandırması tablosu temel alınmıştır. Özellikle dönemsel ve artış-azalış verilerinin uygun analizlerini barındıran Pegel sınıflandırması ile kullanılacak olan talep tahmini modelleri belirlenmiştir. Temelde üç farklı talep tahmini metodu kullanılmıştır. Bu metotlar üstsel düzeltme metodu, çift üssel düzeltme metodu ve sezonsal çift üssel düzeltme metodu olarak belirlenmiştir. Kullanımdaki kolaylığı nedeniyle metod fonksiyonları bir Excel sayfası üzerinde belirtilmiştir. Önceki dönemlere ait verilerin metotlara uygulanması sağlanmıştır. Ancak yukarıda bahsedilen modeller formülasyonları içerisinde sabit değerler barındırmaktadırlar. Bu sabit değerlerin minimizasyonu metotların işlevselliği açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle metotların içerdiği parametreleri minimize etmek amacıyla hata karelerinin ortalaması uygulaması kullanılmıştır. (Ek 5). Formülasyon içerisindeki parametrelerin minimizasyon işleminin tamamlanması ile firma gelecek aylara ait talep tahminlerinde oluşturulan modeli kullanabilir.

5.Uygulama için Gerekli Altyapı

Kurum için tasarlanan kapasite analiz sistemi EXCEL programı üzerine kurulmuştur. Program üzerinde hazırlanan dosyada 63 ürün için hazırlanan günlük üretim süre hesaplamaları yapılmıştır. İleriki yıllarda yeni bir ürün üretilmeye başladığında, dosyaya ürünün üretim süreleri girildiğinde yeni mevcut kapasite ölçülebilecektir. EXCEL programı, firma tarafından da kolaylıkla kullanıldığı için seçilmiştir. Bu yüzden, önerilen sistemdeki veriler firma tarafından güncellenebilecektir.

Üretim planlamasında, EXCEL programının çözücü fonksiyonu kullanılmıştır. Böylece firma, o yıl için talepleri karşılayabildiğini görebilecektir.

Talep tahmin analiz sisteminde, firmanın önceden deneyimlere göre planladığı talep analiz sistemi yerine EXCEL programı üzerinde bilimsel metot ve formülasyonlara dayanan bir analiz sistemi yapılmıştır. 2011 yılı için gerçekleştirilen bu sistem, firmanın verileri

güncellediğinde aynı formülasyonu kullanarak bir sonraki yıl için de talep tahminlerinin yapılmasını sağlayacaktır.

6.Genel Değerlendirme

Arolez Gıda Sanayi ve Ticaret AŞ dondurma, şanti ve toz ürünleri gıda grubunda, başarılı bir strateji ile daha da büyümeyi ve pazar payında daha da büyük bir yer edinmeyi hedefleyen bir firmadır. Yapılan süre analizleri ve hesaplamalar ile firmanın toz ürünleri üretim bölümünün kapasitesi netleştirilmiştir. Kapasitenin netleştirilmiş olması, firmanın talep karşılama ve maliyet analizinde daha doğru verilerle hareket edip sonuç almasını sağlayacaktır. Ayrıca hesaplanan kapasite verileri ile firmaya karar destek mekanizması içeren bir Excel tablosu sunulmuştur. Ani taleplerin, talep edilen zaman aralığında, hangi yöntemlerle üretilebileceği ve artı maliyet oluşturacak etkenlerin belirtilip maliyetinin hesaplanmasına yardımcı olacak program firmaya maliyet analizlerinde zaman kazandırıp müşteri memnuniyetini artırmak hedefiyle oluşturulmuştur.

Doğrusal planlama modeli ile şirketin alınan talebi karşılama konusundaki planlama tarzına farklı bir yaklaşım oluşturmuştur. Bu yaklaşım ile firmanın üretim bölümünde stok seviyeleri ve üretim işlemleri sırasındaki düzen konularındaki problemleri tespit edilmiş ve uzun vadede çözüm amaçlı girişimler oluşturulmuştur.

Şirket, talep tahmini işlemlerini deneyim ve pratikte edinilen bilgiler doğrultusunda gerçekleştirmektedir. Firmaya sunulan, EXCEL talep tahmin analiz programı ile firma formülasyonlara dayanan bir talep tahmin analiz programına sahip olmaktadır. Firmanın isteği üzerine yapılan bu program, firma tarafından verilerin güncellenmesiyle gelecek yıllar için de kullanılmaya devam edilebilecektir. Sunulan bu programlar, firmanın üretim planlamasını yaparken doğru kararlar almasına yardımcı olacak ve firma istediği gibi başarılı bir stratejiyi uygulayabilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Edwar A.Silver,David F.Pyke,Rein Peterson,3. Baskı,“Inventory Management and Production Planning and Scheduling”

Spencer D. Krane ,1994,“The Distinction Between Inventory Holding and Stockout Costs: Implications for Target Inventories, Asymmetric Adjustment, and the Effect of Aggregation on Production Smoothing”

Stephen G. Timme and Christine Williams, “The Real Cost of Holding Inventory”,
http://www.mcasolutions.com/pdf/Cost_of_Inventory.pdf, Son Erişim Tarihi: 25 Şubat 2012.

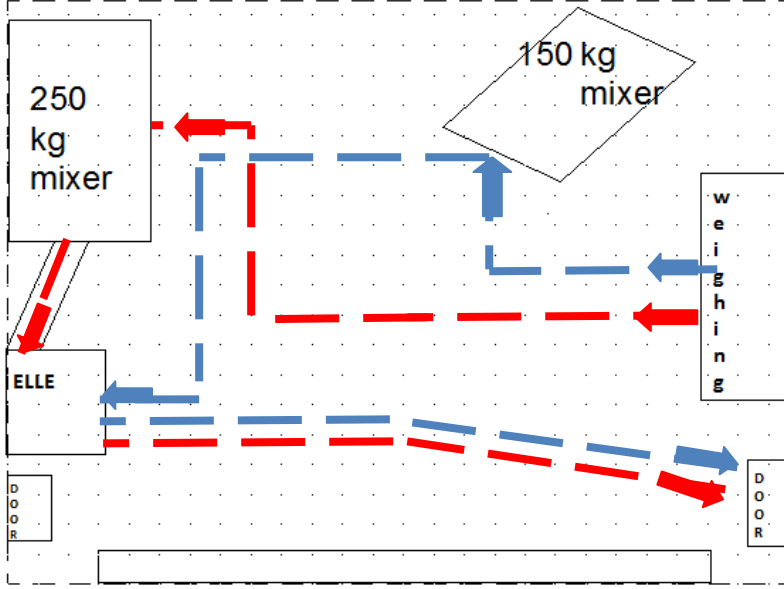
Carter McBride,“How to Calculate Holding Costs”,
http://www.ehow.com/how_6626857_calculate-holding-costs.html, Son Erişim Tarihi: 1 Mart 2012

R. S. Saxena, “Inventory Management: Controlling in a Fluctuating Demand Environment”

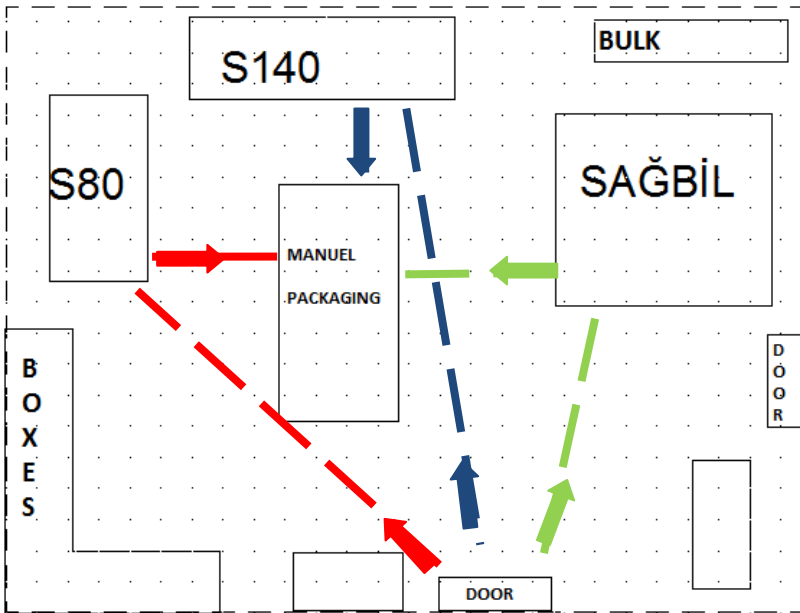
Donald W. Fogarty, John H. Blackstone, Thomas Russell Hoffmann,1991,“Production & Inventory Management”

EKLER

Ek 1.1 Karıştırma bölümü fabrika yerleşimi



Ek 1.2 Paketleme bölümü fabrika yerleşimi



Ek 2.1 Kahve kreması ürünün akım şeması (250 kg)

| Sıralama | Aktivite Tanımı | Sembol | Zaman | Analiz Notları |
|----------|--------------------------------|--------|----------|---|
| 1 | Tartım | ○ | 07.35 dk | hammaddelerin tartımı |
| 2 | Numaraları denetleme | □ | | tartım sırasında başka bir işçi tarafından numaraların kontrolü |
| 3 | 150 kg'lık miksera transfer | → | 0.30 dk | el ile yapılır |
| 4 | Makineyi çalıştırma, yükleme | | 01.30 dk | hammaddelerin yüklenmesi, makinenin tepesini açıp kapama |
| 5 | 150 kg'lık makinede karıştırma | ○ | 15.00 dk | 150 kg'lık makinede karıştırma işlemi |
| 6 | Bulk poşetlerine aktarım | ○ | 02.55 dk | |
| 7 | Raflarda bekleme | | belirsiz | paketleme odasında yer yoksa, yer açılana kadar beklenilir |
| 8 | Paketleme odasına transfer | → | 02.40 dk | bulk poşetlerinin paketleme odasına transferi |
| 8 | SAĞBİL makinesinde paketleme | ○ | 59.27 dk | 250gr'lık paketleme |
| 8 | SAĞBİL makinesinde paketleme | ○ | 11.25 dk | 1kg'lık paketleme |
| 9 | Etiketleme | ○ | 30.25 dk | 250gr'lık el ile paketleme |
| 9 | Etiketleme | ○ | 12.14 dk | 1kg'lık el ile paketleme |

Ek 2.2 Kahve kreması ürünün akım şeması (150 kg)

| Sıralama | Aktivite Tanımı | Sembol | Zaman | Analiz Notları |
|----------|--------------------------------|--------|----------|---|
| 1 | Tartım | ○ | 07.35 dk | hammaddelerin tartımı |
| 2 | Numaraları denetleme | □ | | tartım sırasında başka bir işçi tarafından numaraların kontrolü |
| 3 | 250 kg'lık miksera transfer | → | 0.30 dk | el ile yapılır |
| 4 | Makineyi çalıştırma, yükleme | | 01.30 dk | hammaddelerin yüklenmesi, makinenin tepesini açıp kapama |
| 5 | 250 kg'lık makinede karıştırma | ○ | 25.00 dk | 250 kg'lık makinede karıştırma işlemi |
| 6 | Bulk poşetlerine aktarım | ○ | 02.55 dk | |
| 7 | Raflarda bekleme | | belirsiz | paketleme odasında yer yoksa, yer açılana kadar beklenilir |
| 8 | Paketleme odasına transfer | → | 02.40 dk | bulk poşetlerinin paketleme odasına transferi |
| 8 | SAĞBİL makinesinde paketleme | ○ | 98.12 dk | 250gr'lık paketleme |
| 8 | SAĞBİL makinesinde paketleme | ○ | 18.75 dk | 1kg'lık paketleme |
| 9 | Etiketleme | ○ | 50.25 dk | 250gr'lık el ile paketleme |
| 9 | Etiketleme | ○ | 19.34 dk | 1kg'lık el ile paketleme |
| 10 | Depolama | ▽ | | |

Ek 5. Gold kahve için talep tahmin analizi

| Holt's Method | | | Lt | bt | Ft | | |
|---------------|---------|-------|-----------|-----------|--------------------|----------|----------|
| Gold Kahve | | | alfa= 0,2 | beta= 0,1 | | | MSE |
| 2010 | Ocak | 61,2 | 61,2 | 15,6 | | | |
| | Şubat | 76,8 | 76,8 | 15,6 | 76,8 | | |
| | Mart | 70,8 | 88,08 | 15,168 | 92,4 | 466,56 | |
| | Nisan | 73,2 | 97,2384 | 14,56704 | 103,248 | 902,8823 | |
| | Mayıs | 66,8 | 102,8044 | 13,66693 | 111,80544 | 2025,49 | |
| | Haziran | 113,2 | 115,817 | 13,60151 | 116,4712832 | 10,70129 | |
| | Temmuz | 100 | 123,5348 | 13,01313 | 129,4185321 | 865,45 | |
| | Ağustos | 0 | 109,2384 | 10,28218 | 136,5479606 | 18645,35 | |
| | Eylül | 246,4 | 144,8964 | 12,81976 | 119,5205441 | 16098,4 | |
| | Ekim | 178,4 | 161,853 | 13,23344 | 157,7162001 | 427,8196 | |
| | Kasım | 244,8 | 189,0291 | 14,62771 | 175,0864009 | 4859,986 | |
| | Aralık | 372,4 | 237,4055 | 18,00258 | 203,6568335 | 28474,26 | |
| 2011 | Ocak | 134 | 231,1264 | 15,57442 | 255,4080429 | 14739,91 | |
| | Şubat | 125,6 | 222,4807 | 13,1524 | 246,7008496 | 14665,42 | |
| | Mart | 133,2 | 215,1465 | 11,10374 | 235,6330779 | 10492,54 | |
| | Nisan | 289,6 | 238,9202 | 12,37073 | 226,250199 | 4013,197 | |
| | Mayıs | 105,2 | 222,0727 | 9,448915 | 251,290892 | 21342,55 | |
| | Haziran | 114,8 | 208,1773 | 7,114482 | 231,5216284 | 13623,94 | |
| | Temmuz | 204,4 | 213,1134 | 6,896647 | 215,2917851 | 118,631 | |
| | Ağustos | 50 | 186,0081 | 3,496445 | 220,0100747 | 28903,43 | |
| | Eylül | 210 | 193,6036 | 3,906355 | 189,5045049 | 420,0653 | |
| | Ekim | 225,2 | 203,048 | 4,460156 | 197,5099589 | 766,7384 | |
| | Kasım | 224 | 210,8065 | 4,789993 | 207,508123 | 271,982 | |
| | Aralık | | | | 215,5964918 | | |
| | | | | | | min MSE | 8673,108 |

Veri Yönetimi ve Madenciliği Sistem Tasarımı

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü

Proje Ekibi

Onursal Bağırhan
Bahadır Batuhan
Yazgülü Bildik
Murat İplikçi
Melike Şen

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ankara

Kurum Danışmanı

Oğuz Kurt, Sanayi Genel Müdürlüğü,
Sanayi Politikaları Dairesi Başkanlığı,
Sanayi Sicil ve Envanter Şube Müdürü

Akademik Danışman

Öğretim Gör. Figen Eren
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu projede, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na ait Sanayi Genel Müdürlüğü'nün Sanayi Sicil Bilgi Sistemi incelenmiş, süreçler veri toplama, veri depolama ve veri kullanımı olarak 3 ana bölüme ayrılmış ve her sürece uygun farklı çözümler sağlanmıştır. Veri Toplama Arayüzü Tasarımı (VTAT) ile toplanan verilerin doğruluk oranını yükseltmek, değişkenler arası ilişkileri belirleme yöntemi ile toplanan veriler için bir kontrol mekanizması geliştirmek, Hazır Raporlama Programı (HRA) ile raporlama sürecinde zaman kaybını azaltmak ve Veri Madenciliği ile kullanılabilir yeni özet bilgilere ulaşmak hedeflenmiştir. Sistem NetBeans IDE 6.9 Java Platformu, MS Access 2010 ve MS Excel 2010 kullanılarak geliştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kullanıcı dostu arayüz, hazır raporlama sistemleri, regresyon analizi, sistem analizi, veri madenciliği.

1. Kurum Tanıtımı

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ülkemizin önemli Bakanlıklarından biridir. Bakanlığın ana hizmet birimi olan Sanayi Genel Müdürlüğü; sanayi politika ve stratejilerin, sanayi ürünlerine yönelik idari ve teknik düzenlemelerin hazırlaması ve uygulanması, sanayi işletmelerinin sicilinin tutulması, çevre ve iklim değişiklikleri, istihdam ve savunma sanayi alanlarında çalışma yapılması, sanayi sektörlerine yönelik sorunların tespiti ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi, sektörel raporların hazırlanması, sektörel komiteler oluşturulması konularından sorumludur. Sanayi Genel Müdürlüğü 6 Daire Başkanlığı, 26 Şube Müdürlüğü olarak teşkilatlanmıştır. Bu projede, Sanayi Politikaları Dairesi Başkanlığı altında yer alan “Sanayi Sicil ve Envanter Şubesi” si incelenmiştir.

2. Proje Tanımı

Projemizin adı “Veri Yönetimi ve Madencilik Sistemi Tasarımı”dır. Bu projenin amaçları şunlardır:

- Sanayi Sicil Bilgi Sisteminde kayıtlı bilgilerin doğruluğunun artırılmasını sağlamak,
- Verilerin etkin kullanılmasının ve hızlı raporlamayı sağlayan bir arayüz geliştirmek,
- Verilerin doğruluğunu denetleyen araçlar tasarlamak,
- Verileri yorumlayarak özet bilgiler çıkarmak.

Özetle, bu proje Bakanlığın bilgi akış sistemini farklı yönlerden ele alarak verimliliği artırmayı hedeflemektedir.

3. Sistem Analizi

3.1 Genel sistem yapısı

Bakanlıktaki veri yönetim sistemi 3 ayrı başlık altında toplanabilir. Bu başlıklar; veri toplama süreci, veri depolama süreci ve raporlama sürecidir. Veri yönetiminde esas alınan bilgi ürünlerdir. Bu yüzden her ürünü ayırt edebilmek amacıyla PRODTR adlı 10 haneli bir kodlama sistemi kullanılmaktadır. PRODTR- Sanayi Ürünleri Listesi, Avrupa Birliği ülkelerinde sanayi ürünlerinin sınıflamasında kullanılan PRODCOM-List of Products of European Community esas alınarak TÜİK tarafından uyumlaştırılmıştır. İlk iki hane sektörü simgelerken, ikinci iki hane bir alt sektörü simgelemekte ve kod 10 haneye ulaştığında belirli bir ürüne denk gelmektedir. Bu kod ürüne özel olduğu için, üretim birimini de içinde (KG, ADET vb.) barındırmaktadır. Tüm ekonomik faaliyetler 01- 99 arası bölümlendirilmiştir. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nda Madencilik ve Taş Ocakçılığı, İmalat Sanayi ve Elektrik üretimini kapsayan 29 sektör kayıt altına alınmaktadır.

3.1.1 Veri toplama süreci

Veri toplama süreci, kendi içinde iki alt sürece ayrılmaktadır. Bunlardan ilki, şirketin vergi numarası ve adresi gibi temel bilgileri içeren formların, Sanayi il müdürlüklerine şahsen teslim edilmesi sürecidir. Bu bilgiler yalnızca bir kez teslim edilmektedir ve olası değişikliklerin de şahsen beyan edilmesi gerekmektedir. İkinci süreç ise, yıllık olarak güncellenmesi gereken ve çalışan sayısı, üretim miktarı vb. bilgileri içeren verilerin toplanmasıdır. Bu bilgiler hem internet aracılığıyla, hem de il müdürlüklerinde yenilenebilmektedir. İlk bilgiler durağan olduğundan ve kontrollü bir şekilde kayıt altına alındığından, ikinci aşamadaki bilgilerin güncellenme ve internetten güncellenme oranlarını incelenmiştir. Sonuçlar ‘Tablo 1’ den incelenebilir.

Tablo 1. Yıllık talep edilen bilgilerin güncellenme oranları

| | 2006 | 2011 |
|----------------------------------|------|------|
| Verilerin internetten girişi | %5 | %23 |
| Bilgilerini güncelleyen firmalar | %25 | %87 |

Veri güncelleme sürecinde, ürün bilgilerinin güncellenme aşaması şu şekildedir:

- Kullanıcı arama çubuğuna ürettiği ürünün adını girer.
- Ürün kodu listesinden en uygun kodu seçerek devam tuşuna tıklar.
- Üretim ve kapasite bilgilerini girerek kaydı tamamlar.

Bu sistemde karşılaşılan problemleri daha iyi gözlemleyebilmek adına ‘şeker’ üreten bir firma incelenebilir. Arama çubuğuna şeker yazıldığında, şekerli meyve suyu üreticilerinden tatlı üreticilerine kadar uzun bir liste ile karşılaşılmaktadır. Ayrıca aranan kelimeye göre, üretilen ürünle, seçilen ürünün çok farklı sektörlerde olma ihtimali vardır. (Domates salçası ürünü için domates salçası konservesinin seçilmesi gibi). Bu durum yanlış ürün kodu atanmasına neden olmaktadır. Şu anki veriler incelendiğinde bu hata oranlarının kimi ürünlerde %80’e vardığını gözlenmiştir (Diş macunu, Lahmacun, Cam macunu gibi ‘macun’ kelimesini içeren ürünlerde). Bir diğer sorun ise üretim ve kapasite bilgilerinin girişinde yaşanmaktadır. Sistem üretim ve kapasite bilgilerinin birimini kullanıcıdan istemektedir ve bu birim ProdTR kodundaki birimle kimi zaman uyuşmamaktadır. Örneğin; ekmek üreticilerinin %54,7’ si birimi ADET, %38,9’ u KG, %3’ ü TON biçiminde girerken, %3,4’ ü girmemiş ya da farklı birim kullanmıştır. Oysaki, ProdTR koduna göre ekmek ürünü ile ilgili bilgilerin KG cinsinden girilmesi gerekmektedir.

3.1.2 Veri depolama süreci

Bu aşama bir süreçten çok bir sistem olarak değerlendirilmelidir. Bakanlık toplanan verileri Microsoft SQL Server: Enterprise adlı veritabanı yönetimi programında depolamaktadır. Bu program 2TB

hafızaya ve 524PB veritabanı büyüklüğüne ulaşana kadar çalışmaktadır (Microsoft SQL Server 2011). Depolama süreci Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülmekte, ve bilgiler Sanayi Sicil ve Envanter Şubesi'ne Excel tablosu halinde iletilmektedir. Bu bilgiler: şirket unvanı, ili, ilçesi, tam adresi, toplam personel sayısı, arge personel sayısı, mühendis sayısı, atık bilgileri, üretim - kapasite bilgileri, enerji bilgileri ve diğer iletişim bilgilerinden oluşmaktadır.

3.1.3 Raporlama süreci

Sanayi Sicil ve Envanter Şubesi yıl boyunca çeşitli tüzel ve gerçek kişiler için raporlar hazırlanmaktadır. Aylık ortalama 10 rapor hazırlanmakta ve bu raporların yaklaşık %70'inde üretim bilgileri ve çalışan bilgileri kullanılmaktadır. Rapor alıcıları, bakan ve üst düzey bakanlık çalışanları ile, sektör içinde kendi durumunu görmek isteyen firmalardır. Ayrıca, akademik amaçlı rapor talepleri ile de karşılaşmaktadır. Bir raporun hazırlanma süresi ortalama beş saat sürmektedir. Raporlarda kullanılan her bir özet bilginin hesaplanması için filtreleme ve istenmeyen tekrarlardan kurtulma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler zaman kaybına neden olduğu gibi, insan eliyle yapıldığı için kimi hesaplama hatalarına sebebiyet vermektedir.

3.2 Problem tanımı

Tüm problem belirtilerini kapsayacak bir problem tanımı oluşturulmak istendiğinde '*Sanayi Genel Müdürlüğü'nün bilgi akış sisteminin; veri toplama kısmında standardizasyon eksikliği ve veri kullanım kısmında verim ve etkin kullanım eksikliği bulunmaktadır*' sonucuna varılmıştır.

3.3 Kaynak taraması

Proje üzerinde çalışmadan önce yapılan kaynak taraması, problemin ilerleyen dönemlerinde alınan kararlarda yardımcı olmuştur. Bu yüzden veri toplama, raporlama gibi süreçler için büyük çapta bir kaynak taraması yapılmıştır.

3.3.1 Veri toplama ve kullanımı

Veri toplama sürecinde hatalı veri oranı oldukça yüksektir. Bu hatalar çoğunlukla yanlış anlayan ya da eksik bilgilendirme yapan şirket temsilcilerinden kaynaklanmaktadır. Müşteri beyanı ile çalışan şirketlerde genellikle üyelik sistemi kullanılmaktadır (Axis Technologies, 2011). Bu sistem bir yetkili tarafından kontrol edilir ve yetkili kişilere veya kurumlara yönlendirici olarak hizmet verebilir. Gizlilik ilkesine çok önem veren şirketler kullanıcılarının erişimlerini kısıtlayarak hem onları ulaşılması istenmeyen bilgilerden uzak tutabilirler, hem de daha kolay organize edebilirler.

Ayrıca, sistem "rol atama" özelliği ile yapılacak işlemler arasında köprü görevi görebilir. Hazırlanacak sistem kişiyi bir zincir halinde

ekleyeceği bilgilere götürürse çok daha faydalı olacaktır (Axis Technologies, 2011).

3.3.2 Rapor hazırlama

Benzer yöntemlerle çalışan kurum ve kuruluşlar incelendiğinde, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın internet sitesinde kullandığı raporlama tekniği oldukça anlaşılır ve kullanışlı olduğu gözlemlenmiştir (TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2011). İnternet sitesindeki rapor yıllık olarak tutulmaktadır, yıl boyunca yaşanan gelişmeler kayıt altına alınmaktadır. Raporun ilk kısmı indeksten oluşmaktadır ve bu indeks kullanıcıyı istediği bölüme yönlendirmektedir. Ayrıca grafikler ve tablolar referans gösterilerek belirtilmiştir. Buna rağmen bu raporlama sistemi Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı için uygun değildir. Gizlilik ilkesi gereğince her bilgiyi paylaşamayan Bakanlık yine de burada uygulanan teknikleri kendine adapte edebilir.

Diğer bir önemli nokta ise hazırlanacak arayüz programının bilgisayarda bir veri tabanına bağlı olarak çalışmasının verimliliği arttıracağı düşüncesidir. Şu anki sistem oku-araştır-yaz şeklinde işlerken, çalışanlar için uzun ve uğraş verici bir iş haline gelmektedir. Hâlbuki otomatik olarak hazırlanacak il durum raporları, tablolar ve grafikler, işin daha verimli olmasını sağlayacaktır (Logo Business Solutions 2009). Bu çalışma için MS Access kullanımı önerilmiştir. Bu program sayesinde istenen değerler filtrelenebilir ve otomatik raporlar oluşturulabilir. Ayrıca MS Access, kullanıcı kısıtlama ve değer atama gibi görevleri de yerine getirebilecek, yüksek boyutta dosyaları kullanabilecek kapasitededir (Microsoft Corporation, 2012).

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Veri toplama arayüzü tasarımı (VTAT)

Veri toplamada görülen aksaklıkların giderilebilmesi için yeni bir veri toplama arayüzü tasarımı hazırlanmıştır. Arayüz tasarımı, internet üzerinden veri girişi yapan firmaların sağladığı bilgilerin doğruluğunu arttırmak ve kullanıcıya daha anlaşılabilir bir arayüz sunmak için öneriler getirmek amacıyla hazırlanmıştır. Tasarım hazırlanırken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmuştur:

- Arayüzün kullanıcı dostu olması
- Eksik ve hatalı bilgi girişinin kısıtlanması
- Ürünlerin doğru ProdTR kodu ile veritabanına kaydedilmesi

Kullanıcı firma, giriş sayfasında daha önceden edinmiş olduğu kullanıcı adı ve şifre ile programa giriş yapar. Eğer kullanıcı adı ve şifre almamışsa, "Yeni Kullanıcı" butonuna basarak gerekli işlemleri yaparak giriş bilgilerine sahip olur. Giriş yapan firma, değiştirmek istediği bilgiler ile ilgili başlığı seçerek işleme devam eder. Daha önce de belirtildiği üzere, veri toplama safhasında en çok karşılaşılan problem ürün birimlerinin doğruluğu ve ürünlere doğru ProdTR kodların

atanmasında yaşanmaktadır. Bu sebeple, “Ürün Bilgileri” başlığı ile devam eden kısım ile ilgili tasarım çalışmasında bulunulmuştur. “Ürün Bilgileri” başlığını seçerek devam eden kullanıcı, üretim yaptığı sektör ana başlığını seçmesi için bir sayfa ile karşılaşır (Ek 1). Sektörünü seçen kullanıcılar, seçtiği sektörün alt sektörlerini içeren yeni bir sayfa ile karşılaşır. Bu sırada ProdTR kodunun, ürünün sektörünü gösteren ilk iki hanesi atanmış olur. Daha sonra alt sektörün olduğu ekran açılır. Ekmek üreten bir firmanın işlemleri örnekleyebiliriz. Ana sektör olarak “Gıda Ürünlerinin İmalatı” başlığını seçmiş kullanıcı ileri tuşuna basarak yeni sayfaya yönlendirilir. Bu sayfadan, ürettiği ürünün alt sektörünü seçen kullanıcı bir sonraki kısma, ürünün seçilmesine geçer. Burada kullanıcının sektör alt başlığı olarak “Ekmek, Taze Pastane Ürünleri ve Taze Kek İmalatı” başlığını seçmesi beklenmektedir. Bu sırada ProdTR kodunun ikinci iki haneli kısmı da atanmış olur. Bu seçimleri yaptıktan sonra kullanıcı, iki aşamalı bir şekilde ürettiği ürünü seçer. Bu aşamada, karşısına çıkan seçenekler arasında kendi ürününü bulamayan kullanıcıların nerede hata yaptıklarını daha rahat görmesi açısından önceki basamaklardaki tercihleri de gösterilmektedir. Ürettiği ürünü seçen kullanıcı “İlerle” butonuna basarak ürün seçme işlemi tamamlar, ürünün on haneli ProdTR kodu atanır.

VTAT’ın üzerinde durduğu ikinci önemli geliştirme ise ürün birimlerinin eksiksiz ve doğru girilmesinin sağlanmasıdır. 10 haneli ürün kodu atanmış kullanıcının karşısına iki pencere birden açılır. İlk pencere, daha üstte, boyut olarak biraz daha küçük olan “UYARI” penceresidir. Bu pencerede, kullanıcının seçtiği ürün için hangi birimi kullanarak “Yıllık Üretim Miktarı” ve “Yıllık Üretim Kapasitesi” girmesi gerektiğini belirten bir uyarı yazısı bulunur. İkinci pencere ise, bu verilerin girişinin yapıldığı sayfadır. Bir önceki uyarı yazısına göre kullanıcı bu sayfayı doldurur ve ürün bilgileri ile ilgili kısmı tamamlar. Ürün birimi olarak adet girilmesi gerekiyorsa, tam sayı olmayan girişler kabul edilmez ve işlem tamamlanmaz.

4.2 Değişkenler arası ilişkileri belirleme

Veri toplama sürecinde sık rastlanan başka bir hata da, veri girişlerinde yapılan mantıksal ve sayısal hatalara dayanmaktadır. (Üretim miktarının yanlış girilmesi gibi). Tüm ProdTR verileri doğru olarak girilse bile kullanıcı kaynaklı sayısal hatalar oluşması mümkündür. Bu sebeple, kullanıcıdan talep edilen değişkenler arasında bir ilişki belirlemek hataların tespit edilmesinde yarar sağlayacaktır. Bu durum için yapılan çalışma aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- %14’lük oranla Türkiye sanayisinin en büyük sektörü olan gıda sektörü, pilot sektör olarak seçilmiştir.
- Verilerden sayısal veya mantıksal hata verenler çıkarılmıştır. (Çalışan işçi sayısının 0 olduğu şirketler, üretim bilgileri

girilmemiş şirketler, üretim miktarı kapasite miktarından fazla olan şirketler vb.)

- Yapılan elemelerden sonra, ProdTR kodunun sadece iki basamağı aynı olan (sektör kodu) ürünler teker teker incelenmiştir. Çünkü sektörü aynı olan ürünlerin birbirinden birçok farklı özelliği olabilmektedir.
- Değişken ilişkileri incelenecek faktörlerin aynı kategoride olmasına özen gösterilmiştir. Buna örnek olarak ürün özelliği kilogram ise tüm gram veya ton olarak verilen veriler kilograma dönüştürülmüştür.

Bu çalışma sonucunda 30 ürün grubu üzerinde değişken ilişkilendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda ise aşağıdaki denklem ortaya çıkmıştır.

$$\text{Üretim} = k0 + k1*\text{Kapasite} + k2*\text{İşçi sayısı} + k3*\text{Kullanılan elektrik} + k4*\text{Enerji}$$

Bu denklemin çeşitli versiyonları ile yüksek oranda ilişkili değişken içeren değişik denklemler elde edilmiştir. Her ürün için farklı, fakat o ürün için belirleyici girdileri olan formüller yukarıda bahsedilen soruna hem mantıksal hem de sayısal destek sağlamıştır. Ek 2’de uygulamadan elde edilen sonuçlardan bazıları yer almaktadır.

Ek 2’de de görüldüğü gibi, ayran-yoğurt ile unlu mamuller farklı denklemlere sahiptir. Bunun yanında, diğer bir veri ($R\text{-Sq}(adj)$) ise verilen denklemin doğruluğa yakınlığını yüzde olarak ifade etmektedir. Bu veri aynı zamanda regresyon analizinde elde edilen denklemin, bağımlı değişkenleri ölçme gücü olarak da ifade edilebilir. (Belirleme katsayısı).

Bazı denklemler sonucunda daha düşük doğruluk oranları saptanmıştır. Örneğin, şekerleme ürünleri %74,7 doğruluk oranıyla bunlardan biridir. Bu ürünün verileri yakından incelendiğinde, üretim verilerinin bir kısmında “ton- kilogram” birimi karmaşası olduğu belirlenmiştir. Birimler doğru şekilde düzenlendikten sonra, çözüm yeniden uygulanmıştır. Yeni sonuç, % 91,8 doğruluk oranına ulaşmıştır.

Bunların yanında, eğer denklemler yakından incelenirse, her ürün için farklı özelliklerin ön plana çıktığı görülmektedir. Bu özellikler her ürün grubu için ortak özellikler göstermektedir. Örnek olarak, “elektrik gücü” faktörü, katsayısı incelendiğinde, bazı ürünler için daha önemli bazıları önemsiz görünmektedir. Ayrıca bu faktör için belirlenen kat sayıdan yola çıkarak yeni eklenecek şirketlerin de kullanacağı “elektrik gücü” aşağı yukarı tahmin edilebilmektedir. Son olarak, belirlenen tüm girdiler, çeşitli ürün grupları için farklı derecelerde önem taşısa da, ortak ürünler için belirleyici olarak görülebilirler. Bu durum bize incelediğimiz ürün gruplarının özelliklerini değerlendirmede bir ön bilgi sağlamaktadır.

4.3 Hazır raporlama arayüzü (HRA)

Veri toplama ve yönetim sisteminin son aşaması olan raporlama sürecini kolaylaştırmak amacıyla, MS Access aracılığıyla bir program geliştirilmiştir. Bu program bazı raporları otomatik olarak hazırlamakta ve diğer raporların da hazırlanmasını kolaylaştırıcı sorgular içermektedir. Program hazırlanırken aşağıdaki ölçütler göz önünde bulundurulmuştur:

- Arayüzün kullanıcı dostu olması
- Kimi özet bilgilerin kullanıcıya hızlı bir şekilde temin edilmesi
- Zaman tasarrufu
- Veritabanındaki istenmeyen tekrarların otomatik olarak elenmesi

Programda kullanıcı, giriş sayfasında “Rapor Oluştur” butonuna tıkladığında, karşısına il seçmesini gerektiren yeni bir ekran açılır. Bu ekranda seçilen il göre, otomatik olarak il raporu hazırlanır. İl raporu, bakanlığın en sık kullandığı ve her yıl değişen bilgilere göre güncellenen bir rapordur. HRA ile hazırlanan ve 2011 yılı verilerine dayanan Ankara raporunun üçüncü sayfası Ek 3’den incelenebilir. Şu anda Bakanlık’da bu rapordaki tüm bilgiler elle hazırlanmaktadır. Örneğin, seçilen ilin sektörel dağılım yüzdeleri ve grafiği şu şekilde hazırlanmaktadır: Firma bilgileri MS Excel yardımıyla sektöre ve il göre filtrelenir, kalan şirketlerden belge iptal tarihi olanlar (şu anda aktif olmayanlar) ayıklanır. Ayrıca, her şirketin bilgileri ürettikleri ürün sayısı ve kullandıkları enerji türü kadar satırda tekrar ettiğinden, istenmeyen bu bilgiler de ayıklanır. Kalan bilgilerden o il ve o sektördeki toplam şirket sayısı hesaplanır ve yeni bir Excel dosyasına not edilir. Bu işlemler her sektör için tekrarlanır. Tüm sektörler bitince yüzdeler hesaplanır ve grafik oluşturulur. HRA ile bütün bu işlemler otomatik olarak gerçekleşmektedir. Kullanıcıya sağlanan rapor pdf formatında kaydedilebildiğinden, rapor çıktısı ve iletimi süreçlerinde herhangi bir sorun beklenmemektedir.

HRA aynı zamanda farklı raporların hazırlanmasını kolaylaştırmak amacıyla bazı sorgular içermektedir (Ek 4). Ana sorgu ekranındaki “il şirket yüzdeleri” butonu tüm illerin sahip olduğu şirket sayılarına göre yüzdelerini hesaplamakta ve bu illeri büyük yüzdeye sahip olandan küçük olana doğru sıralamaktadır. “İllere göre işletme ölçeklendirme butonu” ise aynı anda 4 tablo açmaktadır. Bu tablolar tüm illerdeki toplam mikro ölçekli, küçük ölçekli, orta ölçekli ve büyük ölçekli şirket sayılarını vermektedir. Bir il ve bir sektördeki şirketlerin ‘ilçe’, ‘toplam personel sayısı’ ve diğer çalışan sayılarına ulaşmak için, ekrandaki bileşim kutularından il ve sektör seçilerek “Listele” butonuna tıklanır. “Üretim/Enerji bilgileri için tıklayınız” butonu seçildiğinde,

yeni bir ekran açılır. Bu ekrandan il ve sektör seçildikten sonra “Üretim Bilgileri” butonuna tıkladığında, o il ve sektördeki firmaların ürünlerinin adı, üretim miktarları, birimleri ve kapasitelerine ulaşılabilir. Örneğin Ankara ilindeki simit üreticileri tespit edilmek istendiğinde, bu sorgu çalıştırılarak ürün adı ya da ürün kodundan filtreleme yapılabilir. Elde edilen tabloda herhangi bir diğer etkenden dolayı bilgi tekrarı olmayacağı için, toplam şirket sayısı Ankara ilindeki simit üreticilerine denk gelecektir. “Enerji Bilgileri” butonu da aynı yöntemle çalışmaktadır. Şu anda programda 41 sorgu, bir tablo, dört form, altısı alt rapor olmak üzere yedi rapor bulunmaktadır.

Programdaki verilerin doğrulaması, her bir sorgu için ayrı ayrı yapılmıştır. Doğrulama, sorgudan elde edilen bilginin eski yöntemle (Excel’de ayıklama yöntemi) hesaplanarak karşılaştırılması yöntemi ile yapılmıştır. Örneğin Ankara ilindeki şirket sayısı sorgu tarafından 6.177 bulunurken, Excel dosyasında Ankara iline göre filtreleme yapıp tekrar eden şirketler atıldığında elde edilen toplam şirket sayısı da 6.177 olmuştur. Bu işlem bütün sorgular için tekrarlanmış ve sonuçta %100 uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Tüm sorgular ve raporlar, bütün il ve sektör seçimleri için çalışmaktadır. HRA, bakanlığın sisteminde köklü bir değişiklik olmadığı sürece kullanılabilir, çünkü sistem geliştirilirken tek bir tablo oluşturulmuştur ve sorgular bire bir bakanlığın kullandığı başlıklara uygun olarak yazılmıştır. (Örnek: Ürün adını belirten başlık Urun_Adi dir). Böylece, kullanıcı güncel bilgileri içeren Excel tablosunu, Access’teki “Excel’den Veri Aktar” butonu ile saniyeler içinde yapabilmektedir.

Bakanlıktan aldığımız bilgilere göre, şu anda bir raporun hazırlanması ortalama beş saat sürerken, HRA’nın sağladığı hazır il raporu ortalama üç dakikada çıktı almaya hazır hale gelmektedir. (%99 iyileştirme). Ayrıca temin edilen sorgularla diğer raporların hazırlanma süresi de HRA ile ortalama 1,5 saate düşmüştür (%70 iyileştirme).

4.4 Veri madenciliği

Yıllık İşletme Cetveli’nde bulunan firma bilgilerinden yeni çıkarımlar elde etmek amacıyla veri madenciliğine başvurulmuştur. Veri madenciliği kapsamında büyük miktarda veri içeren Yıllık İşletme Cetveli’nde doküman madenciliğine başvurularak Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nda veya diğer bakanlıklarda Yıllık İşletme Cetveli’ne benzeyen dokümanlar araştırılmıştır.

Doküman madenciliği kapsamında diğer bakanlıklarda ve internette Yıllık İşletme Cetveli tarzı dokümanlar araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda Türkiye İstatistik Kurumu’nun sitesinde istihdam ve işsizlik ile ilgili veriler doküman madenciliğine uygun bulunmuştur(TÜİK, 2011). TÜİK 2011 verilerinde belirli iller gruplandırılmış ve şu bilgiler verilmiştir: 15 yaş üstü tarım dışı

istihdam, 15 yaş üstü tarım istihdamı, 15 yaş üstü toplam istihdam, 15 yaş üstü bir yıldan az işsiz sayısı, 15 yaş üstü bir yıl ve daha çok süre işsiz sayısı, 15 yaş üstü toplam işsiz sayısı. Yıllık İşletme Cetveli'nde bulunan firmaların personel sayısı TÜİK verilerinde gruplandırılan illere göre toplanmış ve il gruplarındaki toplam istihdam sayısı TÜİK verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu analiz sonucunda aşağıdaki yeni bilgilere ulaşılmıştır:

- Sanayi istihdamının Tarım Dışı istihdama oranı
 - Sanayi iş gücünün toplam iş gücüne oranı
 - İl gruplarının işsizlik oranı
- Ulaşılan yeni bilgilere Ek 5' den erişilebilir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1 Veri toplama arayüzü tasarımı (VTAT)

VTAT, NetBeans IDE 6.9 programı (Oracle Corporation 2012) ile Intel Core i5 2.53 GHz işlemci ve 3.00 GB RAM belleğine sahip bir bilgisayarda geliştirilmiştir. VTAT, 317 KB büyüklüğündedir ve Java altyapısı ile hazırlanmıştır.

5.2 Değişkenler arası ilişki belirleme:

Ek 2' deki analiz örnekleri Minitab 15 ile hazırlanmıştır. Bundan önce bilgiler Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından sağlanan MS Excel dosyasından alınmıştır. Kaydı tutulan istatistikler ve şirketler de Excel'de kaydedilmiştir.

5.3 Hazır raporlama arayüzü (HRA)

HRA, MS Access 2010 programıyla, Intel Core Duo 2.00 GHz işlemciye ve 3.00 GB RAM belleğine sahip bir bilgisayarda hazırlanmıştır. Access 2010 programının azami büyüklüğü 2 GB'dir (Microsoft Corporation 2012). Bakanlık için oluşturulan program ise 576 MB yer kaplamaktadır.

5.4 Veri madenciliği

Yıllık İşletme Cetveli'nde bulunan firmaların personel sayısı HRA ile elde edilmiştir. TÜİK'den alınan bilgiler ve HRA'dan elde ettiğimiz verilerin analiz edilmesi ve yeni bilgilere ulaşılması MS Excel programıyla, Intel Core Duo 2.00 GHz işlemciye ve 3.00 GB RAM belleğine sahip bir bilgisayarda hazırlanmıştır.

6. Uygulama Planı

6.1 Veri toplama arayüzü tasarımı (VTAT)

VTAT sistemi tasarım halindedir. Programın uygulanmamasının sebebi, Bakanlık'ın bu bilgileri gizli tutması, ve bizim tarafımızdan uygulanması halinde kimi güvenlik açıklarının oluşabilecek olmasıdır. Tasarım konusunda Bakanlık ile görüşülmüş, atılacak bu adım yeterli bulunmuş ve hayata geçirilmesine karar verilmiştir. Kasım 2011'den beri Bakanlık'da geniş kapsamlı bir yazılım yenileme projesi gerçekleştirilmektedir. Tasarımımız bu yenilemeyi gerçekleştiren firmaya

tasarımı sunmuş ve hayata geçirilmesi konusunda olumlu geri bildirimler almıştır.

6.2 Değişkenler arası ilişki belirleme:

Çalışanların arasında istatistik mezunları da olduğu için, Minitab programı ve hazırlanan denklemler sunumda sorunsuz bir şekilde anlaşılmiştir. Bunun yanında çözüm ile ilgili geliştirme talepleri göz önünde bulundurulacaktır.

6.3 Hazır raporlama arayüzü (HRA)

HRA'nın uygulaması 09.05.2012 tarihinde gerçekleştirilecektir. HRA Access tabanlı olduğundan ve Bakanlık'ta Ms. Office uygulamaları etkin olarak kullanıldığından bu aşamada bir sorun beklenmemektedir. İlerde oluşabilecek sorunlar için, programın Access bilen Bakanlık çalışanları tarafından incelenip, önbilgi edinilmesi önerilmektedir.

6.4 Veri madenciliği

Veri madenciliğinin Excel tarafından hazırlanabilmesi kolayca uygulanmasını sağlamış ve herhangi bir problem ile karşılaşılmamıştır. Bakanlık personellerine sunulan doküman madenciliği çalışanlar tarafından olumlu karşılanmıştır. Çalışanlar elde edilen bu tür yeni bilgilerin raporların çeşitliliği için gerekli olduğu vurgulamış ve yeni çıkarımlar yapılması konusunda önerilerde bulunmuşlardır.

7. Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Bakanlık'daki veri sistemini iyileştirmek için veri akışının ayrıntılı analizleri ile tüm süreçleri kapsayan yeni bir ilişkiyel veri yönetimi sistemi çözüm alternatiflerinden biridir. Fakat bu işlem çok kapsamlı ve uzun süreli biri proje olduğundan, ayrıca kullanıcıların yeni sisteme adapte olmasının zor bir süreç olmasından dolayı, bu çözüm uygulanmamıştır.

Başka bir alternatif çözüm ise, kaydedilen bilgilerin bir kısmını, bu bilgileri kayıt yapan kurumlardan alarak doğruluğu artırmaktır. Örneğin, sosyal güvenlik kurumundan şirketlerin çalışan sayıları alınabilir. Fakat bu yöntem sadece veri girişinde, göreceli bir iyileştirme sağlayacağından, ayrıca diğer kurumlardaki bilgilere tarafımızdan ulaşılmasının mümkün olmadığından, bu çözüm uygulanmamıştır.

8. Genel Değerlendirme

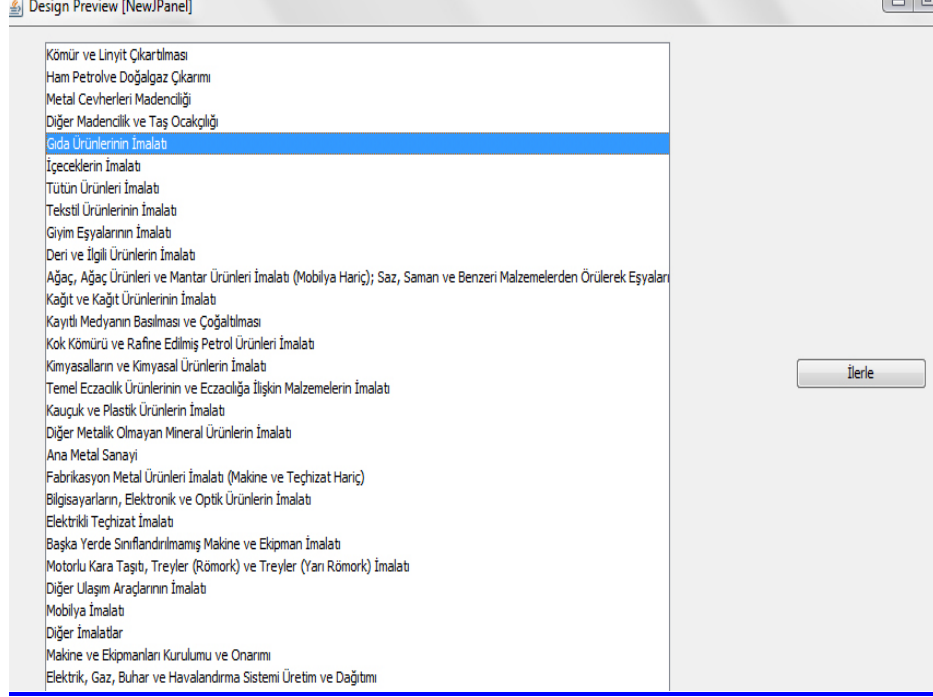
Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nda gerçekleştirilen bu proje ile veri toplama sürecinde VTAT ile verilerin doğruluk kalitesi artırılmış, veri depolama sürecinde değişkenler arası ilişkileri belirleme yöntemiyle bir kontrol mekanizması geliştirilmiş, raporlama sürecinde HRA ile işgücü ve zaman kaybı büyük oranda azaltılmış, veri madenciliği yöntemi ile de farklı kurumlardan alınan veriler yorumlanarak yeni özet bilgilere ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- Axis Information Technologies 2011. “İş Zekası”,
<http://www.axis-it.com/iszekasi.html>. Son erişim tarihi: 5 Ocak 2012.
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2010. “Kurumsal”
<http://www.sanayi.gov.tr/Pages.aspx?pageID=710&lng=tr>. Son erişim tarihi: 15 Nisan 2012.
- Logo Business Solutions, issued on January 2009. “Raporlama Sistemi”,
<http://www.infortr.com/Dokumanlar/RAPORLAMA%20SISTEMI.pdf>. Son erişim tarihi: 28 Aralık 2011.
- Microsoft Corporation 2012. “Access Specifications”,
<http://office.microsoft.com/en-us/access-help/access-2010-specifications-HA010341462.aspx>. Son erişim tarihi: 10 Nisan 2012.
- Microsoft SQL Server 2011. “Compare Microsoft SQL Server Editions”,
<http://www.microsoft.com/sqlserver/en/us/product-info/compare.aspx>. Son erişim tarihi: 11 Nisan 2012.
- Oracle Corporation 2012 . “NetBeans IDE 6.9.1 Release Information”,
<http://netbeans.org/community/releases/69/>. Son erişim tarihi: 11 Nisan 2012.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2011. “Raporlar”,
<http://www.ormansu.gov.tr/COB/ilDurumRaporlari.aspx?sflang=tr>. Son erişim tarihi: 2 Ocak 2012.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2011. “İşgücü İstatistikleri”
<http://tuikapp.tuik.gov.tr/isgucuapp/isgucu.zul.tr>. Son erişim tarihi: 14 Nisan 2012.
- UK Department for Business, Innovation and Skills 2011,
<http://www.bis.gov.uk/>. Son erişim tarihi: 4 Ocak 2012.

EKLER

Ek 1. Sektör ana başlıkları



Ek 2. Regresyon analizinden seçilen sonuçlar

Ayran ve yoğurt

Üretim Miktarı = - 180.719 + 1.128 Elektrik Gücü + 0,464 Kapasite
- 0,0258 Enerji Miktarı
R-Sq = %97,5 R-Sq(adj) = %96,8

Unlu mamuller

Üretim Miktarı = 7.705 - 232 Elektrik Gücü - 2.638 Toplam Personel Sayısı
+ 0,442 Kapasite + 0,097 Enerji Miktarı
S = 4.918,74 R-Sq = %92,8 R-Sq(adj) = %90,7

Şekerleme

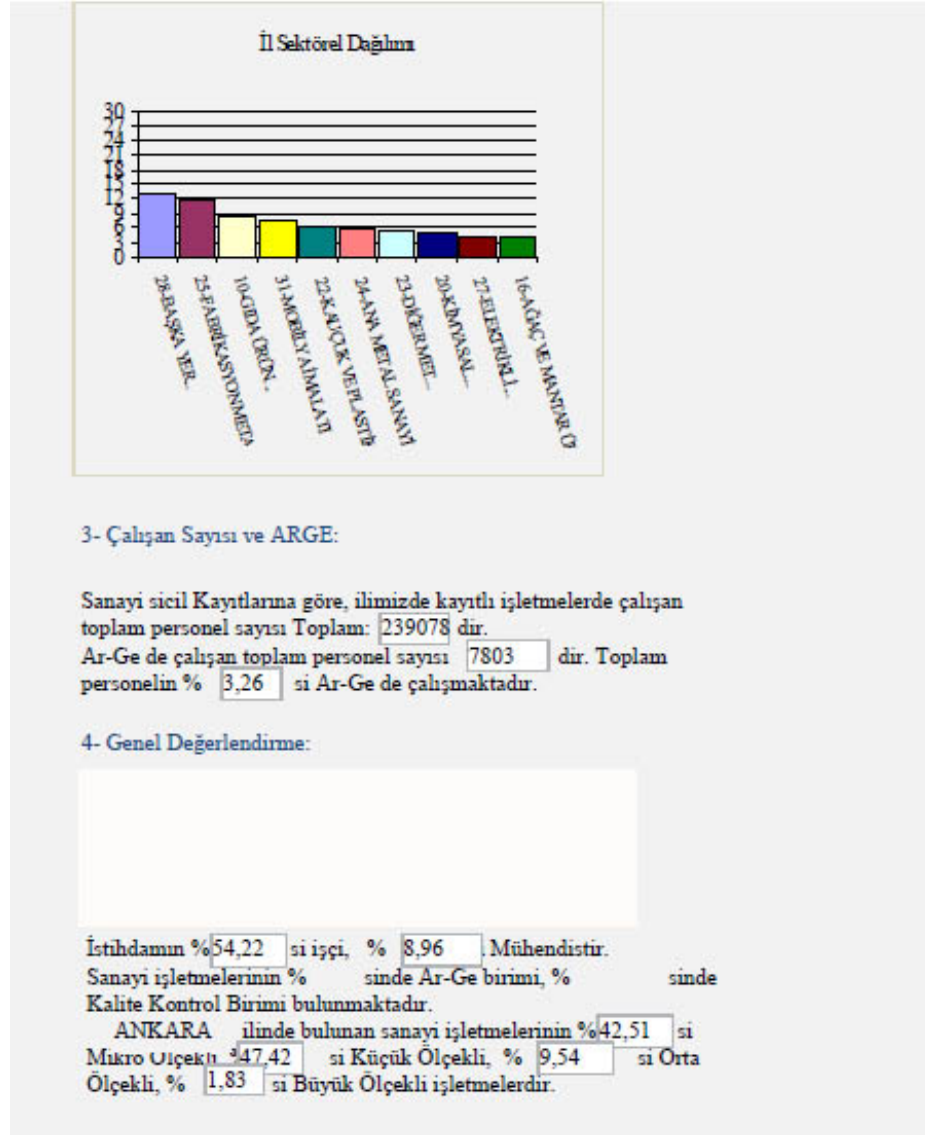
Üretim Miktarı = - 63.797 + 5,86 Elektrik Gücü + 2.100 Toplam Personel
Sayısı + 0,357 Kapasite + 0,100 Enerji Miktarı
S = 299.307 R-Sq = %81,5 R-Sq(adj) = %74,7

Şekerleme (Düzeltilmiş)

Üretim Miktarı = 449.501 - 247 Elektrik Gücü + 1.396 Toplam Personel Sayısı
+ 0,471 Kapasite - 1,28 Enerji Miktarı

S = 1.475.161 R-Sq = %93,0 R-Sq(adj) = %91,8

Ek 3. HRA ile oluşturulan raporun üçüncü sayfası



Ek 4. HRA ana sorgu ekranı

Record: 1 of 1 | No Filter | Search

Ek 5. Döküman Madenciliği sayesinde ulaşılan yeni bilgiler

| SANAYİ/TARIM DIŞI | TOPLAM İŞGÜCÜ | SANAYİ/TOPLAM İŞGÜCÜ | İŞSİZLİK ORANI(%) |
|-------------------|---------------|----------------------|-------------------|
| 2,47 | 566000 | 1,25 | 12,19 |
| 2,59 | 383000 | 1,03 | 10,18 |
| 3,89 | 417000 | 2,83 | 12,47 |
| 4,96 | 663000 | 3,27 | 8,30 |
| 7,12 | 348000 | 3,44 | 6,32 |
| 7,77 | 1136000 | 4,69 | 9,07 |
| 9,41 | 578000 | 5,32 | 10,03 |
| 10,23 | 1388000 | 6,39 | 10,59 |
| 10,56 | 1050000 | 5,46 | 5,14 |
| 11,22 | 1105000 | 4,89 | 6,24 |
| 12,54 | 514000 | 7,42 | 7,78 |
| 14,75 | 344000 | 6,43 | 5,81 |
| 15,71 | 1702000 | 13,54 | 9,28 |
| 16,22 | 1005000 | 9,43 | 11,54 |
| 16,59 | 1189000 | 9,60 | 8,49 |
| 17,14 | 1653000 | 12,79 | 14,64 |
| 19,21 | 678000 | 12,81 | 14,31 |
| 20,69 | 606000 | 11,85 | 5,12 |
| 21,65 | 796000 | 13,19 | 6,78 |
| 24,06 | 4770000 | 21,13 | 11,72 |

Ortak Depo için Malzeme Yenileme Sisteminin Tasarımı

Bosch & Siemens Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş Çamaşır Makinası Fabrikası

Proje Ekibi

Ömer Kerem Bekteş

Merve Gözütok

İrina Grishanova

Emre Özmen

Elif Ülkü

Fatma Selin Yanıkara

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanı

Savaş Tat

Lojistik Projeler Sorumlusu

Akademik Danışman

Prof. Dr. M. Selim Aktürk

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

BSH Çamaşır Makinası Fabrikası'nda model tiplerinde yapılan değişiklik sonucu, parça tiplerinde ve stok seviyelerinde artış beklenmektedir. Fabrika içindeki kısıtlı depo alanının stok seviyelerindeki artışı karşılaması için, BSH Çerkezköy üretim tesislerinin içinde Nisan 2012'de kurulan ve beş fabrikaya malzeme sağlayan Ortak Malzeme Deposu'na, Çamaşır Makinası Fabrikası içinde bulunan depodaki hangi ürünlerin aktarılması gerektiği ve bu ürünlerin sipariş miktarları ve sıklıkları bilinmemektedir. Projenin amacı, yeni ortak malzeme deposu ve Çamaşır Makinası Fabrikası arasındaki malzeme yenileme sistemini tasarlamak ve benzetim modeliyle entegre bir kullanıcı arayüzü oluşturarak fabrikaya karar destek sistemi oluşturmaktır.

Anahtar Sözcükler: Malzeme planlama, merkezileştirilmiş dağıtım, benzetim, envanter yönetimi.

1. Şirket Tanıtımı

BSH, ev aletleri sektöründe Avrupa’da birinci, dünyada üçüncü üreticidir. Türkiye’de, Bosch, Siemens, Gaggenau ve yerel marka Profilo olmak üzere toplam dört marka olarak üretim yapmaktadır.

BSH Çerkezköy üretim tesislerinde bulunan beş fabrikanın içinde, Çamaşır Makinası Fabrikası (FIW) günlük 4.175 sayıda üretim ile en büyük yıllık üretim kapasitesine sahiptir ve 17.000 m²’lik bir alanda kuruludur.

2. Analiz

2.1 Mevcut sistem analizi

Çamaşır Makinası Fabrikası, ön üretim alanı, ana depo ve iki montaj hattı olmak üzere toplam dört kısımdan oluşur. Fabrikanın içinde 1.500 m²’lik bir alan kaplayan ana depoda üretimde kullanılan malzemeler depolanır. Ana deponun palet cinsinden kapladığı alan, 2.300-2.400 palet arasındadır. Fabrikada üretilen toplam 196 tane farklı çamaşır modeli ve bu modellerde kullanılan 1.300 adet malzeme bulunmaktadır.

Çamaşır Makinası Fabrikası’nda, model tiplerinde değişikliğe gidilmiştir; 2012 yılı içinde yeni model tiplerinin üretimine başlanması planlanmaktadır. Temmuz 2012’de, ana model tiplerinden birinin yerini, daha kompleks bir model tipinin alması söz konusudur. Model tiplerinde gidilen bu değişiklik, son üründe kullanılan parçalar açısından fabrika içinde neden olduğu kompleksite artışı, ön üretim alanı bazında %33 ve %300 oranı arasında değişmektedir. Öte yandan, Çerkezköy üretim tesislerinde bulunan beş fabrikaya malzeme sağlayacak olan ve fabrikaya beş km uzaklıkta bulunan ortak malzeme deposu, Nisan 2012’de faaliyete geçmiştir. Çamaşır Makinası Fabrikası içindeki ana depoda bulunan malzemelerden bir kısmı, yeni kurulan “Block 5” isimli ortak depodan tedarik edilmeye başlanacaktır.

2.2 Problem tanımı

Çamaşır Makinası Fabrikası’nda, parça tiplerindeki artış ile birlikte gelen kompleksite artışının yanısıra, envanter seviyelerinde de artış beklenmektedir. Fakat, fabrika içindeki ana depo bu artışı karşılayabilecek kapasitede değildir. Parça tiplerindeki artıştan kaynaklanan envanter seviyelerindeki artışa ek olarak, üretim taleplerinde de artış beklenmektedir. Fabrika içinde, üretim ve envanter artışını karşılayacak daha fazla alana ihtiyaç vardır. Fabrikada ana depo montaj hatlarıyla benzer büyüklükte alan kaplamaktadır. Fabrika içindeki envanterin bir kısmının aktarılacağı Block 5 deposuna hangi malzemelerin aktarılacağı ve bu malzemelerin sipariş miktarlarının ve sıklıklarının ne olacağı bilinmemektedir. Fabrika içindeki ana depodan yer kazanmak için, Block 5 ve fabrika arasındaki malzeme yenileme sisteminin tasarlanması gerekmektedir. Bunun yanında, model tiplerinde

gidilen değişiklikle daha da belirsiz olan talepler karşısında malzeme yenileme sisteminin nasıl güncelleneceği ve sistemin ne kadar esnek olduğu hakkında analiz yapılabilecek bir karar destek sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3 Literatür araştırması

Problemi tanımladıktan sonra, alternatif çözüm yaklaşımları hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla literatür araştırması yapılmıştır. Literatürde sipariş verme sabit maliyeti ile stok tutma maliyeti arasındaki ödünleşime dayanan modeller olmasına karşın, birden fazla ürünün iletiminden oluşan ve nakliye maliyetleri ile stok tutma maliyetlerini karşılaştıran modeller azınlıktaydı. Bu konuda yararlandığımız makalelerden “Üretim, Ulaşım ve Sipariş Miktarlarındaki Ortak Kararlar için Sezgisel Yaklaşım” (Yung vd., 2006), çoklu destinasyonlar ve müşteriler içeren bir üretim ve dağıtım sistemindeki sipariş miktarları, büyüklükleri ve iletim gibi ortak verilmesi gereken kararlar için iki parçalı bir sezgisel yöntem önermektedir.

Farklı siparişleri aynı araçlarda nasıl birleştireceğimizi belirlemek için literatür araştırması yaparken incelediğimiz, Speranza ve Ukovich'in (1994), tek bir transfer linki üzerinde iletilen çoklu malzemelerin aynı nakliyelerde nasıl birleştirilebileceği üzerine yaptıkları araştırma bu problemi çözmemizde yardımcı olmuştur. Speranza ve Ukovich (1994), araştırmalarında, aynı araç veya nakliyede birleştirmek için siparişlerin frekansı bazında veya aynı zaman aralığına denk gelmeleri gibi farklı kriterler ve yöntemler önermektedir.

3. Önerilen Yöntembilim

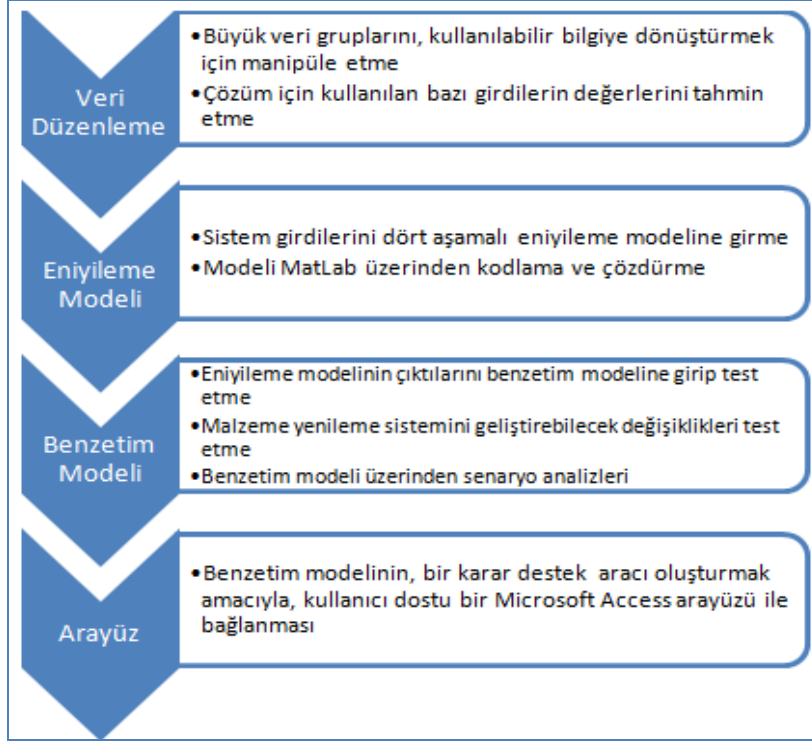
Çamaşır Makinası Fabrikası için önerdiğimiz sistemin ilk kısmı, malzeme yenileme sisteminin Block 5 ortak deposu hesaba katılarak yeniden tasarımından oluşmaktadır. Buradaki amaç, fabrika içindeki ana depodan yer kazanmaktır. Sistemin ikinci kısmı, kullanıcılara gerçekleşecek olan parça tiplerindeki ve taleplerdeki artışı test edebilecekleri ve değişik senaryolar için farklı malzeme yenileme önerileri edinebilecekleri bir karar destek sistemi oluşturmaktır.

3.1 Çözüm yaklaşımı

Önerilen çözüm, sistemin tasarımı ve testi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Eniyileme modeli ile, çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak, hangi malzemelerin Block 5 deposuna gönderilmesi, hangilerinin diğer yerel tedarikçilerden gelmesi gerektiği gibi uzun vadeli kararlar verilmiştir. Buna ek olarak, sipariş miktarları ve sıklıkları da verilen talep yüzdeleri doğrultusunda, uzun vadeli olarak belirlenmiştir.

Benzetim modeli ile, eniyileme modelinin sonuçları test edilmiş, ve daha dinamik bir malzeme yenileme sistemi önerilmiştir. Benzetim

modeli MS Access veritabanına bağlanarak, bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Çözüm yaklaşımının hiyerarşisi Şekil 1’de görülebilir.



Şekil 1. Çözüm yaklaşımının gösterimi.

3.1.1 Sistem girdilerinin belirlenmesi ve düzenlenmesi

Çözüm yaklaşımında kullanılacak olan sistem girdileri, fabrika içinde bulunan ana depodaki stok seviyelerini, Block 5 deposunda ihtiyaç duyulan alanı, envanter tutma ve malzeme taşıma maliyetleri gibi değişkenleri etkileyen parametrelerden oluşmaktadır. Bu parametreler şu şekildedir:

- Araç kapasiteleri.
- Emniyet stok seviyeleri.
- Ürün ağacı.
- Palet bilgileri (palette bulunan malzeme sayısı ve paletin hacmi).
- Block 5 dışındaki yerel tedarikçilerden gelme süresi.
- Talep bilgileri.
- İthal malzemeler için ihtiyaç ön süresi.
- Stok tutma ve transfer maliyetleri.

Block 5 deposu dışındaki diğer yerel tedarikçilerden gelme süresi, bu tedarikçilerin bulunduğu ilçeler ve uzaklıklar baz alınarak tahmin edilmiştir.

Her malzemenin emniyet stok değeri, teslimat sürelerindeki değişkenlik baz alınarak hesaplanmıştır. Emniyet stokları için, “emniyet stoğu = talep miktarı * (en çok teslimat süresi – en az teslimat süresi)” formülü kullanılmıştır.

3.1.2 Eniyileme modeli

Çözüm yaklaşımının ilk adımı olan eniyileme modeli, hangi malzemelerin Block 5 deposuna gönderilmesi gerektiği kararını vermektedir. Modelde, malzemenin hangi depodan tedarik edilmesi gerektiği kararı verilirken, depo ve fabrika arası transfer maliyeti ve fabrika içindeki ana depoda stok tutma maliyeti arasındaki ödünleşim temel alınmaktadır. Eniyileme modeli, depo seçeneğini belirlemenin yanında, üç adımdan oluşan matematiksel modeller ile her malzeme için sipariş miktarları ve sıklıkları gibi parametreleri de belirlemektedir. Eniyileme modelinin birden fazla adımdan oluşması, hem malzemenin hangi depoda tutulması gerektiği gibi uzun vadeli, hem de Block 5-ana depo arası gereken araç sayıları gibi kısa vadeli kararların verilmesinden kaynaklanmaktadır. Modelin aşamaları, uzun vadeli kararlardan operasyonel kararlara doğru hiyerarşik bir biçimde ilerlemektedir. Modelin birinci adımında hangi malzemenin ortak depoya gönderileceği, sipariş miktarları ve sıklıkları belirlenmektedir. Birinci adımda kullanılan parametreler, karar değişkenleri ve formülasyon, aşağıdaki gibidir:

Parametreler:

- CH = Ana depoda bir palet tutmanın maliyeti
- CT5 = Block 5-Ana depo arası bir aracın transfer maliyeti
- CTI = Yerel tedarikçi-Ana depo arası bir aracın transfer maliyeti
- VM = Ana deponun palet cinsinden kapasitesi
- TC = palet cinsinden araç kapasitesi
- T= minimum sipariş sıklığı
- U_m = m malzemesinin palet cinsinden günlük tüketimi
- SS_m = m malzemesinin palet cinsinden emniyet stoğu
- ts_m = m malzemesinin gün cinsinden diğer yerel tedarikçilerden gelebilme sıklığı
- QS_m = m malzemesinin palet cinsinden diğer lokal tedarikçilerden sipariş miktarı

Karar Değişkenleri:

- t_m = m malzemesinin palet cinsinden Block 5 deposundan sipariş periyodu
- Q_m = m malzemesinin palet cinsinden Block 5'ten sipariş miktarı
- a_m = m malzemesinin sipariş miktarının gerektirdiği araç sayısı
- $X_m = 1$ eğer malzeme Block 5'ten tedarik ediliyor ise
0 eğer malzeme diğer yerel tedarikçilerden geliyor ise

$$\text{enk } \sum X_m \times \left((CT5 \times \left(\frac{1}{tm}\right) \times \alpha_m) + (SS_m + Q_m) \times Ch \right) + \sum (1 - X_m) \times \left((CT1 \times \left(\frac{1}{t_{sm}}\right)) + (SS_m + Q5_m) \right) \quad (1)$$

kısıtlar:

$$\left(\sum_m X_m \times Q_m \right) + \left(\sum_m (1 - X_m) \times Q5_m \right) + SS_m \leq VM \quad (2)$$

$$\sum_m Im \leq VM \quad (2)$$

$$Q_m = Um \times tm \quad \forall m \quad (3)$$

$$\left[Q_m \times \frac{1}{TC} \right] = \alpha_m \quad \forall m \quad (4)$$

$$tm \geq T \quad \forall m \quad (5)$$

$$Im, Q_m, tm \geq 0 \quad \forall m \quad X_m \in \{0,1\} \quad \forall m \quad (6)$$

Bu adımda, her siparişe bir araç atandığı düşünülmektedir. Model, amaç fonksiyonunda doğrusal olmayan terimler ve kısıtlar içermektedir. Problemin bu aşamasında hangi malzemenin ortak depoya gönderilmesi gerektiği henüz bilinmediği ve sipariş miktarlarının hangi malzemenin ortak depoya taşınması gerektiği kararı ile aynı anda verilmesi gerektiğinden, bu iki değişken arasındaki ilişki modele doğrusal olmayan bir karakter kazandırmıştır. İkinci adımda ise, siparişler aynı araçlarda sipariş sıklıkları bazında birleştirilerek nakliye maliyeti ve sipariş sıklıkları güncellenerek, daha gerçekçi bir araç sayısı bulunmuştur. Bu adımda ek olarak kullanılan parametreler, karar değişkenleri ve formülasyon ise aşağıdaki gibidir:

Parametreler:

- t_j = ilk adımdan alınan izin verilen sipariş periyodu seti
- Q_m = ilk adımdan alınan sipariş miktarları

Karar değişkenleri:

- x_{mj} = m malzemesinin j periyodunda verilen sipariş yüzdesi
- y_j = j periyodundaki gereken araç sayısı

$$\text{enk } \sum \sum (SS_m + Q_m) \times x_{mj} \times t_j + \sum CT5 \times \left(\frac{1}{t_j}\right) \times y_j$$

kısıtlar:

$$t_j \times \sum (Q_m \times x_{mj}) \leq TC \times y_j \quad \forall j \quad (7)$$

$$\sum x_{mj} = 1 \quad \forall m \quad (8)$$

$$x_{mj}, y_j \geq 0 \quad \forall m, \forall j \quad (9)$$

Son adımda ise, bir önceki adımda bulunan araç sayıları hesaba katılarak, ortak depo ve fabrika arasındaki trafik sıklığı kısıtı eklenmiştir. Transfer süresindeki bu değişkenliğe göre de, ikmal noktaları hesaplanmış ve sipariş miktarları güncellenmiştir. Bu adımın da parametreleri, karar değişkenleri ve formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Parametreler:

- $Z_{mj} = 1$ eğer malzeme m , periyod j 'de sipariş ediliyor ise (2. adım)
- $\alpha_j = j$ periyodundaki araç sayısı (2. Adım)
- $M_{mz} = 1$ eğer malzeme m , Block 5 deposundaki z alanında depolanıyorsa
- $W_z =$ Block 5'teki z alanından yükleme zamanı
- $SC_m = m$ malzemesinin eksiklik maliyeti
- $L_j = j$ sıklığında gelen malzemelerin teslimat süresi
- $DL =$ trafik sıklığı olmadan en az transfer zamanı
- $R_{mj} = j$ periyodundaki m malzemesinin ikmal noktası

Karar değişkenleri:

- $K_{mj} = 1$ eğer j periyodundaki m malzemesinde eksiklik görülüyor ise

$$\text{toplam maliyet} = \sum_m (Ct \times \left(\frac{H}{tm}\right) \times am + Im \times Ch \times H + (L_j \times Um - R_{mj} \times Z_{mj}) \times K_{mj} \times SC_m) \quad (1)$$

$$\text{enk } \sum (CT5 \times \left(\frac{Um}{Qm}\right)) + (CH \times (SS_m + Q_m)) + \sum \sum (L_j \times Um - R_{mj} \times Z_{mj}) \times K_{mj} \times SC_m$$

kısıtlar:

$$\sum SS_m + Q_m \leq VM$$

$$Q_m = Um \times tm \quad \forall m$$

$$tm \leq T \quad \forall m \quad \sum_m Im \leq VM \quad (2)$$

$$L_j = DL + e^{\alpha_j} + \sum_m Z_{mj} \times \sum_z M_{mz} \times W_z \quad \forall j$$

$$L_j = DL + e^{\alpha_j} + \sum_m Z_{mj} \times \sum_z M_{mz} \times W_z \quad (6)$$

$$R_{mj} = SS_m + Um \times L_m \times Z_{mj} \quad \forall m, \forall j$$

$$(R_{mj} - L_j \times Um) \times (K_{mj} - 1) \geq 0$$

$$R_{mj} = SS_m + Um \times L_m \times Z_{mj} \quad \forall m, j \quad (8) \quad (R_{mj} - L_j \times Um) \times (K_{mj}) \geq 0$$

$$(R_{mj} - L_j \times Um) \times (K_{mj} - 1) \geq 0 \quad K_{mj} \geq 0 \quad \forall m, \forall j$$

$$(R_{mj} - L_j \times Um) \times K_{mj} \geq 0$$

$$K_{mj} \geq 0 \quad \forall m, \forall j$$

3.1.3 Benzetim modeli

Benzetim modelinin amacı, ortak depo sistemine geçildiğinde ortaya çıkabilecek olası senaryoların sonuçlarını önceden görerek sistemin sürekliliğini sağlayacak değerlere ulaşabilmektir. Model, fabrika ve ortak depo kapsamında varolan ve senaryo sonuçlarına etki eden sistem parçalarının benzetilmesi ve verilen senaryolara göre yürütülmesi yoluyla oluşturulmuştur. Benzetim modeli, ortak depodan ana depoya malzeme taşıma sistemi ve fabrika içindeki ana depo-Block 5 ortak deposu olmak üzere iki ayrı envanter yönetim sisteminden oluşmaktadır. Bu sistemler arasındaki bilgi alışverişi ve değerlerin doğru çalışabilmesi için gerekli olan parametre değerlerinin sorgulandığı senaryo denemeleri benzetim modelimiz üzerinden

yürütülmektedir. Benzetim modelinin karmaşıklığı dolayısıyla parametre eniyilemesi mümkün olmadığı için mevcut sistem farklı parametre değerlerine sahip senaryolarla çalıştırılmaktadır.

Benzetim modeli, çalışma esnasında ana depo ve ortak deponun başlangıç envanter miktarları ve mevcut araç durumları gibi bildirimlerle başlar. Arayüz vasıtasıyla alınan üretim planı benzetim modeli haricinde malzeme reçeteleri kullanılarak ürün bazından malzeme bazına çevrilir ve modele verilir. Aynı üretim gününe denk gelen aynı malzemenin envanter düzeyi kontrol edilerek gün bazında malzeme miktarları değiştirilir. Tanımlı malzemenin hangi envanter tipinden azaltılacağı başlangıçta tanımlandığı için lojistiği sağlayan araçların işleyişi de oluşturulabilmektedir. Siparişi verilmiş olan malzeme sistemden tekrar kontrol edildiğinde, malzemenin yeniden sipariş verilmesi yerine taşıma aşamasında olduğu saptanarak, bu esnada meydana gelen değişiklikler sistem tarafından güncellenmektedir.

Projenin uygulandığı fabrikada ortalama 400 malzemedan oluşan ürün reçetelerinin bulunması sebebiyle benzetim modelinde veri yönetimi oldukça güçleşmektedir. Bu nedenle benzetim modeli MS Access veritabanından girdileri kullanmak üzere tasarlanmıştır. Benzetim modeli ve arayüz arasındaki ilişki Visual Basic kullanılarak sağlanmaktadır. Arayüz yardımıyla yüklenen ya da değiştirilmek istenen üretim planı ve belirlenmiş malzeme reçeteleri verileriyle çalışan benzetim modeli, malzeme akış sistemine uygulanabilecek her türlü esnekliğe olanak sağlamaktadır.

Benzetim modeli aracılığıyla geliştirilen senaryo sonuçlarında gözlemlemeye çalıştığımız sistem değişkenleri aşağıdaki gibidir:

- Fabrikadaki ana depo ve ortak depoda ayrılması gereken alan.
- Üretime zamanında yetiştirilemeyen malzemelerin tespiti.
- Sürekli üretim sağlayan lojistik için gerekli olan araç kapasitesi, sayısı.
- Ana depo ve ortak deponun her bir malzeme kullanım esnasında envanter düzeyleri.
- Araç ve depoların kullanım verimlilikleri.

Alınan verilerin işlenmesi ve sistemin yürütülmesi için gerekli olan girdiler aşağıdaki gibidir:

- Ana depo ve ortak deponun başlangıçtaki envanter miktarları.
- Üretim planı.
- Ana depo ve ortak depo arasındaki araçların kapasitesi ve sayısı,
- Tedarikçilerden depolara malzeme geliş zamanları.
- Ürün modeline gören değişen malzeme reçeteleri.

- Sistemde varolan bütün malzemelerin yerleştirildikleri depo bilgisi, yerleştirilme kısıtları, ikmal noktaları, ikmal miktarları, tedarik süreleri ve ortak depoda depolandıkları konum gibi bilgileri içeren detaylı malzeme bilgileri.
Benzetim modelindeki temel operasyonlar aşağıdaki gibidir:
- Üretim planına göre aynı gün içerisinde üretilecek olan ürünlerdeki malzemelerinin üretim gününe göre sıralı olarak envanter seviyelerinin güncellenmesi.
- Envanter seviyeleri ikmal noktasının altına düşen malzemelerin siparişlerinin verilmesi.
- Verilen siparişlerinin hazırlanması ve araçlara yüklenmesi.
- Verilen siparişlerin araçlarla ana depoya taşınması.
- Değişen stok seviyelerinin veritabanına yazılması.

3.2 Arayüz

MS Access üzerinde oluşturduğumuz arayüz, sistem girdilerini değiştirmek ve üretim planında güncellemeler yapmak için kullanıcı dostu bir platform olarak çalışmaktadır. Arayüz, kullanıcı ana giriş modülü, benzetim modülü ve üretim planı modülü olmak üzere üç ana modülden oluşmaktadır. Kullanıcı ana giriş modülü kullanıcıya özgü verileri korumaya olanak sağlarken bu verilerle kullanıcının kendi benzetim modelini çalıştırmasına olanak sağlamaktadır. Benzetim modülündeki iki ana seçenektan ilki depo seçimi ve sisteme sunulan üretim planı üzerinde değişiklik yapmaya olanak sağlarken ikinci seçenek ise benzetim modelini belirlenen verilerle çalıştırmaktadır. Üretim planı modülü ise iki seçenek içermektedir; bunlardan ilki olan üretim planını doğrudan çekme seçeneği, üretim planını benzetim modelinde kullanılmak üzere manipüle etmektedir. Bir diğer seçenek olan kendi üretim planını oluşturma seçeneği, kullanıcıya kendi üretim planını girmek üzere yeni bir alt modüle yönlendirmektedir (Ek 1.1). Bu modülde kullanıcı üretim planını hat, vardiya, model talep yüzdesi, toplam üretim bazında girebilmektedir (Ek 1.2). Bunlara ek olarak, benzetim modülündeki sistem çıktıları seçeneği, model çalıştıktan sonra fabrika içinde bulunan ana depo ve Block 5 ortak deposundaki envanter seviyelerinin arayüz üzerinde görülme seçeneğini de içermektedir.

4. Yöntembilimin Uygulanması

4.1 Yazılım ve donanım bilgisi

Malzeme yenileme sistemini uzun vadede beklenen talep yüzdeleriyle yeniden tasarlayan eniyileme modelini kodlamak için MatLab; çözdürmek için ise yine MatLab'a entegre olan Optimization Toolbox kullanılmıştır. MS Excel ve Access gibi endüstride yaygın olarak kullanılan veri işlemci ve veritabanı programlarına kolayca bağlanan MatLab, büyük veri gruplarını kullanıcı dostu bir arayüzle yönetme imkanı sağlayan bir programdır. MatLab içindeki Optimization

Toolbox ise fazla sayıda değişken içeren problemimizi diğer çözücülere göre 3,5 dakika gibi daha kısa bir sürede çözmektedir.

Benzetim modeli için Arena programı kullanılmıştır. Arena programı da, fabrikada yaygın olarak kullanılan MS Access programından kolayca veri okuyabilmekte ve benzetim modelini bu verilere göre çalıştırabilmektedir. Üretim planı gibi büyük veri grupları için, verileri benzetim modeline girmeye çalışmaktansa, veritabanından bu bilgileri doğrudan okumak kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır.

4.2 Eniyileme modelinin sonuçları

Toplam 1.300 farklı malzemeden 373 tanesi eniyileme modeline karar değişkeni olarak girilmiştir. 373 adet malzemeden, 220 tanesi yerel malzemedir. İthal, yani gümrük işlemi gerektiren malzemelerin işlemleri Block 5 deposunda yapılacağı ve bu malzemeler Block 5'ten tedarik edileceği için, eniyileme modeline karar değişkeni olarak girilmemiştir. Sac ruloları ve kimyasal gruba ait malzemeler özel yerlerinde depolandığı için bu malzemeler de değişkenler listesine eklenmemiştir. Modelin birinci adımında malzemenin ortak depoya gönderilip gönderilmeyeceği, sipariş miktarları ve sıklıkları bulunmuştur. deposundan tedarik edildiği düşünülerek sipariş miktarları ve sıklıkları bulunmuştur. Farklı girdilerle çalıştırılan eniyileme modeline ait senaryolar Şekil 2'de görülebilir.

| | Ortak depo- fabrika arası transfer maliyeti | Yerel tedarikçi- fabrika arası transfer maliyeti | Ana depo kapasitesi (palet) | Ortak depoya gönderilen malzeme sayısı |
|-----------|--|--|-----------------------------------|--|
| Senaryo 1 | 48 | 80 | 2.400 | 175 |
| Senaryo 2 | 48 | 60 | 2.400 | 167 |
| Senaryo 3 | 48 | 80 | 2.100 | 190 |
| Senaryo 4 | 48 | 60 | 2.000 | 198 |

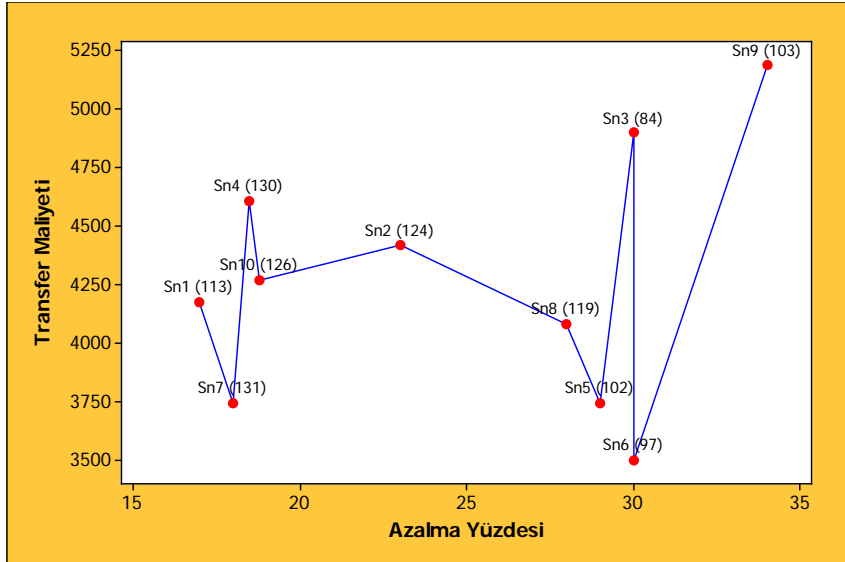
Şekil 2. Eniyileme modelinde senaryo analizleri.

Senaryoların herbiri benzetim modelinde test edilerek, üretimde malzeme yetişmeme yüzünden kesintiye uğrama sayısı en az olan senaryo seçilmiş ve bu senaryonun çıktıları üzerinden benzetim modeli üzerinde değişiklikler yapılmıştır.

4.3 Benzetim modeli üzerinde senaryo analizleri

Eniyileme modelinin sonuçları olan malzemelerin sipariş miktarları, sıklıkları ve depo seçenekleri benzetim modelinde test edildiğinde, günde ortalama 86 farklı malzemenin zamanında fabrikaya ulaşmadığı için üretime yetişemediği gözlenmiştir. Bunun üzerine, üretimde sürekliliği sağlama ve ana depodaki palet sayısını azaltma

hedefleri göz önüne alınarak bazı girdiler değiştirilerek çeşitli senaryolar denendi. Değiştirilen girdiler arasında, Block 5 ve ana depo arası araç sayı ve kapasiteleri, Block 5'te fabrikanın verdiği siparişleri hazırlamak için bulunan operatör sayısı, ana depo ve Block 5'teki başlangıç envanter seviyeleri gibi parametreler yer almaktadır. Girdilerin farklı kombinasyonlarıyla denenen toplam 10 senaryoda, en iyi sonuç fabrika içindeki ana depo palet seviyesinde %34 değerinde bir azalma göstermiştir. Senaryolarda denenen farklı girdi kombinasyonları ve sonuçları Ek 2'de görülebilir. Ana depodaki azalma oranları ve senaryo maliyetleri arasındaki ilişki Şekil 3'te görülebilir. Parantez içindeki değerler, eksiye düşen malzeme sayısını göstermektedir. Bu grafiğe göre, ana depodaki azalma oranı Senaryo 9'da en fazla iken, maliyet açısından Senaryo 5, 6 ve 7 daha az maliyetli senaryolardır.



Şekil 3. Senaryo maliyetleri ve ana depodaki azalmayı gösteren grafik.

5. Genel Değerlendirme

Önerilen yöntem bilim Arena, SQL, Visual Basic, MatLab ve MS Access üzerinden geliştirilmiş ve ileri düzeyde programlama bilgisi gerektirmeyen, kullanıcı dostu bir arayüz aracılığıyla kolayca kullanılabilir. Arayüz aracılığıyla değiştirilen veriler sisteme girilebilmekte ve sistemin girilen verilerle çalışmasının ardından sonuçlar arayüz üzerinden görüntülenebilmektedir. Sistemin esnek yapıda kurgulanması, depo merkezileştirme ile ilgili projelerde uygulanabileceğini göstermektedir. Girdilerin değiştirilerek alternatif senaryoların analiz edilebileceği sistem, arayüze bağlanarak bir karar destek sistemi olarak işlev görmektedir.

Farklı boyut ve tipteki verilere kolayca adapte olabilen sistem BSH Çerkezköy üretim tesisindeki diğer dört fabrikada da ortak depoyla ilgili geliştirilebilecek projelerin de temelini oluşturmaktadır. Bundan sonraki adım; eniyileme modeli, benzetim modeli ve arayüzden oluşan sistemin bütün basamaklarının nasıl kullanıldığını anlatan kullanım kılavuzunu hazırlamaktır. Karar destek sistemi, Çamaşır Makinası Fabrikası direktörüne de sunulacaktır. Projenin geliştirilebilir yanları arasında, senaryo analizlerinin kapsamının artırılması, diğer fabrikalara uygulanması bulunmaktadır.

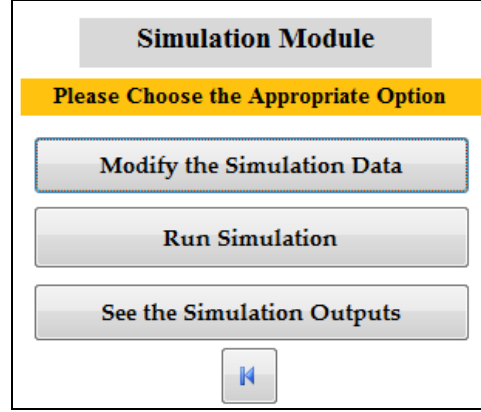
KAYNAKÇA

- Ip, A., Tang, J., Wang, D., Yung, K., 2006. "Heuristics for Joint Decisions in Production, Transportation and Order Quantity", *Transportation Science* 40, 99-116.
- Speranza, M.G., Ukovich, W., 1994. "Minimizing Transportation and Inventory Costs for Several Products on a Single Link", *Operations Research* 42, 879-894.

EKLER

Ek 1. Arayüz

Ek 1.1 Benzetim Modülü



Ek 1.2 Üretim planı alt modülü

22.05.2012

| | Line 1 | | | Line 2 | | |
|------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|
| | F03 | F14 | Quantity | F03 | F14 | Quantity |
| Shift 1(24:00 - 08:00) | %32,00 | %68,00 | 500 | %43,00 | %57,00 | 500 |
| Shift 2(08:00 - 16:00) | %12,00 | %88,00 | 500 | %54,00 | %46,00 | 500 |
| Shift 3(16:00 - 24:00) | %54,00 | %46,00 | 500 | %39,00 | %61,00 | 500 |

← Add Plan

Ek 2. Benzetim modelindeki senaryo analizlerinde değiştirilen girdiler

| Senaryo | Yenileme için Max Bekleme Zamanı (saat) | Kamyon Sayısı | Kamyon Kapasitesi (palet) | Ortak Depodaki Başlangıç Stok Seviyesi (palet) | Ana Depodaki Başlangıç Stok Seviyesi (palet) | Operatör Sayısı |
|---------|---|---------------|---------------------------|--|--|-----------------|
| 1 | 5 | 5 | 120 | 12342 | 1763 | 5 |
| 2 | 5 | 5 | 120 | 14504 | 1838,787599 | 3 |
| 3 | 2 | 10 | 120 | 13420 | 1414,451999 | 5 |
| 4 | 5 | 5 | 120 | 15201 | 1697,34 | 1 |
| 5 | 5 | 5 | 180 | 15450 | 1414,451999 | 1 |
| 6 | 5 | 5 | 180 | 16033 | 1697,342399 | 2 |
| 7 | 5 | 5 | 60 | 13503 | 1697,342399 | 5 |
| 8 | 5 | 10 | 60 | 16602 | 1414,451999 | 8 |
| 9 | 2 | 10 | 60 | 16789 | 1697,342399 | 10 |
| 10 | 5 | 5 | 60 | 16203 | 1838,787599 | 5 |

Ek 2.1 Senaryo analizlerinin çıktıları

| Senaryo | Ana Depoda | | Ortak Depoda | | Toplam | Eksiye Düşen | | Kamyon | Teslimat | Transfer | Ana |
|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------|--------------|-------------|--------|----------|----------|-----|
| | Gereken Alan | (palet) | Gereken Alan | (palet) | | Sayısı | Verimliliği | | | | |
| 1 | 1826 | 14506 | 16332 | 113 | 65% | 87,00 | 4176 | 17,00% | | | |
| 2 | 1702 | 15121 | 16823 | 124 | 63% | 92,00 | 4416 | 22,64% | | | |
| 3 | 1540 | 14920 | 16460 | 84 | 65% | 102,00 | 4896 | 30,00% | | | |
| 4 | 1791 | 15203 | 16994 | 130 | 63% | 96,00 | 4608 | 18,59% | | | |
| 5 | 1571 | 15580 | 17151 | 102 | 63% | 78,00 | 3744 | 28,59% | | | |
| 6 | 1549 | 15301 | 16850 | 97 | 62% | 73,00 | 3504 | 29,59% | | | |
| 7 | 1805 | 14880 | 16685 | 131 | 65% | 78,00 | 3744 | 17,95% | | | |
| 8 | 1586 | 15281 | 16867 | 119 | 67% | 85,00 | 4080 | 27,91% | | | |
| 9 | 1454 | 15688 | 17142 | 103 | 69% | 108,00 | 5184 | 33,91% | | | |
| 10 | 1788 | 16802 | 18590 | 126 | 66% | 89,00 | 4272 | 18,73% | | | |

**Yerel Mağaza Zincirlerinde Ürünlerin Rafta
Bulunabilirliğini Artırmak için
Stok Yönetim Sisteminin İyileştirilmesi**

Coca-Cola İçecek A.Ş.

Proje Ekibi

Ahmet Cenk
Gözde Engüzel
Ferhan Selin Kaya
Ayşe Büşra Şahin
Öykü Tomris
Yunus Bahadır Yücesoy

**Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara**

Şirket Danışmanı

Cüneyt Bublüş
Müşteri Yöneticisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Nagihan Çömez
İşletme Fakültesi

ÖZET

Proje Coca-Cola ürünlerinin yerel mağaza zincirlerinde rafta bulunmama oranını düşürmeyi hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda belirli stok tutma birimlerinin raflarda bulunmama sıklığı, oranları ve nedenleri fiziki denetim yöntemiyle incelenmiştir. Ana sorunlar; kontrol yetersizliği nedeniyle ürünlerin tahmini bitiş zamanının doğru öngörülememesi ve Cappy ürünlerine ait bir yerleşim planının olmaması olarak belirlenmiştir. Bu sorunları gidermek amacıyla raf yerleşim sistemi ve talep tahminine dayalı ürün kontrol sistemi geliştirilmiştir. Proje sonunda raf yerleşim sistemi uygulanan mağazalarda Cappy ürünlerinin rafta bulunmama oranı % 17 azalmıştır. Talep tahminine dayalı kontrol sistemi uygulanan mağazalarda tüm stok tutma birimlerinin rafta bulunmama oranı %7 azalmıştır.

Anahtar Sözcükler: CCI (Coca-Cola İçecek), rafta bulunabilirlik, hızlı tüketim ürünleri, yerel mağaza zincirleri, raf aparatı.

1. Şirket Tanıtımı

Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCİ) % 68,9 pazar payı ile Türkiye alkolsüz içecek sektörünün lideridir. Tüm dünyada Coca-Cola Sistemi içerisindeki 6. büyük şişeleiyici olan CCİ, Coca-Cola'nın gazlı ve gazsız içeceklerinin üretim, satış ve dağıtım işlerinden sorumludur. CCİ Türkiye, Pakistan, Kazakistan, Azerbaycan, Kırgızistan, Türkmenistan, Ürdün, Irak, Suriye ve Tacikistan'a şu ürünlerle hizmet vermektedir:

- Gazlı İçecekler: Coca-Cola, Coca-Cola Zero, Coca-Cola Light, Fanta, Sprite, Schweppes, SenSun, Burn.
- Gazsız İçecekler: Cappy, Damla, Damla Minera, Fusetea, Nestea, Powerade, Doğadan.

Projenin ana merkezi olan CCİ Ankara Satış ve Dağıtım Departmanı, Yerinde Tüketim Kanalı, Geleneksel Kanal ve Modern Kanal adı altında üç koldan satış ve dağıtım operasyonlarıyla ilgilenmektedir. Bu projede ele alınmış olan yerel mağaza zincirleri (sadece bir şehirde faaliyet gösteren mağaza zinciri) Modern Kanal içerisinde yer almaktadır.

2. Proje Tanımı

Bu proje Coca-Cola ürünlerinin yerel mağaza zincirlerinde rafta bulunabilirlik oranını arttırmayı hedeflemektedir.

Rafta bulunabilirlik, müşterinin talep ettiği ve mağazada satılması beklenen ürünün rafta satışa hazır durumda bulunmasıdır. Coca-Cola ürünleri tüketiciler tarafından birincil tüketim ürünü olarak algılanmadığı ve satış işleminin ürünün tüketici tarafından fark edilmesiyle gerçekleştiği için rafta bulunmama CCİ'nin direk satış kaybına neden olan önemli bir problemdir.

Raflarda ürünlerin var olup olmadıklarının gözlemlenmesi ile yapılan denetim tekniği (fiziki denetim) kullanılarak elde edilen veriler doğrultusunda ürünlerin rafta bulunmamasının ana sebepleri:

- Kontrol yetersizliği nedeniyle ürünlerin tahmini bitiş zamanının doğru öngörülememesi,
- Cappy ürünlerine ait bir yerleşim planının olmaması olarak belirlenmiştir.

Bu sebepler göz önünde bulundurularak talep tahminine dayalı stok kontrol sistemi ve Cappy ürünleri için raf yerleşim sistemi çözüm olarak sunulmuştur.

2.1 Mevcut durum analizi

Coca-Cola dağıtım sistemi CCİ fabrikası, CCİ deposu, müşteri ana deposu ve müşteri mağazalarından oluşmaktadır. Ürünler ilk olarak, ya CCİ fabrikasından CCİ deposuna ya da CCİ fabrikasından müşteri deposuna gönderilir. Müşteriler, mağazalarda hızlı tükenen ürünleri kendi depolarından da tedarik edebilirler. CCİ ürünlerinin siparişleri CCİ çalışanı olan tanzim teşhir takımı (TTT) elemanları ile mağaza

görevlilerinin ortak çalışması ile alınmaktadır. Ayrıca TTT elemanları mağazadaki CCI ürünlerinin takibinden sorumludur. Bu amaçla periyodik olarak mağazalara haftada iki ya da üç kez uğramaktadırlar.

2.1 Semptomlar ve şikayetler

Coca-Cola yetkilileri saha gezileri sırasında bazı ürünlerin raflarda bulunmadığını belirtmişlerdir. Alışverişçilerin ise bazı ürünlere ulaşamamaktan kaynaklı şikayetleri gözlenmiş ve bu nedenle Coca-Cola'nın itibar ve satış kaybı yaşadığı öğrenilmiştir.

2.2 Problem tanımı ve kapsamı

CCI hizmet verdiği yerel mağaza zincirlerinde ürünlerin rafta bulunmamasından kaynaklı problem yaşamaktadır. Bu problem kar kaybına, alışverişçi memnuniyetsizliğine ve sadakat kaybına neden olmaktadır. Ürünlerin rafta bulunmama sıklıkları, rafta bulunmamasının ana nedenleri ve bu nedenlerin oranları şirket tarafından bilinmediği için bu problemin sonuçları da tam olarak tespit edilememektedir.

Proje kapsamında, ürünlerin rafta bulunmamasının ana sebepleri belirlenmiştir. Bu süreçte CCI tarafından kararlaştırılan 62 STB (Stok Tutma Birimi) Altunbilekler A.Ş. yerel mağaza zincirinin sekiz mağazasında incelenmiştir. Önerilen çözümlerin CCI ile birlikte belirlenen Altunbilekler A.Ş. mağazalarında pilot uygulamaları yapılmıştır.

3. Analizler ve Verilerin Yorumlanması

3.1 Değerlendirme

Mevcut durumdaki rafta bulunmama oranlarını belirlemek amacıyla fiziki denetim metodundan yararlanılmıştır. Bu metodların uygulanması sırasında tamamlanan adımlar şu şekildedir:

- Öncelikle hangi STB'lerin inceleneceğine karar verildi.
- Yüksek (ABC1) ve düşük (C2DE) sosyo-ekonomik konumu ve demografik yapıyı temsil eden sekiz Altunbilekler mağazası seçildi.
- Seçilen bu mağazalar birbirini takip eden 14 gün boyunca ziyaret edildi.
- Geçmiş satış bilgilerine dayanılarak rafta ürün bulunmamasından kaynaklanan satış kayıpları hesaplandı.

Bu ziyaretler sırasında önceden belirlenmiş olan STB'lerin mağazada bulunup bulunmadıkları kontrol edildi ve rafta bulunmama sebepleri de not edilmiştir.

3.2 Analizler

Yapılan gözlemlere göre, rafta bulunmama nedenleri üç ana başlıkta toplanmıştır (Ek 1):

1. CCI kaynaklı problemler:

Bazı ürünler CCI'nin deposunda bulunmadıkları için mağazalara gönderilememektedir.

2. Mağaza kaynaklı problemler:
 - a. Hatalı sipariş, kişisel problemler gibi sebeplerle Altunbilekler mağazası ile CCI arasında sipariş edilecek ürünler konusunda sorunlar yaşanmaktadır. (Mağaza Anlaşmazlığı Sorunu: MA)
 - b. Ürünler mağaza deposunda bulunmasına rağmen mağaza reyon görevlileri ürünleri rafa çıkarmamaktadırlar. (Mağaza Reyon Görevlisi Sorunu: MRG)
 - c. Ürünler Altunbilekler ana deposunda bulunmasına rağmen depo görevlileri ürünleri mağazaya sevk etmemektedir. (Altunbilekler Ana Depo Sevkiyat Sorunu: AAS)
3. TTT kaynaklı problemler:
 - a. TTT elemanı ürünlerin raf durumunu takip etmemektedir. (Ürün Takip Sorunu: ÜT)
 - b. TTT elemanları bazı bölgelerde belirli ürünlerin talep görmeyeceğini düşündükleri için bu ürünlerin siparişini almamaktadırlar. (Yanlış Sipariş Öngörüsü Sorunu: YSÖ)
 - c. TTT elemanları tükenen ürünlerin Altunbilekler ana deposundan nakledilmesi konusunda Altunbilekler mağaza görevlilerini uyarmamaktadırlar. (AAS)

Bu gözlemler sonucunda yapılan denetimlerin %19'unda ürünlerin rafta bulunmadığı tespit edilmiştir.

Gazsız içeceklerin rafta bulunmama sıklıkları ürün takip sorunu ve yanlış sipariş öngörüsü sorunları nedeniyle gazlı içeceklerinkinden daha yüksektir (Ek 2). ÜT ve YSÖ sorunlarının sebebi gazsız içeceklerin iyi yapılandırılmış bir raf sisteminin olmaması ve pazarda güçlü rakiplerinin olması olarak gözlenmiştir.

Coca-Cola ürünlerindeki satış kaybını belirlemede kullanılan faktörlerden bir başkası da rafta bulunmama oranıdır. Bu oran toplam satış kaybının beklenen satış miktarına bölünmesiyle elde edilir (Ek 3).

- Elde edilen verilere göre, sekiz mağazadaki toplam rafta ürün bulunmama oranı %5,6'dır. Buna göre, Altunbilekler mağazasının söz konusu aydaki satış kaybı 29.664,54 TL olarak hesaplanmıştır. Bununla beraber, rafta ürün bulunmama probleminin temel sebebinin, %58 oranla TTT elemanlarının ürün takip sorunundan kaynaklandığı belirlenmiştir (ÜT) (Ek 4).
 - Ek 5 toplam satış kaybının %58'inin gazsız ürünlerden, %42'sinin ise gazlı ürünlerden kaynaklanmaktadır. Rafta ürün bulunmaması probleminin ana sebebinin gazsız içeceklerde %63 oranında ve gazlı içeceklerde %46 oranında TTT elemanlarının ürün takip sorunundan kaynaklandığı belirlenmiştir (ÜT) (Ek 6).
- Sonuç olarak, iki temel sorun üzerinde yoğunlaşmıştır:

1. Cappy ürünlerine ait raf yerleşim sisteminin olmaması: Cappy ürünleri, pazarda güçlü rakipleri ve yüksek ürün çeşitliliği olduğu için diğer Coca-Cola ürünlerinden farklılık gösterir. Saha çalışması sırasında her Cappy ürünü için rafta belirlenmiş bir yer bulunmadığı ve bu nedenle de TTT elemanlarının biten Cappy ürünlerini fark edemedikleri ve rafları zamanında dolduramadıkları gözlenmiştir.
2. Kontrol yetersizliği nedeniyle ürünlerin tahmini bitiş zamanının doğru öngörülememesi: TTT elemanları her mağaza ziyaretinde mümkün olduğu kadar çok ürün siparişi almaya çalışmaktadır. Bu nedenle asıl sorun sipariş miktarının yanlış tahmin edilmesi değil, ürünlerin tahmini bitiş zamanının doğru öngörülememesidir. Ayrıca geniş ürün yelpazesine sahip olan CCI tarafından düzenli raf kontrolleri yapılmaması da bu sorunu tetiklemektedir.

4. Literatür Araştırması

4.1 Deneysel literatür taraması

Konuyla ilgili olarak yapılan deneysel literatüre baktığımızda Bharadwaj (2002) ve Lepinat (2009), rafta bulunmama probleminin ana sebepleri olarak; yanlış talep tahminlerini, ürün yerleştirme sisteminde yapılan yanlışlıkları, ürünlerin listeden mağaza görevlileri tarafından kaldırılmasını, dağıtım merkezi kaynaklı problemleri ve yetersiz stok düzenlenmesini göstermişlerdir.

Rafta bulunabilirliği arttırmak adına Baharadwaj (2002), Bell (2009) ve Bound (2008)'un önerdiği çözüm yöntemlerinden yararlanılmıştır. Baharadwaj (2002)'a göre güvenlik stokunu arttırmak en etkili yöntem olarak belirtilirken Bell (2009) ise siparişlerin otomatik bir talep tahmin sistemine göre verilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bound (2008) ise iyi yapılandırılmış bir raf yerleştirme sisteminin sorunun çözülmesinde en etkili çözüm olduğunu savunmaktadır. Bunların yanı sıra daha güvenilir bir sonuç elde edebilmek için tüketici tepkilerinin de dikkate alınması gerektiği önemle vurgulanmıştır.

4.1.2 Analitik literatür taraması

Kapsamlı stok yönetimi literatür araştırması, talep miktarı değişken olan ve rafta bulunmama problemiyle karşı karşıya olan ürünlerin ideal sipariş/tekrar doldurma prensiplerini incelemektedir. Bununla birlikte düzenli tekrar doldurmalarda meydana gelen ani talep değişimleri, tedarik süresindeki ani değişimler ve ürünlerdeki bozulmaların rafta bulunabilirliği azaltan faktörlerden biri olduğu belirtilmiştir. Literatür, tedarik metodlarıyla ilgili farklı yöntemlerin incelenmesiyle genişletilmiştir. Bu yöntemlerin arasından bazıları tedarikçiden acil sipariş talebi (Johansen ve Thorstenson 1998), çoklu tedarikçi kullanımı (Burke 2007), sipariş paylaşılması (Chiang 2001), sipariş hızlandırma

(Duran et al. 2004), indirim teklifleri (Cheung 1998) ve aynı basamakta aktarımdır (Çömez et al. 2012).

Bunların yanında Hall ve Porteus (2000) ve Dana ve Petruzzi (2001) tarafından teorik araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca yeni geliştirilen bir yöntem olan radyo frekansı ile ürün tanımlama yönteminin verimliliği de Kang ve Gershwin (2005) tarafından araştırılmaktadır.

5. Önerilen Sistem

Rafta bulunma oranını artırmak için iki çözüm yolu belirlenmiştir:

5.1 Raf yerleşim sistemi

İlk olarak, geçmiş satış verileri ve tüketici anketi (Ek 7) kullanılarak her Cappy STB'si için en uygun ön yüz sayılarını belirleyen bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemde ön yüz sayıları, detayları Ek 8'de görülen model kullanılarak hesaplanmaktadır. Raf kapasitesinin, satış miktarının ve mevcut durumdaki ön yüz sayılarının girilmesiyle çalışan sistem çıktı olarak her Cappy ürünü için mağaza özelinde en iyi ön yüz sayılarını belirlemektedir (Ek 9).

İkinci olarak, Cappy ürünlerini raflarda rakip ürünlerden ayırmak ve her ürün için sabit bir yer belirlemek amacıyla bir raf aparatı tasarlanmıştır. Bu raf aparatı üzerinde her ürünün isminin yer aldığı etiketler bulunmaktadır (Ek 10). Bu sistem sayesinde tüm Cappy ürünlerinin görünürlüğü sağlanacak ve TTT elemanları tüm Cappy çeşitlerini görme fırsatı yakalayacaktır. Mağaza reyon görevlileri rafta bulunmayan ürünleri kolaylıkla fark edebilecek ve ürünlerin tekrar dolumu daha doğru ve kolay bir şekilde yapılacaktır.

5.2 Talep tahminine dayalı ürün kontrol sistemi

Rafların sistematik olarak kontrol edilmesini sağlamak amacıyla, her periyoda özel STB listeleri hazırlanmıştır. TTT elemanları mağazalarda söz konusu periyot listesindeki STB'lerin bulunup bulunmadığını kontrol edecektir. Listeler hazırlanırken Ek 11'de yer alan model kullanılarak her ürünün tahmini bitme süresi hesaplanmıştır. Bu sayede her periyot için kontrol edilmesi gereken ürünlerin yer aldığı listeler (Ek 12) hazırlanmıştır. Her ürün tahmini bitme süresinden önceki en yakın periyotta TTT elemanları tarafından kontrol edilecek; böylece raftaki tüm ürünler tükenmeden önce raf tekrar doldurulacaktır.

Sistemde ilk olarak, CCİ yetkilisi tarafından geçmiş satış verileri ve o mağazanın raf kapasiteleri hazırlanan Excel dosyasına girilir. Bu Excel dosyasında Ek 11'de detayları anlatılan hesaplama yoluyla her ürün için kontrol edilme sıklıkları belirlenir. "Mağaza Kontrol Listesi Oluşturma Programı" olarak adlandırılan Access tabanlı programa bu dosya yüklenir. Detayları Ek 13'te verilen sistem çalıştırılarak belirlenen periyot için tükenmesi beklenen ve kontrol edilmesi gereken ürünlerin yer aldığı yazdırılabilir listeler kullanıcıya sunulur (Ek 12).

TTT elemanları kontroller sırasında rafın tamamını dolduracak kadar ürün siparişi almaktadır. Ayrıca, tekrar doldurma süreleri bir periyot süresi olan üç günden az çıkan ürünler için bir periyotluk toplam tahmini satış miktarları hesaplanmıştır. TTT elemanlarına verilecek olan listelerde bu ürünler için mağazada bulunması gereken minimum miktar yer alacaktır. TTT elemanları bu miktarları göz önüne alarak sipariş miktarlarını belirleyeceklerdir. Bu sistem sayesinde STB'lerin düzenli raf kontrolü sağlanacak ve ürünlerin periyotlar arasında tükenmesi engellenecektir. Tükenme hızı yüksek olan ürünler için mağazada bulunması gereken minimum miktar belirlenmiş olacaktır.

6. Önerilen Çözümlerin Değerlendirilmesi

Önerilen çözümlerin pilot uygulaması şu şekilde yapıldı:

- Bahçelievler, Batıkent, Kardelen 2 ve Ostim 2 mağazaları kontrol grubu olarak belirlendi.
- Çukurambar mağazasında raf yerleşim sistemi uygulandı.
- Kardelen 1 ve Yüzüncüyıl mağazalarında talep tahminine dayalı kontrol sistemi uygulandı.
- Ostim 1 mağazasında iki çözüm yöntemi de uygulandı.

Mağazalarda pilot uygulamaların 14 günlük ısınma süresi ve ardından yine 14 günlük fiziki denetim süresi planlanmasına rağmen CCI kaynaklı nedenlerden dolayı ısınma süresi yedi gün olarak değiştirilmiştir. Isınma evresinin ardından sekiz gün sekiz mağazada STB'ler fiziki denetim yöntemiyle incelenmiştir. Denetimlerden sonra veriler analiz edilerek rafta bulunmama sıklıkları ve oranları hesaplanmıştır.

Hesaplama şu şekildedir: Öncelikle hiçbir çözüm yolunun uygulanmadığı kontrol grubu mağazalarındaki rafta bulunmama oranları hesaplandı. Bu oranlar aynı mağazaların aralık ayındaki rafta bulunmama oranları ile karşılaştırılarak mevsimsellik katsayısı belirlendi. Bu katsayılar kullanılarak kontrol grubunda bulunmayan mağazalarda Nisan ayında beklenen rafta bulunmama oranı Aralık ayı baz alınarak hesaplandı. Nisan ayında beklenen rafta bulunmama oranı fiziki denetim yoluyla gözlemlenen gerçek rafta bulunmama oranı ile karşılaştırılarak çözümlerin etkileri hesaplandı.

Yapılan analizler sonucunda:

- Raf yerleşim sistemi uygulanan mağazalarda Cappy ürünlerinde rafta bulunmama % 17 oranında azalmıştır.
- Talep tahminine dayalı kontrol sistemi uygulanan mağazalarda tüm STB'lerin rafta bulunmama oranı %7 azalmıştır.
- İki yöntemin de uygulandığı mağaza, CCI ve Altunbilekler arasındaki anlaşmazlıklardan dolayı denetim grubundan çıkarılmış bu nedenle bu mağazada gözlem yapılamamıştır.

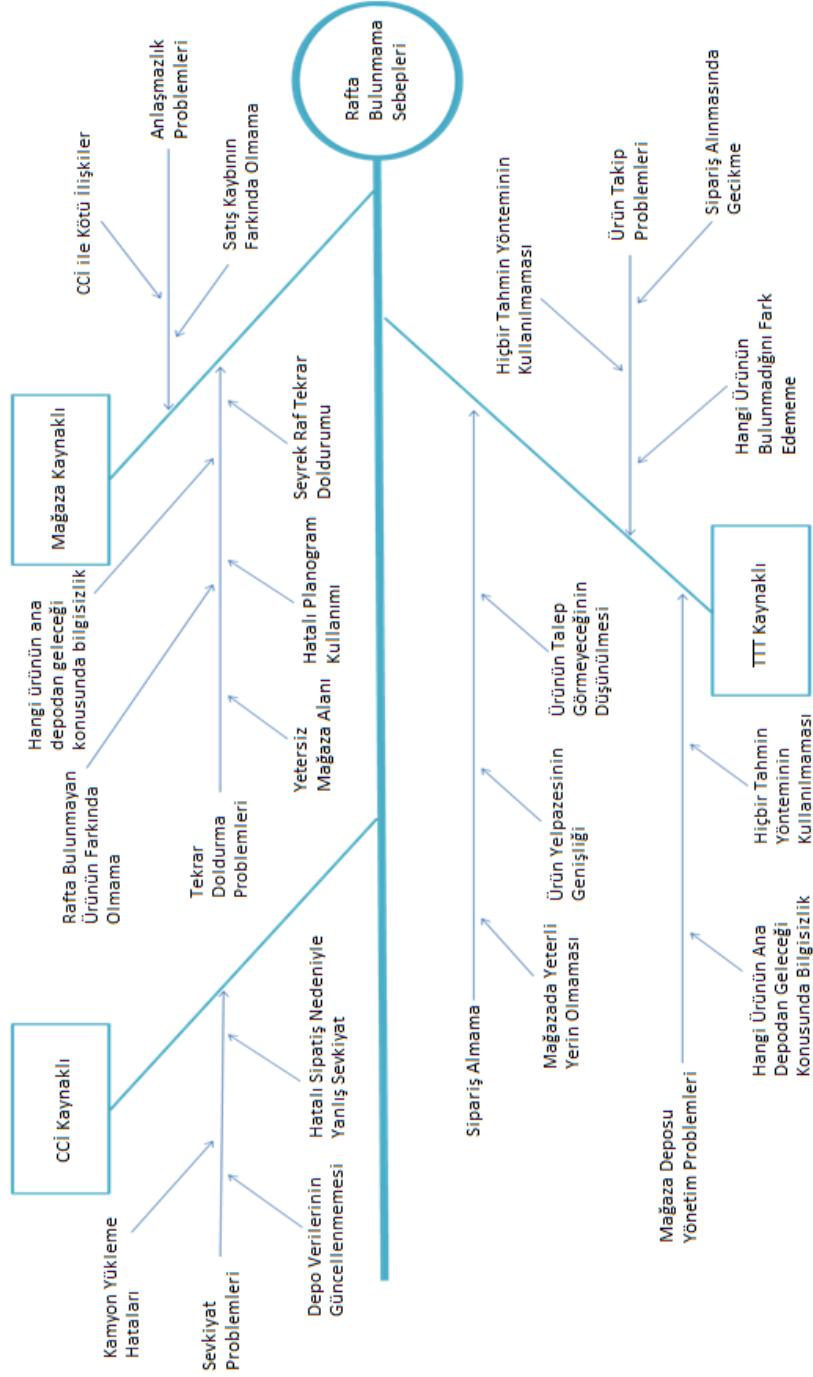
- Yeni yöntemlerin standart bir şekilde uygulanması için TTT elemanlarına eğitim verilmelidir.

KAYNAKÇA

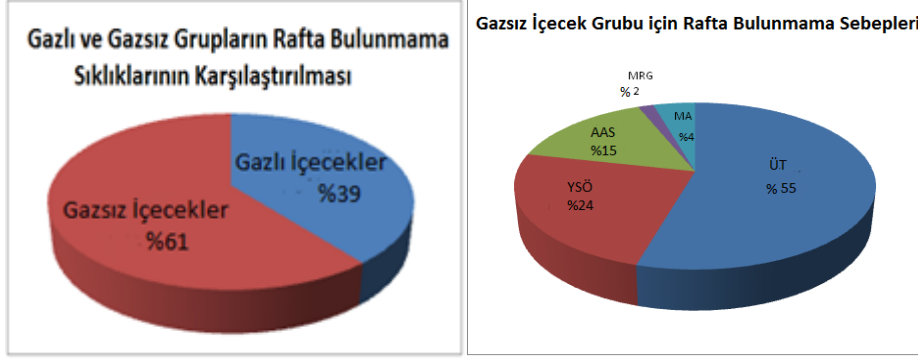
- Baharadwaj, S., Corsten, D., Gruen, T. (2002). "Retail Out of Stocks: A worldwide Examination of Extent, Causes, And Consumer Responses." Working Paper, University of St. Gallen, 1-62.
- Bell, T., (2009). Teknik rapor, "Out-of-Stock Reduction for Modern Trade Quick Reference Guide."
- Bound, D., (2008), Teknik rapor, "Supply Chain Collaboration and Revenue Growth", Pacific Group Out of Stock.
- Burke, G. J., J. E. Carrillo, A. J. Vakharia. (2007). "Single versus multiple supplier sourcing strategies." *European Journal of Operational Research*, 182, 95–112.
- Cheung, K. L. (1998). "A Continuous Review Inventory Model with a Time Discount." *IIE Transactions*, 30, 747-757.
- Chiang, C. (2001). "Order splitting under periodic review inventory systems." *International Journal of Production Economics*, 70(1), 67-76.
- Çömez, N., K.E. Stecke, M. Çakanyıldırım. (2012). "In-Season Transshipments among Competitive Retailers." *Manufacturing & Service Operations Management*, In Press, 1-11.
- Dana, J. D., Jr., N. C. Petruzzi. (2001). "Note: The newsvendor model with endogenous demand." *Management Science*, 47(11), 1488–1497.
- Duran, A., G. Gutierrez, R. I. Zequeira. (2004). "A Continuous Review Inventory Model with Order Expediting." *International Journal of Production Economics*, 87, 157-169.
- Gruen, T., Corsten D., (2007). "A Comprehensive Guide To Retail Out-of- Stock Reduction In the Fast-Moving Consumer Goods Industry." *International Journal of Retail & Distribution Management*, 31(12), 605-617
- Hall, J., E. Porteus. (2000). "Customer service competition in capacitated systems." *Manufacturing & Service Operations Management*, 2(2), 144–165.
- Johansen, S. G., A. Thorstenson. (1998). "An Inventory Model with Poisson Demands and Emergency Orders." *International Journal of Production Economics*, 56-57, 275-289.
- Kang, Y., S. B. Gershwin. (2005). "Information inaccuracy in inventory systems—stock loss and stockout." *IIE Transactions*, 37, 843–859.
- Lepinat, M. 2009, Teknik rapor, "Out of Stock Management", German Approach of Reducing OOS.

EKLER

Ek 1. Kılıçık diyagramı



Ek 2. İçecek gruplarının rafta bulunmama sıklıkları ve sebepleri



Ek 3. Rafta bulunmama oranlarının hesaplaması

- Rafta Bulunmama Oranı = Tahmini Toplam Aylık Satış Kaybı / (Tahmini Toplam Aylık Satış Kaybı + Gerçek Aylık Satış)
- Tahmini Toplam Aylık Satış Kaybı = Söz konusu aydaki tüm günlerin tahmini satış kayıplarının toplamı

Günlük Satış Kaybı:

1. Eğer rafta ürün bulunmama durumu gözleniyorsa:

Günlük Satış Kaybı = Beklenen Günlük Satış – Söz konusu günde yapılan satış

2. Eğer rafta ürün bulunmama durumu gözlenmiyorsa:

Günlük Satış Kaybı = 0

- Söz konusu günün beklenen satış miktarı:

1. Eğer söz konusu ayda rafta ürün bulunmama sıklığı %15'den az ise:

Rafta ürün bulunmama durumunun gözlendiği günlerdeki beklenen satış = Söz konusu aydaki satış * (7/31) * Günlük mevsimsellik katsayısı

- Günlük mevsimsellik katsayısı = Söz konusu günün satış miktarı / Bir günlük ortalama satış

Bir günlük ortalama satış = Söz konusu haftanın toplam satışı / 7

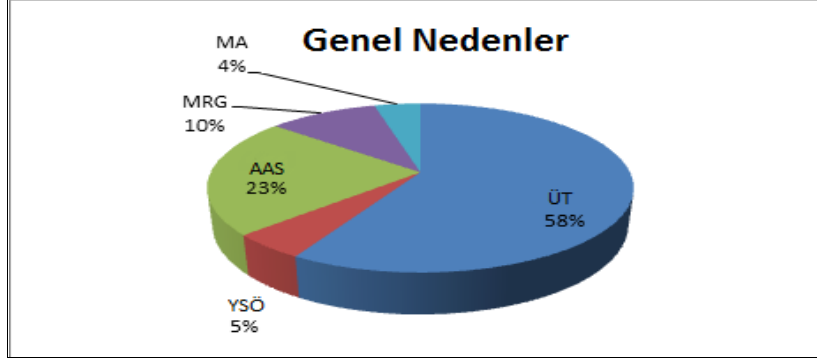
2. Eğer söz konusu aydaki rafta ürün bulunmama sıklığı %15'ten fazla ise ve bir önceki senenin aynı aydaki satış miktarı mevcut ise:

Rafta ürün bulunmama durumunun gözlendiği günlerdeki beklenen satış = Bir önceki senenin söz konusu aydaki satış * (7/31) * Günlük mevsimsellik katsayısı

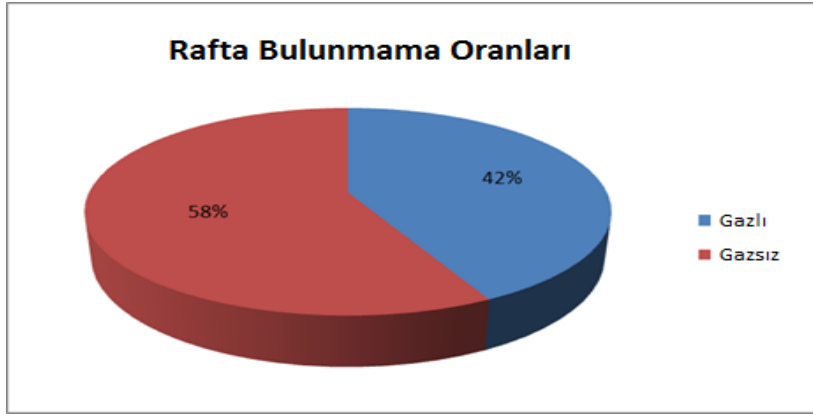
3. Eğer söz konusu aydaki rafta ürün bulunmama sıklığı %15'ten fazla ise ve bir önceki senenin aynı aydaki satış miktarı mevcut değil ise:

Rafta ürün bulunmama durumu gözlenen günlerdeki beklenen satış = Benzer başka bir mağazanın söz konusu aydaki satışı * (7/31) * Günlük mevsimsellik katsayısı

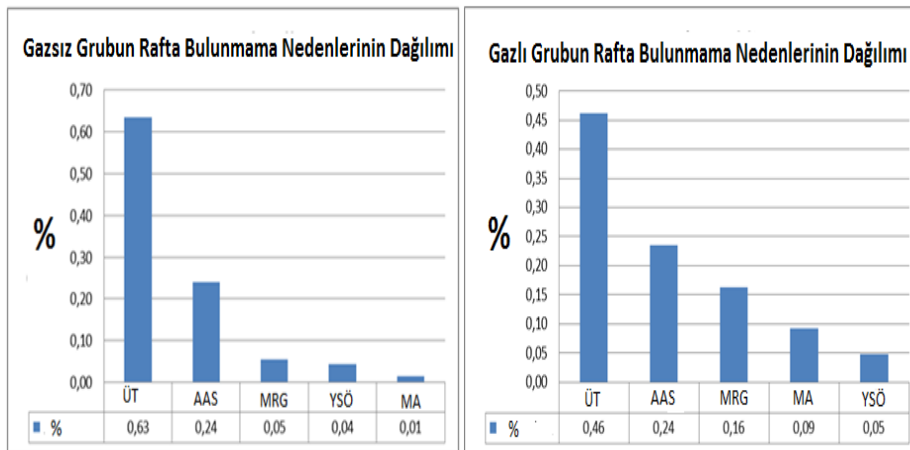
Ek 4. Rafta ürün bulunmamasının genel nedenleri



Ek 5. Rafta bulunmama oranlarının gazlı ve gazsız gruplara göre dağılımı



Ek 6. İçecek grupları için rafta bulunmama nedenleri



Ek 7. Tüketici anketi soruları

*1. Cappy meyve suyu ürünlerinde ilk tercihiniz aşağıdakilerden hangisidir?

*2. İlk tercihinizi bulamadığınızda...

- Başka bir Cappy ürününü tercih ederdim
- Aynı markanın aynı ürünü başka marketten alırım
- Farklı markanın aynı türünü tercih ederim
- Almaktan vazgeçerim

3. 2. soruda "Başka bir Cappy ürününü tercih ederdim" dediyseniz, ilk 4 tercihinizi işaretleyiniz.

Ek 8. Cappy ürünleri ön yüz sayısı belirleme modeli

Parametreler

nd(i): Ürünün Geçmiş yıldaki satış miktarı i i=1..14

p(i,j): Tüketicilerin i ürünün rafta bulunmaması durumunda j ürününü tercih etme olasılığı i=1..14, j=1..14

sn: O mağaza için Cappy ürünlerine ayrılmış toplam raf kapasitesi

m(i): i ürününün kar yüzdesi

o: Sipariş maliyeti

h: Stok tutma maliyeti

so(i): i ürününün tercih edilen ön yüz sayısı (CCİ yetkilileri tarafından bu sayının en az 3 olması tercih ediliyor)

f: Esneklik oranı=0,3

Karar Değişkeni

S(i): i ürününün ön yüz sayısı i=1..14

Talep Fonksiyonu

$$d(i) = nd(i) - \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{14} p(i,j) * \left(\frac{sn+S(j)-S(i)}{sn} \right) * nd(i) + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{14} p(i,j) * \left(\frac{sn+S(i)-S(j)}{sn} \right) * nd(j)$$

Maliyet Fonksiyonu

$$c(i) = o + h*s(i)$$

Model

$$\text{Enb } \sum_{i=1}^{14} m(i)d(i) - \sum_{i=1}^{14} c(i)$$

$$\text{k.s. } \sum_{i=1}^{14} S(i) = sn$$

$$S(i) \geq so(i)*f$$

$$S(i) \geq 1$$

$$S(i) > 0, \text{ tam sayı}$$

Ek 9. Ön yüz sayısı belirlemek için kullanılan sistem

| | Satış Miktarı | Mevcut Önyüz Sayıları |
|---------------------|---------------|-----------------------|
| %100 Portakal | | |
| Karışık | | |
| Kayısı | | |
| Portakal | | |
| Seftali | | |
| Visne | | |
| Domates | | |
| Elma | | |
| %100 Elma-Visne | | |
| %100 Elma-Seftali | | |
| %100 Elmalı Karışık | | |
| Kırmızı Meyveler | | |
| Sarı Meyveler | | |
| Limonata | | |

Toplam Raf Kapasitesi

Tavsiye Edilen Önyüz Sayıları

- “Satış Miktarı” kısmına ürünün geçmiş yıldaki satış miktarı girilir.
- “Mevcut Önyüz Sayıları” kısmına ürün için tercih edilen ön yüz sayısı girilir.
- “Toplam Raf Kapasitesi” kutucuğuna o mağazanın Cappy ürünleri için ayrılmış toplam raf kapasitesi girilir.
- “Tavsiye Edilen Önyüz Sayıları” tuşuna basılarak tavsiye edilen ön yüz sayılarını alınır.

Ek 10. Yeni tasarlanan cappy rafları



Ek 11. Ürünlerin tahmini tükenme sürelerinin hesaplanması

Periyotlar 3 günlük zaman dilimini kapsamakta ve her ay için 12 periyot düzenlenmektedir.

μ : Bir periyottaki ortalama satış miktarı

p : İki sipariş zamanı arasında geçen süre

l : Teslimat süresi

f: Hedeflenen hizmet seviyesi
s: Satış miktarları arasındaki standart sapma
Q: Bir periyottaki tahmini satış miktarı
s: Güvenlik stoku
Günlük Mevsimsellik Katsayısı = Söz konusu günün ortalama satışı /
Günlük ortalama satış
(Geçen yılın günlük bazdaki satış verilerine göre hesaplanmıştır)
Günlük ortalama satış = Bir haftalık satış / 7
Adım 1: Günlük Satışların Mevsimsellikten Arındırılması
Mevsimsellikten Arındırılmış Günlük Satış = Günlük ortalama satış / O
günün mevsimsellik katsayısı
Adım 2: Bir periyotluk Tahmini Satışların Hesaplanması
Standart Kayıp Fonksiyonu
 $L(z) = (1-f) * \mu * p / (s * (p+1)^{0,5})$
z-tablosundan standart kayıp fonksiyona karşılık gelen Z değeri
bulunacaktır.
Güvenlik Stoku = $z * s * (p+1)^{0,5}$
 $Q = (p+1) * \mu$
Ürünün Tahmini Tükenme Süresi = Raf kapasitesi / Q

Ek 12. Ürün kontrol listesi

| Period 1 | | |
|------------------------|------------------|-------------|
| Magaza Adı: Çukurambar | Tarih: 29-Nis-12 | MIT: Yunus |
| Ürün Adı | Ürün Durumu | Ürün miktar |
| Cola 1lt | | |
| Cola 4x1 | | |
| Cola 1.5lt | | |
| Cola 2.5lt | | |
| Cola Zero 1lt | | |
| Cola Zero 1.5lt | | |
| Cola Light 1lt | | |
| Cola Light 1.5lt | | |
| Fanta 1lt | | |
| Fanta 4x1 | | |
| Sensun 1.5lt | | |

22 Nisan 2012 Pazar

Ek 13. Mağaza kontrol listesi oluşturma programı arayüz görüntüsü



Mağaza adı:

Tarih:

TTT:

Period Numarası

Listeyi getir

Tüm listeleri yazdır

Ürünler ve kontrol edilme frekansları

| | |
|-----------------|-----|
| Cola 6x250 | 12 |
| Cola 6x330 | 7 |
| Cola 450 | 4 |
| Cola 1lt | 1 |
| Cola 4x1 | 1 |
| Cola 1.5lt | 1 |
| Cola 2.5lt | 1 |
| Cola Zero 6x250 | 4 |
| Cola Zero 6x330 | 77 |
| Cola Zero 450 | 102 |
| Cola Zero 1lt | 1 |
| Cola Zero 4x1 | 7 |
| Cola Zero 1.5lt | 1 |

- Mağaza adı, tarih ve TTT elemanı ismi yukarıda görünen kutucuklara girilir.
- Hangi periyodun listesi isteniyorsa o periyodun numarası “Periyot Numarası” açılır liste kutusundan seçilir.
- Dosya yükleme tuşuna basılarak o periyotta kontrol edilmesi gereken STB isimlerini ve tavsiye edilen sipariş miktarlarını belirleyen Excel dosyası çalıştırılır sonuçları sisteme yüklenir.
- Excel’deki hesaplamaların sonucu olarak belirlenmiş olan STB listesi “Ürünler ve kontrol edilme frekansları” kutusuna gelir.
- Burada yazan STB’ler ve sipariş değerleri arzu edilirse “Ürün frekansları değerlerini düzenle” tuşuna basılarak satış yetkilisini tarafından düzenlenir. Örneğin; Coca-Cola Zero için sistem tarafından 3. periyot kontrol zamanı olarak belirlenmiştir. Fakat satış yetkilisi bu ürün için özel bir promosyon düzenlenmesine karar vermiştir ve ürünün 2. periyotta kontrol edilmesini uygun görebilir. Bu durumda sistemin belirlemiş olduğu listeyi yetkili yeniden düzenleyebilir.
- Düzenleme de tamamlandıktan sonra listen son hali “Listeyi getir” tuşuna basılarak kullanıcı tarafından görüntülenir.
- Arzu edilirse “Tüm listeleri yazdır” tuşuna basılarak listeler yazdırılabilir.

MIT İş Tasarımı ve Uyarlaması

Coca-Cola İçecek A.Ş.

Proje Ekibi

Muhammet Ayhan

Nihal Berktaş

Fatma Cengiz

M. Zahid Çağlıöz

Gözde Gürbüz

Ali Yılmaz

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanı

Sevgi Bolel

Satış Mükemmellik ve Kalite Yöneticisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Coca-Cola İçecek A.Ş.'de mağaza içi tanzim ve teşhir işlerinde görevli MIT (Merchandising Impact Team) adı altındaki satış elemanlarının standart iş tanımındaki eksiklikler ve belirlenen rotaların her personel için eşit iş yükü koşulunu sağlamaması çalışan verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu projenin amacı Ankara Yerel Satış Kanalı'ndaki satış elemanları için ideal bir iş tanımı oluşturmak ve atanan rotaların yeniden gözden geçirilip her personel için en uygun ve en verimli hale getirilmesini sağlamaktır. İş tanımı ve akışının tasarlanıp mağaza içinde geçirilmesi gereken ideal zamanların belirlenmesinde sahada gözlem, uzman görüşüne başvuru, zaman etüdü ve çeşitli veri analizleri yapılarak MIT Sorumluluk Tablosu, Mağaza Zaman Hesaplama Cetveli ve Mağaza Takip Defteri oluşturulmuştur. Rotaların belirlenmesinde ise mağazaların satış elemanlarına atanmasında sezgisel yöntem, rotaların oluşturulmasında ise matematiksel model kullanılmış ve dinamik bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Standartlaştırma, Mağaza İçi Tanzim ve Teşhir, Kümeleme, Rotalama.

1. Şirket Tanıtımı

Coca-Cola İçecek, Orta Asya, Ortadoğu, Türkiye ve Pakistan'ı kapsayan çok geniş bir coğrafyada 11 ülkede 20 fabrikası ile The Coca-Cola Company'nin uluslararası alanda altıncı en büyük şişeleycisidir. Türkiye'de bulunan sekiz fabrika, ve %40 ciro payı ile lider konumdadır. Operasyonların mevcut olduğu ürünler gazlı, gazsız içecekler ve çay olarak üç grupta incelenmektedir.

- Gazlı İçecekler: Coca-Cola, Coca-Cola Light, Coca-Cola Zero, Fanta, Schweppes, Sprite, Burn, Sen Sun
- Gazsız İçecekler: Nestea, Fusetea Cappy, Damla, Damla Minera, Powerade.
- Çay: Doğadan

Satış, pazarlama, üretim ve dağıtım şirketin koordineli bir şekilde işleyen mekanizması ile talebin karşılanmasında en büyük rolü oynayan dört ana koldur. Yıl içinde üretilen 565 milyon ünite kasaürünün tüketiciye ulaştığı dağıtım ağında 350'ye yakın bayi bulunmaktadır.

2. Proje Kapsamı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1 Proje kapsamı

MIT İş Tasarımı ve Uyarlaması projesi şirketin satış operasyonlarını müşteri kanalına aktaran satış personellerinin (MIT elemanları) standart bir iş tanımı ve akışı bütünlüğünde iş verimini artırmaya, önceden belirlenmiş rotalarının yeniden gözden geçirilerek her bir personel için dengeli iş yükünün sağlanmasına odaklanmıştır.

Coca-Cola İçecek Türkiye satış ağı modern, geleneksel ve yerinde tüketim olmak üzere üç ana kanala, modern kanal ise ulusal ve yerel kanal olmak üzere iki alt kanala ayrılmıştır. Migros, Real, Carrefour gibi büyük ölçekli süpermarketler ulusal kanalı; 10-60 arasında şubesi olan küçük ve orta ölçekli zincir marketler ise yerel kanalı oluşturmaktadır. Proje kapsamındaki gözlem ve iyileştirmeler temel olarak yerel satış kanalını kapsamakla beraber, ulusal kanal için de temel gözlemler yapılarak farklılıklar tespit edilmiş ve iş tanımı önerisinde bulunulmuştur.

2.2 Mevcut sistem tanımı

Ankara Yerel Satış Kanalı'nda 11 adet müşteri bulunmaktadır. Bu müşteriler koordinasyonu daha iyi sağlamak ve müşteri ilişkilerini geliştirmek adına iki gruba ayrılmıştır.

Müşterilerin her mağazası için CCI tarafından satış destekleme amacıyla görevlendirilen MIT elemanları ürünlerin mağaza içindeki tanzim ve teşhir işlerinden sorumludur ve birden çok mağazada görev yapabilirler. Mağazanın büyüklüğü ve satış hacmine göre gazlı, gazsız, çay ürünlerinden ayrı ayrı sorumlu MIT elemanları olabileceği gibi küçük ölçekli marketlerde tüm ürün yelpazesinden sorumlu karma MIT elemanları da görev alabilir. MIT elemanlarının sorumlu oldukları

mağazalar bağlı buldukları satış şefi tarafından belirlenir ve düzenli aralıklarla denetlenir. MIT elemanları sabit, mobil ve yarı zamanlı olmak üzere üç gruba ayrılmıştır:

1. Mobil MIT Elemanı: Mağazalar arası ulaşımda şirket tarafından tahsis edilen Coca-Cola logolu şirket arabasını kullanan ve içecek kategorilerinden (gazlı, gazsız, çay veya gazsız+çay) sadece bir tanesinden sorumlu olan Coca-Cola İçecek elemanlarıdır. Mağazada geçirilen sürenin az olmasından kaynaklı günde 10-13 arası mağaza ziyareti yapması gerekmekte ve mağazalar arası uzaklıkların yürüyerek kat edilmesi mümkün olmadığı rotalarda görev yapmaktadır. Mobil MIT elemanları iki farklı rotaya bölünmüş toplam 20-25 arası küçük çaplı mağazadan sorumludur. Satış hacminin büyüklüğüne göre bazı mağazalara pazartesi, çarşamba ve cuma olmak üzere haftada üç, diğerlerine ise salı ve perşembe olmak üzere haftada iki ziyaret gerçekleştirmektedir. Cumartesi ve pazar günleri çalışmamaktadır. Mobil MIT elemanları sabit MIT elemanlarına gereken tanıtım malzemeleri ve promosyon materyallerini ihtiyaç duyulan mağazaya ihtiyaç duyulan zamanda arabaları ile ulaştırmakla da yükümlüdür.
2. Sabit MIT Elemanı: Mağazalar arası ulaşımı yürüyerek veya toplu taşıma araçları ile gerçekleştiren ve içecek kategorilerinin (gazlı, gazsız, çay) tamamından sorumlu olan MAPP Ajansı'na bağlı çalışan elemanlardır. Mağazada geçirilen sürenin fazla olduğu ve trafik nedeniyle arabaların girmekte zorlandığı bölgelerdeki mağazalarda görev yapmaktadır. Sabit MIT elemanları toplamda 4-10 arası mağazadan sorumludur. Bazıları hergün aynı rotada çalışırken, bazıları farklı günlerde farklı rotalarda çalışmaktadır. Bazı sabit MIT elemanları pazar günleri çalışmazken, bazıları çarşamba günleri çalışmamaktadır. İhtiyaç duydukları tanıtım malzemeleri ve promosyon materyalleri atandıkları mobil MIT elemanı tarafından buldukları mağazaya bırakılmaktadır.
3. Yarı zamanlı MIT Elemanı: Genellikle haftasonları satış hacmi yüksek olan ulusal zincir mağazalarında sabit MIT elemanına yardımcı olmak için çalışırlar.

Mağaza içerisindeki sergilemenin kalitesi açısından Coca-Cola RED (Right Execution Daily) adlı bir denetleme sistemi kullanmaktadır. RED mağazalardaki teşhir ürünlerine ve stantlara bir standart getirmek için kurulmuş bir sistemdir. RED sayesinde CCİ'de bulunan yöneticiler sahadaki tanzim teşhir faaliyetlerini takip edebilmekte ve tanıtım aktivitelerinin ne ölçüde yapıldığını takip edebilmektedir. Sistemin çıktılarını değerlendirmek için CCİ bir araştırma şirketi ile çalışmaktadır ve bu şirket CCİ'ye aylık olarak rapor sunmaktadır. Örneğin, Coca-Cola İçecek'in raf hacmi, stant tipleri, ürün bulunurluğu bazı anahtar

noktalardır. Her kriter süpermarketlerde, orta ve büyük ölçekli marketlerde farklı skorlara sahiptir ve tüm içecek kategorileri farklı skor kartlarına göre değerlendirilmektedir.

2.3 Mevcut sistem analizi

10 farklı MIT elemanı ile 60 mağazada yapılan gözlem ve uygulanan zaman etüdü sonucunda MIT elemanlarının mağaza içinde sorumlu oldukları aktiviteler; ürünlerin reyon, soğutucu ve stantlardaki kontrolü ve düzenlenmesi, iade edilecek ürünlerin ayrılması, sipariş alınması, promosyonların tanıtım malzemeleri ile desteklenmesi ve fazladan veya yeni görsel, stant ve teşhir almaya çalışılması şeklinde belirlenmiştir. Bu bulgulara dayanarak, mevcut sistemdeki mağaza içi örnek iş akışları belirlenmiştir. Standart bir iş tanımının eksikliği sebebiyle her mağaza ve MIT elemanı için aynı akış geçerli değildir.

Mevcut durumda mağazalar m² büyüklüklerine göre 100-400, 400-1000 ve 1000+ m² olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Buna ek olarak mağazada bulunan stant türleri ve sayıları, soğutucu kapak sayısı ve boşalma hızlarının da mağaza için gerekli zamanı ve hatta iş tanımını etkileyebileceği öngörülmüştür. Bu nedenle bir çizelge hazırlanarak 250 mağazanın stant sayısı ve türleri, soğutucu kapak sayısı ve boşalma hızı verileri toplanmıştır. Yapılan analizler sonucu sadece m²'ye dayalı ayırımı iş yükünü belirleyen bu değişkenler anlamında dikkat çekici bir ayırım sağlamadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle mağaza gruplamalarında iş yükünü belirleyen değişkenleri de kapsayan daha detaylı bir analiz önerilmiştir. Ancak mağaza büyüklüğünün veya mağazada bulunan stant ve soğutucuların iş tanımını etkileyecek değişkenler olmadığı gözlemlenmiştir.

Son olarak bir MIT elemanının günlük rotasını gözlemleyebilmek adına örnek rotalar çıkarılmış, mağaza lokasyonları arasındaki mesafe gözlemlenerek yolda ve mağazada geçen zamanlar üzerinden rota verimlilik analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sonucuna göre rotalardaki kesişen yollar ve bazı rotalardaki mağazalar arasındaki uzun mesafeler MIT elemanının zamanının önemli bir bölümünün yolda geçmesine ve iş yükü dengesiz rotalara neden olmaktadır.

3. Problem Tanımı

3.1 Belirtiler ve şikayetler

Toplamda 120 mağazaya analiz ve zaman etüdü çalışması için yapılan ziyaretler sonucunda, MIT elemanlarının mağaza içinde ve dışında karşılaşması muhtemel sorunlar standartlaştırma ve rotalama başlıkları altında incelenmektedir.

- Standartlaştırma
 - MIT elemanlarına mağaza yönetimince verilen ekstra işler
 - Mağaza sorumlularının MIT elemanının sorumlu olmadığı içecek kategorilerindeki beklentileri ve bu beklentilerin

karşılanması durumunda MIT elemanları arasında artan iş yükü dengesizliği

- Rotalama
 - Mobil MIT elemanlarının mağazaları arasındaki uzun mesafeler ve rotalardaki kesişen yollar
 - Yolda ve mağazada geçirilen zaman arasındaki orantısızlık
 - MIT elemanları arasındaki iş yükü dağılımının eşitsizliği

3.2 Problem tanımı ve ilgili literatür

MIT elemanı sorumluluklarının belirlenmemiş olması ve yapılan işlerdeki yöntem bilgisi eksikliği verimliliği düşürmekte ve mağazada geçmesi gereken sürelerin tahmin edilememesi planlamayı zorlaştırmaktadır. Planlama zorlukları ve sistemsel eksikliklerden dolayı etkin bir rota planının oluşturulamaması ise zaman kaybına, MIT elemanları arasında dengesiz iş yükü dağılımına ve planlanan rotalara uyumun düşük olmasına sebep olmaktadır. Belirlenen problem tanımı doğrultusunda proje “standartlaştırma” ve “rotalama” olmak üzere iki ana kola ayrılmıştır. Çözüm yaklaşımlarının belirlenmesinden sonra literatür taraması ile başlayan proje süreci, çözüm önerilerinin geliştirilmesi ve pilot uygulamaların başlatılması şeklinde devam etmiştir. Standartlaştırma kolunda elde edilen sonuçlar rotalama için önemli bir girdi oluşturduğu için öncelik standartlaştırmaya verilmiştir.

Standartlaştırma kolunda iş standardının oluşturulması ve ilgili zamanların hesaplanması amaçları için hareket ve zaman etüdü çalışmaları incelenmiştir. Bir işçinin gerçekleştirdiği her aktivite için harcanan zamanı tespit edebilmek ve standart bir günün işini bulabilmek amacıyla kronometre ile ölçüm yapan Frederick W. Taylor süreçlerin zaman ve iş etüdü çalışmaları için bir başlangıç noktası oluşturmuştur. Bon ve Ariffin (2007) yaptıkları çalışmada, bir organizasyondaki iş süreçlerinin geliştirilmesi için gereksiz veya uzun süren operasyonların tespit edilmesini ve tespit edilen bu operasyonların analiz edilmesi sonucunda daha verimli bir iş süreci tasarlanmasını amaçlamıştır. Tespit aşamasında yapılan zaman etüdü çalışmalarında “kronometre zaman ölçümü”, “uzman görüşü standartları”, “önceden saptanmış zaman standartları” ve “iş örnekleme zaman standartları” çizelgelerinden yararlanılmıştır. Öte yandan, bir görevin uygulanmasında en iyi yöntemin bulunması için “akış diyagramları”, “operasyon çizelgeleri”, ve “iş akış çizelgeleri” gibi iş etüdü tekniklerinden yararlanılmıştır. Yapılan bu araştırmalar projemizde kullanabileceğimiz araçlar için önemli bir referans oluşturmuştur.

Projenin ikinci adımı olan rota planlaması için gerçekleştirilen literatür taramalarında en sık kullanılan modellerin Gezin Satıcı Problemi (GSP) ve Araç Rotalama Problemi (ARP) olduğu gözlemlenmiştir. Araç Rotalama Problemi'nin topla-ulaştır, son giren ilk

çıkar, zaman pencereli, periyodik gibi farklı varyasyonlara sahip olmasından dolayı projemizde yer alan rotalama sorunu çözümü için bu problemi uyarlamanın uygun olacağı düşünülmüştür.

Kurulacak olan sistemde mağaza ziyaret günleri için frekans ve planlama periyodu belirlenmesi gerektiği görülmüştür. Bu nedenle ARP'nin bir varyasyonu olan Periyodik-ARP yöntemleri araştırılmıştır. Bu kapsamda Coene vd. (2008) T periyodunda belirli frekanslarla müşterilerin ziyaret edilmesi gerektiği görüşü ve Francis ve Smilowitz'in (2006) frekans kararının bir karar değişkeni olarak kullanılması görüşleri incelenmiştir. Öte yandan proje dahilindeki problemin ARP'de tanımlı olarak verilen depo lokasyonlarına karar verilmesi aşamasını içerdiği farkedilmiştir. Literatürde yapılan araştırmalar sonucunda Tesis Lokasyonu Problemi (TLP) ve ARP'nin bir kombinasyonu olarak görülen Lokasyon Rotalama Problemi'nin daha uygun bir model olduğu görülmüştür. Bu amaçla Wu vd. (2002), Belenguer vd. (2011) ve Barreto vd. (2007)'nin önerdiği modeller, Clarke & Wright gibi sezgisel metodlar incelenmiştir. Bu çalışmalarda önerilen metodlar üzerinde sistemin gerektirdiği uyarlama ve varyasyonların kullanılması kararlaştırılmıştır.

4. İzlenen Yöntem ve Uygulamaları

Standartlaştırma ve rotalama adı altında iki ana kola ayrılan problemi çözmek için geliştirilen yöntemler de aynı başlıklar altında incelenmiştir. Standartlaştırma için öncelikle yapılan gözlemlere ve uzman görüşlerine dayalı standart iş tanımının oluşturulması ve ideal zamanların belirlenmesi, sonrasında ise çıkan iade ürün miktarını azaltmayı sağlayan standart iş akışının tasarlanması planlanmıştır. Rotalama için ise iş yükü dengesini ve verimliliği etkileyebilecek değişkenler analiz edilerek müşterilerin gruplara ayrılması, mağazaların MIT elemanlarına atanması ve rotanın belirlenmesi süreçlerinin iyileştirilmesine karar verilmiştir.

4.1 Standart iş tanımları & akışları

MIT elemanı sorumluluklarının belirlenmesi ve standart iş akışı dahilinde birleştirilmesi iş verimliliğinin ve kalitesinin artırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca çalışan eğitimini, denetimi ve planlamayı kolaylaştırmaktadır. Bu kapsamda MIT elemanları standart iş tanımları ve gerekli ideal zamanlar belirlenmiş, iş akışı tasarlanarak benzetim modeli ile test edilmiş ve MIT elemanlarına rehber olması amacıyla takip defter hazırlanmıştır.

4.1.1 Standart iş tanımlarının & ideal zamanların belirlenmesi

MIT elemanının mağaza içerisindeki standart işlerinin ve bu işlerin gerçek zamanlarının belirlenmesi için 60 farklı mağaza ziyareti yapılarak süregelmekte olan süreç gözlemlenmiştir. Bu gözlemlere ek olarak MIT elemanları ve şefleri ile yapılan görüşmeler de baz alınarak

MIT elemanının standart iş tanımı belirlenmiş, tanzim teşhir genel hedefleri de göz önünde bulundurularak MIT Elemanı Sorumluluk Tablosu oluşturulmuş ve firma tarafından kabul görmüştür (Ek 1).

İkinci adım olarak, iş tanımındaki aktivitelerin gerçek zamanlarını sahada ölçmek adına 30 mağazada zaman etüdü çalışması gerçekleştirilmiştir. Her aktivite için elde edilen veriler analiz edilerek ortalama gerekli zamanlar hesaplanmış ve her mağazanın iş yüküne göre gerekli zamanı tahmin edebilmek adına hesaplanan ortalama zamanların stant türü, soğutucu ve rafa göre ölçeklendirilmesi yapılmıştır. Bu bilgiler ışığında mağaza içerisinde bulunan raf, soğutucu kapak sayısı, stant sayısı ve türlerini, ek olarak kurulması planlanan stant türü ve sayılarını girdi olarak alan Mağaza Zaman Hesaplama Cetveli yazılımı geliştirilmiştir. Yazılım yöneticiye mağaza içerisinde bulunan soğutucu, teşhir, raf sayıları, stant türleri gibi değişkenlere bağlı olarak mağazada geçirilmesi gereken ortalama süreyi veren ve planlamayı kolaylaştıran bir sistem olarak tasarlanmıştır (Ek 2).

4.1.2 İş akışı tasarımı: İtmeli sistem

Önerilen sistemde, MIT elemanının iş tanımı doğrultusunda mağaza içerisindeki iş akışını standart ve daha verimli hale getirmenin yanı sıra SKT (Son Kullanma Tarihi)'nden kaynaklı iade ürün miktarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla istasyonlarda SKT kaynaklı çıkan iade ürün miktarları ve müşteri davranışları incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda en fazla satışın soğutuculardan gerçekleştiği, bu nedenle ürün devir hızının fazla olduğu ve SKT'den kaynaklı iade ürün miktarının stantlara göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple yeni iş akışında soğutucunun depodaki yeni ürünler yerine sırasıyla mağaza içerisindeki stantlardan doldurulması önerilmiştir. Böylelikle "İtmeli Sistem" diye adlandırılan yeni akış ile teşhirdeki tüm ürünlerin soğutucuya doğru bir akış izlemesi ve öncelikle SKT'sine daha az kalmış ürünlerin satılması sağlanmıştır. MIT elemanının her istasyondaki sorumlulukları hem standardı sağlamak hem de verimliliği artırmak adına etiket kontrolü, iade ürün kontrolü, önceki istasyonlara ürün taşınması ve eksiklerin not edilmesi olarak sıralanmıştır. Ayrıca yeni iş akışında MIT elemanı son kullanma tarihi gelmiş ürünleri her bir istasyondan ayrı ayrı depoya taşımak yerine, tüm ürünleri geçici depolama alanı olarak belirlediği istasyonların yanlarına tüm istasyon kontrolleri bitene kadar bırakmakta, depoya yeni ürün almak için giderken onları da depo iade alanına taşımaktadır. Bu sayede MIT elemanının gereksiz iş yükünün önüne geçilmiş ve ilk giren ilk çıkar prensibinin mağaza içerisindeki ürün akışına uygulanmasıyla SKT'den kaynaklı iade oranları düşürülmüştür (Ek 3). Yeni iş akışı sahada denenmeye başlamış ve olumlu geri dönüşler alınmıştır.

4.1.3 Benzetim modeli

Önerilen sistemin performansı test edilmeden uygulamaya geçmesi uygun olmayacağından önerilen iş akışının sunulabilmesi ve performansının ölçülebilmesi için benzetim modeli kullanılmasına karar verilmiştir. Öncelikle sistemin benzetim modeli üzerinden ifade edilebilirliğini test etmek için mevcut akışın benzetim modeli geliştirilmiş ve uygunluk testlerinden olumlu sonuç alınmıştır. Sonrasında yeni sistem için mağaza bilgisini raf sayısı, stant sayısı, soğutucu kapak sayısı, istasyonlar arası mesafe ve istasyon devir hızı şeklinde alan yeni sistemin benzetim modeli geliştirilmiştir. Modeldeki zaman bilgisi ideal zamanlardan ve önceden saptanmış zaman standartlarından gelmektedir. Yeni iş akışının zaman artışına sebep olup olmayacağı ve SKT'den kaynaklı iade ürün miktarını ne ölçüde azaltacağını görmek için farklı müşteri gruplarından üç farklı mağaza bilgisiyle benzetim modeli çalıştırılmıştır. Karşılaştırmalı analizler sonucunda zaman anlamında bir artış olmayacağı görülmüş ve yeni iş akışının kullanılmasına karar verilmiştir. Mevsimsel etkiler değerlendirilemediği için kesin sonuç verilmesi mümkün olmamakla beraber SKT'den kaynaklı iade ürün miktarının %20 oranında azalması öngörülmüştür. Geliştirilen esnek benzetim modeli her mağazada geçirilmesi gereken zamanların ayrı ayrı hesaplanmasını sağlamakta ve her aktivite özelinde harcanan zaman bilgisini gösterebilmektedir.

4.1.4 İş akışında yenilikçi çözüm- takip defter

MIT elemanlarının mağaza içinde geçirdikleri zamanı daha verimli hale getirmek ve tüm elemanların belirli bir standardı izlemelerini sağlamak amacıyla MIT Elemanı İş Takip Defteri önerisi sunulmuştur. Bu defter ile MIT elemanı her mağazada yapması gereken temel işleri takip edebilmekte, ek olarak unutmama, gözden kaçırma gibi sorunların önüne geçebilmektedir. Defter içerisinde bulunan MIT elemanı sorumlulukları sayfası ile elemanlarının her zaman görevlerinin farkında olmaları amaçlanmıştır. CCI'nin satış destekleme operasyonlarını değerlendirmede önem teşkil eden ve mağaza bazlı farklılık gösterebildiği için deftere eklenen RED kriterleri de MIT elemanının görev ve sorumluluklarını kusursuz uygulayabilmesine olanak sağlamaktadır. Defterde bulunan krokiler ise MIT elemanının her an mağazadaymış gibi olası tanzim-teşhir aktivitelerini gözden geçirmesi amacıyla eklenmiştir (Ek 4). Mağaza Takip Defteri pilot olarak bazı bölgelerde kullanılmaya başlanmıştır.

4.2 Rotalama sistemi

Müşteri, mağaza büyüklüğü, satış hacmi, mağazanın konumu gibi çeşitli etkenler mağazada geçirilmesi gereken ve yolda geçen süreyi etkilemekte bu nedenle şeflere ve MIT elemanlarına mağaza sayısı esas alınarak yapılan iş yükü ataması dengeli sonuçlar sağlayamamaktadır.

Sonuç olarak, esnek bir karar destek sisteminin olmaması yıl içerisinde iş yükü dengeli olmayan verimsiz rotalarda çalışılması sonucunu doğurmaktadır. Bu olumsuzlukları gidermek için Ankara Yerel Satış kanalındaki 10 müşteri ve 307 mağaza rotalama sistemine dahil edilerek rota planı çıkarılmıştır.

4.2.1 Rotalama algoritması

Problem girdilerinin çok fazla olması sebebiyle her aşamanın optimum çözüme ulaştırılmasının pratik kullanım sağlamayacağı öngörülerek sezgisel yöntemler ve matematiksel modelleri birlikte kullanan bir algoritma geliştirilmesine karar verilmiştir. İlgili algoritma Java programlama dili ve Gurobi Optimizer desteğiyle kodlanarak dinamik karar destek sistemi oluşturulmuştur. Sistemin incelenmesi sonucu rota etkinliğini etkileyebilecek müşterilerin şeflere atanması, bölgesel kümeleme ile MIT elemanlarına mağaza atanması ve son rotaların oluşturulması aşamalarının iyileştirilmesine karar verilmiştir. Ayrıca müşteri ilişkilerinin önemi göz önünde bulundurularak mağazaların her ziyaret gününde aynı MIT elemanı tarafından ziyaret edilmesi planlanmıştır. Müşterilerin şeflere atanması genetik bir algoritma olan mutasyonlarla iyileştirilmektedir. Bölgesel kümeleme için literatürde kullanılan Clarke & Wright algoritması incelenmiş fakat pratikte 50 noktaya kadar çözüm verdiği ve aynı mağazaya her ziyaret gününde aynı MIT elemanının atanma şartını kontrol etmediği için uygun bulunmamıştır. Bu nedenle proje ekibi tarafından bir yerel arama algoritması geliştirilmiştir. İlgili algortimada en dıştaki mağazadan başlayarak küme oluşturulmakta ve kümedeki mağazalardan herhangi birine en yakın uzaklıktaki mağaza eklenerek küme genişletilmektedir. MIT elemanı belirlenen mağazalar bir sonraki ziyaret günü için aynı MIT elemanının kümesine direkt olarak eklenmektedir. Her yeni mağaza ekleme kararında oluşturulan küme matematiksel modele gönderilerek sistem kısıtları kontrol edilmekte ve optimum rota planı belirlenmektedir. Geliştirilen yerel arama algoritması ve matematiksel modelin yinelemeli döngüsüyle tüm rota planları oluşturulmaktadır.

Geliştirilen algoritma mağazalar arası uzaklık matrisi, müşteri mağaza eşlemesi, mağazalarda bulunan soğutucu kapak sayısı, stant ve mağaza ziyaret günleri bilgilerini girdi olarak almaktadır. Sonuç olarak müşteri gruplaması, gerekli MIT elemanı sayısı ve her birinin her gün için rotasını vermektedir. Algoritma sonuçlarının değerlendirilmesi için MIT elemanlarının yolda geçirdikleri sürenin ve günlük toplam çalışma saatinden sapmaların ortalama karesel hataları, rotadaki komşu iki mağaza arasındaki en uzak mesafe ölçütleri kullanılmıştır. Rotalama için kullanılan algoritmanın kavramsal modeli Ek 6'da görülebilir.

4.2.2 Dinamik karar destek sistemi kullanımı

Geliştirilen algoritmanın Java programlama dili ile kodlanmasıyla rotalama için dinamik karar destek sistemi oluşturulmuştur. Mağazalar arası uzaklıklar, müşteri mağaza eşlemeleri, mağazada bulunan soğutucu kapak sayısı, stant türleri ve sayıları gibi sistem parametreleri belirlenen format üzerinden dosyadan okunmaktadır. Bu sayede olası değişikliklerde ilgili verilerin güncellenmesi yeterli olmaktadır. İlk kullanıcı ekranında görülen her içecek kategorisindeki şef sayısı karar değişkeni ise kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Sistemin önerdiği rota planı şef, MIT elemanı ve gün seçilerek tüm rotalar bir çıktı dosyasında rapor olarak sunulmaktadır (Ek 5). MIT elemanları rotalarının çok sık değişmesinin de performansı ve mağaza sorumluları ile geliştirilen ilişkileri olumsuz etkileyeceği öngörülerek üç aylık periyodlarla rota güncelleme yapılması önerilmiştir.

5. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

Coca-Cola ürünlerinin satışına önemli ölçüde destek veren MIT elemanlarının iş süreçlerini iyileştirmeyi amaçlayan proje çıktılarımız problemlere etkin ve pratik çözümler sunmaktadır. Projenin standartlaştırma kolunun ana çıktılarından olan MIT Elemanı Sorumluluk Tablosu ve tasarlanan Mağaza İçi İdeal İş Akışı MIT elemanlarının iş verimliliklerini artırmış ve SKT'den kaynaklı ürün kayıplarının azaltılmasına önemli katkı sağlamıştır. Hazırlanan Mağaza Zaman Hesaplama Cetveli ile her mağazada harcanması gereken süreler tahmin edilebilir hale gelmiş ve planlama zorluklarının önüne geçilmiştir. MIT elemanlarının mesai saatleri içinde yanlarında bulundurması için tasarlanmış İş Takip Defteri ile çalışma esnasında gerekli görev bilinciyle hareket etmeleri sağlanmıştır. Tüm bu çıktılar/çalışmalar 01.03.2012 tarihinde CCI yetkilileriyle yapılan toplantıda sunulmuş çözüm önerilerimizin gerekli tanım, zaman ve akışları sağlayarak iş verimliliğini artırdığı kabul edilmiştir ve önerilen çözümler MIT elemanları arasında da kabul görmüştür. İş tanımı ve rotalama eksikliklerinin giderilmesiyle yeni MIT elemanı ve mağazaların var olan sisteme adapte edilmesinde karşılaşılan sorunlar çözüme kavuşturulmuştur. Proje çıktılarımızdan MIT İş Takip Defteri sahada uygulanmaya başlanmış ve olumlu geri dönüşler alınmıştır. Standartlaştırmanın bir diğer çıktısı olan Mağaza Zaman Hesaplama Cetveli CCI tarafından onaylanmış ve kullanılmaya hazırlanmaktadır. Rotalama karar destek sisteminin denenmesi için gerçek stant ve ziyaret günü verileri bulunan 10 müşteriye ait 307 mağaza için sistem çözülmüş ve gerekli MIT elemanı sayısı 16'dan 15'e inmiştir. Rotalama için oluşturulan karar destek sisteminin Ankara Yerel Satış Kanalı'ndaki tüm mağazalar arası uzaklık matrisinin elde edilmesiyle yeni dönemde uygulamaya geçmesi planlanmaktadır.

KAYNAKÇA


- Barreto, S. 2007. "Using clustering analysis in a capacitated location routing problem" *European Journal of Operational Research*, 179(3), 968-977.
- Belenguer, J. 2011. "A Branch and Cut Method for the capacitated location routing problem", *Computers and Operations Research*, 38(6), 931-941.
- Bon Abdul, T., Ariffin A. 2007. "An impact time motion study on small medium enterprise organization", Web Magazine, http://uthm.academia.edu/abdultalibbon/Papers/1313942/AN_IMPACT_TIME_MOTION_STUDY_ON_SMALL_MEDIUM_ENTERPRISE_ORGANIZATION. Son erişim tarihi: 8 Ocak 2012.
- Coene, S., Arnout, A., Spieksma, F.C.R. 2008. "The Periodic Vehicle Routing Problem: A Case Study" *JORS*, 1-10.
- Francis, P., Smilowitz K. 2006. "Modeling Techniques for Periodic Vehicle Routing Problems", *Transportation Research, Bölüm B* 40, 872-884.
- Wu, Tai-Hsi., Low, C. , Bai, J. 2002. "Heuristic Solutions to Multi-depot Location Routing Problem", *Computers and Operations Research*, 29(10), 1393-1415.

EKLER

Ek 1. Önerilen MIT elemanı sorumluluk tablosu

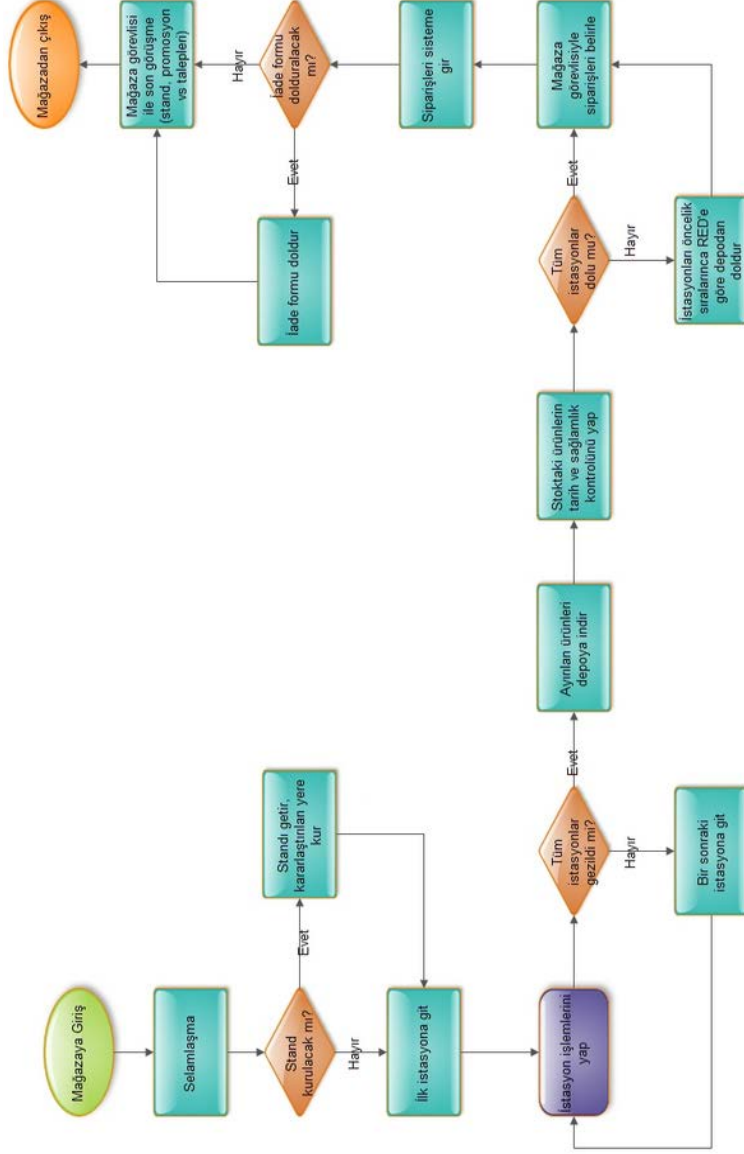
| Envanter | Yerleşim | Sunum |
|--|--|--|
| Tüm soğutucu, dolap ve rafların doluluğunu sağlamak | Ürün görünürlüğünü sağlayacak ideal stant konumları belirlemek | Ürünleri soğutucu, raf ve stantlara belirlenmiş tanzim teşhir kurallarına göre yerleştirmek |
| Stok durumunu ve promosyonları göz önünde bulundurarak her SKU nun siparişini vermek, verilmesini sağlamak | Belirlenen konumlara uygun stant ve ürünleri yerleştirmek | Marka görünürlüğü sağlamak |
| Son kullanma tarihi yaklaşmış ve zarar görmüş ürünleri envanterden ayırmak, ilgili iade formunu doldurmak | Mağaza içerisindeki promosyon aktivitelerinin vurgulanması | Promosyon ve kampanyaları fark edilebilir kılmak için uygun ve güncel materyalleri kullanmak |
| SKT nedeniyle meydana gelebilecek kayıpların önlenmesi için soğutucu, stant, raf ve depodaki stok rotasyonunu sağlamak | Ürünlerin kolay erişebilir olmasını sağlamak | Her ürün, promosyon ve indirim için uygun etiketleri kullanmak |
| | | Hedeflenen satış miktarına ulaşmak |

Ek 2. Mağaza zaman hesaplama cetveli arayüz ekran görüntüsü

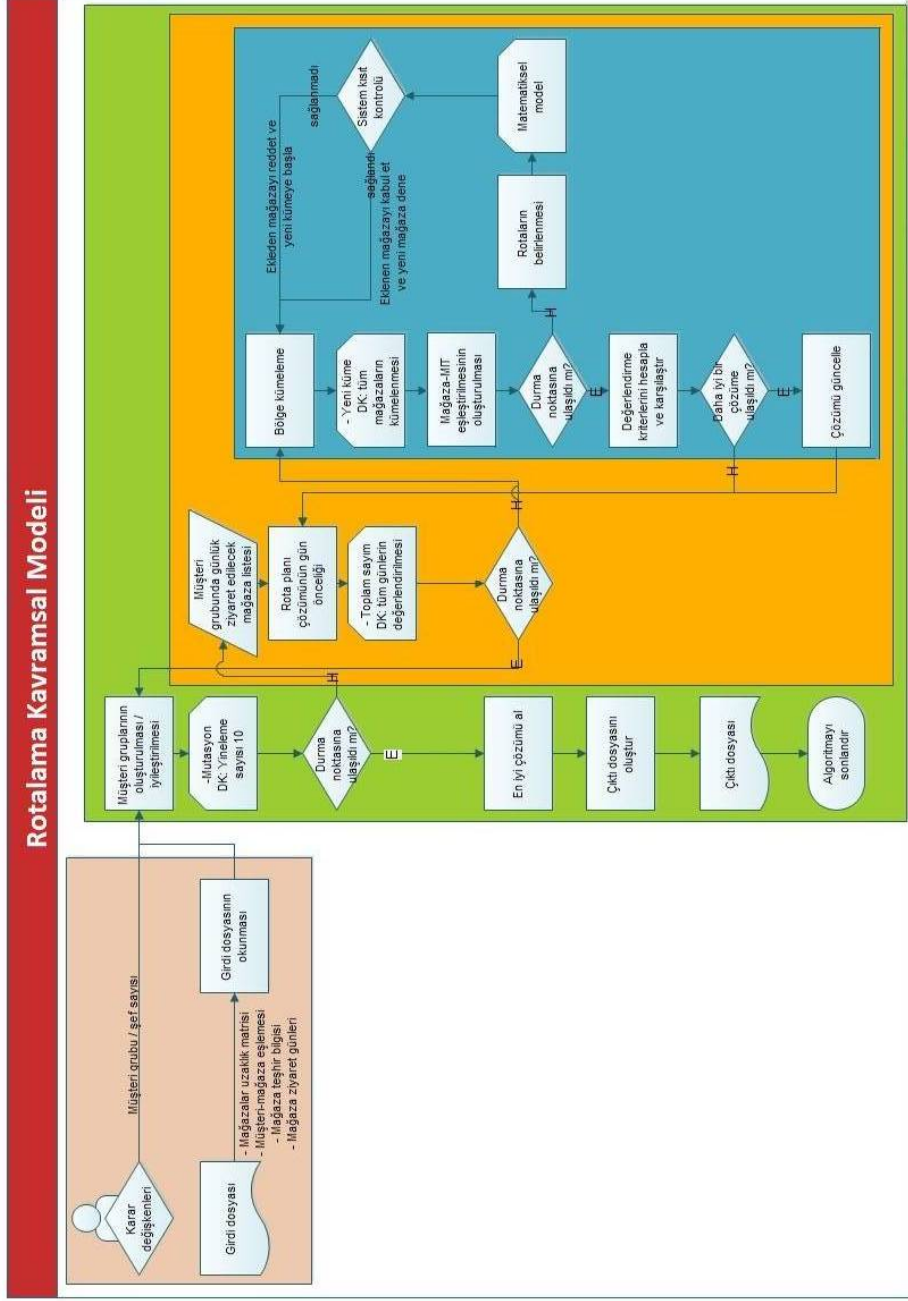

MIT Elemanı İdeal Aktivite Süresi Hesaplama Simülasyonu

| Varolanlar | Kurulacak Standlar |
|---|---|
| Soğutucu SDVC <input type="text" value="0"/> DDVC <input type="text" value="0"/> TDVC <input type="text" value="0"/> | Anadolu <input type="text" value="0"/> Coca-Cola Ege <input type="text" value="0"/> Pötikare <input type="text" value="0"/> Hirsız <input type="text" value="0"/> |
| Coca-Cola Anadolu <input type="text" value="0"/> Ege <input type="text" value="0"/> Pötikare <input type="text" value="0"/> Hirsız <input type="text" value="0"/> | Cappy Anadolu <input type="text" value="0"/> Pötikare <input type="text" value="0"/> Hirsız <input type="text" value="0"/> Petek <input type="text" value="0"/> |
| Cappy Anadolu <input type="text" value="0"/> Pötikare <input type="text" value="0"/> Hirsız <input type="text" value="0"/> Petek <input type="text" value="0"/> | MIT Tipi <input type="text" value="Still"/> |
| Raf Sayısı <input type="text" value="0"/> | <input type="button" value="Hesapla"/> Bu MIT elemanın mağazada harcaması planlanan ortalama süre <input type="text" value="0"/> dakikadır. |

Ek 3. Önerilen MIT elemanı mağaza içi iş akışı



Ek 6. Kavramsal model



TPM Uygulamaları ve Veri İzleme Sistemi

Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş.

Proje Ekibi

F. Müge Aydın

Hande Dilek

Elif Çağla Dinç

Cansu Kapanşahin

Zeynep Nurdağ

Tarhan Gürhan Özesenli

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanı

Ebru Kaya Yaşar

Üretim Mühendisi

Akademik Danışman

Prof.Dr. M.Selim Aktürk

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Doğadan A.Ş.'de, Toplam Üretken Bakım çalışmaları kapsamında üretim raporlarına kaydedilmiş olan verilerin analiz edilip, gerekli aksiyonların alınması noktasında mevcut sistemin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu projenin amacı, sistematik ve düzenli veri toplama sistemi oluşturarak performansın doğru tespit edilmesini sağlamaktır. Veri toplama sistemi, veri görselleştirme ve makine arızı duruşlarını azaltma amaçlı oluşturulan bakım modülü ile desteklenmiştir. Veri görselleştirme sistemi, kullanıcıya çeşitli grafik ve raporlama olanakları sunarak verileri analiz etme imkanı sağlamakta olup, bakım modülü makinelerin güvenilirliğini ve üretime katkılarını artırmayı amaçlamıştır. Projemiz dahilinde TPM (Toplam Üretken Bakım) yöntemlerinden ve veri görselleştirme yöntemlerinden yararlanmak üzere literatür taraması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Toplam Üretken Bakım, veri tabanı, kullanıcı arayüzü, bakım, veri izleme.

1. Şirket Tanıtımı

1975 yılında eczacı Nevzat Karpuzcu tarafından kurulan Doğadan şirketi Türkiye'nin ilk poşet çay ve bitki çayı üreticisi konumundadır. Lideri olduğu bitki ve meyve çayları pazarında %60'lık paya sahiptir. Günümüzde Ankara Akyurt'ta bulunan modern üretim tesisinde siyah çay, yeşil çay, ve bitki-meyve çay üretimi yapılmaktadır. Bu tesiste 75 saha çalışanı ve 45 ofis çalışanı bulunmaktadır. Kullanılan ham maddeler beş kıta ve 80 ülkeden kontrollü tarımla elde edilmektedir. Tesiste Stok-için-Üret üretim sistemi uygulanmaktadır. Yüksek kalitede ve standartta ürün üretmek için ISO 9001, FSSC 22000, ISO 14001 ve OHSAS 18001 yönetim sistemleri benimsenmiştir. Doğadan şirketi, ürünlerini hem yerel pazarda hem de dış pazarda sunmaktadır.

2. Projenin Tanımı ve Firmanın Beklentileri

2.1 Proje tanımı

“TPM Uygulamaları ve Veri İzleme Sistemi” projesi üretime ait verilerin düzenli ve tutarlı bir şekilde tutulduktan sonra görselleştirilerek üretim performans analizlerinin doğru bir şekilde yapılması ve bu sayede makine arıza duruşlarının en aza indirgenmesi esaslarına dayanır. Bu plansız makine duruşlarının kök sebepleri, var olan veri tabanı sistemiyle tespit edilemediğinden, verimlilikleri arttırmak amacı ile arızalara müdahale aşamasında yapılan çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Makine arıza duruşlarına ait verilerin eksiksiz ve düzenli tutulmasıyla kök sebepler belirlenebilir hale getirilmiş ve görselleştirmeyi amaç edinen kullanıcı arayüzü ile bu verilerin analizi ve yorumlanması kolaylaştırılmıştır. Buna ek olarak, veri tabanına eklenen bakım modülü ile makinelerin uzun vadede kullanımını ve güvenilirliğini artırarak, makinelerin üretime yüksek seviyede katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2.2 Firmanın beklentileri

Üretim verilerinin sistematik toplanması, performans göstergelerinin izlenmesi ve görselleştirilmesi Doğadan'ın proje kapsamındaki öncelikli beklentisidir. Makine arıza alt duruşlarının incelenmesi ve azaltılması, bu duruşlara uygun bir ortak dil oluşturulması, ofis ve saha çalışanlarının TPM sonuçlarının yorumlanmasında farkındalıklarının artırılması projenin diğer beklentilerindedir.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

3.1.1 Mevcut sistemin yapısı

Doğadan Akyurt fabrikasında üretim bölümleri siyah çay için ayrı bitki çayları için ayrı olmak üzere iki ana bölüme ayrılmıştır. Bu şekilde bir ayrıma gidilmesinin sebebi ise çay kokularının birbirine karışmasını önlemektir. Bitki çayları yurtiçi ve yurtdışından tedarik edilirken; siyah

ay Doğadan'ın anlaşmalı tarım uygulamaları kapsamında Karadeniz Bölgesi'ndeki çay üreticilerinden tedarik edilerek işlenir. Mevcut sistemde üretim, altı gün, 24 saat boyunca devam etmektedir ve bir günde üç vardiya bulunmaktadır. Her bir makine operatörü aynı zamanda makinenin otonom bakım ekibinde yer alır. Çok büyük arızalar haricinde bütün müdahaleler operatör tarafından yapılmaktadır. Firmanın makine verimlilikleri mekanik saatler vasıtasıyla hesaplanmakta ve bu hesaplamalar için şu formül kullanılmaktadır:

$$\text{alışılabilirlik Oranı} \times \text{Performans Oranı} \times \text{Kaliteli Ürün Oranı}$$

Mekanik saat özelliğinin yanı sıra, duruş olduğu zaman her makine önceden tanımlanmış duruş kodunu led ekranda göstererek operatörü bilgilendirmektedir. Genel olarak iki tip ana duruş vardır: planlı duruşlar ve arızı duruşlar. Planlı duruşlar, periyodik bakım ve malzeme değişikliği gibi beklenen duruşlardır. Arızı duruşlar ise makine veya malzeme kaynaklı ani ve kronik duruşlar olup sistem verimliliğini düşüren en önemli sebeplerdir. Mevcut sistemde periyodik bakım ve parça değişimi ile ilgili bütün bilgiler Microsoft Excel dosyalarında manuel bir biçimde tutulmaktadır. Yaklaşan bakım tarihleri her parça için ayrı ayrı hesaplanmakta ve bu tarihlerin sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir.

3.1.2 Belirtiler ve şikayetler

Şirket yetkilileriyle yapılan görüşmeler ve sistemin detaylıca analiz edilmesi sonucu şikayetler ve bu şikayetlerin sebebini oluşturan belirtiler şu şekilde saptanmıştır:

- Plansız arızı duruşların sıklığı.
- Makinelerin duruşlar için genel bir hata kodu göstermesine rağmen detaylandırılmış alt kodlarının bulunmaması.
- Alt duruş kodlarının eksikliğinden dolayı operatörlerin duruşları sistematik bir biçimde raporlayamaması.
- Makinelerin periyodik bakım tarihlerini tutan bir veri tabanının olmayışı ve dolayısı ile makinelerin bakım, yedek parça bilgilerine erişim zorluğu.
- Veri tabanıyla birlikte çalışan ve verileri yorumlamayı kolaylaştırıp belirli bir sorun hakkında karar almayı kolaylaştıracak bir veri görselleştirme sistemi eksikliği.
- Mevcut TPM uygulamalarının geliştirilmeye açık yönlerinin olması.

3.2 Problem

3.2.1 Problem tanımı

Firmada mevcut belirtiler ve şikayetler doğrultusunda sıklıkla meydana gelen arıza duruşlar hedeflenen verimlilik oranlarına ulaşmayı engellemektedir.

3.2.2 Literatür araştırması

Proje kapsamında daha başarılı çalışmalar yapabilmek ve bakış açımızı genişletebilmek amacıyla; TPM, veri tabanı, veri toplama ve görüntüleme sistemleri hakkında literatür taraması yapılmıştır.

TPM'in sadece bakım stratejisi değil, ayrıca verimliliği artırmak için kapsamlı bir yaklaşım olduğu öğrenilmiştir (Hartmann ve Charles 2001). Doğadan'ın arıza makine duruşlarını azaltmayı amaçladığı; ancak, konuyla ilgili mevcut verilerden analiz yapılmasının zor olduğu gözlemlenmiştir. TPM felsefesinden yola çıkarak bu arıza makine duruşlarının planlı bakımlara dönüştürülmesi amaçlanmıştır. TPM öğretileri operasyona değer katmayan faaliyetlerin en aza indirgenmesi temeline dayalıdır (Quarterman 2009). Bundan dolayı şirkette düzenli tutulmayan verilerin sistemli bir şekilde tutulması gerektiği anlaşılmıştır.

Doğadan'da her operatörün kendi makinesinin bakımından sorumlu olduğu gözlemlenmiştir. Literatür taramamızın da gösterdiği gibi otonom bakım olarak adlandırılan bu durum yine TPM felsefesinden yola çıkılarak uygulanmaktadır (Quarterman 2009). Otonom bakımın seviyesi ve sisteme sağlayacağı kazançlar, operatörlerin eğitimine ve becerilerine bağlıdır.

Doğadan'da operatörlerin veri tutma ve alt sebepleri tanımlama noktasında güçlük yaşadığı gözlemlenmiştir. Konu hakkında yapılan literatür taraması sonuçları toplanan verilerin alt sebep analizlerinin yapılması konusunda gelişmeye açık noktalar olduğunu ve verilerin, arıza duruşların kök sebeplerinin anlaşılmasını da güçleştirdiğini göstermektedir. Literatür araştırmaları sonucunda verilerin eksiksiz, kesin, hassas, güncel ve kullanışlı olması gerektiği anlaşılmıştır (Wireman 2004). Bu tür bilgi, ancak geliştirilmiş bir veri toplama ve görüntüleme sistemi ile elde edilebilir. Şirketin ihtiyaçlarını karşılamak üzere bu sistemler projemizde ayrı iş paketleri altında sunulmuştur.

4. Önerilen Sistem

4.1 Önerilen sistemin girdi ve çıktıları

Sistemin ilk bileşeni olan "Ortak Dil" girdi olarak operatörlerin gün içerisinde makinenin çalışma süresi ile ilgili topladığı verileri kullanır ve bu verilerin düzenli bir şekilde veritabanına girilmesini sağlar. Çıktı olarak kullanıcının düzenli ve detaylı bir üretim raporu elde etmesine yardımcı olurken, üretim departmanına arıza duruşların ana ve alt sebepleri hakkında daha doğru ve kesin bilgiler sunar. İkinci bileşen olan "Bakım Modülü", girdi olarak mevcut sistemde bulunan bakım planlarını kullanır. Bu bakım planlarını sistematik ve zamana bağlı bir

hale sokan sistem, çıktı olarak kontrol bakımı ve parça değişimi listelerini sağlarken aynı zamanda bakımla ilgili makine-ekipman bilgileri, bakım sıklık periyotları gibi bakım planlarında bulunan bir çok bilgiyi de içerir. Sistemin son bileşeni olan “Veri Görselleştirme Arayüzü” girdi olarak Doğadan’ın “Ortak Dil” kullanılarak iyileştirilmiş veritabanını kullanır. Veritabanından gerekli bütün bilgileri performans göstergelerini görselleştirmek üzere kullanan “Veri Görselleştirme Arayüzü”, çıktı olarak kullanıcıya ay ve makine bazında performans göstergelerinin görselleri, makine analizleri, PDF çıktıları ve yıllık genel bakış tabloları sağlar.

4.2 Önerilen sistemin önemli bileşenleri

4.2.1 Ortak dil

Üretimde kullanılan makinelerin kullanım kılavuzu incelendiğinde bir makine duruşunun yaklaşık 130 adet olası sebebi olduğu görülmekte ve led ekran sorununun asıl sebebi yerine makinenin hangi bölümünde sorun çıktığını göstermektedir. Makine operatörleri ise makine durduktan sonra led ekrandaki hata kodu yerine arızayı tanımlayarak duruş kök sebeplerini vardiya formuna yazmaktadır. Bu durum veri toplamada ve veri analizinde sorunlara sebep olmaktadır.

Bu sorunu çözmek için sürekli tekrarlayan arıza duruş sebepleri belirlenerek hepsi ana başlıklar altında toplanmıştır. Daha sonra ana başlıklar altında detaylı bir şekilde bütün kök sebepler belirtilerek bir ortak dil oluşturulmuş ve şirketin hali hazırda kullandığı veri tabanına entegre edilmiştir. Herhangi bir verinin kaybolmaması için eski veri tabanındaki girdiler yeni veri tabanı yapısına uyarlanarak aynen aktarılmıştır. Kullanımda herhangi bir değişikliğe yol açmamak için veri tabanında hiçbir değişiklik yapılmamıştır. Üretim formları da duruş sebeplerinin yukarıda anlatılan kodlama sistemi ile yazılabilmesi için tekrar gözden geçirilmiş ve bu formlara eklemeler yapılmıştır.

Duruş kodlarının yazılı olduğu formlar bütün makinelere asılarak, operatörlerin yeni duruş kodlarına alışma sürecinde hata yapma olasılıklarının azaltılması hedeflenmiştir. Değiştirilen revize edilmiş vardiya formu ve veri tabanı örneği Ek 1 ve Ek 2’den incelenebilir.

4.2.2 Kullanıcı arayüzü

Veri görselleştirme arayüzü, Doğadan’ın performans göstergelerini görselleştirmek, bu görsellere hızlı ulaşımı sağlamak ve makine verimlilik analizine yardımcı olmak amacıyla ilgili verilere veri tabanından ulaşarak, bu verileri düzgün ve kolay anlaşılır görsellere dönüştüren bir programdır.

Bu program, üretim süreçlerinin takibini yapan çalışanlar tarafından kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Şirkette mevcut durumda, günlük veriler toplanarak ilgili çalışan tarafından günün sonunda veritabanına aktarılmakta, yöneticilere ERP sistemine entegre çalışan

bir modül yardımı ile otomatik rapor gitmektedir. Ancak aktarılan verilerin işlenmesinde ve takip edilen performans göstergelerinin hesaplanıp görsellerinin hazırlanmasında vakit kaybedilmektedir. Bu sisteme bir çözüm getirmeyi amaçlayan veri görselleştirme arayüzü, mevcut sistemin işlemlerindeki olası zaman ve veri kaybını önleyerek, performans göstergelerinin görsellerini kullanıcıya hazır hale getirmektedir. Sistem genel olarak üretim takibini yapan çalışanlar için tasarlanmış olmasına rağmen, oluşturulan görseller rapor halinde çıktı alınarak saha çalışanlarının kullanımına; sisteme genel bakışı sağlayan performans göstergelerinin yıllık görselleriyle de üst yönetimin kullanımına açıktır.



Şekil 1. Yıllık performans göstergeleri

Programın oluşturulma aşamasında, performans gösterge verileri veritabanının ilgili kısımlarından alınmış ve Java diliyle kodlanarak verilerin görselleri oluşturulmuş ve bu görseller, kullanıcının kolay erişim sağlayabileceği bir arayüzle kullanıcıya sunulmuştur. Kullanıcı ana giriş sayfasından performans göstergelerinin ay ve makine bazındaki görsellerine, makine analizlerine, rapor çıktılarına ve sisteme genel bakışı sağlayan performans göstergelerinin birlikte gösterildiği yıllık değerlere ulaşabilir. İlgili görseller Ek 3 ve Ek 4'te yer almakta ve performans göstergelerinin yıllık değerleri ise Şekil 1'de görülebilmektedir.

4.2.3 Bakım modülü

Doğadan firmasında makineler aralıksız çalışmaktadır. Makinelerde oluşan arızı duruşları önleyebilmek adına, firma makineler için koruyucu bakım ve parça değişim çizelgesi oluşturmuştur; fakat firmanın otomatik bir bakım programı bulunmamaktadır. Toplanan veriler el ile hesaplanıp, güncelleme işlemi kolay olmayacak şekilde saklanmaktadır. Mevcut sistemde her parça için bakım ve parça değişim tarihleri ilgili personel tarafından Microsoft Excel'de hesaplanmakta ve otomatik olarak gelecek bakım ve değişim tarihini atayan bir sistem bulunmamaktadır. Sistemde çok fazla makine parçası bulunduğu için Excel'e girilmiş verilerin sistematik bir düzende olmaması, TPM felsefesinin etkili bir şekilde uygulanmasını zorlaştırdığı gibi bilgilerin kolaylıkla güncellenememesine, bakım ve değişim tarihlerinin manuel takibine yol açmaktadır. Bu sebeple, mevcut sisteme yeni bir bakım modülü oluşturulmuştur. Bu uyarı sistemi niteliğinde çalışan bakım modülü sayesinde kendi makinesinden sorumlu olan operatör, makinesinin hangi parçasına ne tip bir bakımın veya değişimin ne zaman yapıldığını görme imkanı elde etmiştir. Veritabanında saklanan ekipman ve makine bilgileri, bakım sıklık periyotları ve bakım tipi bilgileri güncellenebilme özelliğine sahiptir.

Bakım modülümüzde iki ayrı ana sayfa bulunmaktadır. Ek 5'te gösterildiği gibi bunlardan ilki kontrol bakımı, diğeri ise parça değişimi başlığı altında gruplandırılmıştır. Bu sayfaların devamında ise kullanıcı; yaklaşan bakım tarihlerini, makine tipini, parça ismini ve son bakım yapan kişinin adını, ya da parçası zamanında değiştirilmemiş veya herhangi bir nedenden dolayı yapılmamış bakım tarihlerini listeleyebilmektedir. Bu sayfa Ek 6'da gösterilmektedir. Bakım modülü sadece makinelerle sınırlı olmayıp, yardımcı tesisleri de kapsamaktadır (arıtma tesisi, kazan, jeneratör gibi). Bakım modülümüzde kullanıcımız belirtilen tarihte bakımı tamamladıysa, listeden bakımını tamamladığı parçanın adını seçip, bakım tarihini ve bakımı yapan kişiyi kendisi olarak güncellemektedir. Daha sonra modülümüz otomatik olarak yaklaşan bakım tarihlerini hesaplayıp ana bakım sayfasında günlük bakım ve parça değişim uyarılarını vermekte ve bakım listelerini son girilen bilgilere göre güncellemektedir. Yaklaşan bakım tarihlerinin gösterildiği ve güncellendiği sayfa Ek 7'de bulunmaktadır. Modülümüz ayrıca MTTR (Mean Time To Repair) ve MTBF (Mean Time Between Failure) hesaplamalarını yapıp bu hesaplamaların görsel bir şekilde kullanıcıya aktarılmasını da sağlamaktadır. MTTR ve MTBF görsellerinin bir örneği Ek 8'de verilmiştir.

5. Önerilen Sistemin Uygulanması

Şirkete talep ve önerileri doğrultusunda birbirlerine bilgi akışı açısından bağlı; fakat farklı ihtiyaçları karşılayan üç iş paketi sunulmuştur. Bu üç iş paketinin şirkette uygulamaya konulabilmesi için

öncelikle gerekli programların kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu iş paketlerini kullanacak çalışanların bilgilendirilmesini amaçlayan kullanıcı kılavuzları, önerilen sistemin nasıl kullanılacağını ve bu iş paketlerinin firmada yapılacak olası değişikliklerde nasıl güncelleneceğini açıklayan eğitimler verilmiştir.

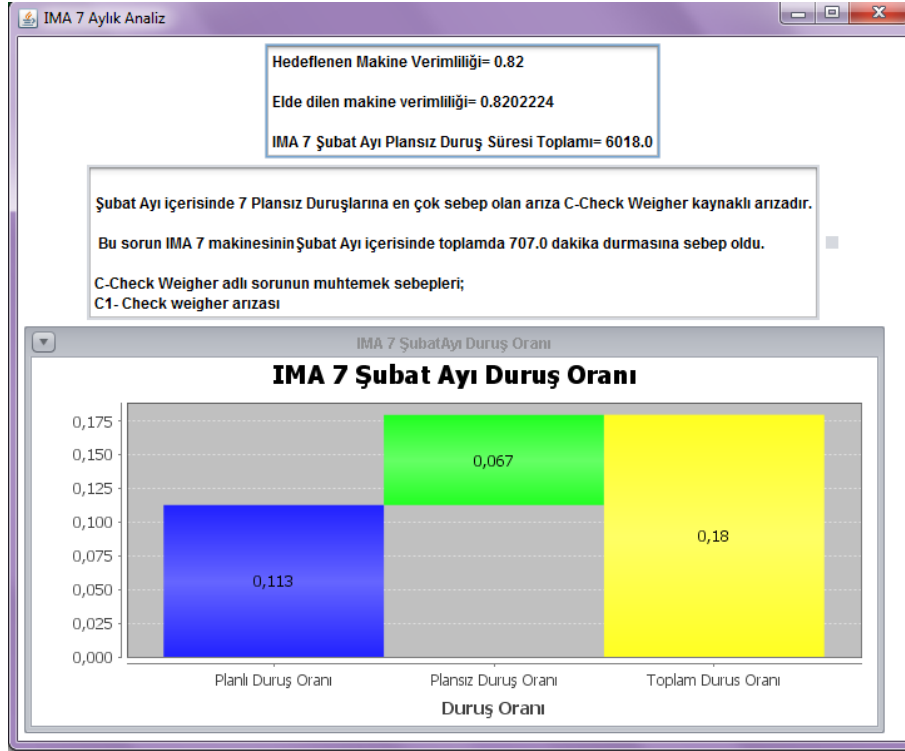
Öncelikle, arızı duruş kodları için oluşturulan ortak dilin, Microsoft Access ile yaratılmış veri tabanına entegre edilmesiyle şirketin kendi sistemlerinde var olan veri tabanının güncellenmesi sağlanmıştır. Ayrıca hazırladığımız ortak dil bilgilendirme formları ilgili makinelere asılmış ve saha çalışanlarının günlük olarak doldurdukları üretim raporları da yeni tanımlamalar doğrultusunda güncellenmiştir.

İkinci paketimiz olarak sunduğumuz Veri Görselleştirme Arayüzü'nün kullanılabilmesi için şirketin ortak sunucusuna Java Geliştirme Paketleri ve Netbeans IDE 7.0.1 yüklenmiştir. Bu bileşen şirket hiyerarşisi içerisinde üretim departmanının kullanımına açılmıştır.

Son olarak, şirkette var olan, üzerinde makine ve üretim verilerinin tutulduğu Microsoft Access veri tabanına makine bakım ve parça değişim modülü entegre edilmiştir. Bu bileşen, şirketin Bilgi Teknolojileri ekibinin desteği ile ilgili ofis çalışanlarının kullanımına açılmıştır.

6. Önerilen Sistemin Getirileri

Sunulan üç iş paketinin şirkete getirileri farklı olup, her biri şirketin farklı ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Oluşturulan ortak dil, makine duruş ana ve alt sebeplerinin vardiya sonunda form üzerinde daha doğru bir şekilde tutulmasını ve veri tabanına geçirilmesini kolaylaştıracaktır. Bu bileşenle, yöneticiler makinelerin hangi alt sebepten durduğunu açıkça görebilecek, bu sayede karar alma aşamasında yapılması gereken analizleri daha hızlı ve etkin bir biçimde tamamlayabileceklerdir. Veri görselleştirme arayüzü sayesinde, kullanıcı ana giriş sayfasından performans göstergelerinin ay ve makine bazındaki görsellerine, makine analizlerine, rapor çıktılarına ve sisteme genel bakışı sağlayan performans göstergelerinin birlikte gösterildiği yıllık değerlere ulaşabilmektedir. Bu arayüz ile şirketin üretim süreci hakkında detaylı bilgiye ulaşılmakta, üretim performans göstergelerine anlık yapılabilmekte ve TPM uygulamaları için gerekli alt yapının geliştirilmesi sağlanmaktadır. Bunlara ek olarak, bu bileşen kapsamında sağlanan makine analizleri uzun vadede üretim sürecinde karar destek sistemine yardımcı bir işlev görmektedir. Makine analizi örneği Şekil 2'de görülebilmektedir.



Şekil 2. Aylık Makine Analizi

Son olarak var olan sisteme entegre şekilde çalışan bakım modülü sayesinde, makine parça bakım ve değişimleri kolayca takip edilip, yapılan bakım ve değişimler doğrultusunda parça ve en son bakımı yapan teknik ekip çalışanı hakkında tutulan veriler otomatik olarak güncellenmektedir. Bakım modülü parça bakımlarının güncel bir şekilde takip edilmesini, makine arıza duruşlarının uzun vadede azalmasını ve buna bağlı olarak da makine verimliliğinin yükselmesini sağlamaktadır. Bakım modülünün sağladığı, hangi bakımın kim tarafından gerçekleştirildiği bilgisi makine operatörü ve teknik ekip çalışanlarının performanslarının değerlendirilmesine de yardımcı olmaktadır. Genel olarak önerilen sisteme bakıldığında, şirket çalışanlarının TPM uygulamaları ve üretim süreci hakkında verilere ulaşmaları kolaylaşacaktır. Böylece ileride yapılacak olan iyileştirmeler için bir taban oluşturan bu sistem, şirketin karar alma mekanizmasını sağlam verilerle destekleyecektir.

7. İleriye Dönük Öneriler

Uygulamaya konulan iş paketleri kapsamında, sistemdeki makine arıza duruş sebepleri alt sebepleri ile tutulacak, performans göstergeleri sürekli olarak takip edilebilecek, makine bakımları sistematik olarak yapıp makine duruşları en aza indirilebilecektir.

Proje kapsamında yapılan bu çalışmalara ek olarak şu önerilerde bulunulabilir:

- Makine duruş sebepleri ve zamanları, gün sonunda toplanmakta ve sisteme girilmektedir. Bunun yerine, üretim hattında her makinenin yanına duruşları ve ilgili zamanları anlık olarak girmeyi, duruşların frekanslarını gözlemeyi ve analiz etmeyi sağlayan bilgisayar programları kurulabilir.
- Mevcut çalışmaların geliştirilebilir bir diğer kısmı ise maliyet analizidir. Bu çalışmalar altında, makine verimlilik analizleri yapılmaktadır; fakat bu değerlere karşılık gelen maliyet bilgilerini tutan sistematik bir bilgisayar programı bulunmamaktadır. Makine duruş bilgilerinin böyle bir programla tutulması şirketin bilgilere daha kolay ulaşmasını sağlayabilir.

8. Genel Değerlendirmeler

şirketin beklentileri veri görselleştirme arayüzü ve ortak dil bileşenleriyle karşılanmış olup, proje tanımına ek olarak oluşturulan bakım modülü ile de bakım ve parça değişim tarihlerinin sistematik takibi sağlanmıştır. Birbirine entegre olmuş bu bileşenler uygulamaya konulmuş ve kullanılmaya başlanmıştır. Projemiz dahilinde gerçekleştirilen bu çalışmalar uyarıcı ve karar süreçlerini kolaylaştıran bir niteliğe sahiptir.

KAYNAKÇA

- Doğadan Gıda Ürünleri Endüstri ve Pazarlama A.Ş., 15.04.2012,
<<http://www.dogadan.com.tr/eng/main.html>>.
- Wireman, T. 2004, “Total Productive Maintenance”, 2.Baskı, Industrial Press, NY, ABD.
- Charles, L., Hartmann, H., (2001). “Total Productive Maintenance”, McGraw Hill, New York, ABD.
- Quarterman, L.P., 2009. “TPM”, Strategos Inc, Kansas, Amerika.

EKLER

Ek 1. Yeniden düzenlenmiş duruş formunun bir kısmı

| Ana Duruş Sebebi | Alt Kodu | Süresi |
|--------------------------|----------|--------|
| 76S - 76 Sacı | | |
| A - Ana Gövde | | |
| B - Broşür Grubu | | |
| C - Check Weigher | | |
| D - DPZ Grubu | | |
| DD - DPZ Dikiş Grubu | | |
| DK - DPZ Katlama Grubu | | |
| DO - Dozaj Grubu | | |
| DT - DPZ Toplaması Grubu | | |
| E - Elektrik | | |
| ET - Etiket Grubu | | |

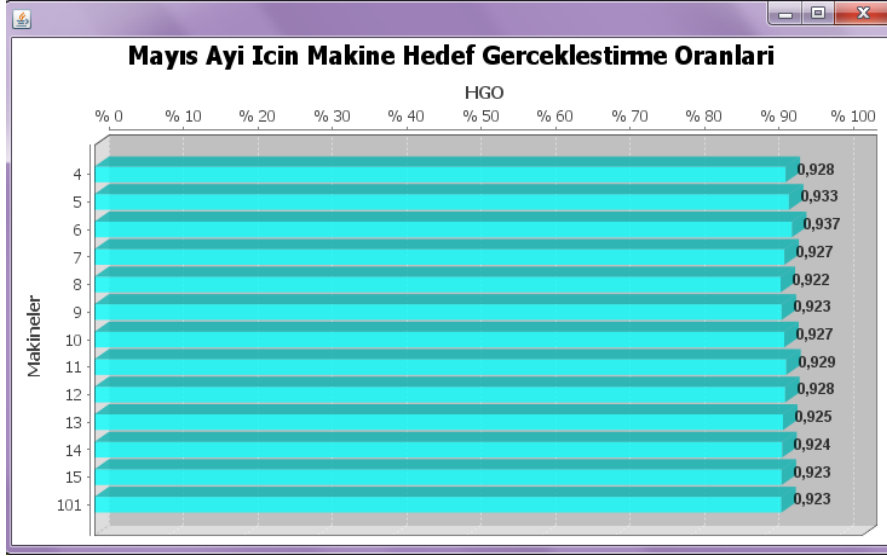
Ek 2. Veri tabanının ortak dile uyarlanmış hali

| | | | |
|--------------------|----|-----------------------|---|
| 76S - 76 Sacı | | | 0 |
| A - Ana Gövde | | | 0 |
| B - Broşür Gr. | | | 0 |
| C - CheckWeigher | | | 0 |
| D - Dpz Gr. | | | 0 |
| DD - Dpz Dikiş Gr. | D1 | Dpz sensör ayan | 0 |
| DK - Dpz Kat. Gr. | D2 | Dpz çekme takozu ayan | 0 |
| DO - Dozaj Gr. | D3 | Dpz sensör ayan | 0 |
| DT - Dpz Top. Gr | | | 0 |
| E - Elektrik | | | 0 |
| ET - Etiket Gr. | | | 0 |

Ek 3. Veri görselleştirme arayüzünün ana giriş sayfası



Ek 4. Aylık bazda incelenen “Hedef Gerçekleştirme Oranı” görseli



Ek 5. Bakım-Değişim ana sayfası

The screenshot shows the 'GünüGeçenler' (Days Passed) page. It features two main sections: 'Kontrol Bakımı Yaklaşanlar' (Upcoming Control Maintenance) and 'Kontrol Bakımı Gecikenler' (Delayed Control Maintenance). Below these sections, there are input fields for 'Başlangıç Tarihi:' (Start Date) and 'Bitiş Tarihi:' (End Date). A 'GERİ' (Back) button is located at the bottom right. The bottom status bar shows 'Kayıt: 1 / 8', 'Filtre Yok', and an 'Ara' (Search) field.

Ek 6. Bakım tarihi geçenlerin bakımını tamamlama sayfası

| ISTIFLEME Geciken Bakım Listesi | | | | |
|---------------------------------|------------|--|---------------|-------------|
| ID | Makine Adı | Parça Adı | Geciken Tarih | Son Bakımcı |
| 342 | Istifleme | Akü su seviyeleri kontrolü | 11/21/2011 | |
| 343 | Istifleme | Aracın özeltemizleme spreyi ile temizlenmesi | 12/14/2011 | |
| 344 | Istifleme | Aracın özel yağlama spreyi ile yağlanması | 12/14/2011 | |
| 345 | Istifleme | Tekerlek aşınma kontrolü | 12/14/2011 | |
| 346 | Istifleme | Kaldırma çatalan hidrolik hortum kontrolü | 12/14/2011 | |
| 347 | Istifleme | Hidrolik yağı kaçak kontrolü | 12/14/2011 | |
| 348 | Istifleme | Yük taşıma kapasite kontrolü | 12/14/2011 | |
| 349 | Istifleme | El freni kontrolü | 11/21/2011 | |
| 350 | Istifleme | Çatal ayakların ileri geri - yukarı aşağı hareket kontrolü | 11/21/2011 | |
| 351 | Istifleme | Aracın hareket ve duruş kontrolleri | 11/21/2011 | |
| 352 | Istifleme | Kaldırma çatalan zincir kontrolü | 11/21/2011 | |
| 353 | Istifleme | Mekanik aksam kontrolü | 12/14/2011 | |
| 354 | Istifleme | Hidrolik kaldırma sistemi kontrolü | 12/14/2011 | |
| 355 | Istifleme | Tekerlek aşınma kontrolü | 12/14/2011 | |

Bakımcı Adı:

Bakım Tarihi: Başlangıç Saati: Bitiş Saati:

Not:

Ek 7. Yaklaşan bakım tarihlerini gösteren ve güncellemelerin yapıldığı sayfa

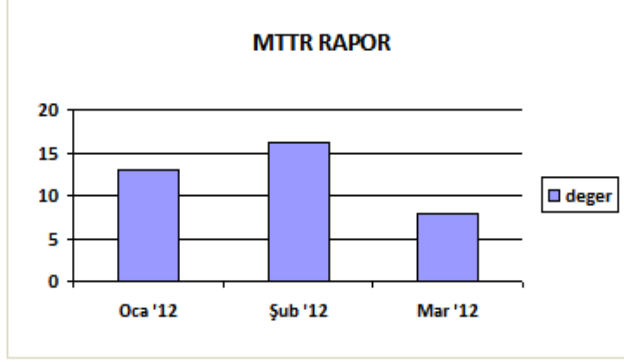
| YAKLAŞAN BAKIM LİSTESİ | | | | |
|------------------------|------------|---|----------------|---------------------|
| ID | Makine Adı | Parça Adı | Yaklaşan Tarih | Son Bakımcı |
| 1 | Setelefon | BİÇAK GRUBU | 22.05.2012 | Ferit Merdan |
| 2 | Setelefon | AÇMA BANDI GRUBU | 10.05.2012 | |
| 3 | Setelefon | ARKA KAM GRUBU | 10.05.2012 | |
| 4 | Setelefon | ARKA ZİNCİR DİŞLİ GRUBU | 10.05.2012 | |
| 5 | Setelefon | ELEVATÖR GRUBU | 10.05.2012 | |
| 6 | Setelefon | GRİPPER GRUBU | 18.07.2012 | Ahmet Çalışkan |
| 7 | İMA3 | C 23 orijinal varyatör kasnak | 01.05.2012 | Faruk Usta |
| 10 | İMA3 | varyatör kasnak kağış (37*10*1250 Li) | 01.05.2012 | Bilal Ünal |
| 12 | İMA3 | Dpt. Dişli sol siyah gövde. | 14.05.2012 | Ümit Özsoy |
| 17 | İMA3 | Dpt. Dişli dişlisi sol ön. (segman takılan)GRUP | 13.05.2012 | Faruk Usta |
| 37 | İMA3 | Dpt. Cimbız üst çene. (Hareketli olan) | 08.05.2012 | Selami Kaymakçıoğlu |
| 38 | İMA3 | Dpt. Cimbız alt çene. (Sabit olan) | 22.05.2012 | Yakup Çalışkan |
| 41 | İMA3 | Envelop transfer cimbız mil (C20080070) in arka baskı | 04.05.2012 | Ahmet Tiryaki |
| 44 | İMA3 | Envelop transfer cimbız mil (C20080070) in arka baskı | 04.05.2012 | Ahmet Tiryaki |

Bakımcı Adı:

Bakım Tarihi: Başlangıç Saati: Bitiş Saati:

Kayıt: 11 / 1 / 8 | Filtre Yok | Ara

Ek 8. MTTR Raporu



Toplam Üretken Bakım ve Yedek Parça Envanter Kontrolü Yönetimi

Durukan Şekerleme Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Proje Ekibi

Dilhan Arman
Volkan Doğan
Deniz Özdamar
İrem Sevindik
Önder Şafak Şahin
Eylül Deniz Yaşar

**Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara**

Şirket Danışmanı
Orçun Koçak
Üretim Bölümü Müdürü

Akademik Danışman
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Durukan Şekerleme’de, birbirlerinden farklı aromalarda ve çeşitlerde lolipop ve lolipop içeriği üretilmektedir. Üretim tesisindeki makine ve makine bileşenlerinin arıza bilgisi tutulmamaktadır ve yedek parça envanter kontrolü uygulanmamaktadır. Bu durum yüksek maliyete yol açmaktadır. Bu projenin temel amacı, Toplam Üretken Bakım politikasını kullanarak şirketin mevcut yedek parça envanter maliyetini azaltmak ve şirkete uygun yedek parça envanter planlama sistemi sağlamaktır. Bu amaca yönelik olarak “Yaş Bazlı Değişirme Politikası”, Java dilinde kodlanmış, bulunan planlı bakım zamanları kullanılarak “Optimal Olarak Sürekli Gözden Geçirmeli Yedek Parça Envanter Politikası” uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucunda şirketin yedek parça envanter maliyetinin azalması beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler: Yedek Parça Envanter Kontrolü, TÜB (Toplam Üretken Bakım), Yaş Bazlı Değişirme Politikası, Weibull dağılımı.

1. Şirket Tanıtımı

Durukan Şekerleme, birbirlerinden farklı aromalarda ve çeşitlerde lolipop üretmektedir. Bu lolipopların %50'si Türkiye'de Rocco markası adı altında satılmaktadır. Geri kalanı ise Durukan markası adı altında Orta Doğu ülkeleri, Türk Cumhuriyetleri, Balkanlar ve Uzak Doğu ülkelerinde satılmaktadır. Durukan'ın Türkiye'deki pazar payı %47'dir.

Durukan fabrikasında, iki farklı ürün tipinin eş zamanlarda üretildiği, iki ayrı hat bulunmaktadır. Fabrikada 16 farklı makine ve birçok sayıda yan sistem bulunmaktadır. Üretim hattında, parça arızalanması durumunda üretim hattını durduran ya da yavaşlatan bazı makineler bulunmaktadır. Üretim hattını doğrudan etkilemeyen makinelerde gerçekleşen üretim işlemleri, parça arızalanması durumlarında, başka makinelere aktarılabilen veya daha sonra yapılmak üzere ertelenebilmektedir.

Şirkette yedek parça envanterini yönetmek için belli bir politika bulunmamaktadır. Genellikle, arızalarla ilgili bilgiler bir problem yaşandığı zaman toplanmaktadır. Makinelere aşına olmaları nedeniyle, gerekli durumlarda arıza bilgileri operatörlerden temin edilebilmektedir. Buna ek olarak parçalar tedarikçilerden teker teker ya da toplu halde satın alınmaktadır. Bu durum belirli bir politika dahilinde değil, rastgele bir şekilde yapılmaktadır. Bazı parçalar da operatörler tarafından, fabrika içerisinde üretilmektedir. Parçaların satın alım zamanları birbirlerinden farklı olabileceği gibi, zaman zaman siparişler arızadan hemen sonra veya arızadan bağımsız olarak bir fırsat olduğunda verilmektedir. Buna göre sipariş edilen parçanın beklenmesini veya belirli parçalar için önceden envanter tutulmasını gerektiren durumlar ortaya çıkmaktadır. Arızalar ve parçaların bakım zamanları ile ilgili veriler sipariş fişlerinden ya da operatörlerin tecrübelerinden elde edilmektedir.

2. Sistem Analizi

2.1 Problem tanımı

Durukan Şekerleme'nin yedek parça envanter kontrolü sağlayacak bir sistemi bulunmamaktadır ve şirket yüksek envanter maliyetinden şikayetçidir. Güncel envanter değeri yaklaşık 300.000 TL olup aylık satın alım maliyeti 20.000 TL dir.

Şirketin esas problemi, yedek parça envanteri için resmi olarak tutulmuş bilgi yoksunluğudur. Bu sebeple, hangi parçanın ne zaman arızalanacağı (kullanım ömrü) tahmini yapılamamaktadır. Bu konuda, makineleri çalıştıran operatörlerin deneyimlerinden yola çıkılarak karar verilmektedir.

Bahsedilen parça kullanım ömrü bilgisi eksikliği sebebi ile, şirketin etkili bir envanter kontrolü sistemi sağlamasına yardımcı olacak Toplam Üretken Bakım (TÜB) politikası uygulanmamaktadır. Toplam

Üretken Bakım Politikası literatür araştırması başlığı altında detaylı olarak anlatılmaktadır. Bu politikanın gerektirdiği arıza ve planlı bakım stratejileri, yine kullanım ömrü bilgisi eksikliği nedeniyle belirlenememektedir.

2.2 Projenin amacı ve kapsamı

Projenin amacı envanter maliyetini ve seviyesini en uygun seviyeye taşımaktır. Bu bağlamda, uygun bir veri toplama sistemi yerleştirilmeli ve her yedek parçanın uygun envanter miktarını belirlemek amacıyla Toplam Üretken Bakım politikası uygulanmalıdır.

3. Literatür Araştırması

Proje, Fabio Pastena'nın Toplam Üretken Bakım, Richard Barlow ve Larry Hunter'ın yaş bazlı değiştirme politikası, Ahmet Zohrul Kabir'in yaş bazlı değiştirme politikasına uygun yedek parça envanter kontrolü hakkındaki çalışmalarını temel almaktadır.

Toplam Üretken Bakım, planlı bakım uygulamasını kullanarak, üretimdeki kayıpları engellemeyi amaçlayan bir politikadır (Pastena, 2009). Tamir edilebilir sistemlerde etkin bir Toplam Üretken Bakım uygulaması için arıza zamanlarının yanı sıra tamir edilme süreleri ile ilgili bilgiye de sahip olunmalıdır. Parça değişimi ve tamirini de içeren her türlü onarım işlemi bakım olarak değerlendirilmekte ve tüm sistemin güvenilirlik, aksama süresi ve maliyet değerlerini etkilemektedir. Bakım uygulamalarının planlı bakım ve arıza bakım olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Her iki bakım türünün de amacı, sistemi en kısa süre içerisinde tatmin edici çalışma düzenine döndürmektir; ancak arıza bakımdan farklı olarak, planlı bakım işlemi arıza gözlemlenmeden önce yapılmaktadır. (ReliaSoft, 2012)

Planlı bakım ile ekipman güvenilirliği artırılır. Bu durumun sonucu olarak, uzun vadede planlı bakım, yedek parça envanter maliyetinde ve üretimdeki kayıplarda düşüş sağlar. Planlı bakım aralıklarının belirlenmesi için "Yaş Bazlı Değiştirme Politikası" kullanılmaktadır (Barlow ve Hunter, 1960). Bu politikaya göre; planlı bakım, sistem çalışmaya başladıktan, modelce hesaplanan planlı bakım zamanı olan t_1 saat sonra, arıza görülmeden önce uygulanır. Eğer belirlenen t_1 değerinden önce bir arıza gerçekleşirse bu durumda arıza bakım uygulanır. Parça t_1 zamanından önce bozulduğunda, bakım yapmak için t_1 zamanına kadar bekleme yapılmamaktadır. Bakımdan sonra sistemin başlangıç durumuna döndüğü varsayılır. Bu nedenle, her iki tür bakımdan sonra, parça için bir sonraki planlı bakım yine t_1 saat sonrası için çizelgelenir. Her parça için bakım döngüsü bu şekilde devam eder.

Belirtilen çalışmada, parçaların arıza sıklıkları bir olasılık dağılımı ile temsil edilmiştir. Durukan Şekerleme'den elde edilen veriler doğrultusunda uygulanan dağılım, Weibull varsayımı başlığı altında

açıklanmıştır. Barlow ve Hunter'ın önermiş olduğu politika uygulanarak her parça için planlı bakım zamanları belirlenmekte ve böylece bir planlı bakım çizelgesi oluşturulmaktadır. Bakım çizelgesi oluşturulduktan sonra, her stok biriminin stok değeri için alt ve üst sınırlar ve bakım çizelgesi kullanılarak ikmal zamanları belirlenmektedir. Sonuç olarak amaç, yedek parçalar için mümkün olan en iyi stok kontrolü modeli oluşturmaktır (Kabir-Al-Olayan, 1994).

4. Önerilen Sistem

4.1 Şirketin sağladığı verilerin yorumlanması

Toplam Üretken Bakım politikalarını uygulamak için öncelikli olarak, makine bileşenlerinin arıza zamanlarına, bileşenlerin yaşam ömürlerinin ve arıza dağılımlarının hesaplanması amacıyla ihtiyaç duyulmaktadır.

Verilerin yorumlanması ile ilgili detaylar Weibull Varsayımı başlığı altında detaylı bir şekilde incelenmiştir.

4.1.1 Weibull varsayımı

Bir sistemde çalışmakta olan elektronik ve mekanik parça ve ekipmanların çalışma ömürleri, erken arıza dönemi, normal yaşam dönemi ve eskime dönemi olmak üzere üç temel dönemden oluşmaktadır (Ek 1). Normal dönemdeki arızalar rassal arızalar olarak kabul edilmekte, ve eskime sözcüğü parçanın kullanıma bağlı olarak zamanla yıpranmasını ifade etmektedir (Reliability Hot Wire, 2002).

Durukan'da her parça için tutulan "Arızaya Kadar Geçen Ortalama Zaman" değeri matematiksel olarak parça için ortalama arıza zamanını ifade etmektedir ve bu arızaların takip ettikleri arıza oranı zaman içinde artmaktadır. Bu durum Ek 1'deki güvenilirlik grafiğinde gösterilmektedir.

Ek 1'deki grafik x-ekseninde, bir ekipman için beklenen zaman içindeki yığılmalı arızaları gösterirken y-ekseninde, yığılmalı arıza yüzdelerinin güvenilirliklerini göstermektedir. Mavi çizginin ifade ettiği "Arızalar Arası Geçen Ortalama Zaman" sabit arıza oranına sahip Üssel Dağılımı'nı göstermekte olup, U-Eğrisi'nde gösterilen normal yaşam dönemini temsil etmektedir. Bu grafikte yatay olarak gösterilmemektedir çünkü, U-eğrisi arıza oranlarını gösterirken yukarıda gösterilen grafik yığılmalı arızaları göstermektedir. Yeşil çizginin temsil ettiği dağılım U-Eğrisi'nde gösterilen eskime dönemi dağılımıdır. Bu dağılım Weibull Dağılımı'dır ve zamanla artan arıza oranına sahiptir. Bir ekipman için toplam yığılmalı arızalar, grafikte gösterilen iki dağılımın toplamıdır.

Ancak Durukan'daki parçaların toplam yığılmalı arızaları, grafikte ikinci kısımdaki dağılım olan Weibull Dağılımı olarak alınmaktadır. Bunun nedeni, genellikle elektronik ürünlerde eskime uzun bir yaşam ömründen sonra başlamaktayken, Durukan fabrikasındaki makineler

gibi mekanik montaj ürünlerinde eskimenin başladığı zaman tüm ürün için beklenen işlevsel yaşam süresinden çok daha önce gerçekleşmektedir. Bu nedenle grafikte de mavi çizgi ile ifade edilen Üssel Dağılım'a sahip bölge bu tür mekanik parçalar için ihmal edilebilir kısıklıdır(Reliability Hot Wire, 2002). Bu nedenle Durukan'daki makine parçaları için arıza zaman aralıklarının izledikleri dağılım Weibull Olasılık Dağılımı olarak belirlenmiştir. Bilindiği gibi, değişkenin belli aralıkta herhangi bir değer alabildiği tesadüfi olayları tanımlamak için sürekli tesadüfi değişkenler kullanılmakta ve yaşam süresi ile ilgili incelemelerde, genellikle parametrik modeller yerine logaritmik modeller kullanılmaktadır. Weibull dağılımı da, logaritmik, sürekli ve esnek bir dağılım olması ve birçok uygulamada teorik olarak uygun çözümler sağlaması sebebiyle uygun bulunmuştur.

4.2 Önerilen politikalar

Çalışma boyunca kullanılan notasyonlar aşağıdaki gibi açıklanabilir;

Notasyonlar:

Cp: Planlı bakım maliyeti

Cu: Arıza bakım maliyeti

CPUT (T): T zamanı için Birim Zamandaki Maliyet

s: Yeniden Sipariş Seviyesi

S: Maksimum Stok Seviyesi

SL: Herhangi bir andaki güncel stok seviyesi

t₁: Planlı bakım zamanı

t: Parçanın Arıza Zamanı

t_{A,k-1}: Sondan bir önce verilen siparişlerin ulaşma zamanı

α : Weibull ölçek parametresi

β : Weibull şekil parametresi

4.2.1 Veri toplama sistemi

Daha önce de belirtildiği gibi şirketin en önemli sorunu düzenli arıza verisinin toplanmamasıdır. Bu sorunu çözmek amacıyla şirkete bir veri tabanı önerisinde bulunulmuştur. Veri tabanı, şirket çalışanlarının yatkın olması sebebiyle, kullanım rahatlığı açısından MS Excel ile hazırlanmıştır. Önerilen veri tabanı için örnek bir tablo ektedir (Ek 2).

4.2.2 Toplam üretken bakım uygulaması

Modelin Java dilinde kodlanması ile elde edilen bilgisayar programı sayesinde, kullanıcıdan doğrudan alınan planlı ve arıza bakım maliyetleri ile birlikte hazırlanan duyarlılık analizi tablosundan (Ek 3) her parçanın kendi ortalama arıza süresine bağlı değişen alfa ve beta parametreleri bulunmakta ve bu değerlerin programa girilmesiyle, her parça için en düşük birim zaman maliyetini veren, en iyi değiştirme zamanı bulunmaktadır. Program algoritması Ek 4'te gösterilmektedir. Önerilen sistem, birbirine eş ve yakın zamanlı planlı bakım zamanı

gelmiş parçalar için, planlı bakımların eş zamanlı uygulanmasıdır. Eş ve yakını zaman ölçütü şöyle bir örnekle açıklanabilir: Program tarafından planlı bakım süresi 270 saat olarak hesaplanmış bir parça ile planlı bakım süresi 540 saat olarak hesaplanmış diğer bir parçanın planlı bakımları 540'ıncı saatte ortak olarak yapılacaktır. Bu örnekte ilk parçanın ikinci planlı bakımı, ikinci parça için ilk planlı bakım ile çakıştığından, ikisi için de planlı bakımın aynı anda yapılarak daha etkili bir planlı bakım stratejisi izlenmesi önerilmektedir. Aynı şekilde planlı bakım süreleri 540 saat olarak belirlenmiş her parça için, parçalar 540'ıncı saatten önce arızalanmadıkları sürece 540'ıncı saatte aynı anda bir planlı bakım uygulanacağından bu parçalar da aynı planlı bakım grubuna dahil edilmektedir. Bu sistemle, mümkün olduğunca az makine açma-kapama ve teknik işlem yapılması amaçlanmaktadır. Arıza durumunda, tüm sistemi durdurma olasılığı bulunan parçalar için ortalama ömürlerini doldurmadan önce belirlenen zamanda planlı bakım yapılmaktadır. Belirlenen gruplar Ek 5'teki tabloda gösterilmektedir.

4.2.3 Envanter politikası

Çizelgelenen planlı bakım zamanından önce arıza olmaması durumunda, eğer ilgili yedek parça stokta kullanılabilir durumda ise planlı bakım t_1 zamanında uygulanmakta, ilgili parça stokta yok ise bakım, yedek parça ikmali gerçekleştikten sonra uygulanmaktadır. Yedek parça ikmali gerçekleşmeden arıza olması durumunda arıza bakım uygulanmaktadır. Güncel stok miktarına (SL) ve sondan bir önce verilen siparişlerin ulaşma zamanına ($t_{A,k-1}$) bağlı olarak sekiz farklı durum ve bunlara bağlı olarak envanter maliyetleri mevcuttur (Kabir-Al-Olayan, 1994). Örnek üç durum şu şekilde açıklanmaktadır:

Durum 1: Mevcut stok olması durumunda planlı bakım t zamanında yapılmaktadır. Bu değiştirmeye bağlı olarak stok seviyesi s 'nin (yeniden sipariş noktası) altına düşerse yeni bir sipariş verilmektedir. Mevcut stok için envanter tutma maliyeti, toplam maliyete dahil edilmektedir.

Durum 4: Bu durumda, yeni bir döngünün başında, yedek parça stokta hazır bulunmamaktadır; ancak güncel stok seviyesi yeniden sipariş noktasının altında olduğu için yeni bir sipariş verilmektedir. Stok ikmali, planlı bakım zamanı t_1 'den sonra ancak olası bir arızadan önce gerçekleşmektedir; bundan dolayı planlı bakım, sipariş edilen yedek parça fabrikaya ulaştıktan sonra yapılmaktadır.

Durum 5: Bu durum, Durum 4'e benzemektedir; ancak bu durumda verilmiş olan sipariş, planlı bakım zamanı t_1 'den önce teslim alınmakta ve planlı bakım yapılmasını engelleyecek bir durum oluşturmamaktadır. Bu durumda, envanter tutma maliyeti toplam maliyete eklenmektedir.

Çizelgelenen planlı bakım zamanından önce arıza olmaması durumunda, stokta yenilendikten hemen sonra arızı bakım gerçekleştirilmektedir. Güncel stok seviyesi (SL) ve stok yenileme zamanına bağlı olarak altı farklı maliyet durumu ortaya çıkmaktadır. (Durum 14, yalnızca ilk döngüde, başlangıçta parça için bir stok bulunmaması durumunda, ortaya çıkması muhtemel istisnai bir durumdur (Kabir-Al-Olayan, 1994). Durumlar aşağıda açıklanmıştır.

Durum 9: Arıza zamanı olarak ortaya çıkan t (t artık hep arıza zamanı olarak kullanılmaktadır) anında arızı bakım gerçekleştirilmektedir. Güncel stoktan gerekli miktarda yedek parça çekileceği için bu durum yeniden sipariş seviyesi olan s 'ye düşerse yeni bir sipariş verilmektedir. Aynı zamanda, mevcut stok için bir envanter tutma maliyeti toplam maliyete eklenmektedir.

Durum 10: Arızı bakımında parça değişimi arıza anında gerçekleşmektedir. Daha önceki sipariş, arıza anı t 'den önce gelmemektedir, bu nedenle envanter tutma maliyeti değişmemektedir.

Durum 11: Bu durum, Durum 10'a benzemektedir; ancak bu durumda stok seviyesini en üst düzeye ulaştıracak olan sipariş arıza anından önce gerçekleşmektedir.

Durum 12: Arıza anında hazır stok yoktur; bu yüzden değiştirme işlemi parça teslim alındığında yapılmaktadır.

Durum 13: Bu durumda stok seviyesini en üst seviyeye ulaştıracak olan sipariş, arıza zamanı t 'den hemen önce gelmektedir. Böylece bozulan parçanın hemen değiştirilmesine olanak sağlanmaktadır. Envanter tutma maliyeti toplam maliyete eklenmektedir.

Durum 14: Bu durumda, arıza anından hemen sonra acil durum siparişi verilmektedir. Sipariş miktarının, stok seviyesini en üst seviyesi kadar olacağı varsayılmaktadır.

4.2.4 Modelin girdi ve çıktıları

Planlı Bakım zamanlarını hesaplamak için kullanılan model literatürde "Yaş Bazlı Değiştirme Politikası" olarak adlandırılmaktadır. (Barlow ve Hunter, 1960). Bu model esas olarak Birim Zamandaki Maliyet fonksiyonunu en düşük değerine ulaştıracak en iyi t_1 değerini hesaplamayı amaçlamaktadır. Bu modelin girdileri aşağıda açıklanmaktadır (ReliaSoft, 2012).

$R(T)$: T zamanındaki güvenilirlik değeri (Parçanın T zamanına kadar arızadan çalışmaya devam etme olasılığı)

$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$ Weibull Dağılımı için.

C_p : Planlı bakım maliyeti

C_u : Arızı bakım maliyeti

En iyi deęiřtirme zamanı, birim zamandaki maliyeti en dūřuk deęerine ulařtırarak bulunabilmektedir. Birim Zamandaki Maliyet Formūlū ařađıda gōsterilmektedir:

$$= \frac{\text{Toplam beklenen deęiřtirme maliyeti (dōngū bařına)}}{\text{Beklenen dōngū sūresi}} = \frac{C_p \cdot R(T) + C_v \cdot [1 - R(T)]}{\int_n^t R(s) ds}$$

Yukarıdaki formūlde de gōrūldūęū ūzere her bir yedek parça için Birim Zamandaki Maliyet Fonksiyonu, o parça için gūvenilirlik fonksiyonu, planlı bakım ve arızı bakım maliyetlerini içeren zamana dayalı bir fonksiyondur. Birim Zamandaki Maliyet deęerininin tūrevini sıfıra eřitleyen zaman deęeri yedek parçalar için planlı bakım sūreleri olan t_1 deęeri olacaktır.

Bu modeli çalıştırabilmek için ōncelikle her parça için Gūvenilirlik Fonksiyonu değeri belirlenmelidir. Bir parçanın herhangi bir T anındaki gūvenilirlięi bu parçanın T anında gōrev yapabilir olmasının olasılığıdır. Bir parça için gūvenilirlik fonksiyonu o parçanın arıza olasılığını veren olasılık dağılımının tūmleyenidir. Yani bir parçanın olasılık dağılımı biliniyorsa bu dağılımın yığmalı yoğunluk fonksiyonu 1'den çıkarılarak bu parça için gūvenilirlik fonksiyonu yazılabilir. Durukan sistemindeki yedek parçaların arıza dağılımları Weibull Olasılık Dağılımı olarak belirlendiğinden, gūvenilirlik fonksiyonunu hesaplamak için ōncelikle Weibull yığmalı dağılım fonksiyonunun oluşturulması gerekmektedir. Weibull dağılımı genel olarak ōlek ve biçim parametresi olmak ūzere iki parametrelili bir dağılımdır (Taner, 2011). Bunlar, ōlek parametresi ve Őekil parametresidir. Bu parametreleri hesaplamak için Weibull dağılımının bir ōzellięi olan bir formūl kullanılmaktadır. Buna gōre, Weibull Dağılımı Ortalaması Őekil ve ōlek parametrelerinin kullanıldığı bir formūle eşitir. Weibull Dağılımı Ortalaması aynı zamanda Arızaya Kadar Geçen Ortalama Zaman değerine eşitir. Bōylece Arızaya Kadar Geçen Zaman ile Weibull ōlek ve Őekil parametreleri arasında bir ilişki kurulmaktadır. Her parça Arızaya Kadar Geçen Ortalama Zaman değerleri mevcut olduğundan, yukarıda bahsedilen formūl, iki bilinmeyenli bir denkleme dōnūřmektedir. Bu bilinmeyenler, Weibull ōlek ve Őekil parametreleridir. ōlek parametresi ise formūllerde T ile ifade edilen ve saat, gūn gibi zaman içeren birimlere sahiptir. Biçim parametresi aynı kalırken, ōlek parametresi artarsa, dağılımın basıklığı artar, dolayısıyla dağılımın yūkseklıęi azalır. ōlek parametresi azalırsa, dağılım sivri uçlu olur ve yūkseklıęi artar. Weibull Dağılımı Ortalaması formūlū ile iki parametre arasındaki bu ilişkiden de faydalanarak

geliştirdiğimiz Duyarlılık Analizi tablosu (Ek 3) ile her parçanın sahip olduğu Arızaya Kadar Geçen Ortalama Zaman değeri için farklı ve giderek artan şekil parametrelerinin formülde gerekli eşitliği sağlayacak ölçek parametrelerinde neden olduğu değişim gözlenmiştir. Her parça için ölçek parametrelerinin şekil parametresinin bire eşit ve büyük olduğu durumlarda aldığı maksimum ve minimum değerler ve bu değerlere karşılık gelen şekil parametreleri çiftleri her parça için oluşturulmuştur. Java dilinde yazılmış bilgisayar kodunun temel hesaplama olan Birim Zamandaki Maliyet hesaplamasını yapabilmesi için bu iki parametre değerini değer girme ekranından çekerek kodda çalıştırılan güvenilirlik fonksiyonuna oturtmaktadır. Durukan'dan sağlanan arızı bakım ve planlı bakım maliyetleri de doğrudan, hesaplama yapmadan sahip olunan değerlerdir. Her parça için bu iki maliyet kalemi, Java dilinde yazılmış bilgisayar kodunun girdi ekranına girildiğinde model için gerekli tüm girdiler sağlanmış olur ve model yukarıda açıklanan adımları takip ederek Birim Zamandaki Maliyet değerini minimize eden optimum planlı bakım süresi olan t_1 değeri ile bu t_1 zamanında o parça için Birim Zamandaki Maliyet değerini çıktı olarak verir. Bu maliyet değeri programın çalışma prensibi gereği bu parça için birim zamanda alabileceği en küçük değerdir (Ek 6 ve Ek 7).

t_1 değerleri planlı bakım için takip edilmesi gereken bir çizelge oluşturabilmeyi sağlamaktadır. Bu modelden elde edilen tüm zaman ve maliyet çıktıları envanter politikası için oluşturulan model için girdileridir. Sistemdeki yedek parçalar için stok tedariki ve planlı koruyucu bakım çalışmalarını birleştiren ortak bir strateji gerekmektedir. Bu nedenle envanter planlama yönetimi için kullanılan envanter politikası (t_1 , s , S) politikası olarak belirlenmiştir. Bu politikaya göre t_1 planlı bakım periyodu (aralığı), s envanter yenileme döngüsü uzunluğu ve S maksimum stok seviyesi olarak tanımlanmıştır. Birim zamandaki toplam maliyet ve planlı bakım zamanı t_1 arasındaki ilişki ile envanter yenileme döngü uzunluğu ve maksimum stok seviyesi arasındaki ilişki modeldeki temel esaslardır. Envanter yenileme döngü uzunluğu ve maksimum stok seviyesi her parça için birim zamandaki toplam maliyeti en aza indirilecek şekilde eniyilenmiştir. Bu işlem için gereken matematiksel modeli “Optimal Ortak Sürekli Gözden Geçirmeli Yedek Parça Envanteri ve Yaş Bazlı Değişirme Politikası” sağlamaktadır (Kabir-Al-Olayan, 1994).

Bu modelden elde edilecek tüm zaman ve maliyet çıktıları envanter politikası için oluşturulan model için girdileri oluşturmaktadır. Sistemdeki yedek parçalar için stok tedariki ve planlı koruyucu bakım çalışmalarını birleştiren ortak bir strateji gerekmektedir. Bu nedenle envanter planlama yönetimi için kullanılan envanter politikası (t_1 , s , S) politikası olarak belirlenmiştir. Birim zamandaki toplam maliyet

(CPUT(t)) ve planlı bakım aralığı(periyodu) arasındaki ilişki ile envanter yenileme döngü uzunluğu ve maksimum stok seviyesi arasındaki ilişki modeldeki temel esaslardır. Envanter yenileme döngü uzunluğu ve maksimum stok seviyesi her parça için birim zamandaki toplam maliyeti (CPUT(t)) en aza indirilecek şekilde eniyelenmiştir. Bu işlem için gereken matematiksel modeli “Optimal Ortak Sürekli Gözden Geçirmeli Yedek Parça Envanteri ve Yaş Bazlı Değişirme Politikası” sağlamaktadır. Stok seviyesini periyodik olarak gözden geçirmek yerine, şirketin kullandığı üretim bilgi sistemi programı kullanılarak sürekli gözden geçirme sağlamaktadır. Java dilinde kodlanan bilgisayar programı, farklı senaryolarda ortaya çıkmakta olan toplam envanter maliyetini hesaplamaktadır. Her parça için olası yeniden sipariş seviyesi (s), maksimum envanter seviyesi S, güncel envanter seviyesi, stoğun tamamlanma süresi gibi değişkenler girilerek bu değişkenlerin birbiri ile ilişkisi karşılaştırıldıktan sonra politikada uygun olan maliyet durumu seçilir ve program bu durumdaki maliyet hesabını çıktı olarak verir. Böylece her parça için olası bir stok eksikliği ya da fazlası gibi durumlar için olası maliyetlerin öngörülmesi ve buna göre o dönemki stok seviyelerinin belirlenmesi, tedbirlerin alınması amaçlanmaktadır.

5. Firmaya Yapılan Katkılar

Firmanın sorununa çözüm olarak önerdiğimiz bu uygulamaların firmaya bazı faydalar sağlamaktadır. Bu proje ile, firmanın kurumsal hedefleri doğrultusunda uygulamaya geçirmeyi planladığı Toplam Üretken Bakım stratejisi için sistematik ve bilimsel bir başlangıç sağlanmış, firmanın etkin ve doğru veri toplanmaya başlanmasına yönelik bir yaklaşım geliştirilmiş, arıza bakım ve planlı bakım ile envanter maliyetlerini düşürmeye yönelik bilimsel yöntemlere dayalı, kullanımı kolay, pratik ve hızlı bilgisayar programları ile planlı bakım ve envantere yönelik karar destek mekanizması sağlanmış, arızası durumunda bütün sistemde aksaklıklara yol açan parçaların arızadan ve sistemin durmasına yol açmadan, planlı bir şekilde bakımı yapılarak bakım maliyetlerinin ve arızaya dayalı kaybedilen üretim maliyetlerinin uzun vadede düşürülmesini sağlanmış ve envanter yönetimi konusunda, maliyetlere ve stok seviyelerine bağlı olarak farklı senaryolar girilmesine olanak sağlayan program sayesinde envanter kontrolü dinamik ve olası sonuçlar tahmin edilebilir kılınmıştır.

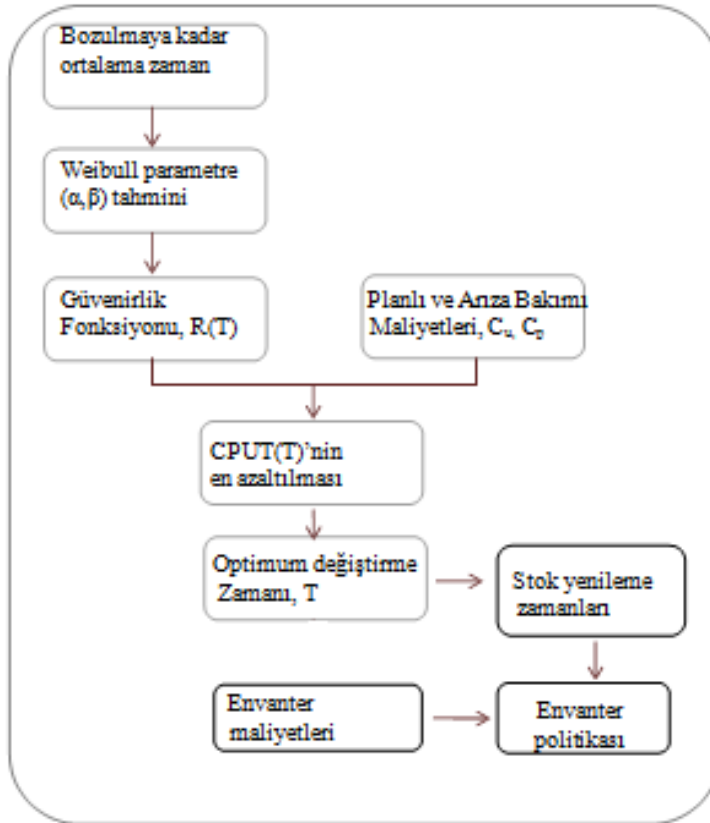
KAYNAKÇA

- Barlow, R. ve Hunter, L. 1960. "Optimum Preventive Maintenance Policies". JSTOR. Operations Research 8.1. <http://www.jstor.org/stable/167546?seq=1>. Son erişim tarihi: 16 Aralık 2011
- Pastena, F. "The Book of Knowledge". 2009. FIAT Group WCM Central Group. Pdf.
- "Preventive Maintenance" 2012. Weibull.com. ReliaSoft. http://www.weibull.com/SystemRelWeb/preventive_maintenance.htm. Son erişim tarihi: 16 Aralık 2011
- "Weibull Statistical Properties". 2012 Weibull.com. ReliaSoft. http://www.weibull.com/LifeDataWeb/weibull_statistical_properties.htm. Son erişim tarihi: 5 Mayıs 2012
- Taner, M.R. "Reliability". 2011. IE 380 Quality Assurance and Reliability. Bilkent University, Ankara. Lecture.
- Kabir Z., Al-Olayan A.. 1994. "Joint Optimization of Age Replacement and Continuous Review Spare Provisioning Policy". International Journal of Operations & Production Management, Vol: 14, ISS: 7.
- "The Bathtub Curve and Product Failure Behavior Part Two - Normal Life and Wear-Out." 2002. Reliability Hot Wire, Iss:22 Web Magazine. <http://www.weibull.com/hotwire/issue22/hottopics22.htm>. Son erişim tarihi: 7 Mayıs 2012.

Ek 3. Duyarlılık analizi tablosu

| SENSITIVITY ANALYSIS | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|--|
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| R5 | R7 | R9 | B2 | B3 | B4 | B11 | B14 | B15 | B20 | B21 | B23 | |
| 1960 | 1960 | 520 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 520 | 4000 | 4000 | 1960 | |
| alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | alpha | |
| 2031,272 | 2031,272 | 538,909 | 2031,272 | 2031,272 | 2031,272 | 2031,272 | 2031,272 | 538,909 | 4145,454 | 4145,454 | 2031,272 | |
| 2083,653 | 2083,653 | 552,806 | 2083,653 | 2083,653 | 2083,653 | 2083,653 | 2083,653 | 552,806 | 4252,352 | 4252,352 | 2083,653 | |
| 2122,184 | 2122,184 | 563,028 | 2122,184 | 2122,184 | 2122,184 | 2122,184 | 2122,184 | 563,028 | 4330,988 | 4330,988 | 2122,184 | |
| 2150,483 | 2150,483 | 570,536 | 2150,483 | 2150,483 | 2150,483 | 2150,483 | 2150,483 | 570,536 | 4388,740 | 4388,740 | 2150,483 | |
| 2171,155 | 2171,155 | 576,021 | 2171,155 | 2171,155 | 2171,155 | 2171,155 | 2171,155 | 576,021 | 4430,929 | 4430,929 | 2171,155 | |
| 2186,099 | 2186,099 | 579,985 | 2186,099 | 2186,099 | 2186,099 | 2186,099 | 2186,099 | 579,985 | 4461,426 | 4461,426 | 2186,099 | |
| 2196,707 | 2196,707 | 582,800 | 2196,707 | 2196,707 | 2196,707 | 2196,707 | 2196,707 | 582,800 | 4483,076 | 4483,076 | 2196,707 | |
| 2204,014 | 2204,014 | 584,738 | 2204,014 | 2204,014 | 2204,014 | 2204,014 | 2204,014 | 584,738 | 4497,987 | 4497,987 | 2204,014 | |
| 2208,791 | 2208,791 | 586,006 | 2208,791 | 2208,791 | 2208,791 | 2208,791 | 2208,791 | 586,006 | 4507,736 | 4507,736 | 2208,791 | |
| 2211,623 | 2211,623 | 586,757 | 2211,623 | 2211,623 | 2211,623 | 2211,623 | 2211,623 | 586,757 | 4513,517 | 4513,517 | 2211,623 | |
| 2212,955 | 2212,955 | 587,110 | 2212,955 | 2212,955 | 2212,955 | 2212,955 | 2212,955 | 587,110 | 4516,234 | 4516,234 | 2212,955 | |
| 2213,127 | 2213,127 | 587,156 | 2213,127 | 2213,127 | 2213,127 | 2213,127 | 2213,127 | 587,156 | 4516,586 | 4516,586 | 2213,127 | |
| 2212,403 | 2212,403 | 586,964 | 2212,403 | 2212,403 | 2212,403 | 2212,403 | 2212,403 | 586,964 | 4515,107 | 4515,107 | 2212,403 | |
| 2210,987 | 2210,987 | 586,588 | 2210,987 | 2210,987 | 2210,987 | 2210,987 | 2210,987 | 586,588 | 4512,217 | 4512,217 | 2210,987 | |
| 2209,039 | 2209,039 | 586,071 | 2209,039 | 2209,039 | 2209,039 | 2209,039 | 2209,039 | 586,071 | 4508,242 | 4508,242 | 2209,039 | |
| 2206,684 | 2206,684 | 585,447 | 2206,684 | 2206,684 | 2206,684 | 2206,684 | 2206,684 | 585,447 | 4503,437 | 4503,437 | 2206,684 | |

Ek 4. Java kodunun görsel algoritması



Ek 5. Gruplandırılmış parçalar için planlı bakım çizelgesi

| parça no | Planlı Bakım Zamanı(saat) | | Birim Zamandaki Maliyet(TL) | | |
|----------|---------------------------|----------|-----------------------------|----------|---------|
| | en küçük | en büyük | en küçük | en büyük | |
| f1 | 105 | 591 | 0,319 | 0,5 | GROUP-1 |
| f2 | 105 | 591 | 0,319 | 0,5 | |
| f3 | 105 | 591 | 0,319 | 0,5 | |
| f7 | 105 | 591 | 0,239 | 0,375 | |
| m5 | 189 | 591 | 0,089 | 0,14 | |
| g5 | 238 | 592 | 0,121 | 0,144 | GROUP-2 |
| b15 | 273 | 592 | 0,246 | 0,396 | |
| f9 | 273 | 592 | 0,123 | 0,198 | |
| f10 | 273 | 592 | 0,123 | 0,198 | |
| g1 | 273 | 592 | 0,123 | 0,198 | |
| r9 | 273 | 592 | 0,246 | 0,396 | GROUP-3 |
| f6 | 536 | 592 | 0,064 | 0,112 | |
| f11 | 536 | 592 | 0,255 | 0,45 | |
| f12 | 536 | 592 | 0,255 | 0,45 | |
| f18 | 536 | 592 | 0,032 | 0,056 | |
| f19 | 536 | 592 | 0,032 | 0,056 | GROUP4 |
| f20 | 536 | 592 | 0,032 | 0,056 | |
| b2 | 592 | 592 | 0,038 | 0,069 | |
| b3 | 592 | 592 | 0,076 | 0,139 | |
| b4 | 592 | 592 | 0,076 | 0,139 | |
| b11 | 592 | 592 | 0,019 | 0,035 | |
| b14 | 592 | 592 | 0,057 | 0,104 | |
| b20 | 592 | 592 | 0,19 | 0,288 | |
| b21 | 592 | 592 | 0,063 | 0,396 | |
| b23 | 592 | 592 | 0,057 | 0,104 | |
| b24 | 592 | 592 | 0,076 | 0,137 | |
| f13 | 592 | 592 | 0,019 | 0,035 | |
| f14 | 592 | 592 | 0,019 | 0,035 | |
| f15 | 592 | 592 | 0,019 | 0,035 | |
| f16 | 592 | 592 | 0,019 | 0,035 | |
| f17 | 592 | 592 | 0,019 | 0,035 | |
| f21 | 592 | 592 | 0,038 | 0,069 | |
| m2 | 592 | 592 | 0,057 | 0,087 | |
| m3 | 592 | 592 | 0,078 | 0,14 | |
| m4 | 592 | 592 | 0,325 | 0,509 | |
| m6 | 592 | 592 | 0,057 | 0,087 | |
| r1 | 592 | 592 | 0,019 | 0,035 | |
| r5 | 592 | 592 | 0,076 | 0,139 | |
| r7 | 592 | 592 | 0,038 | 0,069 | |

b: boksör grubu
f: forming grubu
g: gravomat grubu
m: makara grubu
r: rapidsolver

Ek 6. Envanter programı görüntüsü

The screenshot shows the Inventory Program interface with the following input fields and values:

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Component Name: | 7a |
| spares regular ordering cost: | 100 |
| spares emergency ordering cost: | 250 |
| Cost of a failure replacement: | 200 |
| Cost of a preventive replacement: | 150 |
| holding cost per item per unit time: | 3 |
| shortage Cost: | 30000 |
| reorder level: | 2 |
| Maximum stock level: | 5 |
| stock level: | 3 |
| initial stock level: | 0 |
| failure time: | 480 |
| replenishment time: | 100 |
| Previous Replenishment time: | 50 |
| Actual replacement time: | 490 |
| Previous Actual replacement time: | 280 |
| spare-ordering time: | 490 |
| preventive replacement age: | 592 |

Buttons: Calculate, Clear

Pop-up window text:

Possible case cost values according to the entered data:

7a's cost is: 2190.0 in case 9

Buttons: Finish, Continue

Ek 7: Planlı bakım programı görüntüsü

The screenshot shows the Planned Maintenance Program interface with the following input fields and values:

| | |
|-----------------------------|---------|
| Unplanned Replacement Cost: | 100 |
| Planned Replacement Cost: | 17.78 |
| alpha: | 587.156 |
| beta: | 2.2 |
| Mean Time to Failure: | 520 |

Button: Calculate

Pop-up window text:

optimum replacement time: 273.0

cost per unit time: 0.12285648839394814

Buttons: Continue, Finish

İhraç Ürünlerinin Satış Tahmini

Durukan Şekerleme San. ve Tic. A.Ş.

Proje Ekibi

Mehmet Naci Akdoğan

Gizem Erol

Zehra Hayvacı

Seda Kavruker

Ayşe Cansın Öztoygur

Havva Yıldız

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanı

Orçun Koçak

Üretim Bölüm Müdürü

Akademik Danışman

Doç. Dr. Savaş Dayanık

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Durukan Şekerleme Türkiye’de Rocco, yurtdışında Durukan markasıyla faaliyet göstermektedir. Durukan ile yapılan bu projede; şirketin ihraç ürünlerinin satış tahminlerindeki hata payının ve böylece stok tutma maliyetinin azaltılması amaçlanmıştır. Mevcut verilerin analizi sırasında çeşitli istatistiksel modeller denenmiş ve ARIMA (özbağımlı tümlşik hareketli ortalamalar) modelinin kullanılması uygun görülmüştür. Sonuç olarak şirketin ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde yeterli veriye sahip ülkeler için satış tahminleri belirlenmiştir. Bu raporda problemin tanımı, veri analizi süreci, geliştirilen modeller ve önerilen yöntemler anlatılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Talep tahmini, bileşik veri, ARIMA, Katkılı oran dönüşümü.

1. Firma Tanıtımı

Durukan Şekerleme Sanayi ve Ticaret A.Ş. 1976'da kurulmuş, 1993 yılından itibaren de şekerleme sektörüne yoğunlaşmıştır. Türkiye'de Rocco markasıyla ürünlerini satan şirket, yurtdışına ihraç ettiği ürünler için Durukan markasını kullanmaktadır. ABD, Rusya, Ukrayna gibi 30'dan fazla ülkeye ihracat yapan Durukan'ın ana ürün çeşitleri 3T Maxi, Gummy XXL, Fusion, Choco, Gum Maxi, Sourisssh, Milkey, Golden Goal, Mini, Yoghurto, PaintBall, Hit Pops ve Hit Pops Gummy'dir. Durukan'ın rakipleri ise Türkiye'de Kent ve yurtdışında Chupa Chups firmasıdır. Durukan'ın hedef kitlesi 13-22 yaş iken Kent'in kullanıcı profili çocuklardan oluşmaktadır. Şirketin Türkiye'deki pazar payı %47 düzeyindedir.

2. Proje Tanımı

Proje içeriğinde, başta talep miktarı en yüksek olan ülkeler olmak üzere, ürün ihraç edilen tüm ülkelerin satış verileri analiz edilmiştir. Bu analiz temel alınarak, sipariş zamanlarının ve tır kompozisyonlarının istatistiksel modelleri kurulmuştur. Tipik bir tahmin probleminden farklı olarak, siparişler düzensiz zaman aralıklarıyla gelirken, her sipariş içindeki toplam şeker miktarı tam olarak bir tır/konteynır kadardır. Bu nedenle, standart zaman serisi modelleri Durukan satış verilerine doğrudan uygulanamamaktadır. Standart olmayan ve farklı yapıdaki satış verilerini analiz edebilmek için, bu projede bileşik veri analizi ile zaman serileri yöntemleri bir araya getirilmiştir.

3. Mevcut Sistem Analizi

3.1 Mevcut sistem tanımı

Durukan Şekerleme'nin ürünlerini ihraç ettiği ülkeler arasında Amerika, Çin, Irak, Orta Doğu Ülkeleri, Kazakistan, Özbekistan, Azerbaycan, Karadağ, Rusya, Almanya, İsrail, Norveç, Ukrayna ve Balkan Ülkeleri olmak üzere 39'dan fazla ülke bulunmaktadır. Durukan Şekerleme'nin 64 stok tutma birimi (SKU) bulunmaktadır. Bu birimlerin her birinin talep miktarları farklılık göstermektedir. Durukan Şekerleme, 2010'da kendi satış ağını kurmuştur. Ancak, satış tahminleri sezgisel yöntemlerle gerçekleştirilmektedir ve bu yüzden tahminlerde %50'ye yakın hata yapılmaktadır. İhraç ürünlerinin dağıtımı tır konteynırla sağlanmaktadır. Toplam tır kapasitesi 1850 kutu olarak belirlenmiştir.

3.2 Semptomlar

Mevcut sistem tanımında da belirtildiği üzere, talep tahmini istatistiksel yöntemlere dayanarak yapılmadığı için tahminler ile gerçek talepler arasında büyük farklılıklar (%50) ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, şirket yüksek miktarda son ürün (lolipop) tutmakta ve stok tutma maliyeti buna bağlı olarak fazla olmaktadır.

3.3 Problem tanımı

2010 yılında, Durukan Şekerleme kendi satış ağını kurup, satış tahminlerini sezgisel yöntemlerle gerçekleştirmeye başlamıştır. İstatistiksel metotlara dayanmadığı için tahminlerde %50'ye yakın hata yapılmaktadır. Operasyonel anlamda mevcut sistem incelendiğinde, her bir sevkiyatın ülkelerden gelen 1850 kutuyu kapsayan talebi içerdiği görülmektedir. Tırların sahip olduğu ürünlerin bileşimi sevkiyat bazında farklılık göstermektedir. Sevkiyat maliyetinin yüksek olması sebebiyle Durukan Şekerleme, tırı mümkün olduğunca verimli bir şekilde doldurma amacını taşımaktadır.

Talebin değişken olması nedeniyle, bir ülkeye belirtilen zaman aralığında gönderilen sevkiyatın içeriği çok değişkenli stokastik süreç özelliği göstermektedir. Ardışık siparişler arası zamanın tesadüfi değişim göstermesi stokastik bir süreç oluşturduğuna işaret etmektedir. Tüketim davranışları göz önüne alındığında, siparişler arası zaman ve tır kompozisyonu arasında istatistiksel bir ilişki beklenmektedir. Tır yük bileşimi ve ardışık siparişler arası zaman, kesikli zaman çok değişkenli stokastik süreçler altında zaman serileri olarak modellenecektir. Probleme olan yaklaşım üç adımda aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Kesikli zaman çok değişkenli sipariş bileşimi ve siparişler arası zamanın modellenmesi
2. Öngörülen modelin mevcut verilerle uyumunun incelenmesi
3. Etkili bir talep tahmin sistemi geliştirilmesidir.

Mevcut durumda, üretim planlama departmanı için planlama dönemi beş hafta olarak belirlenmiştir. Geliştirilmesi öngörülen talep tahmin sisteminin, siparişler arası zaman aralıklarını ve tırın yük bileşimini her hafta başında takip eden beş hafta için öngörmesi beklenmektedir.

3.4 Projenin amacı ve kapsamı

Bu projede amaç Durukan Şekerleme'nin çok değişkenli arz/talep sürecinin modellenmesi, gerçekleştirilen veri analizleri ışığında önerilen modelin verilere uygulanmasıdır. Proje çıktısı olarak şirkete güvenilir bir talep tahmin sisteminin sunulması hedeflenmiştir. Problem tanımında bahsedildiği üzere beş haftalık bir planlama süreci belirlenmiş ve bir haftalık periyodlar halinde talepler güncellenmiştir. Bu projeye hata payını %40'a indirmek amaçlanmaktadır.

3.5 Literatür taraması

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda, Durukan Şekerleme'nin verileri bileşik veri özelliği gösterdiği görülmektedir. Proje kapsamında, mevcut veriler kullanılarak, beş haftalık planlama süresi boyunca tır veya konteynırların ürün oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bir tır veya konteynır içerisinde ürün çeşidi oranları toplamının bire eşit olması nedeniyle verilerimiz bileşik özellik göstermektedir. Literatürde

birleşik verilerin kullanımıyla ilgili farklı sektörlerdeki uygulamalara rastlamak mümkündür. Örneğin, Vidal, Fernandez ve Fdez-Henestrosa (2007)'nin belirttiği üzere ABD'de başkanlık seçimlerinde adayların bölgelerde aldığı oyların dağılımı bileşik veri halinde (Tablo 1) sunulmuştur.

Tablo 1. ABD başkanlık seçimleri birleşik veri örneği.

| ABD – Başkanlık Seçimleri – 2000 | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|---------------|
| Eyaletler | Bush | Gore | Diğer | Toplam |
| Alabama | 943799 | 696741 | 26270 | 1666810 |
| Alaska | 136068 | 64252 | 30347 | 230667 |
| Wisconsin | 1235035 | 1240431 | 114415 | 2589881 |
| Wyoming | 147674 | 60421 | 5331 | 213426 |
| Alabama | 56, 6% | 41, 8% | 1, 6% | 100% |
| Alaska | 59, 0% | 27, 9% | 13, 1% | 100% |
| Wisconsin | 47, 7% | 47, 9% | 4, 4% | 100% |
| Wyoming | 69, 2% | 28, 3% | 2, 5% | 100% |

4. Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Talep tahmin sisteminin oluşturulmasında her bir şeker tipi ve ülke için 2010-2011 yıllarına ait satış verileri kullanılmaktadır. Ek 1'de görüldüğü gibi; Ukrayna, Romanya, Arnavutluk, Rusya, Mısır ve Malezya, satışların en yüksek olduğu ülkelerdir. Bu ülkeler son iki yılda satışların ülkelere göre payının %51'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle, öncelikle bu ülkelere odaklanmak gerekmektedir. Ayrıca, bu ülkeler Kazakistan, Irak, Kosova, Almanya, Filipinler ve Özbekistan ile birlikte ülkelerin toplam satış paylarının %81'ini kapsamaktadır. Her bir ülkenin ürün dağılımı ve sipariş zaman aralıkları farklılık göstermektedir. Yapılan ilk toplantı sırasında şirket tarafından Tayland, Litvanya, Makedonya, İran, Azerbaycan, Bosna Hersek için de talep tahmin sistemi oluşturulması istenmiştir. Fakat talep tahmini sistemi oluşturmak için yeterli sayıda veri olmadığından, bu ülkeler için etkili bir tahmin sistemi oluşturmak mümkün değildir. Bu nedenle bu ülkelerin birlikte modellenmesine karar verilmiştir. Ayrıca, yeterli sayıda veri olmasından ve toplam satışların %15'ini oluşturmasından dolayı Ukrayna'nın pilot bölge olarak seçilmesine karar verilmiş ve analizler Ukrayna üzerine yoğunlaştırılmıştır (Ek 1).

Problem tanımında belirtildiği gibi siparişler arası zaman aralıkları rassaldır. Siparişler arasında eşit zaman aralıkları yoktur ve oldukça değişkendir. Ek 2'de ise incelenen 43 SKU'daki şeker tipleri taleplerinin dalgalanmakta olduğu görülmektedir. Varolan verilerin bütün SKU'lar için yeterli bilgi vermemesi sebebiyle, benzer şeker

tipleri bir araya getirilerek gruplanması gerekmektedir (Ek 3). Gruplama yapılırken; kullanılan aroma çeşitleri, aynı şeker çeşitlerinin farklı boyutlarda ve şekillerde paketleri (silindirik, tekli,..), bazı şekerlerin birbirinin ikamesi olması göz önüne alınmıştır. Bu işlem sonucunda 13 farklı şeker grubu oluşturulmuştur. Nakliyyeyi gerçekleştiren tırların kapasite kısıtı sebebiyle, bu grupların tır içerisindeki talep oranlarını da hesaplamamız gerekmektedir. Bu oranlar çok değişkenli bileşik veri özelliğini göstermektedir. Bileşik veri için literatürde zaman serisi modelleri olmasına rağmen siparişler arasındaki zaman farklarının birbirlerine eşit olmaması sebebiyle, bu modeller bu aşamada kullanılamamaktadır. Ayrıca, bir tırdaki şeker kompozisyonu oranları 0 ile 1 arasındadır. Daha verimli bir talep analizi için bu verilere Aitchison'un (1986) yaptığı gibi katkılı logaritmik oran (ALR) dönüşümü uygulanması gerekmektedir. Böylece, verilerimizin tüm reel sayılarda değer alması gerekmektedir. Ukrayna için olan veri analizimizin detayları aşağıda sunulmaktadır:

$X_t: (X_{t1}, \dots, X_{t13})$, X_{ti} = şeker grubu i için t zamanındaki talep miktarı,
 $t = 1, 2, \dots, n$: n -boyutlu bileşik zaman serileri
 $X_{ij} \geq 0 \quad j: 1, 2, \dots, 13$.

Tırların sınırlı kapasitesi sebebiyle,

$$\sum_{j=1}^{13} X_{tj} = 1 \text{ her } t \text{ zamanında,}$$

X_t 'nin katkılı logaritmik oran dönüşümü Y_t vektörünü oluşturuyor:

$$Y_{tj} = \text{alr}(X_{tj}) = \log(X_{tj}/X_{t13}) \quad j: 1, \dots, 12; \quad t: 1, \dots, n$$

$$Y_t = (Y_{t1} \ Y_{t2}, \dots, Y_{t12})$$

Katkılı Logaritma Oranı(ALR) dönüşümü uygulanmış şekerlerin birbiri arasında ve şekerlerle siparişin geliş zamanı arasında korelasyon olup olmadığı analiz edilmiştir. Analiz R-proje istatistik programında gecikme aralıklarına göre karşılıklı otokorelasyon fonksiyonları oluşturularak yapılmıştır. 1, 7 ve 8. ve gruplar arasındaki ve 2, 3, 6 ve 13. gruplar arasındaki otokorelasyon değerinin farklı gecikme aralıklarında 0,5'in üzerinde olduğu, yani bu ürün grupları arasında korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu analiz sırasında ürün tiplerinin grupları ve siparişler arasında geçen süre arasında korelasyon bulunamamıştır. Zaman serilerinin durağan olup olmadığını analiz

etmek için ADF ve PP testleri uygulanmış durağan olmadığı reddedilememiştir. Ayrıca zamanlar arasındaki talebin durağan olup olmadığı KPSS testi uygulanarak da analiz edilmiştir. KPSS testine göre tüm grupların ALR süreçleri durağandır. KPSS testinin doğruluğu denetlenmiş ve az veriyle, KPSS testinin gücünün çok düşük olduğu gözlenmiştir. KPSS testin, ARIMA(0,1,1) serisinden 1000 kez üretilen 17 periyotluk verilerin sadece yüzde 4 ve 28'inin durağan olmadığını doğrulayabildiği tespit edilmiştir. Bu da KPSS testinin doğruluğuyla çelişmektedir. Bu durumu göz önüne alarak, verimli bir talep tahmin sistemi oluşturmak için özbağımlı bütünleşik hareketli ortalamalar (ARIMA(p,d,q)) modelleri farklı p , d ve q değerleri için denenmiş ve uyum iyiliğini ölçmek için AIC değerleri hesaplanmıştır (p : özbağımlı, d : tümleşik, q : hareketli ortalamalar). En düşük AIC değerini veren model, en uygun model olarak belirlenmiştir. Ek 4'te görüldüğü üzere, en düşük AIC değerini veren model; grup 6, 9 ve 12 için ARIMA(0,0,1) yani MA(1) ve diğer gruplar için ARIMA(0,1,1) diğer bir deyişle IMA(1,1) olarak belirlenmiştir.

Zaman aralıklarının tır kompozisyonu ile korelasyonunu analiz etmek için F testi kullanılmıştır. F testinin sıfır hipotezi zaman aralıklarının tır kompozisyonları ile ilişkisi yoktur olarak belirlenmiştir. F testi 0.22 F-istatistiği ve 0.9695 p -değeri ile sıfır hipotezini reddedememiştir. Böylece zaman aralıklarının tır kompozisyonları ile korelasyonunun önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Siparişler arasında geçen zaman aralıkları arasında mevsimsellik olup olmadığını incelemek için zaman aralıklarına mevsimselliği göz önüne almayan doğrusal model uygulanmıştır. Ek 5'te de görüldüğü gibi mevsimsel olmayan doğrusal model kış aylarında olan gecikmeleri iyi yakalayamamıştır. Böylece lineer modele mevsimsellik değişkeni eklenilip denenmesine karar verilmiştir. Ek 6'daki grafikte de görüldüğü üzere, mevsimsellik değişkeni olan doğrusal model ani iniş ve çıkışları daha iyi yakalayıp bir sonraki siparişte doğal seyrini bozmamıştır.

Pilot bölge olarak Ukrayna'ya ait ihraç ürünlerinin talep tahminini yaptıktan sonra, toplam satışlarda Ukrayna ile beraber yüksek satış payına sahip olan Romanya, Arnavutluk, Rusya ve Mısır'ın satış verilerinin analizi yapılmıştır. İlk olarak Romanya'ya ait 24 farklı şeker tipinin değişken talepleri incelenmiştir. Bu şeker tiplerinin; Durukan Gum Maxi, Durukan Yoghurto, Durukan Gummy ve Toplama Grup olmak üzere dört gruba ayrılmasına karar verilmiştir. Satış verisi çok az olan şeker tiplerini "Toplama" grubunda birleştirerek, o şeker tipleri için toplam bir satış tahmin metodu önerilmesi düşünülmüş ve grupların satış grafikleri incelenmiştir. Ukrayna'da olduğu gibi, bu ülkedeki gruplara da ALR transformasyonu uygulanmıştır ve grupların birbirleri

ve zaman ile olan korelasyonlarına bakılmıştır. Grupların zaman ile otokorelasyonu olduğu görülmüştür.

Aynı işlemler diğer bir yüksek satış payına sahip olan Arnavutluk için de uygulanmıştır. 23 farklı ürün çeşidi için şekerler 4 gruba ayrılmıştır. Gruplara ALR dönüşümü uygulanmış ve birbirleriyle olan ilintilerine bakılmıştır. Bütün grupların birbirleriyle otokorelasyonu olduğu görülmüştür.

Arnavutluk'tan sonra incelediğimiz Rusya, Mısır, Kazakistan ve Malezya satış verileri analiz edilmiştir.

Sonuç olarak, ihraç ürünlerin satış verileri analiz edildiğinde taleplerin değişken olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra, ürün siparişleri arası düzensiz zaman aralıkları ve mevsimsellik etkisi ön plana çıkmaktadır. Tır kompozisyonunun farklı kombinasyonlardaki şeker miktarlarından oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda, bazı şeker çeşitleri arasında bir korelasyonun varlığı öngörülmüştür.

5. Geliştirilen Modeller ve Çözüm Önerileri

Zaman serileri modellerini bileşik grup verilerimize uygulamak mümkün olmadığı için model geliştirilirken 'Veri analizi' kısmında belirtildiği gibi, ilk adım olarak şeker gruplarına katkılı logaritmik oran (ALR) dönüşümü uygulanmıştır. Önerilen bütün modeller ALR süreçleri temel alınarak geliştirilmiştir. Bu doğrultuda önerilen ilk model vektör özbağımlı (VAR) modeli olmuş ve VAR modelinin verilerimize uygun olup olmadığı, R programlama dili kullanılarak test edilmiştir. Bu testi uygularken pilot ülke olarak seçilen Ukrayna'nın verileri kullanılmış ve aşağıda verilen bütün modeller Ukrayna verilerine göre yapılmıştır. VAR için genel formül aşağıdaki gibidir;

$$y_t = c + A_1y_{t-1} + \dots + A_{13}y_{t-p} + u_t$$

Formülde geçen y_t , $k \times 1$ değişken vektörünü simgelemektedir. Projedeki değişkenler grup çeşitleri ve zamandan oluşmaktadır. " A_1, \dots, A_p " ise $K \times K$ değişken katsayısı matrisini; u_t , $k \times 1$ yanılğı vektörünü ve c de $k \times 1$ sabit vektörünü belirtmektedir. VAR modeli R'da verilere uygulandığında, artakalanların VAR modelinden saptığı gözlemlenmektedir. Ayrıca, VAR modelinin verilere uyum testinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, bazı t -değerlerinin mutlak 2'den büyük olmasına rağmen önemli ölçüde fazla t -değerinin mutlak 2'den küçük olduğu gözlenmiştir. Bahsedilen t -değerleri, katsayıların sıfırdan farklı olduğu hipotezinin test edilmesinde kullanılmaktadır ve sonuç olarak bağımsız değişkenlerin modele ait olduğu bilgisini sağlamaktadır. 0.05'den büyük p -değerleri de t -değerlerinin mutlak 2'den küçük olduğunu işaret etmektedir ve bu da katsayıların rastlantı sonucu önemli olduğu anlamına gelmektedir. VAR modelinden elde edilen bu sonuçlara

dayanarak, başka bir modelin uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Veri analizinden elde edildiği gibi ilintili inovasyonlar, geliştirilecek modelde hareketli ortalamalar (MA) bileşeninin olması gerektiğini göstermiştir. Buradan yola çıkarak, özbağımlı tümleşik hareketli ortalamalar (ARIMA) modeli denenmiştir. Bu model her grup için ve bileşenlerin 0 ve 1 ile oluşturulan bütün birleşimleri için uygulanmıştır. Özbağımlı, tümleşme ve hareketli ortalama katsayıları sistematik olarak değiştirilerek kurulan ALR modellerinden, Cowpertwait ve Metcalf'ın (2008) önerdiği gibi, en küçük AIC skorunu veren modeller seçilmiştir. Model oluşturmada izlenen süreçler bütün ülkeler için aynıdır ve ARIMA(p,d,r) her ülkenin gruplarına uygulanmıştır. AIC skorlarına göre grup 6, 9 ve 12 için en uygun model ARIMA(0,0,1) = MA(1) olurken diğer gruplar için en uygun model ARIMA(0,1,1) = IMA(1,1) olmuştur. Veri analizinde bahsedildiği gibi grup 2,3,13 ve grup 1,7,8 ALR süreçlerinin inovasyonları kendi aralarında ilintili olduğu için bu gruplar kendi aralarında beraber modellenmiştir. Hareketli ortalamalar MA(1) için model aşağıdaki gibidir;

$$Y_{i,t} = m_i + \varepsilon_{i,t} + \Phi_i \varepsilon_{i,t-1}$$

$Y_{i,t}$ tahmin edilecek ALR grup kompozisyonlarını; m_i ortalamayı; $\varepsilon_{i,t}$ inovasyonu ve Φ_i de inovasyonun bir önceki zamana ne kadar bağlı olduğunu göstermektedir (i grupları; t ise sevkiyatı temsil etmektedir.) Tümleşik hareketli ortalamalar IMA(1,1) için model aşağıdaki gibidir;

$$Y_{i,t} = Y_{i,t-1} + m_i + \varepsilon_{i,t} + \Phi_i \varepsilon_{i,t-1}$$

Veri analizinde bahsedildiği üzere, F testi grupların zamana etkileri olmadığını göstermiştir ve bu nedenle siparişler arası geçen gün sayısı grup kompozisyonlarından ayrı modellenmiştir. R'dan elde edilen değerler ile doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır.

Kesme noktası = 4.0126; eğim = 0.54 ve (-0.08) de azalan eğilimi göstermektedir. Bu azalan trendin nedeni kesin olarak bilinmemekle beraber marka bilinirliğinin artması olabileceği düşünülmüştür. Doğrusal regresyon modeli aşağıdaki gibidir;

$$\text{Log}(Z_n) = 4.0126 + 0.5 \cdot \text{Mevsim}_{n-1} - 0.08n + \varepsilon_n, n \geq 1$$

Yukarıdaki logaritmik eşitliğin tersi alındığında elde edilen ve kullanıma hazır olan formül ise aşağıdaki gibidir;

$$Z_n \approx 55 \cdot (1.71)^{\text{Mevsim}(n-1)} (0.92)^n, n \geq 1$$

Z_n , n 'nci ve $(n-1)$ 'inci siparişler arasındaki gün sayısını; Mevsim_n , n 'nci siparişin mevsimini simgelemektedir. Veri analizinden elde edildiği üzere birinci ve dördüncü çeyrekler kış dönemi içinde alınan siparişler için $\text{Mevsim}_n = 1$, ikinci ve üçüncü çeyrekler içindekiler içinse $\text{Mevsim}_n = 0$ olarak belirlenmiştir.

6. Metodun Uygulanması

ARIMA(p,d,r) modelini her grup için en iyi sonucu veren (p,d,r) birleşimini verilerimize uyguladığımızda grup kompozisyon ALR süreçlerinin tahminleri elde edilmiştir. Tahminlerin grafikleri Ek 6'da bulunmaktadır. Grafikte görülen siyah noktalar gözlemlenen değerleri gösterirken kırmızı noktalar ise bir adım önceden tahmin edilen değerleri göstermektedir. Grafikte görüldüğü üzere, genel olarak ALR grup kompozisyonlarının tahminleri gözlemlenen değerlerin bir önceki değerlerini takip etmekte ama bazı gruplar için olduğu gibi ani değişiklikleri yakalayamayıp seyrini bozmamaktadır. Bu ani değişikliklerin nedeninin, sezgisel yapılan talep tahminleri sonucu fazla ya da eksik stok tutulması ve bunların eksikliğinin ikamesi olan şekerlerle giderilmesi olabileceği şirket tarafından belirtilmiştir.

Siparişler arasında geçen günlerin tahminlerini ve logaritmik değerlerinin tahminlerini gösteren grafik Ek 7'de mevcuttur. Gözlemlenen verilerde olduğu gibi tahmin edilen değerlerin de mevsimsellik özelliği gösterdiği ve gözlemleri yakından takip ettiği görülmektedir.

Tahmin edilen grup kompozisyonları ALR süreçleri olmasından dolayı bu tahminlere ters dönüşüm uygulanarak istenilen sonuçlar elde edilmiştir;

$$alr_i = \log(X_i / X_5), i = 1, \dots, 4, 6, \dots, 14,$$

$$X_5 = (1 + \sum_{i \neq 5} e^{alr(i)}) \text{ ve } X_i = e^{alr(i)} (1 + \sum_{i \neq 5} e^{alr(i)})^{-1}, i \neq 5.$$

Yukarıdaki formüller sonucu elde edilen tarih ve grup kompozisyon tahminleri Ek 8'de bulunmaktadır.

Projenin amaç ve kapsamında belirtilen %40'luk hata payı hedefine ne kadar yaklaşıldığını görmek amacıyla performans ölçüm metodu geliştirilmiştir. Bu ölçüm yapılırken, Ukrayna verileri kullanılmış ve gözlemlenen değerler, bir önceki veriler kullanılarak tahmin edilmiştir. Öncelikle, her bir şeker çeşidi ($j=1, \dots, 13$) ve her bir sevkiyat tarihi ($i=1, \dots, 17$) için ters dönüşüm sonucu elde edilen tahmin değeri (T_{ij}) ile o tarihte gözlemlenen gerçek (G_{ij}) değeri arasındaki mutlak oransal farkların ($|G_{ij}-T_{ij}|/G_{ij}$) ağırlıklı ortalamaları alınmaktadır;

i 'nci sevkiyattaki j 'nci şeker grubunun ağırlığı sevkiyat içindeki gerçek payı (G_{ij}) alınmıştır. Dolayısıyla, i 'nci sevkiyattaki ağırlıklı tahmin hatası (H_i),

$$H_i = \sum_j G_{ij} \cdot (|G_{ij} - T_{ij}| / G_{ij}) = \sum_j |G_{ij} - T_{ij}|$$

ifadesiyle hesaplanmıştır. Tüm sevkiyatlar üzerinden ağırlıklı tahmin hatası (H) hesaplanırken, i 'nci sevkiyatın ağırlığı (a_i) sevkiyat numarası baz alınarak belirlenmiştir. Bunun nedeni ise, bir sonraki sevkiyat tahmini yapılırken önceki sevkiyata göre daha fazla veriden yararlanılmasıdır. Örneğin, 17. sevkiyatın satış tahmini için öncesindeki 16 sevkiyatın verilerinden yararlanılırken 10. sevkiyatın satış tahmini için 9 sevkiyatın verilerinden yararlanılmaktadır. Bunu yansıtacak şekilde, i 'nci sevkiyatın tahmin hatasının ağırlığı

$$a_i = 2i / [I(I+1)]$$

olarak hesaplanmıştır. Böylece ağırlıklı tahmin hata oranı $H = \sum_i a_i H_i = \sum_{ij} |G_{ij} - T_{ij}|$ olur. Ukrayna için tahmin hatalarının ağırlıklı ve basit ortalamaları 0.4233 ve 0.4053 olarak hesaplanmıştır. Her sevkiyat için tahmin hata oranları ($H_i, i=1, \dots, 17$) Ek 9'daki gibidir.

7. Genel Değerlendirme

Durukan ile gerçekleştirilen bu proje ihraç edilen ürünlere yönelik olup, gerçek talep ile tahmini talep arasındaki farkı azaltmayı ve stok maliyetini düşürmeyi amaçlamaktadır. Dönem başında belirlediğimiz hedeflerimiz doğrultusunda var olan veriler bir araya getirilmiştir. Analiz için uygun yöntem seçilerek, gelişmiş bir model üretilmiştir. Durukan Şekerleme için geliştirilen modeller sonraki zamanlarda yapılabilecek olası değişikliklere karşı esnek olarak modellenmiştir. Örneğin, başlangıçta mevcut sistemde yer alan şeker çeşitlerinin gelecek yıl içinde üretilmeyeceği bilgisi alınmıştır. Şirketle yapılan görüşmelerde, bu şeker çeşitlerini çıkarılması veya kompozisyonlardaki oranlarının diğer şeker çeşitleri arasında paylaşılması görüşülmüştür.

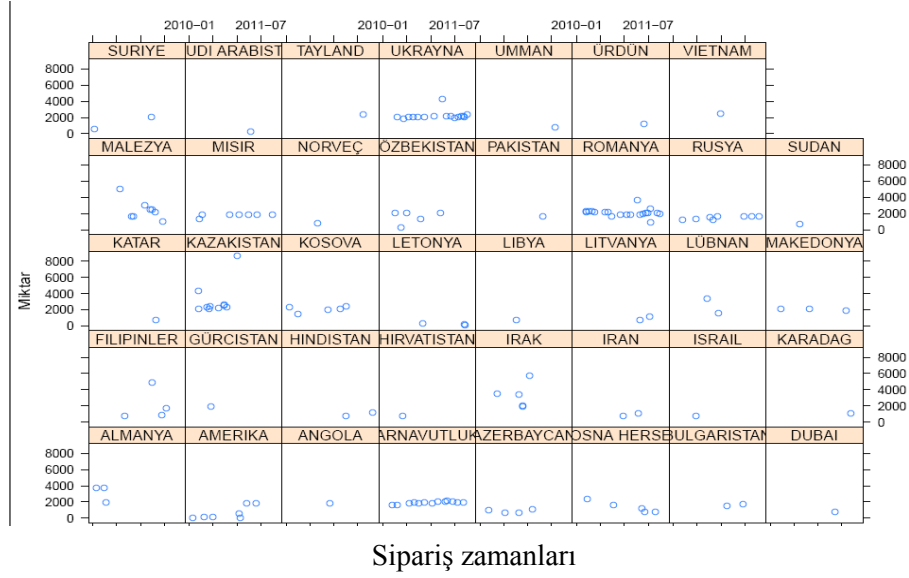
Önerdiğimiz sistemin şirkete entegrasyonu için arayüz oluşturulması düşünülmüş, ancak sistem standardize edilemeyeceğinden dolayı, şirket ve akademik danışman ile de görüşülüp, bundan vazgeçilmiştir. Bunun yerine, kolay-erişilebilir R programının doğrudan kullanılmasına karar verilmiştir. R programı ile analizlerin yapılması, grafiklerin yorumlanması gibi temel süreçler çalışanlara anlatılacaktır. R programının kodu açıklamalarıyla beraber mevcuttur, ufak değişikliklerle revize edilebilecek şekildedir. Oluşturulan talep tahmin sistemi şirket tarafından uygun görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Aitchison, J. 1986. "The Statistical Analysis of Compositional Data", Chapman, London.
- Cowpertwait, P. ve Metcalf A. V. 2008. "Introductory Time Series with R", Springer, NY.
- Vidal, C. B. , Fernandez, J. A. M, Fdez-Henestrosa, S. T. 2007. "Statistical Analysis of Compositional Data", U. Girona, Spain, http://ima.udg.edu/activitats/codawork05/Course_CW_05_Slides.pdf. Son erişim tarihi: 10 Nisan 2012.

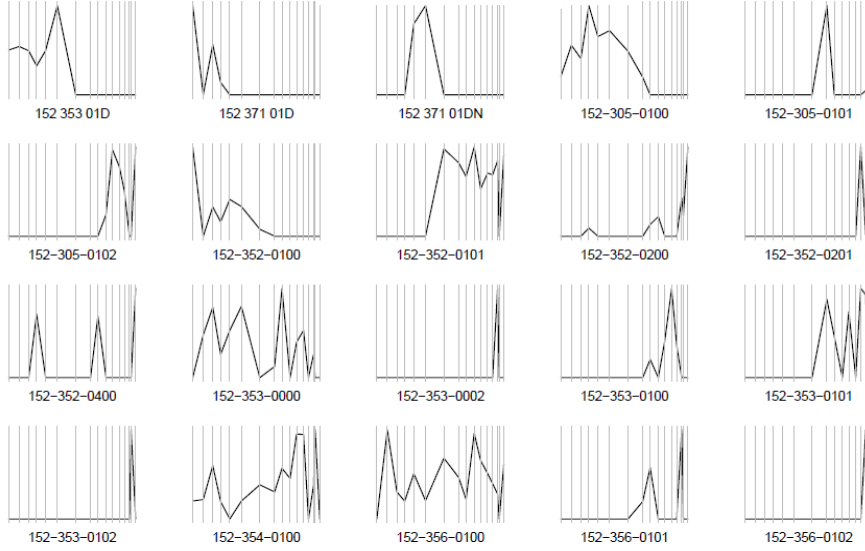
EKLER

Ek 1. Son iki yıl için farklı ülkeler için satış verileri



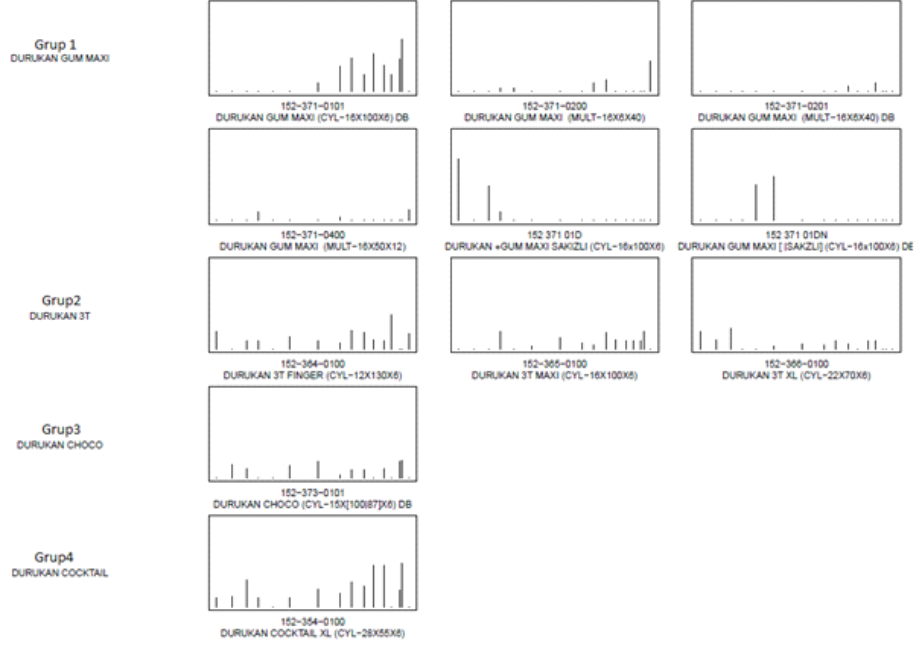
Ek 2. Ukrayna şeker tipleri talep dağılım örnekleri

Ukrayna: Şeker satış grafikleri



* X eksenini sevkiyat zamanlarını, Y eksenini satış miktarlarını göstermektedir.

Ek 3. Şeker gruplandırması örneği

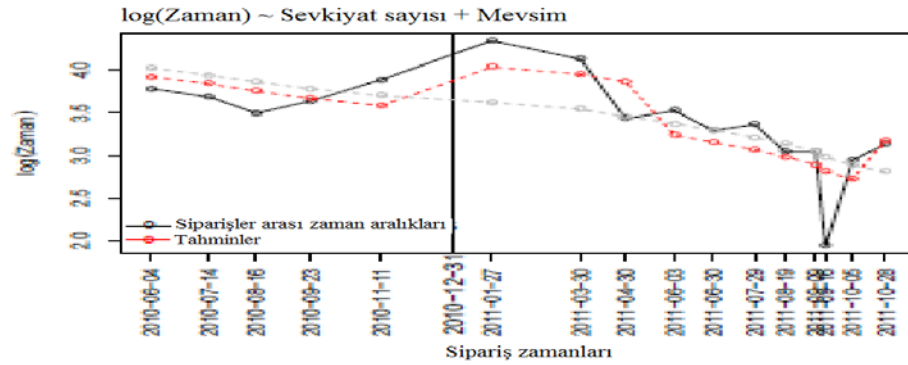


* X eksenini sevkiyat zamanlarını, Y eksenini satış miktarlarını göstermektedir.

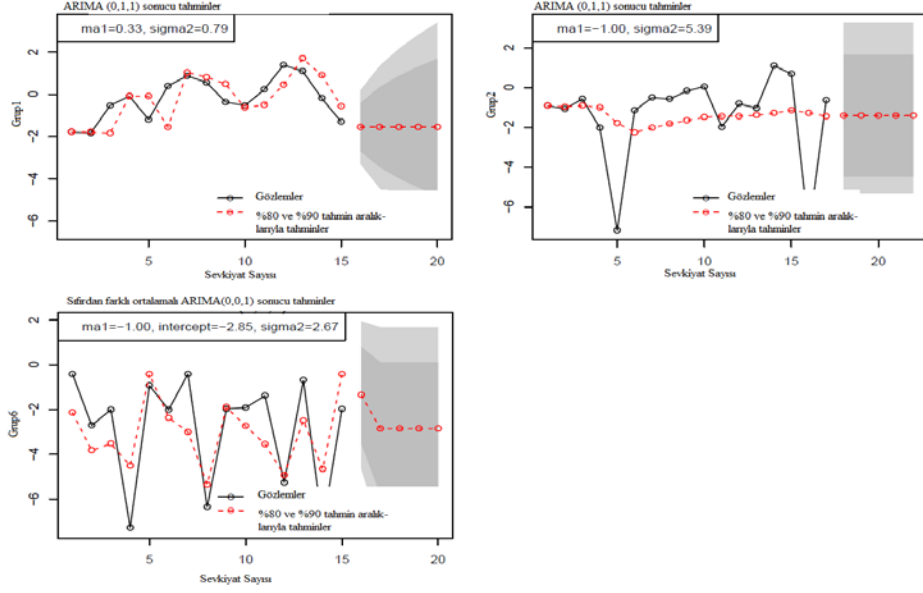
Ek 4. ARIMA(p,d,q) AIC skorları

| ARIMA | (0,0,0) | (1,0,0) | (0,0,1) | (1,0,1) | (0,1,0) | (0,1,1) | (1,1,0) | (1,1,1) |
|--------|---------|---------|--------------|---------|---------|--------------|---------|---------|
| Grup 1 | 73.31 | 73.47 | 73.81 | 75.28 | 72.83 | 69.56 | 69.80 | 71.29 |
| Grup 2 | 79.84 | 81.77 | 81.72 | 81.34 | 86.40 | 79.18 | 84.81 | 81.18 |
| Grup 6 | 84.19 | 78.85 | 74.11 | 75.48 | 96.25 | 83.27 | 84.10 | 79.27 |
| Grup 9 | 85.70 | 86.26 | 83.10 | 83.92 | 94.88 | 84.69 | 92.04 | 85.78 |

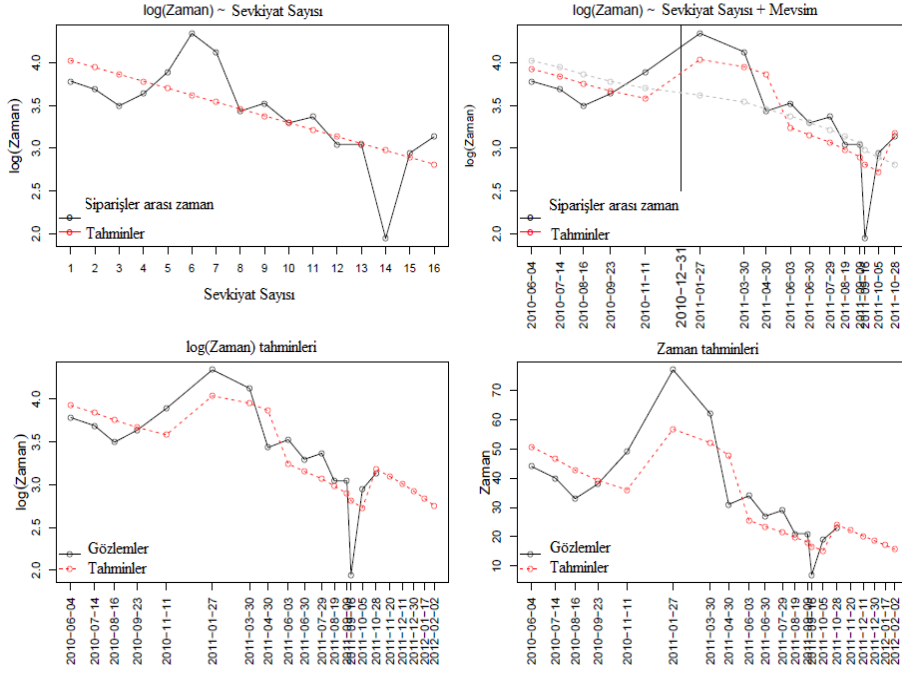
Ek 5. Zaman Aralıkları Linear Regresyon Modeline mevsimsellik değişkeni eklenmesi analizi



Ek 6. Ukrayna için Grup ALR kompozisyonlarının tahminleri



Ek 7. Ukrayna siparişleri arasında geçen günlerin tahmini

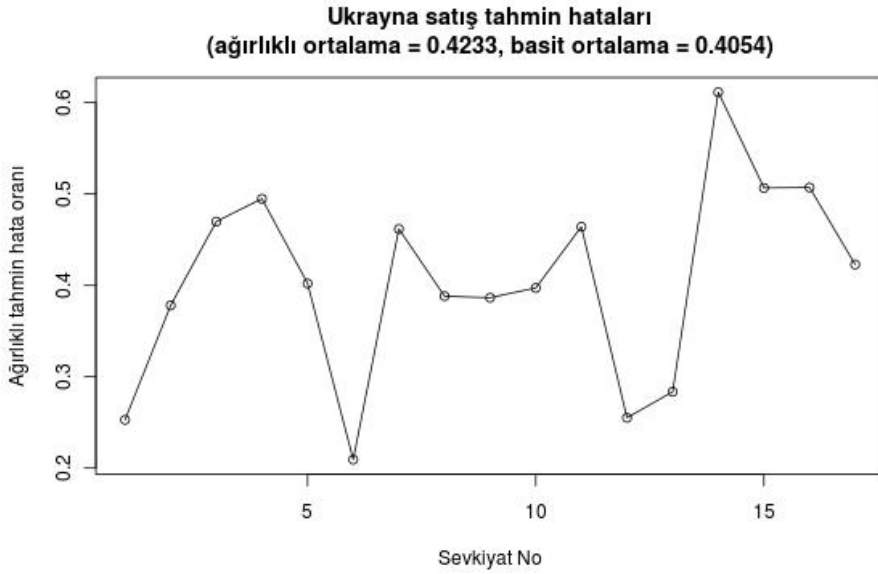


Ek 8. Ukrayna siparişinin tarih ve grup kompozisyon tarihleri

| | Tarih | Grup1 | Grup2 | Grup3 | Grup4 | Grup6 | Grup7 | Grup8 | Grup9 | Grup10 |
|---|------------|--------|--------|--------|----------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 1 | 2011-11-20 | 0.0432 | 0.0495 | 0.0305 | 0.000683 | 0.0526 | 0.11 | 0.231 | 0.0808 | 0.00762 |
| 2 | 2011-12-11 | 0.0471 | 0.0541 | 0.0333 | 0.000745 | 0.0128 | 0.12 | 0.252 | 0.0555 | 0.00832 |
| 3 | 2011-12-30 | 0.0471 | 0.0541 | 0.0333 | 0.000745 | 0.0128 | 0.12 | 0.252 | 0.0555 | 0.00832 |
| 4 | 2012-01-17 | 0.0471 | 0.0541 | 0.0333 | 0.000745 | 0.0128 | 0.12 | 0.252 | 0.0555 | 0.00832 |
| 5 | 2012-02-02 | 0.0471 | 0.0541 | 0.0333 | 0.000745 | 0.0128 | 0.12 | 0.252 | 0.0555 | 0.00832 |

| | Grup11 | Grup12 | Grup13 | Grup14 | Grup5 |
|---|----------|--------|--------|---------|-------|
| 1 | 0.000138 | 0.0255 | 0.160 | 0.00456 | 0.203 |
| 2 | 0.000151 | 0.0137 | 0.175 | 0.00498 | 0.222 |
| 3 | 0.000151 | 0.0137 | 0.175 | 0.00498 | 0.222 |
| 4 | 0.000151 | 0.0137 | 0.175 | 0.00498 | 0.222 |
| 5 | 0.000151 | 0.0137 | 0.175 | 0.00498 | 0.222 |

Ek 9. Ukrayna Satış Tahmin Hataları



Depo Faaliyetlerinin Düzenlenmesi için Karar Destek Sistemi Tasarımı

ETİ Gıda A.Ş.

Proje Ekibi

Cansu Alanoğlu

İrem Aysan

Burak Bıçakçı

Simge Duran

Taylan Öztekin

Nilay Tuna

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanları

Oğuz Raşit Togay

Tersine Lojistik Planlama Mühendisi

Adem İrteğün

Lojistik Süreçler Planlama Mühendisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Osman Oğuz

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

ETİ sahip olduğu yüksek pazar payıyla Türkiye gıda endüstrisinde önde gelen firmalardan biridir. Ülke çapında geniş bir teslimat ağına sahip olan firma lojistik operasyonlarını anlaşmalı olduğu bir lojistik şirketiyle sürdürmektedir. ETİ ürünlerinin müşterilere teslimat süresinin artmasına sebep olan bir çizelgesizlik problemi yaşamaktadır. Detaylı bir iş çizelgesi oluşturmak için Karar Destek Sistemi (KDS) tasarlanmıştır. Bu raporda firma hakkında genel bilgi verilmiş, mevcut problem tanıtılmış, elde edilen veriler değerlendirilmiş ve bu bilgiler ışığında bir sistem önerilmiştir. Sistemin içeriği detaylı olarak açıklanmış, fonksiyonlar ve kullanım özelliklerinden bahsedilmiştir. Sistem gerçek verilerle test edilmiş ve yapılan denemenin sonuçları paylaşılmıştır. Alternatif yöntemler önerilmiş ve bu yöntemlerin arasındaki farklar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çizelgeleme, KDS, Teslimat, GAMS.

1. Firma Tanıtımı

ETİ 1962 yılında 22 çalışanı ve günlük üç tonluk kapasitesi ile üretime başladı. 1967 yılının sonuna kadar, günlük üretim kapasitesi yedi tona ulaştı ve fabrika yeni bir alana taşındı. Bu fabrika o zamanlarda Türkiye’de bulunan tek otomatik kurabiye pişirme fabrikasıydı. ETİ 2009 yılında en çok uluslar arası patent başvurusu yapan şirket olarak ödül kazanmıştır. Ayrıca gıda sektöründe en çok patent başvurusu yapan şirket olma başarısını da göstermiştir. Köklü tecrübeleri sayesinde ETİ her geçen yıl gelişmekte olan bir firmadır. Firma günümüzde, beş fabrikasında 200’den fazla çeşit ürünü üretmektedir. Bu beş fabrika, toplamda 321.010 tonluk yıllık üretim kapasitesine sahiptir. Son beş yıl içerisinde şirketin satış rakamları 660 milyon dolar seviyesine yükselmiştir. Firma Ülker ve Saray gibi yerli firmalarla rekabet edebilmek için iş gücünü ve tedarikçilerini özenle seçmektedir. ETİ %38’lik pazar payıyla başarılı bir görünüm içerisinde. Yüksek pazar payının yanısıra, şirketin geniş bir tüketici kitlesi de bulunmaktadır. ETİ’nin yerli müşterilerinden bazıları zincir mağazalar ve yerel dağıtım ofisleridir. Şirketin merkez deposundan toplamda yaklaşık 80’i zincir mağaza ve 320’si yerel dağıtım ofisi olmak üzere 400 müşteriye dağıtım yapılmaktadır.

2. Sistem Analizi ve Problem Tanımı

2.1 Mevcut sistem analizi

Ürünler ETİ fabrikalarından çıktıktan sonra ana depoya gönderilir. Ana depo ile ürünlerin müşteriye teslimatı arasında geçen süre proje kapsamında ele alınmıştır. Ürün teslimat süreci siparişlerin alımıyla başlar ve ürünlerin müşteriye ulaşmasıyla son bulur. Ürünlerin teslimatı üçüncü parti lojistik firması olan Sarp Lojistik tarafından, Sarp Lojistik bünyesindeki kamyon ve tır filosu ile sağlanmaktadır.

Siparişlerin müşterilerden alımı AS400 veri işletim sistemine otomatik olarak gelmektedir. Satış departmanı siparişleri teslimat bölgelerini göz önünde bulundurarak sipariş paketleri oluşturur. Sipariş paketlerinin hacim ve rota özelliklerine uygun araç tipi belirlenir.

Mevcut durumda iş paketlerine en uygun araç ataması el ile yapılmaktadır. Yükleme sürecinin başlaması için; yeterli iş gücü, gerekli ürün miktarı ve sipariş paketine uygun araç tipinin hazır olması gerekmektedir. Yüklemenin tamamlanmasıyla, araçlar yola çıkar ve ürünler müşterilere teslim edilir.

2.2. Proje tanımı

ETİ ile gerçekleştirilen projenin kapsamı, ETİ’nin yurtiçi müşterilerinden gelen siparişlerin teslimatları için kullanabileceği bir Karar Destek Sistemi (KDS) hazırlamaktır. Projenin temel amacı ise, gelen siparişlerin toplam teslimat süresini kısaltmaktır.

2.3. Problem tanımı

ETİ'nin lojistik operasyonlarında yaşadığı problem, alınan siparişlerin teslimatlarını gerçekleştirmek için merkez depoda kullanılabilir bir çizelgeleme sisteminin olmamasıdır. Bu eksiklik siparişlerin yükleme kapılarındaki durumunun takip edilememesine ve yüklemelerin bazı durumlarda olması gerekenden erken veya geç yapılmasına sebep olmaktadır. Ayrıca yükleme süreçlerinde bir problem yaşandığı takdirde kullanılabilir tanımlanmış bir aksiyon planı bulunmadığından, verilen kararlar lojistik operasyonların tamamını olumsuz olarak etkileyebilmektedir.

3. Şirketten Alınan Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Şirketten temin edilen ham veriler modelde kullanmadan önce, uygun şablona dönüştürülmüştür (Ek 1.1). İşlerin müşterilerde olması gereken saatler, sistem her çalıştırıldığında, sistemin çalıştığı an sıfır kabul edilerek hesaplanmıştır. Sistemin ardışık çalıştırıldığı bir senaryoda (ör. birinci ve ikinci vardiya), ilk çalıştırmada yapılması kesinleşen işler sistem ikinci kez çalıştırıldığında iş kümesinden düşürülmüş ve kapıların uygunluk durumları planlanan işlerin bitiş saatlerine göre ayarlanmıştır.

Analiz edilen ve model içerisinde kullanılabilir hale gelen verilerin tek seferde KDS tarafından değerlendirilip optimum sonuca ulaşması istenenden daha uzun sürmektedir. Bu sebeple model koşum süresini azaltmak için alternatif bir yöntem başvurulmuştur. Seçilen alternatif yöntem veriyi bir günün vardiyalarını gözeterek "parçalara ayırma"dir. Yapılan literatür taramasında Cohen (1980)'in eniyileme problemlerinde veriyi parçalara ayırma örnekleri incelenmiş ve bu örneklerden yola çıkılarak kullanılacak yöntem belirlenmiştir.

Sistem çalıştırıldığı anda modele girdi olarak verilecek işler, henüz depoda yüklenmesi başlamamış olanlar arasından seçilir. Kapıların boş kalması söz konusu olmadığı için kapılar %100 verimle çalışıyor kabul edilip toplam kapasiteden vardiya başlamadan önceki işlerden kapılarda kalan doluluk oranları çıkartılarak toplam kullanılabilir kapasite elde edilir. Seçilen iş sayısı en az depoda o vardiya süresince açık bulunan kapıları tamamen dolduracak kadar olmalıdır. Bu göz önünde bulundurularak planlanan çıkış saatleri en erkenden en gece doğru sıralanmış işler, birinci sıradaki işten başlayarak modele girdi olarak eklenir.

4. Sistem Tasarımı

4.1 Akış şeması

Mevcut sistemde, bütün parametreler sipariş detaylarını içeren bir tablodan alınır (Ek 1.1). Bu tablolar MS Excel'de oluşturulmaktadır. Parametreler, MS Excel dosyasından GAMS programıyla geliştirilen modele oluşturulan makro yardımıyla aktarılır. MS Excel dosyasında

bulunan “Çizelge Oluştur” butonuna basıldığında verileri içeren bir metin dosyası otomatik olarak oluşturulur ve gerekli parametreler bu dosyadan GAMS koduna aktarılır. Modelin her vardiya için çalıştırılmasıyla elde edilen veriler yine MS Excel’de oluşturulan tablolara aktarılır (Ek 2). Aktarılan bu verilere göre istenilen iş planına uygun bir çizelge oluşturulur (Ek 1.3).

Çizelge oluşturmak için kullanılan bilgisayar programları olan MS Excel ve GAMS, ETİ’de halihazırda kullanılmakta olduğundan sistem entegrasyonu konusunda ayrıca çalışmalar yapılmamıştır. Ancak, depo yöneticilerine kolay kullanabilecekleri bir sistem sunmak adına sistemin GAMS – Excel programları arası bilgi aktarımları otomatikleştirilmeye çabalanmıştır.

4.2 Kullanılan parametreler

Yazılan modelde kullanılan parametrelerle ilgili detaylar aşağıda verilmiştir.

4.2.1 İş numaraları

Hazırlanan iş paketlerini tanımlamak amacı ile iş paketlerine referans numarası atanır. Bu referans numaralarına bakılarak, iş paketinin özelliklerine ve mevcut sistemdeki durum bilgisine ulaşılır.

4.2.2 Yükleme süresi

Yükleme süresi, iş paketinin özelliğine göre değişken bir veri olup, paletli ve dökme yükleme sürecine göre hesaplanır. Paletli yüklemelerin hesaplanmasında 1,5 dk/palet kullanılırken, dökme yüklemeler için 10 koli/dk kullanılır.

4.2.3 Randevu zamanı

Her bir iş paketi, randevu zamanı göz önünde bulundurularak, uygun vardiya aralığında sisteme aktarılır. O vardiya içerisinde yüklenmeye başlaması gereken işlerin verileri model içerisine kodlanır ve sistem çalıştırılır. Vardiya aralıkları 07:00-15:00, 15:00-23:00 ve 23:00-07:00 dir.

4.2.4 Geç gitme ve erken varış maliyetleri

Modeldeki amaç fonksiyonunun istenilen zaman aralığında çözüme ulaşması için, gecikme ve erken varış maliyetleri tanımlanmıştır. Şirketin beklentileri doğrultusunda, siparişlerin müşteriye erken teslimatı, geç gitme durumuna tercih edilir. Bu nedenle amaç fonksiyonunun minimize edilebilmesi için, geç gitme maliyeti, erken varış maliyetinden daha büyük bir değer seçilmektedir. Ancak işin istenilen zamanda teslimatı esas alınmaktadır. Bu yüzden erken varış maliyetleri de istenilen teslimat süresinde oluşan maliyetlerden büyük seçilmektedir. Bu sayede amaç fonksiyonu parçalı bir fonksiyon olarak oluşmakta ve çizelgeleme için en iyi görüşü sunmaktadır (Ek 3).

Amaç fonksiyonunu etkileyen bu parametreler seçilirken, işlere atanan öncelik değerleri de gözletilmektedir. Önceliği diğer işlere göre daha

yüksek olan bir işin geç gitme ve erken varış maliyetleri tüm işlerden daha yüksektir. Bu sayede amaç fonksiyonu en küçüklenmeye çalışılırken, önceliği yüksek işler maliyetten kaçmak için randevu zamanına uygun şekilde planlanır.

4.2.5 Uygunluk durumu

Herhangi bir yükleme kapısındaki, önceki vardiyadan kalan bir işin ne zaman biteceğini gösteren parametredir.

4.3 Çizelgenin oluşturulması ve yorumlanması

Model çıktıları MS Excel dosyasına aktarılır. Elde edilen veri bir vardiya için kullanılan yükleme kapılarındaki iş sıralarını ve o işlerin tamamlanma sürelerini göstermektedir. Zaman çizelgesi her bir kapıdaki işlerin referans numaraları ile tamamlanma süresini gösterir (Ek 1.3).

5. Geliştirilen Model Detayları

5.1 İşlev

Geliştirilen matematiksel model işleri yükleme kapılarına ve nakliyat araçlarına, kapı ve araçların uygunluklarını gözetererek en iyi biçimde atar. Modelin detayları Ek 4'de bulunabilir. C_{dk} değişkeni d yükleme kapısında k 'inci sırada yapılan işin yükleme bitiş zamanını belirtir. C_{dk} değişkeninin sonuçları X_{jdk} ikili değişkeninin (Bu değişken j işi d kapısında k 'inci iş olarak yapılıyorsa 1 değerini alır.) sonuçları ile birleştirilerek yükleme kapılarının çizelgeleri elde edilir.

5.2 Amaç fonksiyonu

Amaç fonksiyonu işleri randevu zaman aralıklarına yerleşecek şekilde çizelgelemeyi amaçlar, bu aralıklar dışında gerçekleşecek yüklemeleri engellemek için erken ya da geç gitmeden kaynaklı olası maliyetleri enküçültür (Ek 3).

5.3 Kısıtlar

Kısıt (1) tüm işlerin kapılara atanmasını garantiler. Kısıt (2)'de her yükleme kapısı için her k aralığının dolu olması gerekliliği kaldırılmıştır. Belli bir kapıda yüklenecek ardışık işler arasında boş zaman kalmaması Kısıt (3) ile sağlanır. Kısıt (4) bir işin üç zaman aralığından sadece birinde gerçekleşmesine izin verir. Kısıt (5) ile eğer bir iş 1.zaman aralığında yapılıyorsa, yükleme bitişinin randevu başlama zamanından erken olması zorlanır. Kısıt (6) ve (7) yine işin hangi zaman aralıklarında biteceğine karar vermek amacıyla kullanılır. Kısıt (8), Kısıt (4)'e benzer, bir işin üç zaman aralığından sadece birinde gerçekleşmesine izin verir. (9) ve (14) arası numaralandırılmış kısıtlar işin hangi zaman aralıklarında yapılacağını belirlemeye yardımcıdır. Araçların depodaki uygunluğu ve işlere atanabileceği zamanlar Kısıt (15) ile kontrol edilir ve yeterli araç yoksa işlerin araçlara atanmasını olanaksız kılar. (16) ve (17)'nci kısıtlar ancak uygun araç olması durumunda yüklemenin başlamasını garantiler.

6. Model Validasyonu

Şirketten alınan veriler kullanılarak sistem test edilmiş ve 6 Nisan 2012 tarihi için günlük iş çizelgesi hazırlanmıştır. Veri ve çizelge detayları Ek 1’de görülebilir. Hazırlanan çizelgeye göre 6 Nisan 2012 tarihinde gelen ve bugün içerisinde depodan müşteriye yola çıkan işlerin toplam teslim süresi 1263.74 saat olarak hesaplanmıştır. Mevcut sisteme göre aynı gün gelen siparişlerin ETİ tarafından yapılan teslimatlarının toplam süresi ise 3034.05 saattir. Yapılan bu testte toplam teslimat süresinde yüzde 58 iyileştirme yapıldığı hesaplanmıştır.

7. Alternatif Çözüm Önerileri

Önerilen ve test edilen çözüm metodu kullanıcıya optimum sonuç sunma amacı gütmektedir. Fakat optimum sonuca ulaşmak için tüm veriler girdi olarak alındığında kodun çalışma zamanı oldukça yüksek olmakta ve geliştirilen model ETİ için kullanışsız hale gelmektedir. Kodu vardiyalar için ayrı zamanlarda çalıştırmak dışında, kullanılabilir sezgisel bir algoritma da geliştirilmiştir. Bu sezgisel algoritma optimumdan uzak sonuçlar vermektedir, ancak çalışma süresi ve basit mantığıyla, değerlendirilebilecek bir öneridir.

7.1 Alternatif sezgisel algoritma

Önerilen alternatif çözüm için “En Erken Teslim Tarihine Göre Sıralama” yöntemi incelenmiştir (Pinedo, 2001). Bu yöntemden esinlenilerek bir temel oluşturulmuş ve eklenen detaylarla aşağıda belirtilen sezgisel algoritma yaratılmıştır.

Adım 0. İşler depodan çıkmaları gereken en erken saatlere göre dizilir.

Adım 1. İlk boşalan kapıya atamak üzere sıralamadaki ilk iş seçilir.

Adım 1.i. Seçilen iş için uygun kamyon tipi belirlenir.

Adım 1.ii. İşe başlanması planlanan saatte işe uygun araç varsa,

Adım 1.ii.1. İş ilgili araç ve kapıya atanır, kapı ve araç durumları güncellenir.

Adım 1.ii.2. Sırada iş varsa, seçilir. Adım 1.i.’ye dönlür. Yoksa, sistem sona erdirilir.

Adım 1.iii. İşe başlanması planlanan saatte işe uygun araç yoksa,

Adım 1.iii.1. Sıradaki iş varsa, seçilir. Adım 1.i.’ye dönlür. Yoksa, sistem sona erdirilir.

7.1.1. Alternatif sezgisel algoritma sonuçları

Model sonuçları ve sezgisel algoritma sonuçlarını aynı kriterlerle karşılaştırabilmek amacıyla yine 6 Nisan 2012 tarihli günlük iş çizelgesi kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak sezgisel algoritma ile çözdürülen problemde elde edilen sonuçlar Ek 5’te görülebilir.

Bu sonuçlardan oluşturulan çizelgeye göre 6 Nisan 2012 tarihinde gelen ve bugün içerisinde depodan müşteriye yola çıkan işlerin toplam teslim süresi 1.322,75 saat olarak hesaplanmıştır.

6 Nisan 2012 tarihi için sezgisel algoritma kullanılarak oluşturulan çizelge ile, mevcut sisteme göre %56 daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Bu sonuçlar matematiksel model ile karşılaştırıldığında ise sezgisel algoritmanın matematiksel modelden %0,05 daha uzak sonuçlar önerdiği gözlemlenmiştir.

8. Senaryo Analizi

Ürünlerin müşterilere teslimatı sürecinde beklenmeyen durumlar gözlenebilir. Bu tür plan dışı durumlarda, parametreler olay sırasındaki mevcut değerlere göre değiştirilip, sistem yeniden çalıştırılır. Bu şekilde kapılardaki yükleme halinde olan araçlar dışındaki bütün araçlar için iş paketi - araç eşleştirmeleri güncellenir.

Müşteri, mevcut siparişlerin dışında, gün içinde ek siparişler yapıp siparişlerde dalgalanma olmasına da sebep olabilir. Yeni eklenen iş paketinin verileri modele eklenip yeniden çalıştırılarak uygun araç ataması yapılırken, diğer iş paketleri ve araçlar için de sistem güncellenir. Aynı şekilde, araçların gönderim sırasında kaza yapması, gidilen güzergâhta trafik olması ya da hava koşullarının kötü olması sebebiyle teslimat süresi artabilir. Her iki durumda da, bütün parametreler güncellenerek yeni bir çizelge oluşturulur.

Bunların dışında, ürünlerin araçlara yüklenmesi sırasında öngörülen yükleme süresinde sapmalar olabilir. Bu sapma teslimat süresini ve sonraki işleri etkileyeceği için o aracın yükleme bitiş zamanı güncellenir. Bu şekilde henüz yüklenmesi yapılmamış iş paketleri ve araçların yeni çizelgeleri oluşturulur.

Olası durum değişikliklerinde modelde gerekli düzenlemeleri yapıp yeni bir sonuca ulaşmak uygun bir çözüm önerisi gibi görünse de bazı durumlarda daha kötü sonuçlara yol açabilir. Zaten kısa aralıklarla çözüm üreten kod, gereksiz değişikliklerle olabilecek en iyi sonuçtan uzak yönlendirmeler yapabilir. Bu tür durumları engellemek için, şirket tarafından karar verilecek bazı tolerans limitleri belirlenecek ve kullanılacaktır. Bu tolerans limitleri dahilinde bazı durumlarda planlamaya yalnızca insan müdahalesi yapılacak ya da çok büyük değişiklikler olması durumunda sisteme yeniden başvurulacaktır.

9. Sonuçlar

ETİ'nin yaşadığı çizelgeleme problemlerini çözmek adına üç vardiya için ayrı ayrı sonuç sunan bir matematiksel model tasarlanmış, alternatif çözüm yolu olarak sezgisel bir algoritma önerilmiş ve önerilen bu iki metod gerçek verilerle test edilerek sonuçlar paylaşılmıştır. Matematiksel model ve sezgisel algoritmanın uygun arayüzler eklenerek bir Karar Destek Sistemi haline getirilme süreci ise halen devam etmekte, kullanımı kolaylaştırmak adına uygun görülen iyileştirmeler Karar Destek Sistemine eklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Cohen, G. 1980. "Auxiliary problem principle and decomposition of optimization problems", *Journal of Optimization Theory and Applications*, 32(3), 277-305.
- Pinedo, M. (2001). "Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems", Prentice Hall, New York.

EKLER

Ek 1. Veri ve Çizelge Detayları

Ek 1.1. Veri Detayları

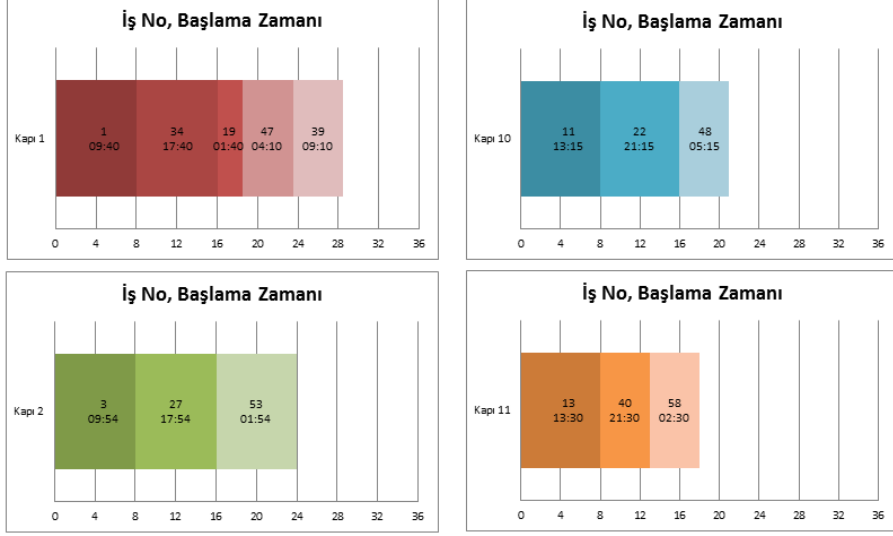
| İş Numarası | Araç Tipi | Planlanan Yükleme Çıkış - 1 | Randevu Başlangıç Zamanı | Randevu Bitiş Zamanı | | | | | | |
|-------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| 1 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 13:36 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 2 | Tır | 06.04.2012 17:14 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 3 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 17:18 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 4 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 17:36 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 5 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 17:36 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 6 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 18:06 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 7 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 18:42 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 8 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 20:00 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 9 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 20:36 | 05.04.2012 08:00 | 05.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 10 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 20:48 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 11 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 20:54 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 12 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 20:57 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 13 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 21:18 | 05.04.2012 08:00 | 05.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 14 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 21:48 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 15 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 21:55 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 16 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 21:55 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 17 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:00 | 05.04.2012 08:00 | 05.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 18 | Paletli Kamyon | 06.04.2012 22:00 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 19 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:00 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 20 | Paletli Kamyon | 06.04.2012 22:00 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 21 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:00 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 22 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:00 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 23 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:12 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 24 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:24 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 25 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:45 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 26 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:48 | 05.04.2012 08:00 | 05.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 27 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 22:51 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 28 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 23:24 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 29 | Dökme Kamyon | 06.04.2012 23:48 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 30 | Tır | 06.04.2012 23:48 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 31 | Tır | 06.04.2012 23:48 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 32 | Dökme Kamyon | 07.04.2012 00:12 | 05.04.2012 08:00 | 05.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 33 | Dökme Kamyon | 07.04.2012 00:14 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 34 | Dökme Kamyon | 07.04.2012 00:14 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 35 | Dökme Kamyon | 07.04.2012 00:14 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 36 | Dökme Kamyon | 07.04.2012 00:14 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 37 | Tır | 07.04.2012 00:24 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 38 | Tır | 07.04.2012 00:36 | 07.04.2012 08:00 | 07.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 39 | Dökme Kamyon | 07.04.2012 00:36 | 05.04.2012 08:00 | 05.04.2012 16:00 | | | | | | |
| 40 | Dökme Kamyon | 07.04.2012 00:36 | 06.04.2012 08:00 | 06.04.2012 16:00 | | | | | | |

Çizelge Oluştur

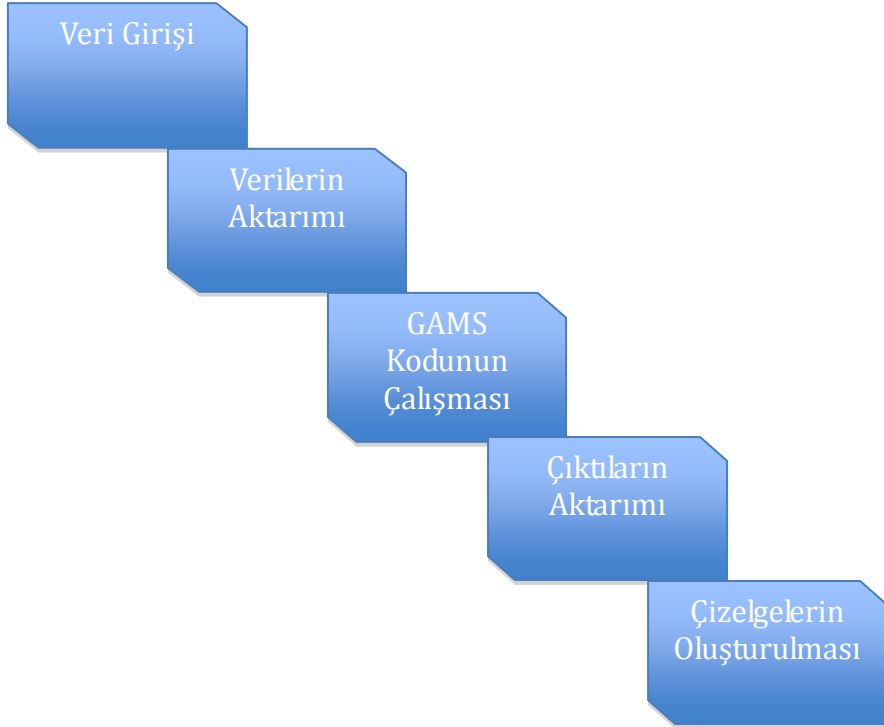
Ek 1.2. Birinci ve İkinci Vardiya için Çıktı Örnekleri

| Vardiya 1 | | | | Vardiya 2 | | | |
|-----------|-------|--------------------|----------------|-----------|-------|--------------------|----------------|
| Kapılar | İş no | İşe başlama zamanı | Yükleme Süresi | Kapılar | İş no | İşe başlama zamanı | Yükleme Süresi |
| Kapı1 | 1 | 9:40 | 8 | Kapı1 | 34 | 17:40 | 8 |
| Kapı2 | 3 | 9:54 | 8 | Kapı2 | 27 | 17:54 | 8 |
| Kapı3 | 5 | 9:54 | 8 | Kapı3 | 39 | 17:54 | 8 |
| Kapı4 | 12 | 10:12 | 8 | Kapı4 | 8 | 18:12 | 8 |
| Kapı5 | 7 | 10:45 | 8 | Kapı5 | 30 | 18:45 | 8 |
| Kapı6 | 6 | 10:45 | 8 | Kapı6 | 35 | 18:45 | 8 |
| Kapı7 | 4 | 11:39 | 8 | Kapı7 | 26 | 19:39 | 8 |
| Kapı8 | 2 | 9:15 | 5 | Kapı8 | 21 | 14:15 | 8 |
| Kapı9 | 10 | 13:00 | 8 | Kapı9 | 23 | 21:00 | 8 |
| Kapı10 | 11 | 13:15 | 8 | Kapı10 | 22 | 21:15 | 8 |
| Kapı11 | 13 | 13:30 | 8 | Kapı11 | 40 | 21:30 | 5 |
| Kapı12 | 20 | 14:06 2,5 | | Kapı12 | 24 | 16:36 | 8 |
| Kapı13 | 17 | 14:15 | 8 | Kapı13 | 28 | 22:15 | 8 |
| Kapı14 | 16 | 14:30 | 8 | Kapı14 | 35 | 22:30 | 8 |
| Kapı15 | 15 | 14:30 | 8 | Kapı15 | 36 | 22:30 | 8 |
| | | | | Kapı16 | 18 | 17:00 | 8 |
| | | | | Kapı17 | 37 | 17:00 | 8 |
| | | | | Kapı18 | 27 | 17:00 | 8 |

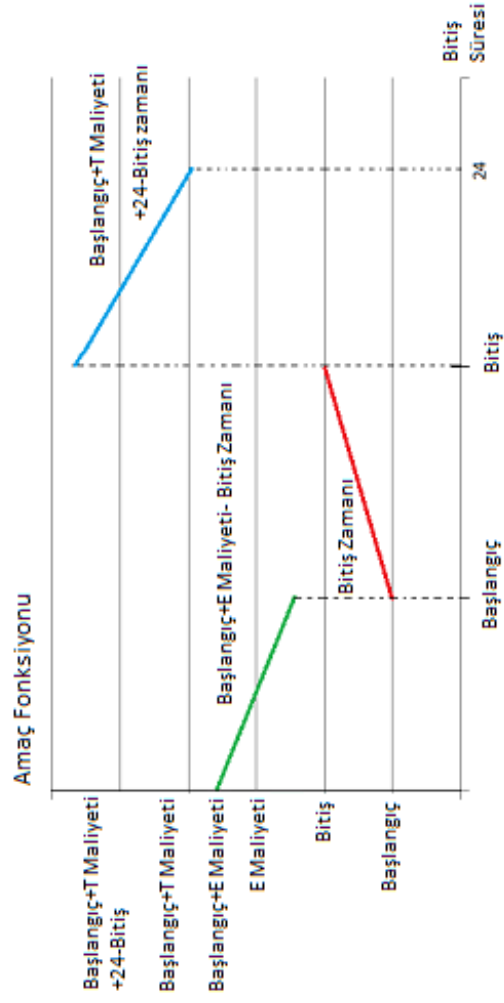
Ek 1.3. Oluşan Çizelge Örnekleri



Ek 2. Sistem Akışı



Ek 3. Amaç Fonksiyonu Grafiği



Ek 4. Matematiksel Model

Setler:

j : işler

d: kapılar

k: işlerin kapılardaki sıraları

Parametreler:

yükleme_j: j işinin yükleme süresi

başlama_j: j işinin randevu başlama saati

bitiş_j: j işinin randevu bitiş saati

Emaliyet_j: j işinin erken gitme maliyeti

Tmaliyet_j: j işinin geç gitme maliyeti

varış_i: i kamyonunun depoya geliş zamanı

kapasite_i: i kamyonunun depoya geldiği andaki araç kapasitesi

t_j: 1, eğer j işi tırla teslimata uygun ise

Değişkenler:

x_{jdk}: 1, eğer j işi d kapısında k'inci olarak yapılıyorsa

x_{1jdk}: 1, eğer j işi d kapısında k'inci olarak ve ilk zaman aralığında yapılıyorsa **

x_{2jdk}: 1, eğer j işi d kapısında k'inci olarak ve ikinci zaman aralığında yapılıyorsa**

x_{3jdk}: 1, eğer j işi d kapısında k'inci olarak ve üçüncü zaman aralığında yapılıyorsa **

c_{dk}: d kapısındaki k'inci işin yüklemeye başlama zamanı

c_{1dk}: yardımcı değişken

c_{2dk}: yardımcı değişken

c_{3dk}: yardımcı değişken

b_{jdk}: 1, eğer d kapısındaki k'inci iş i kamyonunun gelmesinden önce yapılıyorsa

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{En küçük} \sum_d \sum_k \sum_j (\text{başlama}_j + \text{Emaliyet}_j) * (x_{jdk}) - c_{1dk} - \sum_j ((\text{Emaliyet}_j - \text{başlama}_j) * (x_{2jdk} + x_{3jdk})) + c_{2dk} + \sum_j ((24 + \text{başlama}_j + \text{Tmaliyet}_j - 2 * \text{bitiş}_j) * x_{3jdk}) - c_{3dk}$$

Kısıtlar:

$$(1) \sum_d \sum_k x(j,d,k) = 1, \forall j$$

$$(2) \sum_j x(j,d,k) \leq 1, \forall d,k$$

$$(3) c_{dk} = c_{d,k-1} + \sum_j (\text{yükleme}_j * x_{jdk}), \forall d,k$$

$$(4) c_{dk} = c1_{dk} + c2_{dk} + c3_{dk}, \forall d,k$$

$$(5) c1_{dk} \leq \sum_j \text{başlama}_j * x_{jdk}, \forall d,k$$

$$(6) c2_{dk} \leq \sum_j ((\text{bitiş}_j - \text{başlama}_j) * x_{jdk}), \forall d,k$$

$$(7) c3_{dk} \leq \sum_j ((24 - \text{bitiş}_j) * x_{jdk}), \forall d,k$$

$$(8) x_{jdk} = x1_{jdk} + x2_{jdk} + x3_{jdk}, \forall j,d,k$$

$$(9) c2_{dk} \leq \text{büyükT} * (1 - \sum_j x1_{jdk}), \forall d,k$$

$$(10) c3_{dk} \leq \text{büyükT} * (1 - \sum_j x1_{jdk}), \forall d,k$$

$$(11) c3_{dk} \leq \text{büyükT} * (1 - \sum_j x2_{jdk}), \forall d,k$$

$$(12) c1_{dk} \geq \sum_j \text{başlama}_j * x2_{jdk}, \forall d,k$$

$$(13) c1_{dk} \geq \sum_j \text{başlama}_j * x3_{jdk}, \forall d,k$$

$$(14) c2_{dk} \geq \sum_j ((\text{bitiş}_j - \text{başlama}_j) * x3_{jdk}), \forall d,k$$

$$(15) \sum_i b_{idk} \leq \text{kapasite}(i), \forall d,k$$

$$(16) c1_{dk} + c2_{dk} + c3_{dk} - \sum_j (\text{yükleme}_j * (x1_{jdk} + x2_{jdk} + x3_{jdk})) \leq \text{varış}_i + \text{büyükT} * (1 - b_{idk}) + \text{büyükM} * (1 - \sum_j (t_j * (x1_{jdk} + x2_{jdk} + x3_{jdk}))), \forall j,d,k$$

$$(17) c1_{dk} + c2_{dk} + c3_{dk} - \sum_j (\text{yükleme}_j * (x1_{jdk} + x2_{jdk} + x3_{jdk})) \Rightarrow \text{varış}_{(i-1)} + \text{büyükT} * (1 - b_{idk}) + \text{büyükM} * (1 - \sum_j (t_j * (x1_{jdk} + x2_{jdk} + x3_{jdk}))), \forall j,d,k$$

**İlk zaman aralığı : (0 < iş bitme zamanı < randevu başlangıç zamanı)

**İkinci zaman aralığı: (randevu başlangıç zamanı < iş bitme zamanı < randevu bitiş zamanı)

**Üçüncü zaman aralığı: (randevu bitiş zamanı < iş bitme zamanı)

Ek 5. Sezgisel Algoritma Sonuçlar

| İş numaraları | İş Başlangıç Saatleri | İş Bitiş Saatleri |
|---------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | 09:54 | 17:54 |
| 2 | 09:54 | 12:24 |
| 3 | 10:12 | 18:12 |
| 4 | 10:46 | 18:46 |
| 5 | 10:47 | 18:47 |
| 6 | 11:38 | 19:38 |
| 7 | 12:16 | 20:16 |
| 8 | 13:02 | 21:02 |
| 9 | 13:15 | 21:15 |
| 10 | 13:31 | 21:31 |
| 11 | 14:07 | 22:07 |
| 12 | 14:14 | 22:14 |
| 13 | 14:28 | 22:28 |
| 14 | 14:32 | 22:32 |
| 15 | 14:51 | 22:51 |
| 16 | 12:24 | 20:24 |
| 17 | 17:00 | 01:00 |
| 18 | 17:00 | 01:00 |
| 19 | 17:54 | 22:54 |
| 20 | 17:00 | 01:00 |
| 21 | 09:02 | 17:02 |
| 22 | 18:12 | 02:12 |
| 23 | 18:46 | 02:46 |
| 24 | 18:47 | 02:47 |
| 25 | 19:38 | 03:38 |

**Tır Boşaltımları için Daha İyi Zaman Planlaması
ile Tır Bekleme Sürelerinin Azaltılması**

Ford Otosan A.Ş.

Proje Ekibi

Dilek amlı

Uğur Çepni

Ensar Emirali

Ubeydullah Güngör

Gizem Şentürk

Tugay Torun

**Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara**

Şirket Danışmanı

Serkan Kabalı

Tedarik Zinciri Tasarım Mühendisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Barbaros Tansel

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Proje, şirket görüşleri ve istekleri nedeniyle kitaba alınmamıştır.

Mağaza İçi Lojistik Operasyonları Karar Destek Sistemi

IKEA Ankara

Proje Ekibi

Murat Karataş
Ezgi Kılıç
Serkan Pekçetin
Nehir Şamcı
Selin Temel

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ankara

Şirket Danışmanı

Atakan Özata
Lojistik Departman Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu proje IE477-478 Üretim Sistemleri Tasarımı dersi kapsamında IKEA ve Bilkent Üniversitesi işbirliğinde gerçekleştirilmiştir. Proje; IKEA Ankara Mağazası'nın, mağaza içi lojistiğinin iyileştirilmesini, gereksiz maliyete yol açan elleçlemenin elimine edilmesini kapsar. Hedefi; Lojistik adam/saat verimliliği (satış m³/adam-saat) ve elleçleme (satış m³/ürün hareketi) gibi Anahtar Performans Göstergelerini (KPI) global değerlere getirmektir. Mağazada yapılan gözlemler ve satış tahmin analizleri; gereksiz yapılan elleçlemelerin, stoğun tükenmesi ya da gereğinden fazla stok tutulması nedeniyle oluşan geri akış hareketleri sonucu meydana geldiğini göstermiştir. Gerçek ve Beklenen Satış değerlerine bakıldığında, satış tahmini için doğru parametrelerin kullanılmadığı, operatörlerin kümelenmesi ve dolum oranlarının belirlenmesi için metotlar gözlemlenmiştir. Rapor, bu sorunlara yönelem metotlarıyla çözüm önerileri sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Satış Tahmini, Elleçleme, Üstel Yumuşatma, Sezonsallık, Envanter Yönetimi.

1. Şirket Tanıtımı

328 mağazasıyla dünyanın önde gelen büyük mobilya perakende firmalarından biri olan IKEA'nın amacı; müşterilerine kurulumu kolay, pratik, modern tasarımlı ve kaliteli ürünleri uygun fiyata sunmaktır. IKEA'nın temel politikası müşteri memnuniyetinden ödün vermeden, maliyetleri düşük seviyede tutabilmektir.

IKEA Ankara mağazası satış alanı, gösterim alanı ve depo olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Satış alanı ve gösterim alanında 20 farklı altbölümünden (MİD-Mağaza İçi Departman) oluşmaktadır.

2. Sistem Analizi

Müşteriler, gösterim alanında gördükleri bir ürünü, eğer taşınabilir nitelikte ise ürün koduna bakıp “yarı servis” kısmından kendileri alabilmektedir. Ürün ağır ya da kurulumu zor ise ödeme yapıldıktan sonra “tam servis” kısmından teslim alınabilmektedir. IKEA mağazalarında ayrı bir depo alanı bulunmamaktadır. Yarı servis bölümünün üst rafları (müşterilerinin erişemeyecekleri raflar) depo olarak kullanılmaktadır.

IKEA Ankara mağazasında lojistik operasyonları beş adımda gerçekleşmektedir; ikmal, sipariş, mal kabul, taşıma ve doldurma. İkmal, ürünlerin doluluk oranı, HOS (Haftalık Ortalama Satış) ve HBS (Haftalık Beklenen Satış) miktarlarının belirlenmesiyle başlar. Doluluk oranı, o ürünün satış alanı veya gösterim alanı basketinin en az yüzde kaç dolu olması gerektiğini belirtir. IKEA (s,S) sistemine benzer bir sistem uygulamaktadır; eğer sistemde ürünün doluluk oranı “s” e düşmüş ise sistem en azından doluluk oranına ulaşmak için gerekli sipariş miktarını koli bazında önerir.

Her ürünün kendi satış alanında bir günlük talebini karşılayacak miktarda envanterinin bulundurulması zorunludur. Navision programı mağazaya gelen ve mağazadan çıkan ürün miktarlarını tutar. Satış miktarlarında beklenmedik bir değişiklik olduğu takdirde, (örneğin, sistem bir ürünün satış alanında iki günlük envanter tuttuğunu görüyor fakat o ürün beklenen miktardan az ya da fazla satılıyorsa) sistem bunu fark edememekte ve dışarıdan sisteme el ile müdahale gerekmektedir.

2.1 Problem tanımı

Mağaza içi lojistik operasyonlarında temel performans göstergeleri adam-saat ve elleçleme miktarıdır. İkmal ve mağaza içi lojistik operasyonlarında yapılan gözlemler sonucu, elleçleme seviyesinin yüksekliğinin daha çok sipariş miktarının yanlış verilmesinden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Bu duruma bağlı semptomlar ise mağaza içi doluluk işlemleri için belirli bir rotasyon ve kümeleme metodunun olmamasından kaynaklanan karşı trafiğin oluşması ve lojistik operasyonlarında bir standardizasyonun bulunmaması şeklinde sıralanabilir.

Direk akışın gerçekleştiği ideal durumda ürünler mal kabul alanından satış alanlarını direk olarak transfer edilmekte ve dolmuş oranlarına bağlı olarak iç siparişin gerçekleşmesiyle, “bir” elleçleme gerçekleştiği kabul edilmektedir. Herbir geri akım ve stok yetersizliği fazladan elleçleme olarak sayılmaktadır ve direk akışı engellemektedir.

IKEA’da sipariş iki şekilde verilmektedir: iç sipariş (ikmal) ve dış sipariş (sipariş). Satış alanı ve gösterim alanında maksimum doluluğu sağlamak amacıyla iç sipariş verilir. Dış sipariş ise yabancı tedarikçilerden ya da Gebze’de bulunan depo alanından ürün istemek şeklinde tanımlanabilir.

Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM), ürünlerin satış tahminleri ve satış ekibi tarafından verilen tedarik süreleri göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Tahminlerin tutarlı olabilmesi için bir önceki Haftalık Ortalama Satış (HOS) değerleri de dahil edilmektedir.

Haftalık olarak hesaplanan ürün satış tahminleri Haftalık Beklenen Satış (HBS) olarak adlandırılmaktadır. Her ne kadar lojistik ekibi bir yazılım programından çıkan değerlere güvenmek istemese de HBS değerlerinin %90’ı Navision programından elde edilmektedir.

HOS değerlerini Navision’a girdikten sonra, sistem satış değerlerine ve tedarik sürelerine bakarak bir eğilim belirleyip, bir sonraki hafta için HBS değeri otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bilindiği üzere her hafta farklı bir satış şekli göstermektedir. Bu farklı satış değerlerini yakalamak için, IKEA her hafta için Haftalık Ayarlanmış Katsayı (HAK) denilen bir değer atamaktadır.

HOS değeri Navision programında üstel yumuşatma kuralı uygulanarak hesaplanmaktadır. Böylece eğer tedarik süresi bir ürün için “k” hafta ise ve HBS değeri birinci haftadan başlıyorsa, HBS değeri HOS değeri ile HAK değerinin çarpılmasıyla elde edilir (Ek 1).

Ayrıca, HBS değerini bir “k+1”inci hafta için hesaplamak gerekirse, başlangıç noktası olarak HOS değerinin ikinci haftadaki değeri baz alınır. Örneğin, tedarik süresi iki hafta olan bir ürünün HOS-HBS değerleri arasındaki ilişki düşünüldüğünde, ilk dört hafta için gerekli alfa değerleri sırasıyla 1, 0,85, 0,6 ve 0,3 olarak gözlemlenmiştir (Ek 2). Bir sonraki dört hafta için alfa değeri 0,1 olarak devam etmektedir. IKEA Ankara mağazası henüz yeni açıldığı için geçmişe yönelik değerler bulunmamaktadır. HOS değerlerinin ilk değerlerini hesaplamak için en eski Türkiye mağazası olan IKEA İstanbul’un satış değerleri baz alınmıştır.

Stok değerleri baz alınarak, sipariş değerleri lojistik ekibi tarafından el ile girilmektedir. Haftalık stok (HS) değerleri ise lojistik ekibi tarafından el ile hesaplanmaktadır (Ek 3).

Böylelikle, sipariş adetleri haftalık olarak hesaplanmaktadır. Sipariş tahminleri ise her ürün için *Sipariş Adedi x HOS* formülüyle bulunmaktadır.

Siparişin verildiği gün, sipariş onay tarihi, yükleme tarihi ve sipariş kabul tarihi Navision programında tutulsa da gümrük süreleri değişkenlik gösterdiği için gerçek tedarik sürelerini hesaplamayı imkansız hale getirmektedir. Ayrıca, farklı gümrük süreçlerine tabi tutulan ürünler aynı TIR'da ise, bütün ürünler en uzun sürece sahip olan ürünün bekleme süresi kadar bekletilmektedir.

Yukarıda da bahsedildiği üzere, dolun oranı elleçlemeye yol açan önemli faktörlerden biridir. Eğer ürün dolun oranının altında ise Navision programı sipariş verilmesini önermektedir. Burada en büyük semptom ise dolun oranlarının belirli bir metoda bağlı kalınmadan sistemin otomatik olarak %60 ataması ve satış sorumlularının kendi gözlemleri sonucu bu oranı arttırıp azaltabilmeleridir. Bu durum da ise, eğer satış sorumlusu dolun oranını azaltırsa sistem daha fazla sipariş önermektedir. Ürünler de koli bazında geldiği için eğer o ürünün yerinde gerekli yer yoksa satış alanına sığmayan ürünler depoya gönderilmekte ve bu durum da elleçlemeye yol açmaktadır.

Son olarak IKEA'nın bir diğer temel performans göstergesi olan adam-saati etkileyen herhangi bir kümeleme metodu olmadığı için oluşan ikmal formuna bakan operatorlerin aynı alanı aynı anda ziyaret etmeleri ve aynı koridorda aynı anda bulunmaları sonucu karşı trafik olduğu ve bunun adam-saat oranını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Bütün bu bulgular sonucunda problem tanımı, "*satış parametrelerinin hesaplanmasında uygun olmayan parametrelerinin kullanımının yanlış iç sipariş adedi vermesi ve mağaza içi lojistik ürün akış operasyonlarında standardizasyonun bulunmaması sonucunda lojistik operasyonlarında oluşan verimsizlik*" şeklinde belirlenmiştir.

2.2 Proje hedefleri

Ana hedef herhangi bir metoda bağlı kalmadan el ile yapılan satış tahminlerini azaltmak ve üstel yumuşatma formülünde herbir MİD ve servis seviyeleri için optimum alfa değerini bulmaktır.

Dolun oranını için sunulan model ile birlikte, Navision programının önerdiği sipariş miktarının 'tam zamanında sipariş' hedefiyle tutarlı değerler vermesi ve elleçlemenin azaltılması beklenmektedir.

Kümeleme için önerilen model ise operatörlerin belirli kümeler içinde çalışmasını öngören ve sonucunda karşı trafiği ve adam-saati minimize etmeyi amaçlayan bir çözümdür.

2.3 Veri analizi

Satış ve sipariş ile ilgili toplanan verilere göre mağazada bulunan 8.000-8.500 ürün arasından örnek tescil edecek ürünler

seçilmiştir. Bu sebeple servis seviyesi bir olan (yani önceliği en yüksek olan) ürünlerin verileri toplanmıştır. Servis seviyesi bir olan 931 ürün ve 20 MİD arasından elleçleme miktarı en yüksek olan beş MİDden (Mutfak, Yemek, Banyo, Pişirme, Çocuk) toplam 421 ürün pilot ürün olarak seçilmiştir. Bu pilot ürünler için ortalama tahmin sapmaları (MAD) hesaplanmıştır. MAD gerçekleşen satış ve haftalık beklenen satış değerlerinin arasındaki hata payı olarak alınmıştır (Mutfak bölümü için örnek MAD değeri Ek 4’te görülebilir). Örnek büyüklükleri yeterli ve sapma değerleri belirgin bir şekilde olduğu için MAD’ın en uygun sonucu veren formül olarak düşünülmüştür.

Tahmin sapmalarının yanı sıra, uzun tedarik sürelerinin olması sebebiyle stok yetersizliğinin yaşandığı daha önce belirtilmişti. Buna bağlı olarak, kullanılan metod MAD ve stok yetersizliği konusunda bir karar destek sistemi oluşturmaktadır. Böylelikle, tahmin sapması ve stok yetersizliği arasında bir ödünleşim olduğu için sistem farklı senaryoları değerlendirmektedir.

Pilot ürün satışlarının haftalık dağılımı farklı olasılık fonksiyonlarını temsil etmektedir. Bu farklılıklar MİD’lerin uzaklıklarının ve aktivite seviyelerinin farklı olması şeklinde açıklanabilir. Örneğin Mutfak bölümünde normal dağılım gözlenirken, Banyo bölümünün de Weibull dağılımına sahip olduğu tespit edilmiştir (Ek 5). Bu farklılıklar oluşmasının nedeni, aktivite seviyelerinin farklı olmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir.

3. Literatür Taraması

Yöneylem araştırmalarında, satış tahmini ve envanter yönetimi arasındaki ilişkiye değinen çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Gardner (1990) çalışmalarında, doğru yapılmayan satış tahmininin müşteri servisinin performansını etkilediğinden ve envanter maliyetini düşürmenin en önemli yolunun daha isabetli ve doğru satış tahmini olduğundan bahseder. Buna ek olarak Harrison (1967) satış tahmin performansını artırmak için, satış tahmini yaparken kullanılan parametrelerin, bir ürüne olan talebin değişmesiyle güncellenmesi gerektiğini vurgular.

Snyder (2002) bu konudaki diğer görüşleri doğrular niteliktedir: Doğru yapılan envanter kontrolü, envanter maliyetlerini düşüreceği gibi, doğru envanter kontrolü de iyi bir satış tahminiyle mümkündür. IKEA’daki problem tanımını düşünüldüğünde, mağaza içinde yapılan elleçlemenin azaltılmasının aslında satış tahmini için kullanılan parametrelerin doğruluğuyla mümkün olduğu bir kere daha görülür.

4. Önerilen Sistem

4.1 Üstel yumuşatmada alfa değerinin optimizasyonu

En büyük kısıt; IKEA Türkiye mağazalarının Navision kısmında kendi kodlarını yazamamalarıdır. Önerilen modelin sözde kodu Ek 8’de verilmiştir.

Navision programındaki verilerin gerçek satış verilerini temsil ettiği varsayımıyla modele validasyon yapılmıştır. Validasyon, geçmiş değerlere modelin verdiği ideal alfa değerleri uygulanarak gerçekleştirildiğinde sapma değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Eğer tahmin sapmalarında bir trend gözlenirse model bu trendi yakalamakta ve yeni bir alfa değeri hesaplamaktadır. Tahmini satış miktarları belirlenirken kullanılan alfa katsayısı gelecekte oluşabilecek olan iç sipariş sayısını etkilemektedir. Doğru alfa değeri ile yapılan tahminler, geri akış sayısını azaltarak mağaza içi gereksiz lojistik hareketlerini düşürmektedir. Alfa değeri doğru tahmin edilmeyen bir ürünün stokta bulunmama olasılığı ya da envanter aşımı olasılığı bulunmaktadır. Stokta bulunmama olasılığı ve envanter aşımı olasılığı sözde kod çalıştırılarak belirlenmiştir (Ek 8). Bu değerler için sözde kod geliştirilerek alfa değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen alfa değerleri karşılaştırma yapılarak pilot MİD için doğrulama yapılmış, en iyi alfa değerleri saptanmıştır (Ek 7).

4.2 Dolum oranı

Oranlar satış alanı büyüklüğü, koli adedi ve haftalık ortalama satış değerleri göz önünde bulundurularak, bir öneri niteliğinde tekrar hesaplanmıştır. Ek 9’da sunulan model her ürün için ideal dolum oranı önerisi vermektedir.

Elimizde tüm ürünlere ait satış alanı büyüklüğü bilgileri ve hangi oranların bu alanları ne kadar doldurduğuna ait veriler olmadığından bu model, satış ve koli adedi temel alınarak yapılmıştır. Satışın koli adedini aştığı durumlarda satışa bağlı olarak, koli adedinin satış rakamlarını aştığı durumlarda koli adedine göre doluluk oranı önerilmiştir.

Önerilen ve elimizdeki verilerin sistemde o anda var olan doluluk oranları yazılan benzetim modeli ile test edilmiş ve karşılaştırılmıştır (Ek 10, Ek 11). Pilot ürünlerin arasından elleçleme sayısı en yüksek olan MİD’ler (Pişirme, Dekorasyon, Yemek) seçilmiştir. Bazı dolum oranlarında yükselme görülürken bazılarında ise düşüş gözlenmiş, buna bağlı olarak 3 aylık bir süreç için çalıştırılan sistemin toplam ikmal ürün sayısı hesaplanmıştır. Doğru dolum oranları benzetim modeli ile saptanmıştır.

4.3 Kümeleme

Önerilen karar destek sistemi bu zamana kadar yöneticinin rastgele yaptığı iş dağılımı için dengeli bir alternatif sunacak otomasyon sistemini kapsamaktadır (Ek 12). Önerilen sistem, farklı mağaza içi

departman ve operatör sayısı kombinasyonları kullanılarak denenmiştir. Operatörlere iş dağılımının adil bir şekilde yapılması için kümeleme modeli sezgisel bir şekilde çözülmüştür. Mevcut durumda, operatör iş yükleri arasında %12,28'lik bir fark olduğu halde önerilen sistem adil iş yükü sağlayarak iş yükleri arası dağılım farkını %1-3'e indirmiştir.

5. Sonuç

Ankara'nın en büyük perakende mobilya firması olan IKEA'nın satış parametrelerinin hatalı hesaplanmasından kaynaklanan fazla elleçleme ve adam/saat sayısının mağaza içi lojistik aktivitelerinde verimliliği düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu problemler için üç farklı çözüm önerisi geliştirilmiştir.

Birinci çözüm önerisi olan üstel yumuşatma modelinde alfa değerinin optimizasyonunu sağlayan model yapılmış, şirket tarafından beğenilmiş fakat bütün IKEA firmalarının kodları Alman bir firma tarafından yazıldığı için modelin sözde kodu Navision programına entegre edilmesi için şirkete sunulmuştur. Kabul edilmesi halinde elleçleme sayısının düşeceği öngörülmüştür. Bu öngörü şirket tarafından da onaylanmıştır.

Dolum oranı eniyilemesi için sistemdeki satış verileri veri analizi aracı ile incelenerek uygun istatistiksel dağılım fonksiyonları elde edilmiştir. Bu fonksiyonlar sistemin benzetim modelinde kullanılarak, oluşturduğumuz dolum oranı atama modeli ve sistemde hali hazırda bulunan verilerin değerleri karşılaştırılmıştır. Yeni dolum oranlarının şirkette pilot uygulanması yapılmış ve pilot ürünlerin mağaza içindeki ideal dolum oranları hesaplanmıştır. Önerilen model ile sistemdeki veriler benzer elleçleme değerleri sunmakla beraber, model ve kritik hedef elleçleme değerine sahip ürünler için oluşturulan liste, IKEA yetkililerinin atanan dolum oranları ile ilgili daha somut bir değerlendirme yapmalarına olanak veren matematiksel bir yönerge niteliğindedir. Sonuç olarak, bu çalışma ile sistemin ne şekilde çalıştığı ve operatörün dolum oranı ataması önerirken dikkat etmesi gereken şeyler ön plana çıkartılmış olup aynı zamanda belirli ürünlerdeki dolum oranı atama sorunları özellikle not edilmiştir. Bu öneri sayesinde ideal dolum oranları kullanılmaya başlanmıştır. Uzun vadede doğru dolum oranlarının elleçlemeyi azaltacağı mağaza yetkilileri ile öngörülmüştür.

Son çözüm önerisi olan kümeleme metodu ise operatörler arasında adil iş yükü dağılımını sağlayıp adam/saat oranının azaltılması hedeflemektedir. Sonuç olarak, mevcut iç dağılım metodunda en uzun ve en kısa mesafeleri kat eden operatörler arasında %12,28'lik bir mesafe farkı var iken, önerilen methodla iş yükleri arasındaki farkın %1-%3 seviyelerine indirildiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Gardner, Everette, S., 1990.“Evaluating forecast performance in an inventory control system”, *Management Science*, 36 (4).
- Harrison, P.J., 1967. “Exponential smoothing and short-term sales forecasting”, *Management Science*, 13 (11).
- Snyder, D., Ralph, Koehler, Anne, B., Ord, Keith, J.,2002. “Forecasting for inventory control with exponential smoothing”, *International Journal of Forecasting* 18, 5-18.

EKLER

Ek 1. Navision programında sipariş adedi bulmak için kullanılan formüller

$$s_1 = x_0$$

$$s_t = \alpha x_{t-1} + (1 - \alpha)s_{t-1}, t > 1$$

$$HOS_t = (1 - \alpha) * HOS_{t-1} + \alpha * \left(\frac{\text{Gerçekleşen Satış}_t}{HAK_t} \right)$$

$$\text{Düzenlenmiş Satış}_t = \left(\frac{\text{Gerçekleşen Satış}_t}{HAK_t} \right)$$

$$HBS_t = HOS_1 * HOS_t, t = 1: 1+k$$

Ek 2. Tedarik süresi iki hafta olan bir ürünün HOS ve HBS değeri arasındaki ilişki

| Gerçekleşen Satış | Düzenlenmiş Satış | Düzenlenmiş HOS | HOS | HBS | HAK |
|-------------------|-------------------|-----------------|------|-------|------|
| | 0 | | 2,78 | | 0 |
| 6 | 5,71 | | 5,71 | 2,92 | 1,05 |
| 7 | 5,19 | | 5,27 | 3,75 | 1,35 |
| 12 | 10,43 | | 8,37 | 6,57 | 1,15 |
| 9 | 8,49 | | 8,41 | 5,59 | 1,06 |
| 14 | 16,47 | | 9,22 | 7,11 | 0,85 |
| 9 | 11,25 | | 9,42 | 6,73 | 0,8 |
| 4 | 4,71 | | 8,95 | 7,97 | 0,85 |
| 8 | 9,41 | | 9 | 8,16 | 0,85 |
| 6 | 6,67 | 9 | 9 | 8,11 | 0,9 |
| 3 | 2,68 | | 8,37 | 10,08 | 1,12 |
| 10 | 11,76 | | 8,71 | 7,65 | 0,85 |
| 14 | 11,67 | 12 | 12 | 9,9 | 1,2 |

Ek 3. Haftalık stok değerini hesaplamak için kullanılan formüller

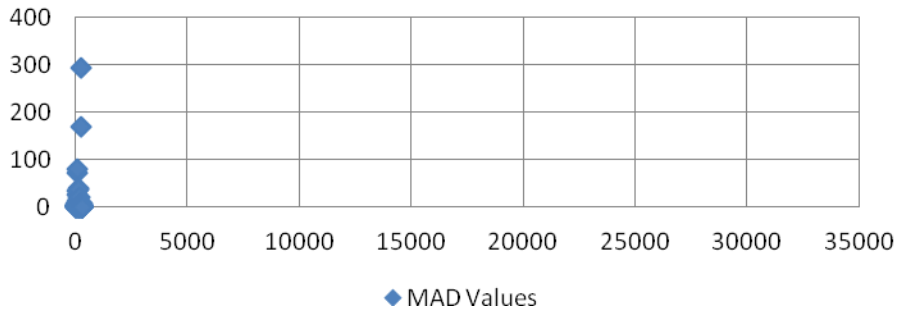
$$\text{Stok} = \text{Mağazadaki Envanter Miktarı} + \text{Sipariş Edilmiş Miktar}$$

$$HS = \frac{\text{Stok}}{HOS}$$

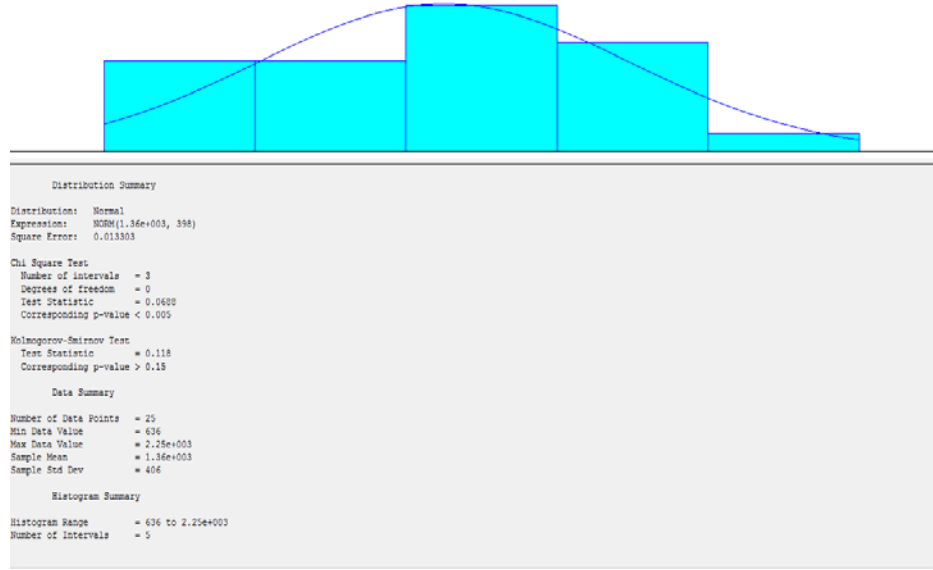
$$\text{Toplam HS} = HS + \frac{\text{Sipariş Adedi}}{HBS}$$

Ek 4. Mutfak bölümü servis seviyesi 1 olan ürünlerin MAD değerleri

Mutfak-Servis seviyesi 1



Ek 5. Mutfak ürünlerinin olasılık fonksiyonu



Ek 6. Önerilen üstel yumuşatmadaki alfa değeri optimizasyonu modeli

Setler

i = ürün seti

t = hafta seti

Parametreler

HAK_{it} = i ' ninci ürünün t haftasındaki haftalık ayarlanmış katsayı değeri

$GerçekleşenSatış_{it}$ = i ' ninci ürünün t haftasındaki gerçekleşen satış miktarı

HBS_{it} = i ' ninci ürünün t haftasındaki haftalık beklenen satış miktarı

HOS_{it} = i ' ninci ürünün t haftasındaki haftalık ortalama satış miktarı

e_{it} = i ' ninci ürünün t haftasındaki sapma miktarı

$DüzenlenmişSatış_{it}$ = i ' ninci ürünün t haftasındaki düzenlenmiş satış miktarı

TS_i = i ' ninci ürün için teslim süresi

Değişkenler

α_{it} = i ' ninci ürünün t haftasındaki üstel yumuşatma katsayısı

Model

$enk | e_{it}$

$$HOS_{it} = (1 - \alpha_{it}) * HOS_{it-1} + \alpha_{it} * \left(\frac{GerçekleşenSatış_{it}}{HAK_{it}} \right), \quad \forall t = 1..n$$

$$DüzenlenmişSatış_{it} = \left(\frac{GerçekleşenSatış_{it}}{HAK_{it}} \right), \quad \forall t = 1 \dots n$$

$$HBS_{it} = \begin{cases} HOS_{[it/TS_i]} * HAK_{it} & , t \leq TS \\ HOS_{it-LN} * HAK_{it} & , t \geq TS \end{cases} \quad \forall t = 1 \dots n$$

$$e_{it} = DüzenlenmişSatış_{it} - HBS_{it} \quad \forall t = 1 \dots n$$

$$0 \leq \alpha_{it} \leq 1 \quad \forall t = 1 \dots n$$

Ek 7. Pilot ürünlerin alfa değerleri

| Tek α | | | | | | | |
|--------------|-----------|-------|-------|------|----------|-------|-------|
| Ger.Satış | Değ.Satış | HOS | HBS | HAK | α | MAD | Stok? |
| | | 5,56 | | | 0 | | |
| 8 | 7,62 | 5,77 | 5,84 | 1,05 | 0,1 | 2,16 | 1 |
| 15 | 11,11 | 6,30 | 7,51 | 1,35 | 0,1 | 7,49 | 1 |
| 10 | 8,70 | 6,54 | 6,63 | 1,15 | 0,1 | 3,37 | 1 |
| 10 | 9,43 | 6,83 | 6,68 | 1,06 | 0,1 | 3,32 | 1 |
| 12 | 14,12 | 7,56 | 5,56 | 0,85 | 0,1 | 6,44 | 1 |
| 13 | 16,25 | 8,43 | 5,46 | 0,8 | 0,1 | 7,54 | 1 |
| 5 | 5,88 | 8,17 | 6,42 | 0,85 | 0,1 | 1,42 | 0 |
| 8 | 9,41 | 8,30 | 7,16 | 0,85 | 0,1 | 0,84 | 1 |
| 10 | 11,11 | 8,58 | 7,36 | 0,9 | 0,1 | 2,64 | 1 |
| 9 | 8,04 | 8,52 | 9,29 | 1,12 | 0,1 | 0,29 | 0 |
| 22 | 25,88 | 10,26 | 7,29 | 0,85 | 0,1 | 14,71 | 1 |
| 10 | 8,33 | 10,07 | 10,23 | 1,2 | 0,1 | 0,23 | 0 |
| 6 | 4,80 | 9,54 | 12,82 | 1,25 | 0,1 | 6,82 | 0 |
| 6 | 4,80 | 9,07 | 12,58 | 1,25 | 0,1 | 6,58 | 0 |
| 11 | 9,17 | 9,08 | 11,45 | 1,2 | 0,1 | 0,45 | 0 |
| 6 | 5,22 | 8,69 | 10,43 | 1,15 | 0,1 | 4,43 | 0 |
| 8 | 7,27 | 8,55 | 9,98 | 1,1 | 0,1 | 1,98 | 0 |
| 13 | 12,38 | 8,93 | 9,13 | 1,05 | 0,1 | 3,87 | 1 |
| 10 | 10,00 | 9,04 | 8,55 | 1 | 0,1 | 1,45 | 1 |
| 6 | 5,71 | 8,71 | 9,38 | 1,05 | 0,1 | 3,38 | 0 |
| 12 | 10,43 | 8,88 | 10,39 | 1,15 | 0,1 | 1,61 | 1 |
| 8 | 7,27 | 8,72 | 9,58 | 1,1 | 0,1 | 1,58 | 0 |
| 3 | 3,09 | 8,15 | 8,61 | 0,97 | 0,1 | 5,61 | 0 |
| 4 | 4,12 | 7,75 | 8,46 | 0,97 | 0,1 | 4,46 | 0 |
| 5 | 5,15 | 7,49 | 7,91 | 0,97 | 0,1 | 2,91 | 0 |
| | | | | | | 3,82 | 12 |

| Farklı α | | | | | | | |
|-----------------|-----------|-------|-------|------|----------|-------|-------|
| Ger.Satış | Değ.Satış | HOS | HBS | HAK | α | MAD | Stok? |
| | | 5,56 | | | 0 | | |
| 8 | 7,62 | 5,77 | 5,84 | 1,05 | 0,1 | 2,16 | 1 |
| 15 | 11,11 | 6,83 | 7,51 | 1,35 | 0,2 | 7,49 | 1 |
| 10 | 8,70 | 7,39 | 6,63 | 1,15 | 0,3 | 3,37 | 1 |
| 10 | 9,43 | 8,21 | 7,24 | 1,06 | 0,4 | 2,76 | 1 |
| 12 | 14,12 | 11,16 | 6,29 | 0,85 | 0,5 | 5,71 | 1 |
| 13 | 16,25 | 14,22 | 6,57 | 0,8 | 0,6 | 6,43 | 1 |
| 5 | 5,88 | 8,38 | 9,49 | 0,85 | 0,7 | 4,49 | 0 |
| 8 | 9,41 | 9,20 | 12,08 | 0,85 | 0,8 | 4,08 | 0 |
| 10 | 11,11 | 10,92 | 7,54 | 0,9 | 0,9 | 2,46 | 1 |
| 9 | 8,04 | 10,63 | 10,31 | 1,12 | 0,1 | 1,31 | 0 |
| 22 | 25,88 | 13,68 | 9,28 | 0,85 | 0,2 | 12,72 | 1 |
| 10 | 8,33 | 12,08 | 12,76 | 1,2 | 0,3 | 2,76 | 0 |
| 6 | 4,80 | 9,17 | 17,10 | 1,25 | 0,4 | 11,10 | 0 |
| 6 | 4,80 | 6,98 | 15,09 | 1,25 | 0,5 | 9,09 | 0 |
| 11 | 9,17 | 8,30 | 11,00 | 1,2 | 0,6 | 0,00 | 1 |
| 6 | 5,22 | 6,14 | 8,03 | 1,15 | 0,7 | 2,03 | 0 |
| 8 | 7,27 | 7,04 | 9,12 | 1,1 | 0,8 | 1,12 | 0 |
| 13 | 12,38 | 11,85 | 6,45 | 1,05 | 0,9 | 6,55 | 1 |
| 10 | 10,00 | 11,66 | 7,04 | 1 | 0,1 | 2,96 | 1 |
| 6 | 5,71 | 10,47 | 12,44 | 1,05 | 0,2 | 6,44 | 0 |
| 12 | 10,43 | 10,46 | 13,41 | 1,15 | 0,3 | 1,41 | 0 |
| 8 | 7,27 | 9,18 | 11,52 | 1,1 | 0,4 | 3,52 | 0 |
| 3 | 3,09 | 6,14 | 10,15 | 0,97 | 0,5 | 7,15 | 0 |
| 4 | 4,12 | 4,93 | 8,91 | 0,97 | 0,6 | 4,91 | 0 |
| 5 | 5,15 | 5,08 | 5,95 | 0,97 | 0,7 | 0,95 | 0 |
| | | | | | | 4,52 | 11 |

Ek 8. Söзде kod

Katsayılar

i : ürün(integer)

t: hafta bazında periyot(integer)

Değişkenler

HOS[i,t] : array(i,t) double – Haftalık Ortalama Satış

AS[i,t] : array(i,t) double – Gerçekleşen Satış

HBS[i,t]:array(i,t) double – Haftalık Beklenen Satış

e[i,t]:array(i,t) double – Sapma Miktarı

alfa : double – Üstel Yumuşatma Alfa Değeri

Parametreler

HAK(i,t) : array(i,t) double – Haftalık Ayarlanmış Katsayı

TS(i) : array(i) of integer – i ürünün teslim süresi

minAlfa : double – minimum alfa değeri

minEit : double – karşılaştırmak için uydurma sapma miktarı değeri

ata HOS(i,0)=0

ata minAlfa = 1

ata minEit = 5000000

TÜM(0 <= alfa <= 1)

TÜM { (1 <= k <= 52)

EĞER {(Verilen HBSit/HAKit = HOS0)

ata TS[i] = t }

TÜM{ (i in ürün, t in periyot)

ata HOS(i,t) = [(1- alfa * 1/100)*HOS(i,t-1)] + [(alfa*1/100)*[AS(i,t)/HAK(i,t)]

EĞER { [t <= TS(i)]

ata HBS[i,t] = HOS[i,0] x HAK[i,t]

ata HBS[i,t] = HOS[i,(t-LT)] * HAK[i,t]

ata e[i,t] = AS[i,t] – HBS[i,t]

EĞER { [SUM(e[i,t]) < minEit]

minEit = SUM(e[i,t])

minAlfa = alfa }

GÖSTER minAlfa

Ek 9. Dolum Oranı Optimizasyonu için Önerilen Model

DOLUM ORANI =

EĞER

HOS (Haftalık Ortalama Satış) > MPM (Multi Paket Mikarı)

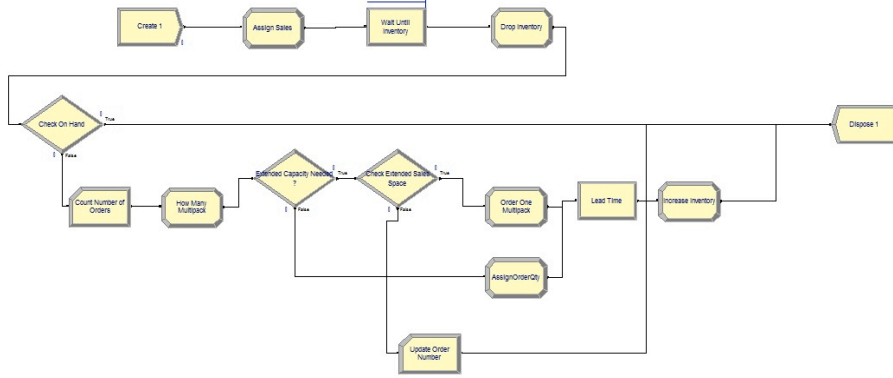
DOLUM ORANI = ((SAK(Satış Alan Kapasitesi) - HOS)/SAK) *

100

DEĞİLSE

DOLUM ORANI= ((SAK - MPM)/SAK) * 100

Ek 10. Dolum oranı validasyonu için kullanılan simülasyon modeli



Ek 11. Arena simülasyon modelinden elde edilen elleçleme değerlerinin karşılaştırılması

| Ürün no | Ürün sınıf | DO % | SAK | Palet Mik. | MPM | HOS | Yuvarl. HOS | Önerilen DO | Olaga n | Öner ilen | Yorum |
|----------|------------|------|----------|------------|-----|--------|-------------|-------------|---------|-----------|-------------------|
| 20057255 | Fazla | 50 | 724 | 960 | 48 | 65,18 | 66 | 91 | 4 | 18 | Önerilen DO fazla |
| 50057254 | Direk | 50 | 440 | 450 | 25 | 83,17 | 84 | 81 | 6 | 13 | Önerilen DO fazla |
| 80091765 | Direk | 50 | 179 | 180 | 180 | 18,59 | 19 | -1 | 22 24 | 0 | |
| 10112276 | Direk | 60 | 52 | 36 | 36 | 23,66 | 24 | 31 | 7 19 | 12 | |
| 90091760 | Fazla | 40 | 616 | 220 | 220 | 43,01 | 44 | 65 | 1 | 2 | |
| 50035752 | Direk | 70 | 1.660,00 | 120 | 120 | 287,31 | 288 | 83 | 12 | 20 | |
| 30146275 | Direk | 30 | 65 | 33 | 33 | 7,68 | 8 | 50 | 4 | 4 | |
| 70014999 | Fazla | 70 | 982 | 312 | 312 | 56,16 | 57 | 69 | 6 | 6 | |
| 40149810 | Fazla | 60 | 1.260,00 | 90 | 90 | 218,08 | 219 | 83 | 10 | 20 | |
| 154870 | Direk | 80 | 864 | 288 | 288 | 257,67 | 258 | 67 | 12 | 12 | |
| 30015123 | Fazla | 40 | 420 | 105 | 105 | 59,37 | 60 | 75 | 8 | 16 | |
| 20132453 | Fazla | 60 | 800 | 200 | 200 | 119,8 | 120 | 75 | 14 | 16 | |
| 70083252 | Fazla | 70 | 2.450,00 | 990 | 990 | 295,75 | 296 | 60 | | | |
| 80066723 | Fazla | 90 | 1.550,00 | 155 | 155 | 178,75 | 179 | 89 | | | |
| 101155 | Fazla | 80 | 89 | 90 | 90 | 8,24 | 9 | -2 | | | |
| 10101206 | Fazla | 80 | 30 | 200 | 10 | 2,83 | 3 | 67 | | | |
| 40139321 | Fazla | 80 | 264 | 264 | 132 | 28,73 | 29 | 50 | | | |
| 90202268 | Fazla | 50 | 1.760,00 | 1120 | 560 | 196,5 | 197 | 69 | | | |
| 30011832 | Direk | 60 | 2.070,00 | 378 | 378 | 416,94 | 417 | 80 | | | |
| 10112375 | Direk | 60 | 290 | 144 | 1 | 176,36 | 177 | 39 | | | |
| 129456 | Direk | 80 | 180 | 96 | 96 | 14,99 | 15 | 47 | | | |

Ek 12. Kümeleme metodu için önerilen model

Parametreler

a_{ij} = {i,j kenarıyla ilişkilendirilmiş ağırlık

Değişkenler

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{.eğer üst nokta } i \in V \text{ } k \text{ bölümünün içindeyse} \\ 0 & \text{.eğer üst nokta } i \in V \text{ } k \text{ bölümünün içinde değilse} \end{cases}$$
$$y_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{.eğer köşe } i,j \in E \text{ } k \text{ bölümünün içindeyse} \\ 0 & \text{.eğer köşe } i,j \in E \text{ } k \text{ bölümünün içinde değilse} \end{cases}$$

Model

$$\text{enb} \sum_{i,j,k} y_{ijk} a_{ij}$$

$$\sum_k x_{ik} = 1, \forall i \in V$$

$$\sum_i x_{ik} \geq 1, \forall k$$

$$y_{ijk} \leq x_{ik}, \forall i \in V, j \in V, k$$

$$y_{ijk} \leq x_{jk}, \forall i \in V, j \in V, k$$

$$x_{ik} + x_{jk} - 1 \leq y_{ijk}, \forall i \in V, j \in V, k, i \neq j$$

$$\sum_k x_{ik} \leq |V|/|P|, \forall k$$

$$x_{ik}, y_{ijk} \in \{0,1\}, \quad \forall i \in V, j \in V, k$$

Yedek Parça Toplama Ağı Karar Destek Sistemi ve Rota Yapılandırması Tasarımı

MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş

Proje Ekibi

Can Canbolat

Onur Çiçek

Alp Darendeliler

Mert Gönüşen

Nilay Güneş

Aybüke Yaralı

Burak Yavuz

Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Ankara

Şirket Danışmanı

Gamze Bağcı

Garanti Hizmetleri Yöneticisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

MAN A.Ş’de, yetkili servislerde garanti kapsamında değiştirilmiş olan arızalı parçaların toplanıp imha edilmeye götürülmeleri için rota yapılandırması yapan bir sistemin eksikliği, garanti hizmetleri iş süreçlerinin verimli çalışmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu projenin amacı arızalı parçaların toplanmasında rol oynayacak olan denetçiler ve araçlar için rota planlamalarını gerçekleştirecek bir karar destek sisteminin tasarlanmasıdır. Oluşturulan sistemin tam sayı modeli GAMS ile kodlanmıştır. “En Yakın Komşu” ve 2-opt sezgisel modelleri kullanılarak yazılan Java programının proje amacını gerçekleştirerek MAN A.Ş’ye arızalı parçaların imha süreçlerinde hız ve etkinlik kazandıracağı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: arızalı parça toplama ağı tasarımı, kapasiteli araç rotalama problemi (KARP), en yakın komşu sezgiseli.

1. Firma Tanımı

MAN Grubu 1758 yılında Almanya'nın Obernhausen şehrinde kurulan demir fabrikasıyla ilk üretimine başlamıştır ve bugün endüstriyel hizmetler, makina imalatı, dizel motor üretimi, ticari araçlar üretimi sektörlerinde faaliyet gösteren dünyanın en büyük şirketleri arasında bulunmaktadır. MAN Türkiye, 1966 yılında 1/3 sermayesi MAN Nutzfahrzeuge AG'ye ait olacak şekilde MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş. adıyla İstanbul'da kurulmuştur. MAN Türkiye, 1995 yılından beri Ankara'da belediye otobüsü üretimi gerçekleştirmektedir. Günümüzde MAN Türkiye, MAN Nutzfahrzeuge bünyesindeki NEOMAN Grubu'nun standart seyahat ve belediye otobüsü tasarım, geliştirme ve üretim merkezi konumundadır. Evolution 2004 kapasite artırım projesi sonucunda MAN Türkiye yılda 2000 otobüs üretebilecek seviyeye ulaşmıştır. MAN Türkiye tesislerinde üretilmekte olan belediye ve servis otobüsleri ile MAN ve NEOPLAN marka seyahat otobüsleri, gelişmiş satış ve servis ağı üzerinden dünya çapındaki farklı noktalara iletilmekte ve toplam 41 ülkeye araç ihracatı gerçekleştirilmektedir.

2. Sistem Analizi

2.1 Mevcut sistemin analizi

MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş. "Satış" ve "Satış Sonrası" olmak üzere iki ana bölüme ayrılmıştır. "Satış Sonrası" departmanı "Yedek Parça" ve "Müşteri Hizmetleri" bölümlerinden oluşmaktadır. Müşteri Hizmetleri bölümü garanti işlemlerinden, araç servis süreçlerinden ve yetkili servislerden sorumludur. Yedek Parça bölümünün görevi ise MAN ve NEOPLAN araçlarının tüm parçalarının tedarikini sağlamaktır.

Türkiye çapındaki 31 yetkili servis yılda en az iki kere MTB TR tarafından özel olarak eğitilmiş 4 denetçi tarafından denetlenmektedir. Bu 4 denetçi yetkili servislerin tüm teknik problemlerinden, servislere eğitim verilmesinden ve servislerde birikmiş garanti kapsamında değiştirilen arızalı parçaların kullanılamaz hale getirilip hurdaya satılmasından sorumludur.

MAN yetkili servislerindeki iş süreci araçların varışı ve parçaların denetlenmesi ile başlamaktadır. Parça değişiminin gerekliliğine emin olduktan sonra araç garanti kapsamında ise müşteriden ücret talep etmeksizin parça değişimi yapılmaktadır. Ardından araçtan çıkarılan arızalı parça barkodlanıp MAN'ın veritabanı Mantras'a girilmektedir. Bu parçalar en az üç ay boyunca servislerde tutulmak durumundadırlar. Bu zorunluluğun sebebi gerektiği zaman bu parçaları servislerde denetleme imkânını Alman denetçilere tanımaktır. Üç aylık zorunlu depolamadan sonra bu parçalar Çevre ve Orman Bakanlığının düzenlemeleri doğrultusunda imha edilmelidirler. Yapılan incelemelerin

sonucunda MTB TR'nin bu düzenlemelerin tüm gerekliliklerini yerine getiren bir sisteme sahip olmadığı gözlemlenmiştir.

Mevcut sistemde, olması gereken imha sürecinin sadece arızalı parçaların yetkili servislere giden denetçiler tarafından kullanılamaz hale getirilme kısmı yerine getirilmektedir. Denetçiler yetkili servislere gittikleri zaman öncelikle parçaların gerçekten hatalı olup olmadığını görmek için bütün arızalı parçalar arasından rastgele kontrol yapmaktadırlar. Eğer kontrol edilen parça hatalı değil ise garanti kapsamında değişen bu parçanın ücreti yetkili servis tarafından MTB TR 'ye ödenmektedir. Parça gerçekten hatalı ise yetkili serviste birikmiş bütün arızalı parçaların kullanılamaz hale getirme işlemi yapılmaktadır. Kullanılamaz hale getirilme işlemleri parçadan parçaya değişiklik göstermektedir. Bu işlem sonucunda bütün kullanılamaz hale gelmiş parçalar Mantras'tan silinmektedirler. Bu işlemler tamamlandıktan sonra kullanılamaz hale gelmiş arızalı parçalar denetçilerin gözetiminde yetkili servisler tarafından hurdaya satılmaktadır. Hurdaya satılan parçaların imha edilip edilmediği bilinmemekle beraber, MTB TR'de bu arızalı parçaların servislerden toplanıp Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yaptırımlarına uygun bir şekilde imha edilmesine yönelik bir sistem uygulanmamaktadır. Mevcut sistemin iş akış süreci Ek 1'de verilmiştir.

2.2 Problem tanımı ve projenin amacı

Mevcut sistemin problemi, MTB TR yetkili servislerinde garanti kapsamında değiştirilerek biriken arızalı parçaların kullanılamaz hale getirilmesi, yetkili servislerden toplanması ve Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yönergeleri doğrultusunda imha edilmesini sağlayacak bir sisteme uygun olmamasıdır.

Projenin amacı, arızalı parçaları kullanılamaz hale getirmekle yükümlü olan denetçiler ve kullanılamaz hale gelmiş parçaları yetkili servislerden toplayarak imha edilmeye götürecek olan araçlar için uygun rota planlamalarını gerçekleştirecek bir karar destek sistemi tasarlayarak, garanti kapsamı altında değişen parçaların Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yaptırımlarına uygun bir şekilde imha edilmesini sağlamaktır.

2.3 Literatür taraması

Projenin amacının belirlenmesinden sonra, denetçiler ve kamyonlar için en düşük maliyetli rotaları verecek şekilde problemimizi modellemek doğrultusunda araç rotalama problemleri (ARP) üzerine literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Araç rotalama problemleri problemlerin kısıtlarına göre farklı şekillerde gruplanmışlardır. Bizim problemimiz, arızalı parçaları toplayacak olan araçların kapasite kısıtına sahip olmalarından dolayı kısıtlı kapasite araç rotalama problemi (KARP) olarak tanımlanmaktadır (Miller vd., 1960, Ralphs ve Kopman, 2001).

Problemin tam sayı modellemesine ek olarak sezgisel model de oluşturmak adına, araç rotalama problemlerine yönelik sezgiseller üzerine de literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Öncelikle yapısal sezgiseller araştırılmıştır. Bu sezgisellerin başında “En Yakın Komşu Sezgiseli” (Nearest Neighbour Heuristic) ve “Clarke-Wright Kazanç Sezgiseli” (Savings Heuristic) gelmektedir. Problemimiz için En Yakın Komşu Sezgiseli’nin daha uygun bulunması sebebi ile bu sezgiselin kullanılmasına karar verilmiştir. Projemizin amacı kat edilen uzaklık ve zamanı en aza indirmek için seçilen bu algoritma etkili ve verimli bir sonuç alınmasını sağlayacaktır (Riegger, 2010).

Yapısal sezgisellerden sonra modelimizi en iyi sonuca daha da yaklaştırmak amacı ile geliştirme sezgiselleri de araştırılmıştır. En Yakın Komşu Sezgiseli’nin uygulanmasından sonra daha iyi bir sonuç elde etmek için yapılan araştırma sonucu, 2-opt Algoritması’nın uygulanmasının gerekliliğine karar verilmiştir. 2-opt Algoritması mevcut rotadaki şehirlerin sırasını değiştirerek daha kısa mesafe veren rotayı bulmaya çalışır ve kesişen yolları elimine eder (Nillson, 2003).

3. Önerilen Yöntem

3.1 Genel yaklaşım

Yapılan çalışmalar sonucunda MAN A.Ş.’nin arızalı parça imha yönetimi konusunda kritik lojistik kararlar verecek bir bilgisayar programı geliştirilmesine karar verilmiştir. Programın amacı MAN A.Ş.’nin en etkin maliyetle yetkili servislerinin dolaştırılmasını sağlamak olarak saptanmıştır.

Programın MTB TR’nin ihtiyaçları doğrultusunda esnek bir yapıda tasarlanması kararlaştırılmış, böylece gelecek dönemlerdeki servis sayısı ve yeri değişiklikleri gibi veri güncellemelerine olanak vermesine özen gösterilmiştir. Ayrıca programın kolay ve çalışma süresinin kısa olmasına dikkat edilmiştir. Denetçiler için iş akış şeması Ek 2’de verilmiştir. Önerilen yöntemin akış şeması ise Ek 3’te verilmiştir.

3.2 Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

3.2.1 Tam sayı programlama

Belirlediğimiz problemi çözebilmek için MTB TR yetkili servis denetçilerinin ve dış kaynaklar kullanılarak sağlanacak olan arızalı parça topladığını gerçekleştirecek kamyonların rota planlamaları yapılmıştır. Denetçiler ve kamyonlar için amaç fonksiyonu katedilen toplam mesafe olarak seçilmiştir. Kamyon rotalama modeli kamyonların ağırlık ve hacim bazında kapasiteleri, kamyonların maksimum dolaşabildikleri süre gibi kısıtlar göz önünde buldurularak yapılmıştır. Kamyonların bir rotayı tamamlama süresi yetkili servislerdeki toplanmaya hazır parça sayısı, dolayısı ile parçaların kamyonlara yüklenme süresi ile kamyonların gittikleri şehirler (yetkili servisler)

arasındaki mesafeye bağılı olarak değişmektedir. Kamyon kapasitesi ise kamyonların yetkili servislerden topladıkları parçaların hacim ve ağırlıklarına bağılı olarak değişmektedir.

Denetçilerin rotalama modelinde ise hacim ve ağırlık kapasitesi olmadığından sadece zaman kısıt olarak rol oynamaktadır. Denetçilerin gittikleri şehirler (yetkili servisler) arasındaki uzaklıklar aynı zamanda denetçilerin bir rotayı tamamladıklarında harcadıkları süreyi de belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca bu süreye denetçilerin gittikleri yetkili servislerde eğitim vererek ve arızalı parçaları kullanılamaz hale getirerek geçirdikleri süreler de eklenmiştir. Denetçilerin eğitim verdikleri süreler hesaplanırken denetçilerin gittiği yetkili servislerdeki çalışan sayısı dikkate alınmıştır. Kullanılamaz hale getirme süreleri ise zaman etüdü sonucu kg başına imha zamanı şeklinde elde edilmiştir. Kamyonlar ve denetçilerin yolculukları sırasında geçen sürelerin bulunması için yolculuk hızları 80km/s olarak kabul edilerek katedilen mesafeler bu değere bölünmüştür. Ankara ili merkez olarak seçilmiştir. Ankara'nın merkez olarak seçilmesinin sebepleri en yüksek iş hacmine sahip yetkili servislere dolayısıyla arızalı parça yoğunluğuna sahip olması ve coğrafi konumudur. Yukarıda anlatılan model GAMS ile kodlanmış olup, kamyonlar ve denetçiler için en iyi rotalara ulaşılmıştır. (Denetçiler ve kamyonlar için tam sayı modeli Ek 4'te verilmiştir.)

3.2.2 Sezgisel model

Tam sayı programlama kullanılarak en iyi sonuca ulaşılmasına rağmen, MTB TR'de GAMS ya da xPress gibi bir programın bulunmaması sebebi ile sezgisel modeller üzerine çalışmalar yapılmıştır. Literatür taraması bölümünde de anlatıldığı gibi, bu çalışmalar sonucunda "En Yakın Komşu" ve "2-Opt" sezgisel metodları seçilmiştir. Bu metodlar java programlama dilinde yazılmış ve arayüzün de eklenmesi ile dinamik bir rota karar destek sistemi oluşturulmuştur. Yazılan program girdi (parametreler ve kısıt değerleri) olarak kullanıcıdan aşağıdaki bilgileri almaktadır:

- Yetkili servisler arası uzaklık (km)
- Yetkili servis sayısı
- Bir servisten diğerine ulaşmak için geçmesi gereken süre
- Arızalı parçaların denetçiler tarafından kullanılamaz hale getirilmesi için geçen süre
- Denetçilerin gidilen yetkili serviste eğitim vermeleri için geçen süre
- Arızalı parçaların yetkili servislerden toplanması için geçen süre
- Arızalı parçaların hacim (dcm³) ve ağırlık (kg) bilgileri
- Kamyon rota kısıtları için zaman, ağırlık ve hacim limitleri
- Denetçi rota kısıtları için zaman limiti

Programın çıktıları ise aşağıda belirtildiği gibidir:

- Denetçiler ve kamyonlar için rotalar
 - Çalıştırılması gereken denetçi sayısı
 - Kullanılması gereken kamyon sayısı
 - Denetçilerin ve kamyonların işlerini tamamlamaları için geçmesi gereken süre
- Programın başlıca özellikleri;
- Yeni parametrelere adapte olabilmek için kısıtların değiştirilebilmesine olanak sağlama
 - Yeni yetkili servis ekleme
 - Mevcut yetkili servisi düzenleme ve silme
 - Tüm verileri MS Excel'den okuma ve Excel dosyalarının düzenlenmesiyle programa kolayca müdahale imkânı tanıma

olarak tanımlanmıştır.

Farklı parametreler ve kısıtlar ile yapılan denemeler sonucu programımızın çözümlerinin GAMS programı ile elde edilen sonuçtan yaklaşık %8 ile %10 arası uzaklıkta olduğu tespit edilmiştir.

4. Uygulama Planı

Geliştirilen rota karar destek sisteminin uygulanmaya başlanabilmesi için öncelikle MAN mühendislerinin bilgisayarlarına Java'da yazılmış programın yüklenmesi gerekmektedir. Sistemdeki güncel veriler Mantras'tan Java programının veri çektiği Excel dosyasına aynı formatta girilmelidir. Kullanıcı, varsa yetkili servislerle ilgili değişiklikleri kaydederek ve zamanla ilgili kısıtları belirleyerek programı çalıştırabilmekte ve sonucunda denetçiler ve kamyonlar için rotalara ulaşabilmektedir.

Programın ekran görüntüleri Ek 5'te verilmiştir.

5. Genel Değerlendirme

Önerilen "arızalı parça toplama ağı sistem tasarımı", şirketin beklentileri, belirlenen sorunlar ve yapılan analizler doğrultusunda ortaya çıkarılan eksiklik ve ihtiyaçlardan doğmuştur. Bu sistem denetçiler ve araçlar için en iyi değere yaklaşarak rotalar bulmaktadır. Bu sistem tasarımı esnasında kullanılan dört senelik akademik bilgi birikimi; MTB TR'den edindiğimiz iş dünyasına ait yaklaşımlar ve literatür taraması sonucu kazanılanlar; projenin hem akademik hayattan hem de iş hayatından beslenerek; hem akademik hem de pratik hayata hizmet edecek şekilde geliştirilmesini sağlamıştır.

5.1 Projenin firmaya getireceği katkılar

Tasarlanan sistemin MTB TR'ye katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- İki yıldır yetkili servislerde birikmiş arızalı parçalar, denetçilerin program tarafından oluşturulacak rotalardan sonra servislere

gitmesi ile birlikte kullanılamaz hale getirileceklerdir. Böylelikle, servislerdeki arızalı parçaların gereksiz yer işgalinden kurtulmuş olunacaktır.

- Türkiye genelindeki 31 yetkili servisi dolaşarak arızalı parçaları toplayacak olan araçların program tarafından oluşturulan rotaları takip ederek en ucuz maliyetle bu işi yapabilmeleri sağlanmış olunacaktır.
- Denetçilerin belirsiz ve zamansız servis ziyaretleri program sayesinde planlı bir hal almış olacaktır.
- İstenildiği takdirde sadece seçilen servisler için rotalar hazırlayan bir sistem tasarlandığı için program şirketin acil ihtiyaçlarına pratik bir şekilde cevap verebilecektir.
- Arızalı parça imha sisteminin Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yaptırımlarına uygun olarak ilerlemesi sağlanmış olacak ve MTB TR olası cezai yaptırımlardan kaçınmış olacaktır.

5.2 İleriye dönük öneriler

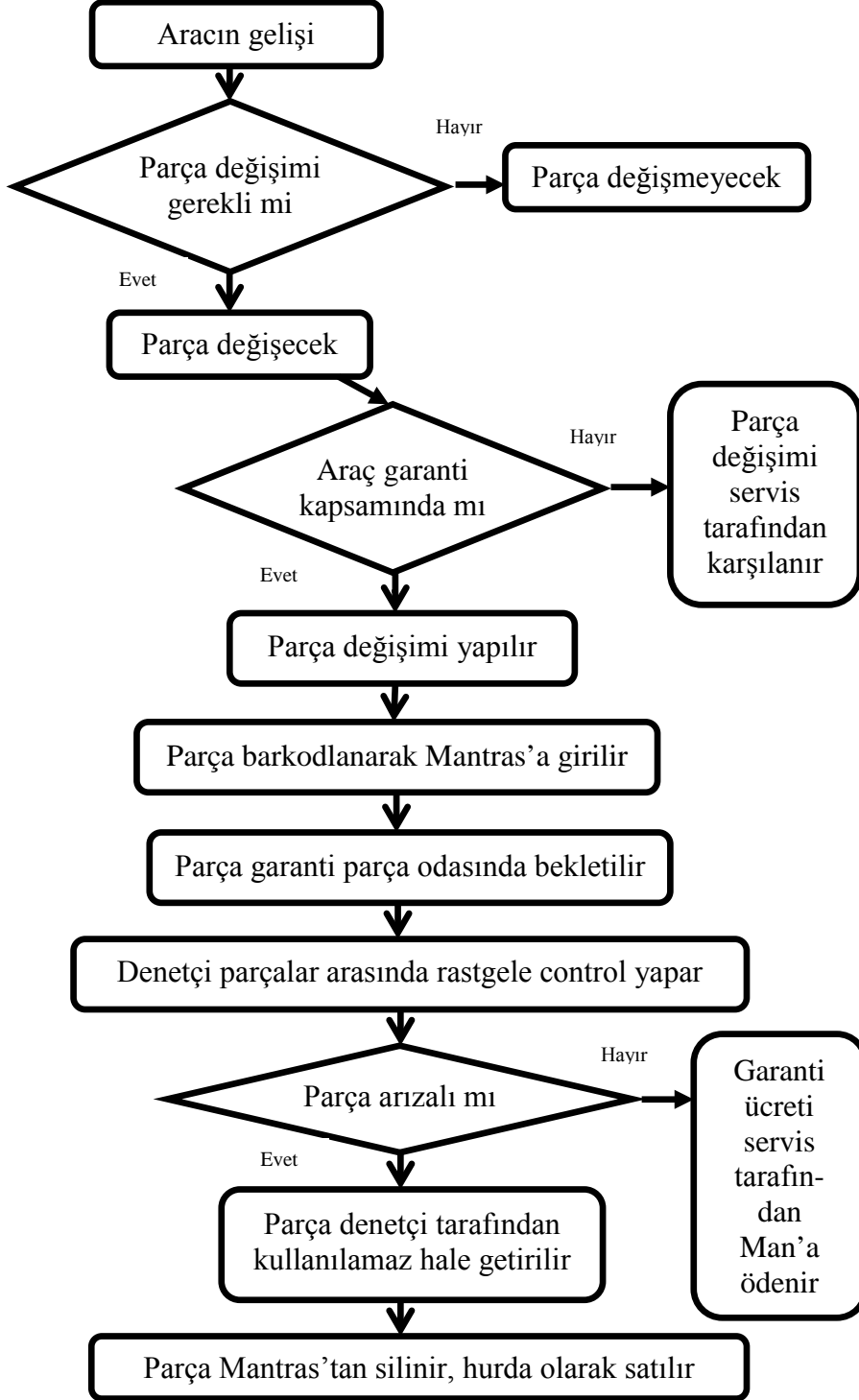
Geliştirilen program, gelecek dönemlerde yapılabilecek muhtemel değişimlere karşı esnek olarak tasarlanmıştır. Programda sorunsuzca yeni bir yetkili servis eklenebilmekte, mevcut servis düzenlenebilmekte, parçaların ağırlık ve hacimleri değiştirilebilmektedir. Bu tip değişikliklerin programa sorunsuzca yansıtılabilmesi dinamik bir program yazıldığıнын göstergesidir. Bu değişikliklerin daha kolay yapılabilmesi için kullanıcı ara yüzünün geliştirilmesi mümkündür. Program geliştirilmeye açıktır.

KAYNAKÇA

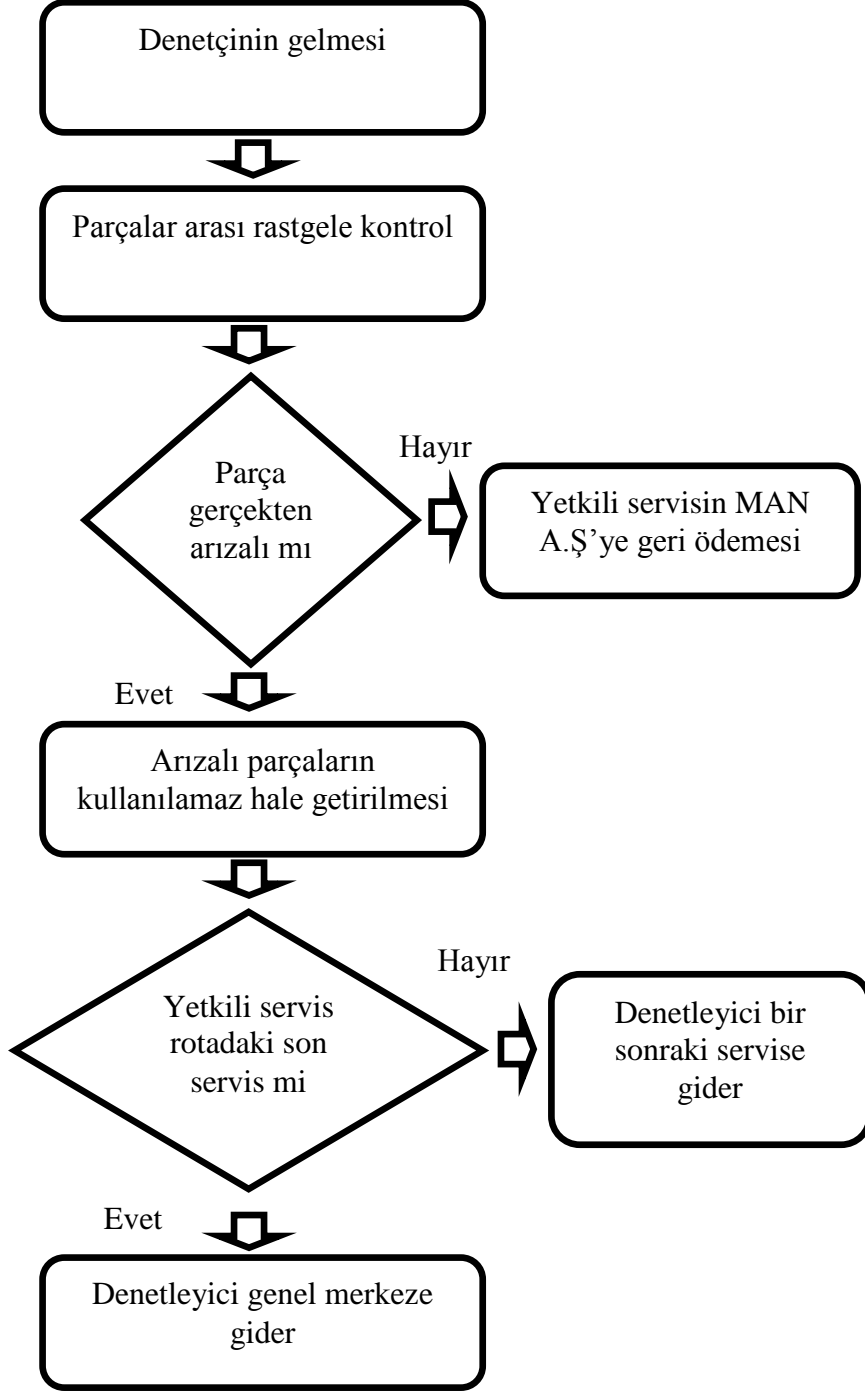
- Miller, C., Tucker, A., Zemlin, R. 1960. "Integer Programming Formulation of Traveling Salesman Problems", Journal of the ACM, 7(4), 326-329.
- Nillson, C. 2003. "Heuristics for the Travelling Salesman Problem", Linköping University.
- Ralphs, T., Kopman, L. 2001. "On the Capacitated Vehicle Routing Problem", 1-19.
- Riegger, P. 2010. "Literature Survey on Nearest Neighbour Search and Search in Graphs", Universitat Stuttgart, 5-17.
- Man Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş 2012. Tarihçe, <http://www.man.com.tr/>. Son erişim tarihi: 20 Nisan 2012.

EKLER

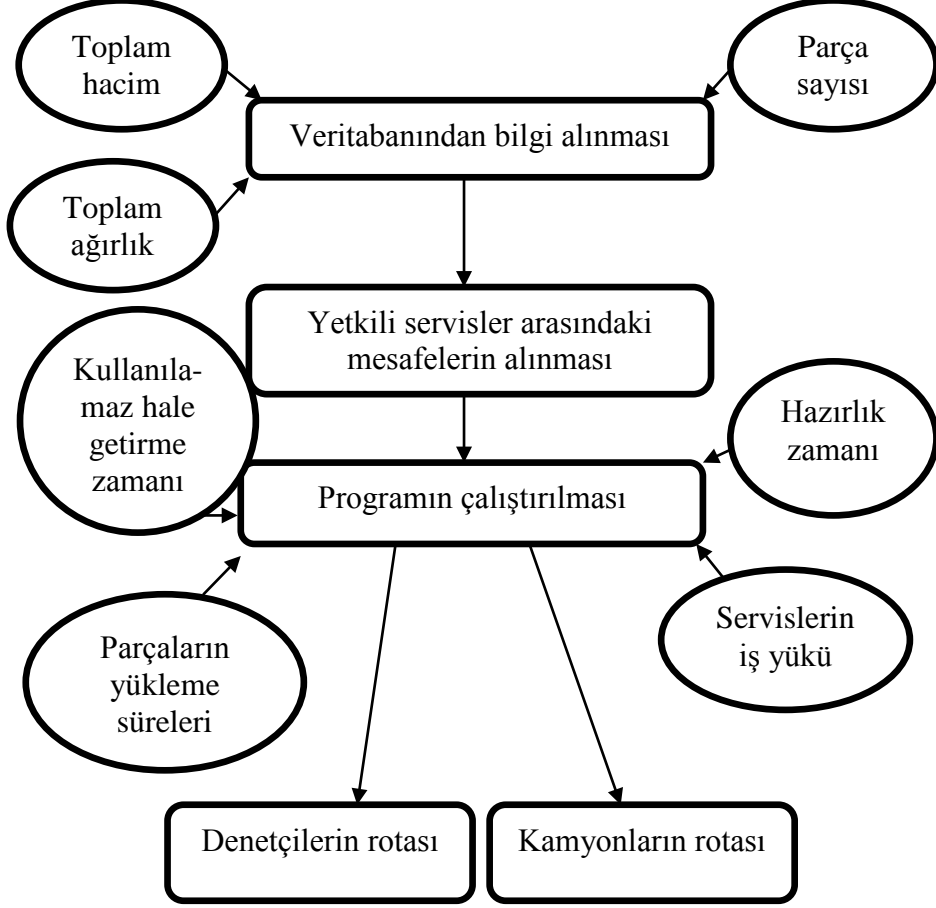
Ek 1. Mevcut sistem akış şeması



Ek 2. Önerilen sistemde denetçiler için iş akış şeması



Ek 3. Rota planlama süreci akış şeması



Ek 4. Tam sayı modeli

Denetçi Rotalama Modeli

Karar değişkenleri

$X(i,j)$: 1, j servisi i servisinden hemen sonra ziyaret ediliyorsa
0, aksi takdirde

$TT(i)$: i servisinde sürecin tamamlanma zamanı

Parametreler

$C(i,j)$: i servisinden j servisine gitme maliyeti

$MT(q)$: denetçinin zaman limiti

$T(i,j)$: i servisinden j servisine gitme süresi

$TA(i)$: i servisindeki imha süresi

Amaç Fonksiyonu

$\min \sum \sum c(i,j) X(i,j) + TT(1)$

öyle ki;

$$\sum_j X(i,j) = 1 \quad \forall i \neq 1$$

$$\sum_j X(j,i) = 1 \quad \forall i \neq 1$$

$$\sum_j X(1,j) \leq m$$

$$\sum_j X(j,1) \leq m$$

$$TT(i) - TT(j) + MT(q) * X(i,j) - MT(q) + X(i,j) * (T(i,j) + TA(j)) \leq 0$$

$$TA(i) - TT(i) \leq 0$$

$$TT(i) - MT(q) \leq 0$$

Araç Rotalama Modeli

Karar Değişkenleri

$X(i,j)$: 1, j servisi i servisinden hemen sonra ziyaret ediliyorsa
0, aksi takdirde

$UW(j)$: j servisinden sonra kamyonun yükü (ağırlık)

$UV(j)$: j servisinden sonra kamyonun yükü (hacim)

$TT(i)$: i servisinde sürecin tamamlanma zamanı

Parameters

$C(i,j)$: i servisinden j servisine gitme maliyeti

$QW(q)$: q aracının ağırlık kapasitesi

$QV(q)$: q aracının hacim kapasitesi

$PW(j)$: j servisindeki arızalı parçaların toplam ağırlığı

$PV(j)$: j servisindeki arızalı parçaların toplam hacmi

$MT(q)$: q aracı için zaman limiti

$T(i,j)$: i servisinden j servisine gitme süresi

$TA(i)$: i servisindeki imha süresi

Amaç Fonksiyonu

$$\min \sum \sum c(i,j) X(i,j) + TT(1)$$

öyle ki;

$$\sum_j X(i,j) = 1 \quad \forall i \neq 1$$

$$\sum_j X(j,i) = 1 \quad \forall i \neq 1$$

$$\sum_j X(1,j) = m$$

$$\sum_j X(j,1) = m$$

$$UW(i) - UW(j) + QW(q) * X(i,j) \leq QW(q) - PW(j)$$

$$PW(i) \leq UW(i) \leq QW(q)$$

$$UV(i) - UV(j) + QV(q) * X(i,j) \leq QV(q) - PV(j)$$

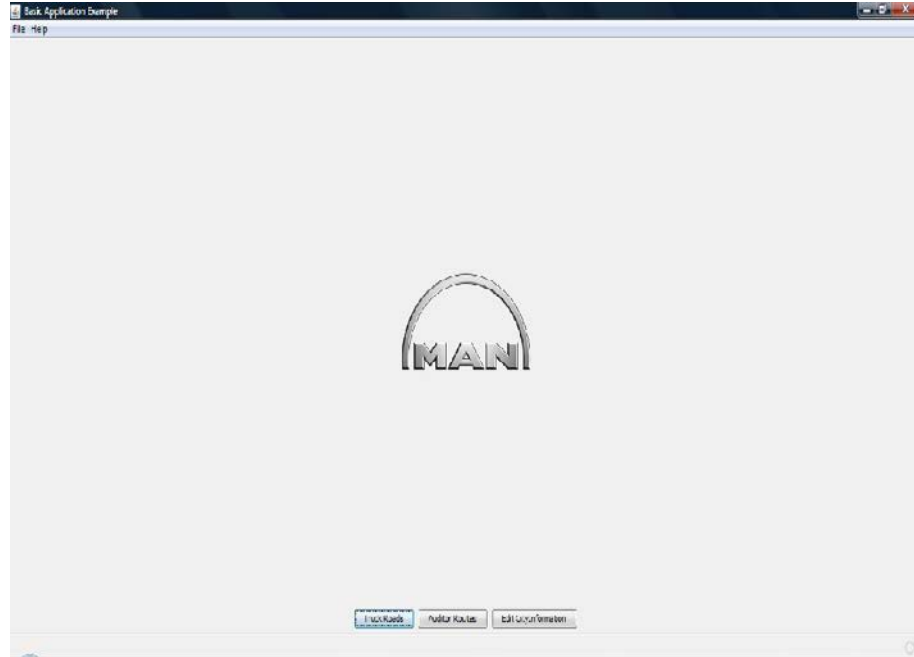
$$PV(i) \leq UV(i) \leq QV(q)$$

$$TT(i) - TT(j) + MT(q) * X(i,j) \leq MT(q) - (X(i,j) * T(i,j) + TA(j))$$

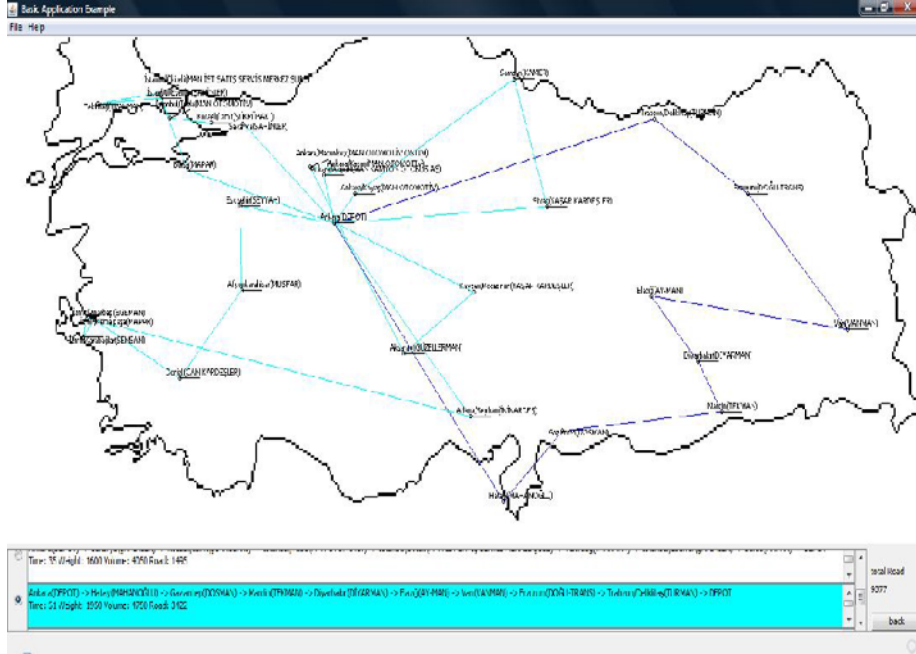
$$X(i,j) * T(i,j) + TA(j) \leq TT(i) \leq MT(q)$$

Ek 5. Program ekran görüntüleri

Ek 5.1 Ana sayfa



Ek 5.4 Rota örneği



Esnek Montaj Hattı ‘‘UET5’’ için Parça Yenileme ve İkmal Sistemi Geliştirilmesi

Oyak-Renault Otomobil Fabrikası

Proje Ekibi

Aras Görkem Akyunak
Ezgi Uzuncan
Süheyl Bilgel
Büşra Çakmak
Nail Gökhan Yörükcan

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

Ankara Şirket Danışmanı
Erkan Üçdal
Montaj Mühendislik Proje Şefi

Akademik Danışman
Prof. Dr. Erdal Erel
İşletme Fakültesi Dekanı

ÖZET

Oyak-Renault Bursa Fabrikası esnek montaj hattı üzerinde her biri kendi içerisinde farklı opsiyonel ekipmanlara sahip sekiz çeşit otomobil modeli üretir. Montaj bölümünde yer alan UET5 hattında akıcı bir parça dağıtım sistemi eksikliği ve bunun yanında katma değeri olmayan zamanın yüksekliği dikkat çekmektedir. Bu projenin amacı doğru parçaların doğru yerde doğru miktarda ve kalitede teslim edileceği bir sistem oluştururken operatörlerin parça arama ve montaj bölgesine taşıma sürelerini ve parça değişkenliğinden kaynaklanan çevrim süresi varyasyonunu azaltmaktır. Bu amaç doğrultusunda parça toplama sisteminin yanında parça kutulama sistemini hayata geçirmeyi hedefleyen bir sistem tasarlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Parça ikmal sistemi, kutulama ve toplama sistemi, esnek montaj hattında katma değeri olmayan zamanların azaltılması.

1. İşletme Tanıtımı

Oyak-Renault Otomobil Fabrikası; Renault, OYAK ve Yapı Kredi Bankası'nın ortaklığıyla 1969 yılında Bursa'da kurulmuştur. Bu fabrika, Renault şirketinin 38 üretim merkezinden biri ve Batı Avrupa dışındaki en büyük teşebbüsüdür. 360.000 otomobil ve 450.000 motor üretim kapasitesine sahip fabrikada karoser, montaj, mekanik ve şasi üretim sistemlerine ev sahipliği yapar. (www.renault.com.tr, 1). Bu da Renault şirketinin tüm dünyadaki toplam üretiminin %11,3'üne tekabül eder.

Bursa Fabrikası 258.389 m²'si kapalı alan olmak üzere 510.575 m²'lik alana yayılmıştır (www.renault.com.tr, 1). Üretim sistemi açısından metal sacın üretime girdikten sonra çeşitli operasyonların ardından bitmiş bir araba olarak çıktığı dikey bir bütünleşme vardır.

1.1 Sistem tanımı

Bu proje UET5 montaj hattına odaklanmaktadır. Montaj hattı karışık model tabanlı çalıştığından, birleştirilecek farklı birçok parça vardır. Parça çeşitliliğiyle başa çıkmak ve montaj hattı boyunca depolanan parça sayısını azaltmak için "toplama sistemi" kullanılmaktadır. Bu sistem her parça ailesi için kullanılan alanın azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Toplama sistemi şu şekilde çalışmaktadır; arabaya monte edilecek parçalar takılacağı arabanın sırasına göre toplu halde hazırlanıp hattın yanına taşınmaktadır. Parçalar, kondukları raflara bağlı olarak "ilk giren ilk çıkar" veya "son giren ilk çıkar" sistemlerine göre istiflenmektedir.

Montaj Bölümünde kullanılan bir başka yöntem ise parçaların doğru zamanda doğru yere gelmesini sağlayan "kutulama sistemi"dir. Bu sistem belli bir arabaya takılacak parçaların aynı kutu içerisinde gruplanmasını sağlamaktadır ve şu anda kapı montaj hattında aktif olarak kullanılmaktadır. Kutular, kapı montaj hattının çok yakınında bulunmayan bir alanda hazırlanmakta ve daha sonra kullanılacakları kapı çiftine göre eşleştirilmektedir. Kutular kapı montaj hattına bağlanıp hat boyunca kapılarla beraber ilerlemekte ve boşalınca hattan ayrılıp hazırlama bölgesine geri gelmektedir.

2. Sistem Analizi

2.1 Problem tanımı

Renault Bursa Fabrikası UET5 montaj hattı üzerinde katma değeri olmayan zamanı kontrol altına alacak bir parça dağıtım sistemi üzerine yoğunlaşmıştır. Çevrim süresinde yapılacak birkaç saniyelik iyileştirme otomobil üreticileri için daha yüksek verim ve daha büyük kar anlamına geldiği için, kutulama sisteminin oluşturulması yararlı olacaktır.

Hangi parçaların yeni sistemde yer alacağına karar vermek ve parça dağıtımını için bir sistem oluşturmak bu problemin önemli parçalarını oluşturmaktadır. Bir diğer alt problem ise, hattaki

operatörlerin otomobilin farklı bölgelerine farklı parçalar takmalarından kaynaklanan yürüme zamanlarının katma değeri olmayan zamana eklenmesidir.

2.1.1 Mevcut sistem analizi

UET5 montaj hattında 23 operatör bulunmaktadır. Mevcut sistemde üç operatör toplama sistemindeki parçaları hazırlamak için hat dışında çalışmaktadır. Toplama sistemindeki parçaları hazırlayan operatörler bu parçaları ERP sisteminden gelen bilgilere göre montaj hattıyla senkronize olacak şekilde fikstürlere yerleştirmektedirler. Gelen otomobile takılmak üzere kullanılacak parçaların numaraları bir yazıcı yardımıyla bastırılıp toplama sistemindeki parçaları hazırlayan operatörlere ulaştırılmaktadır. ERP sisteminden gelecek bilgiler ayrıca hazırlamadaki operatörün parça numarasını okumadan veya düşünmeden parçayı hazırlamasını sağlayan bir ışıklı sistem için kullanılabilir. Işıklı sistem doğru parçayı doğru yere koymayı sağlayacağından, bu durum hata payını oldukça azaltacaktır. Her bir fikstür UET5 montaj hattına kesintisiz parça tedarigi sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

2.1.2 Belirtiler ve şikayetler

Otomobil modellerinin ve donanımının çeşitliliğinden dolayı, belirli bir işlemin zamanı otomobile göre değişmektedir. Bu nedenle hattın akış hızına (4m/dk) yetişmeye çalışan operatörler zaman zaman çalıştıkları alanın sınırları dışına çıkabilmekte veya hattın durmasına sebep olabilmektedir. Ek olarak, bazı operatörler otomobilin farklı bölgelerine monte edilecek çeşitli parçalardan sorumlu olabilir. Bu durum farklı bölgelere yürüme gereksimine ve buna bağlı olarak katma değeri olmayan zamanın artmasına sebep olmaktadır. UET5 montaj hattının çevresindeki çalışma alanı oldukça karışık vaziyette bulunmaktadır. Montaj hattı boyunca yan yana birçok farklı parça yer almakta ve bu durum hat boyunca yeni bir parça yerleştirme ihtimalini zorlaştırmaktadır. Son olarak, farklı otomobil aileleri için çevrim zamanları değişmektedir. Uzun çevrim zamanı olan bir otomobil ailesine ait bir araba, aynı zamanda birçok özellik gerektiriyorsa, hattın akışında olumsuz etkiler doğurabilmektedir.

3. Projenin Kapsamı ve Hedefleri

Bu projenin esas amacı UET5 montaj hattına bir kutulama sistemi tasarlamaktır. Diğer hedefler oldukça bağlantılı olup, projenin ilerlemesi sırasında ortaya çıkan kısıtlara göre revize edilmiştir. Kutulama sisteminde yer alacak parçaların belirlenmesi için, UET5 montaj hattında yer alan her parçanın incelenmesi, parça seçiminde kullanılacak kısıtların belirlenmesi, kutulama sistemi içerisine alınacak olan parçaların Oyak-Renault uzmanlarına danışılarak oluşturulması hedeflendi. Montaj hattına dahil edilecek kutuların tasarlanması için,

tasarlanacak olan kutu sayısının, boyutlarının ve bu kutuların arabanın hangi bölgelerine konulması gerektiğinin belirlenmiştir. Ek olarak, hangi kutuya hangi parçanın girmesi gerektiğinin belirlenmesi, farklı ailelerden olan arabaların ilgili bölgeleri için ortak kutular hazırlanması, tasarlanan kutuların üç boyutlu modellerinin yapılması da hedefler arasındadır. Kutu hazırlama alanlarında çalışacak kişi sayısının planlanması için parçaların kullanım sıklığına, boyutlarına ve jeneriklerine göre gruplandırılması gerekmektedir. Son olarak, kutu dağıtım sisteminin tasarlanması için, parçaların sistem içinde akışını gösteren farklı benzetim modellerinin oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu projenin kapsamı UET5 montaj hattı için parçaların ve arabaların doğru kalitede ve doğru miktarda, doğru yerde ve doğru zamanda buluşmalarını sağlayacak bir sistem tasarlamayı içermektedir. Bununla beraber, farklı model ve özelliklerden kaynaklanan çevrim zamanındaki varyasyonları en aza indirmek ve hat boyunca depolanan parça bolluğundan kaynaklanan problemleri ortadan kaldırmak da amaçlanmıştır.

3.1 Verilerin toplanması ve analizi

Esnek montaj hattı UET5 çalışırken gözlenmiş ve katma değeri olmayan işlemlerin analizi yapılmıştır. Her operatör 30 saniyelik aralıklarla bir saat boyunca gözlemlenmiş ve operatörlerin yürüttükleri katma değeri olan işlemler hakkında veri toplanmıştır.

Bu işlemleri yaparken katma değeri olmayan işlemlerin oranının her operatör için farklı olduğunu gözlemlenmiştir. Ortalama olarak katma değeri olmayan işler toplam işlerin %20'sini oluşturmaktadır. Böylece, maksimum geliştirmeye, bütün katma değersiz işlemleri eleyerek %20'lik bir iyileştirme veya 60 saniyelik çevrim zamanında 12 saniyelik bir iyileştirme sağlayabilmek mümkündür. Çevrim zamanının %4'ü yürümek için harcanmaktadır. Kutulama sistemi bu zamanı en aza indirmeyi hedeflemiştir.

UET5 montaj hattında kullanılan bütün parçalar incelenerek kutulama sistemi için uygun olan parçaların boyutları ölçülmüştür. Çok büyük veya çok küçük olan parçaların, esnek olmayan, karmaşık şekilli tüplerin kutulama sistemine dahil edilmemesine karar verildi. Ek olarak, aynı jenerikten olan parçalardan kutularda sadece bir tanesi için yer ayrılması gerektiği öğrenilmiş ve kutulama sistemine dahil edilecek parçaları belirlemeyi tamamlamak için Renault uzmanlarıyla beraber çalışılmıştır. Bunun sonucunda arabanın farklı bölgelerine yerleştirilebilecek birden fazla kutuya ihtiyaç duyulduğuna karar verilmiştir. Buna göre arabanın içine koyulmak üzere iki tane, iki arabanın arasına koyulmak üzere de iki tane kutu tasarlanması gerektiğine karar verilmiştir. Bu incelemeyi yaptıktan sonra, seçilen parçaların arabanın hangi bölgesine monte edildiği belirlendi. Bunun

amacı takılan parçanın konulduğu kutunun, araba üzerinde monte edildiği noktaya yakın olarak yerleştirilmesiydi. Şirket uzmanları ile çalışarak arabanın içine ve dışına yerleştirilecek olan kutuların boyut kısıtları alınmıştır. İçine koyulacak kutuların boyutları en fazla en, boy, yükseklik olarak sırasıyla 60 cm, 80 cm, 45 cm'dir. Dışarı koyulacak kutuların boyutları ise en fazla en, boy, yükseklik olarak sırasıyla 100 cm, 100 cm, 100 cm'dir.

Ayrıca şirket yetkilileri tarafından, üretimi kolaylaştırmak ve çeşitliliği azaltmak için, arabalarının içine ve dışına koyulan kutuların, bütün araba ailelerine uygun olacak şekilde tasarlanması istenmiştir. Kutuların dış boyutları eşitken, aynı zamanda, kutu içindeki bölmelerin de ortak bir kalıba oturtulması hedeflendi. Proje için kullanılan diğer bir bilgi ise parça kullanım sıklıklarıdır. Bu veriler, kullanım sıklığına göre hatta daha yakına koyulması gereken parçaların belirlenmesinde yardımcı olmuştur. Parça referans numaraları, hangi operatör tarafından, arabanın hangi bölgesine monte edildikleri, ailesi, boyutları ve jenerikleri model için kullanılan veritabanında toplanmaktadır.

Son olarak, benzetim modelinde kullanılmak üzere, her posta için tüm araç ve varyasyonlarının işlem sürelerinin olasılık dağılımları hesaplanmıştır. Ek olarak, parçaların büyüklükleri göz önünde bulundurulmak, kutu hazırlamada kullanılacak olan operatörlerin model başına olan iş yükü hesaplanmıştır.

4. Literatür Taraması

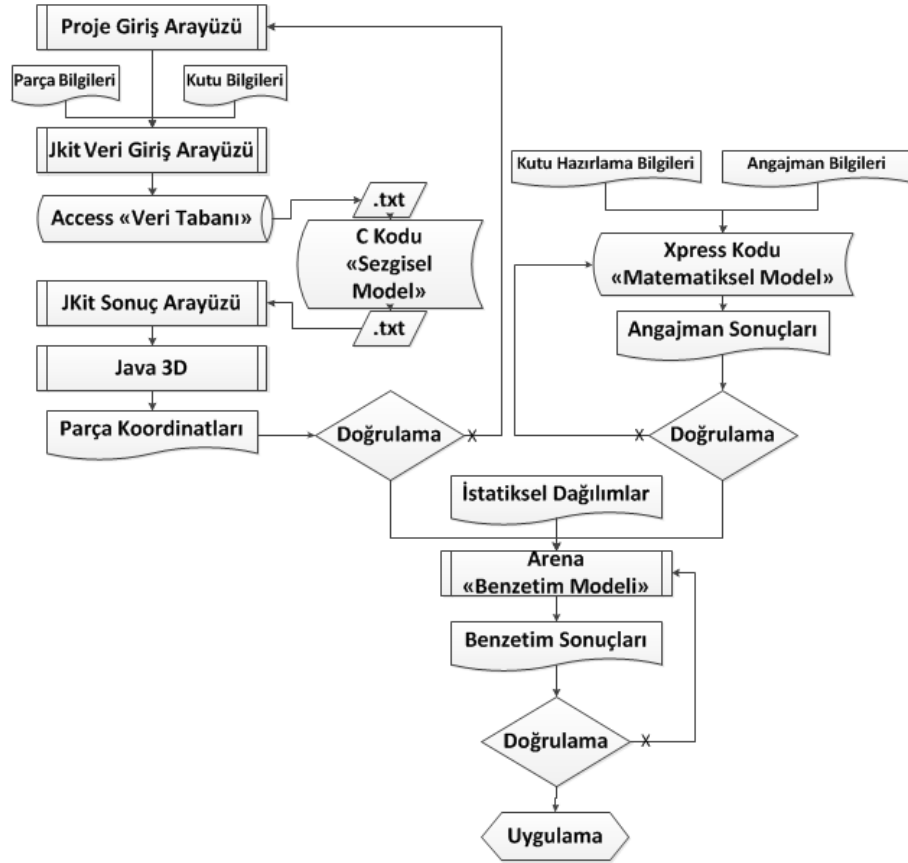
Gerekli bilgi ve ölçütlerinin belirlenmesinin ardından, kutulama problemini çözmek için benzer uygulama ve modeller arasından literatür taraması yapılmıştır. Öncelikli olarak, kutulama kistaslarına uygun olarak parçaların yerleştirilmesi için üç boyutlu sırt çantası modelleri içeren literatürler incelenmiştir. Teodor Gabriel Cranic ve arkadaşlarının “Üç Boyutlu Yükleme için Ekstrem Nokta Tabanlı Sezgisel Model” makalesinde parçaların kutu içerisindeki koordinatları üzerinden sezgisel olarak parça yerleştirmeyi açıklamaktadır (Cranic, 1). Sunulan çözümde parçaların döndürülerek farklı yerleştirme durumları göz ardı edildiğinden dolayı birbirlerinden çok farklı boyutlara sahip parçalar içeren proje için uygun bir model sunmamaktadır. Guiod Perboli ve arkadaşlarının “Denge Kısıtlı Üç Boyutlu Sırt Çantası Problemi ” makalesinde ise parçaların kutunun ağırlık merkezini ortada tutacak şekilde Üç boyutlu ortamda yerleştirilmesini sağlayan sırt çantası modelini anlatmıştır (Perboli, 1). Bu model parçaları döndürerek yerleştirirken fazla sayıda parça için optimum değer bulmamakta olup sadece alt ve üst sınırları belirtmektedir. Martello ve arkadaşlarının makalesinde önerdiği model farklı boyutlardaki parçaların döndürülerek olabilecek en iyi Üç boyutlu yerleştirme koordinatlarını sunmaktadır (Martello, 257). Bu bağlamda,

Üç Boyutlu Bidon Yüklemenin açıklanmış olduğu model kutulama problemimiz için temel oluşturmaktadır. Martello'nun modelinin açıklaması, proje için tasarladığımız modelde detaylı olarak açıklanacaktır.

5. Sistem Tasarımı

5.1 JKit çözüm modeli ve ara yüzü

JKit karar destek sistemi, kullanılan matematiksel model, sezgisel model, veritabanı ve benzetim modelinin entegre bir şekilde ürettiği çözümlerin bir Java kullanıcı ara yüzüyle kullanıcıya aktarılmasını sağlamaktadır. JKit çözüm modelinin şematik gösterimi Şekil 1'de bulunmaktadır.



Şekil 1. JKit çözüm modelinin şematik gösterimi

JKit ara yüzü, kullanıcıların kutulama sistemi oluşturmak için proje profilleri oluşturmalarına olanak sağlamaktadır. Bu sayede üretim hattının farklı noktaları için farklı kutulama çözümlerinin ilgili verileri

ve sonuçları proje profilleri üzerine kaydedilip, gerektiğinde tekrardan üzerinde düzenleme yapabilmesi mümkündür.

Java ara yüzü kutulama problemini çözmek için gerekli olan girdileri alabilmek için veri giriş panelleri içermektedir. Bu sayede problemin çözümü için eksik veya yanlış veri girişlerinin engellenmesi ve veritabanı üzerinde saklı tutulması sağlanmıştır.

İlgili projenin parça bilgileri veritabanına yazıldıktan sonra veritabanının içeriği matematiksel model için uygun girdi formatı haline getirilerek .txt belgesi olarak proje dosyası içinde kaydedilmektedir. Parçalar, .txt belgesine yazılmadan önce bazı kıstaslardan geçirilir. Örneğin, bir parçanın birçok jeneriği bulunmaktadır. Bu jenerikler farklı arabalar için kutuda aynı yere yerleştirilmelidir. Bu yüzden Java programı, aynı jenerikten olan parçaları bulup, en büyük boyutları seçerek düzenlemektedir. Böylece, hem aynı jenerikten olan parçaların aynı alana sığmaları sağlanır, hem de aynı jenerikten olan parçaların aynı kutuya bir kereden fazla koyulması engellenir.

Kutulama probleminde parçaların kutular içindeki koordinatlarını belirlemek için C programlama dili ile kodlanmış sezgisel model JKit programı tarafından dışarıdan erişilerek kullanılmaktadır. Veritabanından alınan bilgiler modele girdi olacak formatta kaydedildikten sonra kod JKit tarafından çalıştırılır.

Sezgisel model, Martello ve arkadaşlarının önerdiği üç boyutlu bidon yükleme problemi algoritmasını uygulamaktadır. Yazılan kod, dosyadan bilgi okumak koşuluyla yerleştirilecek parçalara ilişkin gerekli bilgileri almaktadır. Kod, ilgili makalede anlatılan dal budak algoritmasını uygularken farklı tip problemler için gerekli esnekliği sunmaktadır. Bunlar düğüm sınırlaması, tekrar sınırlaması, zaman sınırlaması ve paketleme tipidir. Bu sayede düğüm, tekrar veya zaman sınırlamalarından herhangi biri sıfır olduğunda program en iyi sonucu bulana kadar çalışmaktadır. Aksi takdirde belirtilen limitler altında ulaşılabilecek en iyi sonucu vermektedir. Matematiksel model hat üzerinde monte edilecek parçaları kutulara katman katman yerleştirmeye ve katmanlar içindeki yer kaybını en aza indirmeye çalışmaktadır. Öncelikle bir set içerisindeki parçaları tek bir katmana özyinelemeli olarak en iyi şekilde yerleştirecek bir dal budak algoritması koşturulmaktadır. İlk başta kutular boşken koordinatlar da sıfır olarak görünmektedir ($C(0)=\{(0,0,0)\}$). Her yinelemede yerleştirilen parçalara göre koordinatlar da yenilenmekte ve bu işlem kutuda yeni parça eklemek için yeterli boşluk kalmayınca kadar devam etmektedir. Bu durumdan sonra aynı işlemler, kalan parçaları yeni katmanlara ekleyecek şekilde tekrar edilmektedir. Yazılan kod, kutuların boyutları ve dosyadan parça bilgileri girildikten sonra önceden

belirtilen algoritma kısıtlarına göre tüm parçaların yerleştirilmesi gereken koordinatları sonuç olarak vermektedir.

Elde edilen sonuçlar tekrardan bir .txt dosyasına yazdırılır ve JKit tarafından ara yüzde yansıtılmak üzere okunur. Aynı zamanda elde edilen koordinatlar JKit programının sahip olduğu Java 3D kodunu çalıştırmak için kullanılmaktadır. Böylece ara yüzde hem sayısal veriler şeklinde, hem de üç boyutlu olarak gösterilebilmektedir.

Kutuların hazırlanmasında çalışacak operatörlerin iş yüklerinin belirlenmesi için Tek Boyutlu Sırt Çantası modeli oluşturulmuştur. Bu modelde, takılacak her parçanın hacmine bağlı olarak belirli bir kutuya yerleştirme süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, hacim olarak 200 cm^3 'den küçük parçalar için 0,03 santimminute, $200 \text{ cm}^3 - 1.000 \text{ cm}^3$ aralığındaki parçalar için 0,04 santimminute, 1000 cm^3 ve üzeri parçaların kutuya yerleştirilmeleri için gerekli süre ise 0,05 santimminute olarak hesaplanmıştır. Hazırlama alanında çalışanların dakikanın maksimum yüzde 81'i kadar süreyi montaja ayırması kısıtı göz önüne alınarak, tüm parçaların minimum sayıda çalışan ile kutular bantın ilerleme hızına yetiyecek şekilde hazırlanması hedeflenmiştir. Çalışanların zaman ve yüzde olarak iş yükleri ve parça atamaları bilgileri modelin çıktısı olarak kullanılmıştır. Tek Boyutlu Sırt Çantası probleminin matematiksel modeli Şekil 2'de ve sonuçları Tablo 1'dedir.

| |
|---|
| <p>Parametreler İ : parça sayısı w : işçi sayısı angmax : parça takmak için ayrılan maksimum iş yükleme süresi Anganje_i : her bir parçanın iş yükleme süresi</p> <p>Değişkenler X_{ij} : 1, eğer "i" parçası "j" işçisine aitse; 0, aksi durumda</p> <p>Amaç Fonksiyonu $\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij}$</p> <p>Kısıtlar $\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1 \quad ; \text{ Her parça için}$ $\sum_{i=1}^n \text{Anganje}_i * X_{ij} \leq \text{angmax} \quad ; \text{ Her işçi için}$ X_{ij} iki elemanlıdır $\in \{0,1\}$</p> |
|---|

Şekil 2. Tek Boyutlu Sırt Çantası Problemi matematiksel modeli

Tablo 1. Tek Boyutlu Sırt Çantası Problemi sonuçları

| Araba modeli | X35 | X38 | X85 | Bütün modeller |
|--------------------------------|------|------|------|----------------|
| Operatör sayısı | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Parça sayısı | 31 | 36 | 50 | 117 |
| Parça başına iş yüklemesi | 0,64 | 0,64 | 1,01 | 0,81 |
| Operatör 1 başına parça sayısı | 18 | 23 | 22 | 59 |
| Operatör 2 başına parça sayısı | 13 | 13 | 28 | 58 |

Bütün kutu bilgileri ve angajman bilgileri elde edildikten sonra, hat boyunca montaj işlemlerinin yapıldığı postalardan geçen tüm araba varyasyonlarının istatistiksel verilerinden yola çıkarak ilgili postanın her bir araba varyasyonu için harcadığı montaj zamanının istatistiksel dağılımı hesaplanmıştır. Tüm bu bilgiler benzetim modeline girdi olarak kullanılarak, fabrikanın hem şu anki durumu hem de kutulama sistemi uygulandıktan sonraki durumu kıyaslanmıştır.

5.2 Model doğrulaması

Oyak-Renault Şirketi, arabanın önüne, arkasına, sağ iç kısmına ve sol iç kısmına koyulabilecek kutular için yaklaşık boyutları vermiştir. Bu boyutlar başlangıç noktası alınarak önerilecek kutu boyutları belirlenmiştir. Verilen boyutların alabileceği en çok parça sayısını değiştirmeden, olabilecek en küçük kutu boyutları hesaplanmıştır. Boyutların azaltılması ve artırılması kutuda kullanılmayan hacim oranı kadar kutunun içine giren parça sayısını da etkilemektedir. Bu yüzden kutuların boyutlarının değiştirilmesinde göz önünde bulundurduğumuz birden çok performans ölçütü olmuştur ve aralarındaki dengeyi sağlayarak en ideal boyutlara ulaşmak hedeflenmiştir. Ek 1’de ulaşılan kutu boyutları, kutu içindeki parça bilgileri, parça sayıları ve parçaların üst bakıştan kutu içine yerleşimleri gösterilmiştir.

Kutulara yerleşmesi gereken parçaları belirledikten sonra, her araba ailesi için kullanılacak, belli bir kutu kalıbı oluşturmak amaçlı sezgisel bir yöntem izlenmiştir. Bunu gerçekleştirmek için, oluşturulan kutular, x ve y koordinatlarında sırasıyla karşılaştırarak, ortak olan noktalarda bölmelere ayrılmıştır. Bölmeler, bütün araba modelleri karşılaştırılarak ve parçaların yerleri en az şekilde değiştirilerek, en büyük parçanın girebileceği en küçük alan hesaplanarak oluşturulmuştur. Bölmelere ayrılmış kutular Ek 2’de görülebilir.

5.3 Senaryo analizi

Oluşturulan benzetim modeline göre, fabrikada şu an altı gün 22 saat çalışma ile haftada 6.955 araba üretilmektedir. Fabrika tarafından açıklanmış olan, haftada yaklaşık 7000 araçlık kapasiteye oldukça yakın bir sonuç almaktayız. Benzetim modelinin üretim miktarları bakımından

doğru olduğunu kabul ederek, kutulama uygulaması mevcut durumu değiştirecek şekilde benzetim modeline entegre edilmiştir. Kutulama uygulamasının yaptığı iyileştirme sayesinde çevrim süresini kısaltmak veya işçi sayısında azaltmaya gitmek gibi seçenekler ortaya çıkmıştır. Kutulama uygulamasının operatör bazında gerçekleşen katma değersiz zamanın (yürüme zamanı, parça arama zamanı gibi) yarısını ortadan kaldırdığı varsayılmıştır. Hat üzerinde darboğaz oluşturmayacak şekilde banttan araba geçme hızını %6 artırınca, benzetim modeli altı gün 22 saat çalışma ile 7.278 araç üretilebileceğine işaret etmektedir. Bu sonuç baz alındığında, üretim yaklaşık %4,6 artmaktadır. Bu kapasite artışı ancak fabrikanın diğer bölgelerinde yapılacak benzer iyileştirmeler ile mümkündür. Diğer bir alternatif işçi sayısını azaltmaktır. İdeal şartlarda beş işçinin hattan alınabileceği görülmektedir. Bu durumda, iyileştirme üç işçi ile sınırlıdır. Bunun nedeni, kutuları hazırlayan iki işçinin sistem ile iş başı yapmış olmasıdır. Beş kişi hattan alındığında kalan işçiler katma değerli ve değersiz işler dahil olarak ortalama %92 dolulukta olacaklardır. Renault fabrikasının bu noktadaki hedefi ideal koşullarda %95 seviyesindedir.

6. Duyarlılık Analizi

İdeal boyutlara ulaşıldıktan sonra, bu boyutlardan artı ve eksi 10 santimetre uzaklaşarak duyarlılık analizi yapılmıştır. Artı ve eksi 10 santimetre aralıklarındaki bütün koşulları değerlendirip en kötü ve en iyi durumlar bulunmuştur. Ek 3'te duyarlılık analizinin ayrıntılı sonuçları verilmiştir. Özetle, boyutların 10 santimetre arttırıldığı durumda kullanılan hacim oranı ortalama %4,92 (en az %0,74, en fazla %10,46) artmaktadır. Boyutların 10 santimetre azaltıldığı durumda ise kullanılan hacim oranı ortalama %4,66 azalmaktadır. En kötü durumda %0,82 artmaktadır; en iyi durumda ise %15,64 azalmaktadır.

7. Genel Değerlendirme

Koşurma modeli fabrikanın şimdiki ve kutulama işlemi uygulandıktan sonraki halleri için yapılmıştır. Şimdiki hal, fabrikanın üzerinde yapılması planlanan değişimler için bir referans noktası oluşturmaktır. Böylece fabrika üzerinde yapılacak değişikliklerin sürekli olarak fabrikayla karşılaştırılması yerine benzetim modeli üzerinde karşılaştırılmasıyla, analiz hız kazanacaktır. Fabrikanın mevcut halinin benzetim modeli model yapım sürecinde ve sonrasında fabrikanın mevcut haliyle karşılaştırılmış, doğrulanmış ve mantık hatası olmaksızın çalıştırdığı görülmüştür. Benzetim modeli sonunda, fabrikada şu an altı günde 6.955 araba üretilmektedir. Kutulama sistemi uygulandıktan sonra ise işçi çıkarılmadan çevrim süresi arttırıldığında 7.278 adet araba üretildiği gözlemlenmiştir. Buna göre, yılda 15.504 araçlık kapasite artışı mümkündür. Diğer yünden, üç işçinin hattan alınması söz konusu olabilir. Bu %10 civarında bir maliyet iyileştirmesi demektir.

KAYNAKÇA

- Crainic vd. (2007)"Extreme Point-Based Heuristic for Three Dimensional Bin Packing". CIRRELT-2007-41.
- Oyak-Renault 2012.< <http://www.renault.com.tr/page.aspx?id=1935>>
- Perboli vd. (August 2011)"The Three dimensional Knapsack Problem with Balancing Constraints". CIRRELT-2011-51.
- S.Martello, D.Pisinger, D.Vigo (2000) "The three-dimensional bin packing problem" Operations Research, 48, 256-267.

EKLER

Ek 1. Kutu boyutları, kutu içindeki parça bilgileri, parça sayıları ve parçaların üst bakıştan kutu içine yerleşimleri gösterilmiştir.

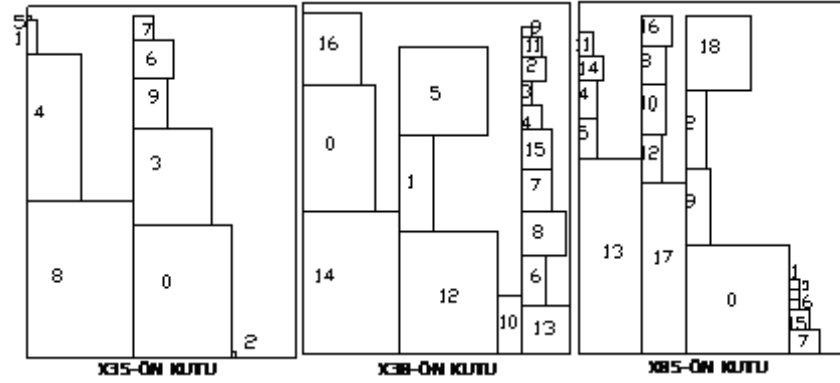
Ek 1.1 Kutu boyutları ve parça sayıları

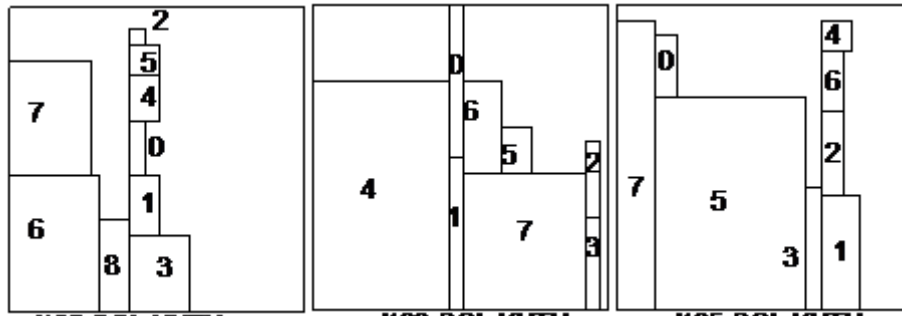
| Kutu boyutları | | | | Parça sayısı | | | |
|----------------|----|-----|-----------|---------------|-----|-----|-----|
| Önerilen Kutu | | | | Önerilen Kutu | | | |
| | en | boy | yükseklik | | X35 | X38 | X85 |
| Ön kutu | 55 | 72 | 95 | Ön kutu | 10 | 17 | 19 |
| Sol kutu | 39 | 40 | 45 | Sol kutu | 9 | 8 | 8 |
| Sağ kutu | 25 | 41 | 45 | Sağ kutu | 4 | 9 | 15 |
| Arka kutu | 44 | 56 | 95 | Arka kutu | 8 | 2 | 8 |

Ek 1.2 X 35 modeli için ön kutuya yerleştirilen parçaların bir kısmının parça bilgileri

| X 35 ön kutu | | | | |
|----------------|-------------------|------|------|-----------|
| parça numarası | referans numarası | en | boy | yükseklik |
| 0 | 8200039843 | 20.0 | 27.0 | 75.0 |
| 1 | 8200079138 | 2.0 | 7.0 | 8.0 |
| 2 | 8200150007 | 1.0 | 1.0 | 70.0 |

Ek 1.3 Parçaların üst bakıştan kutu içine yerleşimleri

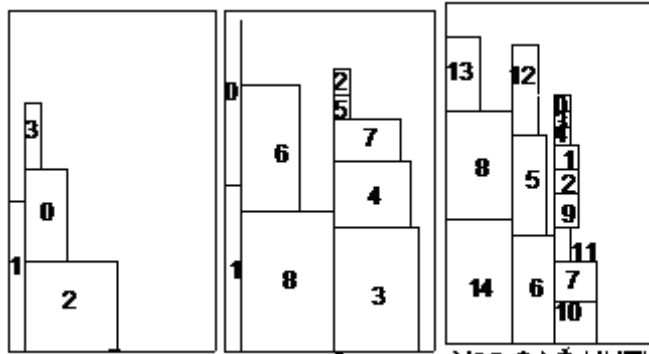




X35-SOL KUTU

X38-SOL KUTU

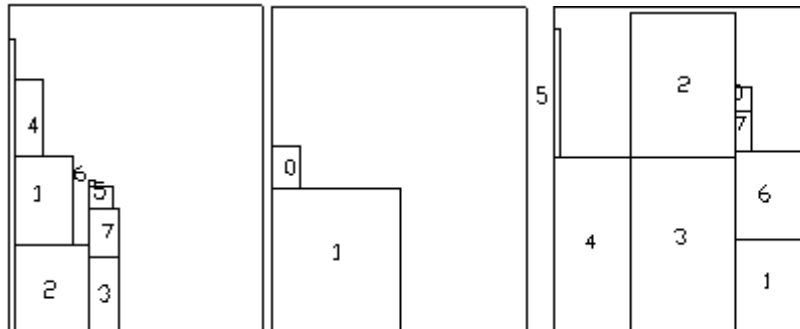
X85-SOL KUTU



X35-SAG KUTU

X38-SAG KUTU

X85-SAG KUTU

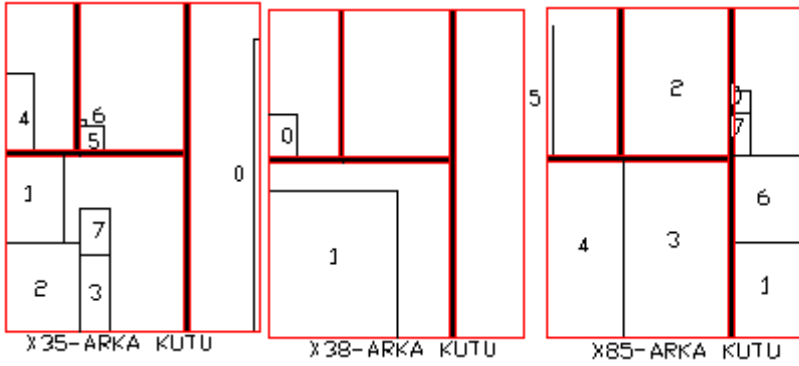
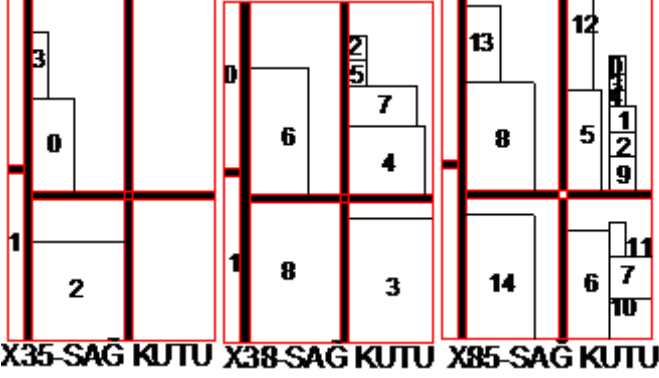
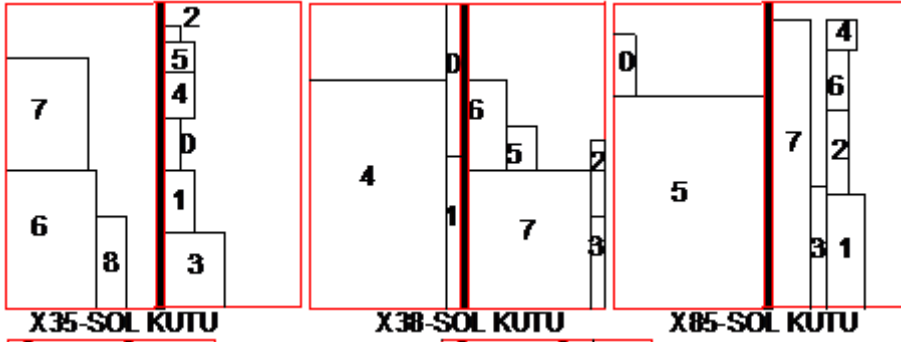
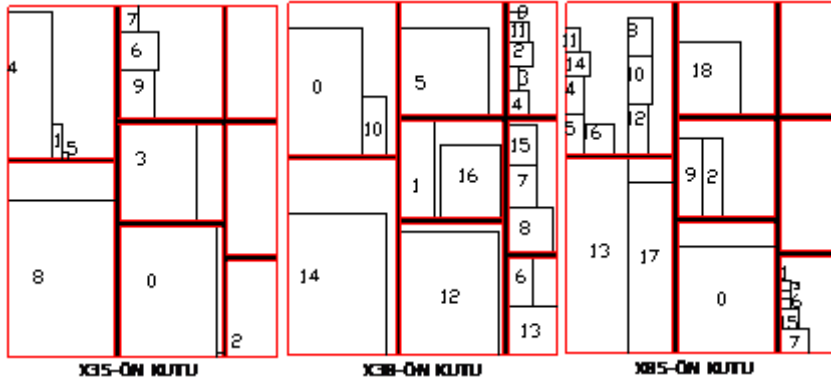


X35-ARKA KUTU

X38-ARKA KUTU

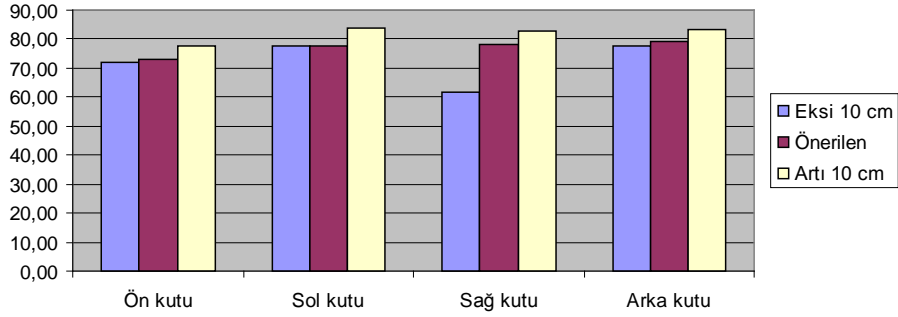
X85-ARKA KUTU

Ek 2. Bölmelere ayrılmış kutular

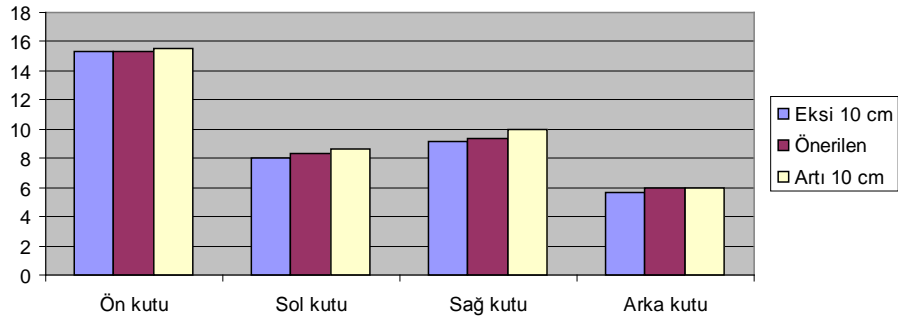


Ek 3. Duyarlılık analizi

Duyarlılık Analizi-Kullanılmayan hacim yüzdesi



Duyarlılık Analizi-Ortalama Parça Sayısı



| Parça sayısı | | | | Kullanılmayan hacim yüzdesi | | | | Kutu boyutları | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------------------------|-----------|----|-----|-----------|
| Önerilen Kutu | | | | Önerilen Kutu | | | | Önerilen Kutu | | | | |
| | X35 | X38 | X85 | | X35 | X38 | X85 | ortalama | | en | boy | yükseklik |
| Ön kutu | 10 | 17 | 19 | Ön kutu | 76,60419989 | 64,89526847 | 77,9122807 | 73,1372497 | Ön kutu | 55 | 72 | 95 |
| Sol kutu | 9 | 8 | 8 | Sol kutu | 81,79059829 | 99,43732194 | 52,47151 | 77,8998101 | Sol kutu | 39 | 40 | 45 |
| Sağ kutu | 4 | 9 | 15 | Sağ kutu | 89,73441734 | 62,64498645 | 81,5588076 | 77,9794038 | Sağ kutu | 25 | 41 | 45 |
| Arka kutu | 8 | 2 | 8 | Arka kutu | 92,01845523 | 93,45309296 | 51,4982057 | 78,9899180 | Arka kutu | 44 | 56 | 95 |
| En kötü durum | | | | En kötü durum | | | | En kötü durum | | | | |
| | X35 | X38 | X85 | | X35 | X38 | X85 | ortalama | | en | boy | yükseklik |
| Ön kutu | 10 | 17 | 20 | Ön kutu | 84,2732065 | 76,4023944 | 82,9868668 | 81,2208225 | Ön kutu | 65 | 82 | 105 |
| Sol kutu | 9 | 9 | 9 | Sol kutu | 90,5135436 | 99,6363636 | 74,9424861 | 88,3641311 | Sol kutu | 49 | 50 | 55 |
| Sağ kutu | 5 | 9 | 15 | Sağ kutu | 93,3241868 | 80,3006917 | 90,2749671 | 87,9666152 | Sağ kutu | 35 | 51 | 49 |
| Arka kutu | 8 | 2 | 8 | Arka kutu | 95,0595906 | 95,9048153 | 69,6614291 | 86,8752784 | Arka kutu | 44 | 56 | 95 |
| En iyi durum | | | | En iyi durum | | | | En iyi durum | | | | |
| | X35 | X38 | X85 | | X35 | X38 | X85 | ortalama | | en | boy | yükseklik |
| Ön kutu | 10 | 17 | 19 | Ön kutu | 77,5728249 | 66,3486628 | 78,8267490 | 74,2494122 | Ön kutu | 56 | 73 | 96 |
| Sol kutu | 9 | 8 | 8 | Sol kutu | 83,0554083 | 99,4764051 | 55,7727996 | 79,4348710 | Sol kutu | 40 | 41 | 46 |
| Sağ kutu | 5 | 10 | 16 | Sağ kutu | 89,3058608 | 59,9267399 | 82,4981685 | 77,2435897 | Sağ kutu | 26 | 42 | 50 |
| Arka kutu | 8 | 2 | 8 | Arka kutu | 92,4918778 | 93,7763970 | 53,8933561 | 80,0538770 | Arka kutu | 54 | 66 | 105 |
| Parça sayısı | | | | Kullanılmayan hacim yüzdesi | | | | Kutu boyutları | | | | |
| Eksi 10 cm duyarlılık analizi | | | | Eksi 10 cm duyarlılık analizi | | | | Eksi 10 cm duyarlılık analizi | | | | |
| En kötü durum | | | | En kötü durum | | | | En kötü durum | | | | |
| | X35 | X38 | X85 | | X35 | X38 | X85 | ortalama | | en | boy | yükseklik |
| Ön kutu | 10 | 17 | 20 | Ön kutu | 74,20624454 | 83,76325368 | 75,6483972 | 77,8726318 | Ön kutu | 55 | 72 | 95 |
| Sol kutu | 9 | 9 | 9 | Sol kutu | 82,18810916 | 99,51079622 | 91,968436 | 91,2224471 | Sol kutu | 39 | 40 | 45 |
| Sağ kutu | 5 | 9 | 15 | Sağ kutu | 88,79024621 | 67,73200758 | 79,8626894 | 78,7949811 | Sağ kutu | 25 | 41 | 45 |
| Arka kutu | 8 | 2 | 8 | Arka kutu | 91,5942622 | 99,28391189 | 65,2263066 | 85,3681602 | Arka kutu | 44 | 56 | 95 |
| En iyi durum | | | | En iyi durum | | | | En iyi durum | | | | |
| | X35 | X38 | X85 | | X35 | X38 | X85 | ortalama | | en | boy | yükseklik |
| Ön kutu | 10 | 16 | 19 | Ön kutu | 64,9482278 | 66,32258065 | 66,9080048 | 66,0596044 | Ön kutu | 45 | 62 | 90 |
| Sol kutu | 8 | 6 | 7 | Sol kutu | 70,47840944 | 99,18918919 | 22,3205965 | 63,996065 | Sol kutu | 29 | 30 | 37 |
| Sağ kutu | 4 | 7 | 15 | Sağ kutu | 70,906298 | 16,25192012 | 47,7357911 | 44,9646697 | Sağ kutu | 15 | 31 | 35 |
| Arka kutu | 8 | 1 | 7 | Arka kutu | 23,04034935 | 98,92868803 | 89,2950427 | 70,42136 | Arka kutu | 34 | 46 | 94 |

Demiryolu Y¼k Taşımacılığı için ift Hat Tasarımı

T¼rkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları

Proje Ekibi

Muttalip Olgun

Sencer Özekin

Adnan Fatih Saran

şerif Cihan şimşek

Gözde Uzgül

Taha Yıldız

Bilkent Üniversitesi

End¼stri M¼hendislięi B¼l¼m¼

Ankara

şirket Danışmanı

Nesrin Ercan

AR-GE ve İstatistik şube M¼d¼r¼, Y¼k Dairesi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Mustafa Pınar

End¼stri M¼hendislięi B¼l¼m¼

ÖZET

¼lkemizde demiryolu taşıma payının artırılması için yapılması gereken önemli yatırımlardan biri de kapasite artırılmasına y¼nelik olarak demiryolu hatlarının çift hat haline getirilmesidir. Tek hatların çift hat haline getirilmesi hat kapasitelerini artırmakta ve demiryolu işletmeciliğini kolaylaştırmaktadır. Bu proje çift hatların yapılmasını g¼z ¼n¼nde bulundurarak ağ tasarlamayı ve şu anda % 5 olan demiryolu y¼k taşımacılığı payını 2023 yılında %15'e çıkarma amacı doğrultusunda yapılan planlamalara yardımcı olmayı hedeflemektedir. Bu raporda şirket hakkında genel bilgilendirme, problem tanımı ve talep tahminleri, öz¼m için ¼nerilen modelin anlatımı ile çoklu regresyonda çıkan sonuçların gelir ve maliyet y¼n¼nden değerlendirilmesi yer almaktadır.

Anahtar S¼zc¼kler: Y¼k taşımacılığı, çoklu regresyon, kapasite, çift hat.

1. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD)

Demiryolu inşaatı Osmanlı İmparatorluğu zamanında 1837 yılında Mısır'da başladı. 1923 yılında TBMM cumhuriyeti ilan ettiğinde, Türkiye sınırları dahilinde 4136 km. TCDD (2010) uzunluğunda demiryolu ağı bulunmaktaydı. Bu hatlar yabancı şirketler tarafından işletilmekteydi. Bu nedenle demiryolları millileştirilerek Devlet Demiryolları ve Limanları İdare-i Umumiye'si kuruldu. 1953'de ise Kamu İktisadi Teşekkülü olarak Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları kuruldu. Günümüzde TCDD'nin işletiminde 7004 km tek hat ve 440 km. çift hat ve bunlara ilave olarak 888 km. Yüksek Hızlı Tren hattı bulunmaktadır. TCDD (2010) Demiryolları dışında TCDD 5 fabrikada dizel motor regülatörü, turbo kompresörü, hava kompresörü, motor, travers ve makas üretimini sürdürmektedir. Ayrıca çeşitli ortaklıklarla vagon ve dizel motor üretimi gerçekleştirilmektedir TCDD Organize Sanayi Bölgeleri'ne yakın bölgelerde konumlanmış 16 lojistik merkezin yapımına başlayarak müşterilerinin lojistik ihtiyaçlarına cevap vermeyi hedeflemektedir. Lojistik merkezler özel sektörün yatırımlarına açıktır.

Yük taşımacılığı TCDD'nin sunmuş olduğu bir başka hizmettir. 2010 yılında yaklaşık olarak 25,4 milyon ton yük taşınmıştır. TCDD, yük trenleri ile konteynır, otomobil, dökme yük, akaryakıt, cevher, kömür, hammadde v.b. yüklerin taşınmasını yapmaktadır.

TCDD yük taşımacılığında %5 olan payını 2023 yılında %15 çıkarmayı hedeflemiştir. Bu çerçevede demiryollarının elektrifikasyonu ve sinyalizasyonu ile çift hat inşaatı gibi yatırımlar yapılacaktır.

2. Problem Tanımı

Demiryolu sektörünün, Türkiye'nin toplam yük taşımacılığındaki payı yalnızca %5'tir. Bu yüzde, eğer geliştirmeler yapılmazsa, ilerleyen yıllarda Avrupa'da olduğu gibi düşmeye devam edecektir. Şirketin 2023 yılı hedefi demiryolu yük taşıma payını %15'e çıkarmaktır. Bu hedefe ulaşmak için, yeni çift-hatların yapılması gerekmektedir çünkü mevcut ağın %10'undan azı çift-hat şeklindedir. Çift hat yapım süreci şu şekilde gerçekleşmektedir; hattın kapasitesi uyarınca yoğunluğu hesaplanmakta, eğer talep kapasitenin %75'inden fazlaysa çift hat önerilmektedir. Belirli bir hattaki talep tahmini eğer o hattın kapasitesinin üzerinde çıkarsa fazla yük kamyon, uçak veya başka bir taşıtla taşınmaktadır. Çift-hat kapasitede büyüme ve yüksek kullanım oranı sağlamaktadır.

Bugün itibariyle, hat kesimlerinin ilerleyen yıllardaki talep tahminleri bulunmamaktadır. Bu projede geçmiş yıllara ait hat kapasite oranları kullanılmıştır. Yapılan tahminlerde tüm Türkiye'nin toplam talebi bulunmaktadır. Mevcut bilgiler çeşitli hatların kapasiteleri, tüm

demiryolu ağının toplam talebi ve bileşenlerle ilgili detaylı bilgiler (vagon sayısı, hat uzunlukları, vagon kapasiteleri vb.) şeklindedir.

Çift hatların eksikliği demiryolu sektörünün yük taşımacılığındaki düşük payında önemli rol oynamaktadır. Bu projenin amacı kapasiteleri uyarınca hangi bölgelere çift hat yapılması gerektiğini bulmak ve Türkiye demiryolu ağı üzerinde çalışmaktır.

3. Literatür Taraması ve Sektör Analizi

Teodor Crainic ve Michael Florian tarafından yazılmış olan “National Planning Models and Instruments” isimli makale ulaştırma sektörü hakkında genel bilgiler edinilmesini ve demiryolu yük taşımacılığında etkin olan faktörlerin görülmesini sağladı. (Crainic & Florian 2008) Yine Crainic tarafından yazılmış olan “Service Network Design in Freight Transportation” isimli bir başka makale çift hat modelinin yazılmasında ve modelin geliştirilmesinde yardımcı oldu (Crainic, 2000).

2000’li yıllarda başlatılan Kalkınma Planları ile demiryoluna yapılan iyileştirme ve geliştirme çalışmalarıyla 1950 yılında ana hat olarak 7.671 km olan demiryolu altyapısı uzunluğu 2009 yılında 9.080 (tali hatlarla 11405) km olmuştur. Geçen süreçte demiryolu altyapısı sadece %18 artmış olup; Türkiye günümüzde demiryolu yoğunluğu en düşük olan ülkelerden biridir. 1.000 kilometrekareye düşen demiryolu uzunluğu 11,2 km, 10.000 nüfusa düşen demiryolu uzunluğu 1,2 km olan Türkiye, aynı zamanda demiryolu yoğunluğu en düşük Avrupa ülkesidir. (Suttcliffe)

2010 yılı sonu itibariyle demiryolu hat uzunlukları (Tablo 1) ile ilgili olarak veriler yer almaktadır. Ülkemizde demiryolu ana hatlarının %93’i tek hat olup, toplam hatların 3.161 km’si elektrikli ve 3.908 km.si sinyalli hale getirilebilmiş ve toplam yol uzunluğu içerisindeki elektrikli hat oranı %26 ve sinyalli hat oranı %33 olabilmektedir (TCDD, 2010).

Litaratür çalışması sonucunda demiryollarında kapasiteyi etkileyen faktörlerin lokomotif gücünün demiryolu hatındaki maksimum eğimin, kaza ve arızalar gibi faktörler olduğu anlaşılmıştır. Talebi ise etkileyen üç faktör öne çıkmıştır. Sosyo ekonomik gelişmeler, teknolojik gelişmeler ve demiryolu politikaları bu talebi etkileyen faktörlerdir. Demiryolu yatırım kararlarında etkin olan faktörler istimlâk bedelleri demiryolunun geçeceği arazinin getirdiği maliyetlerdir.

Literatür taraması sonucunda problemin girdileri belirlenmiştir. Problemi mümkün kılmayacak girdiler ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar ile modelin girdileri ve çıktıları belirlenmiştir.

Tablo 1: Demiryolu Yapımları (Ana hatlar, 2,3. ve 4. hatlar dâhil, 2010 yılı)

| | |
|---|-------------------|
| Toplam Konvansiyonel Ana hat Yol Uzunluğu | 8.722 km. |
| Hızlı Tren Hat Uzunluğu | 872 km. |
| İstasyon İçi Hızlı Tren Hat Uzunluğu | 16 km. |
| İltisak hattı | 2.330 km. |
| Toplam (Hızlı+Konvansiyonel) Ana hat Uzunluğu | 9.594 km. |
| Toplam Hat Uzunluğu | 11.940 km. |

4. Problemin Çözümü İçin Önerilen Model

Yapılan problem tanımının ardından çözüme yönelik bir model oluşturuldu. Herhangi bir i hattının eski ve yeni kapasiteleri, o hattın mevcut kullanım oranı, istenen çözüme göre belirlenmiş yapılabilecek maksimum hat sayısı, hattın kullanılıp kullanılmadığı ve kapasite aşımını gösteren belirleyici modelin parametreleri arasında yer aldı. Yazılmış olan amaç fonksiyonu uyarınca tüm rotalarda taşınan toplam yükün maksimize edilmesi hedeflenmiştir. Kullanılmayan rotalar amaç fonksiyonu içerisinde yer almamaktadırlar. Yazılmış olan kısıtların ilki hat kapasitesinin eski ve yeni kapasitelerden ancak biri olarak kullanılmasını mümkün kılmıştır. Çözümün sonucu çıkan sonuçların yapılabilecek hat sayısını aşmaması için ikinci kısıt konmuştur. Üçüncü kısıtta ise yalnızca kapasite kullanım oranı %75'in üzerinde olan hatlarda çift hat yapılması amaçlanmıştır. f_i ikili bir değer olarak ancak 0 ya da 1 olabilmekte, hat kapasiteleri negatif olamamaktadır. Modelin kendisi aşağıda görülebilir.

Parametreler

i = hat sayısı

OC_i = i hattının eski kapasitesi

NC_i = i hattının yeni kapasitesi

rp_i = hattın kullanım oranı

L = maksimum yapılabilecek hat sayısı

r_i = aşımış kapasite belirleyicisi

Z_i = Hattın kullanım durumu

Karar Değişkenleri

h_i = i hattının kapasitesi

$f_i = \begin{cases} 1, & \text{çift hatta çevirirsek} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases}$

$$Enb \quad \sum_{i=1}^I h_i * Z_i$$

k. s.

$$OC_i * (1 - f_i) + NC_i * f_i = h_i \quad \forall_i \in I$$

$$\sum_{i=1}^I f_i \leq L$$

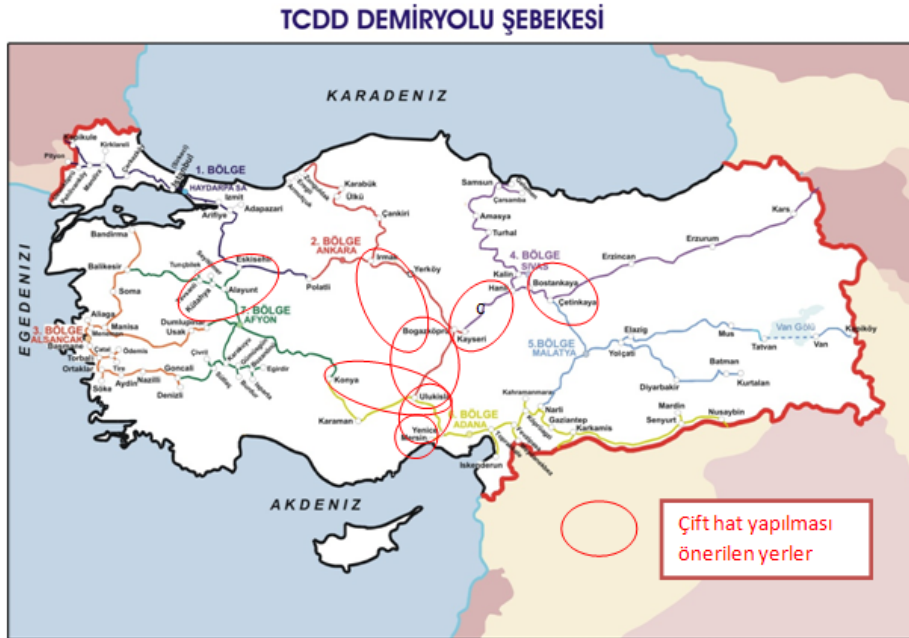
$$f_i - r_i \leq 0 \quad \forall_i \in I$$

$$h_i \geq 0 \quad \forall_i \in I$$

$$f_i \in 0,1$$

$$\forall_i \in I$$

Problemin çözülmesi için geliştirilen matematiksel model bir Excel çalışma sayfasında ifade edildi ve bir Excel eklentisi olan çözücü ile modelin eniyileme sonuçları elde edildi. (Çözümün bir örneği Ek 1’de görülebilir.) Duyarlılık analizi L ve kapasite limiti değiştirilerek elde edilebilir. Optimizasyonun ardından çift hat yapılacak bölgeler ve kapasiteleri görülebilir. Modelin çözümü ile belirlenen çift hatlar ‘Şekil 1’de görülmektedir.

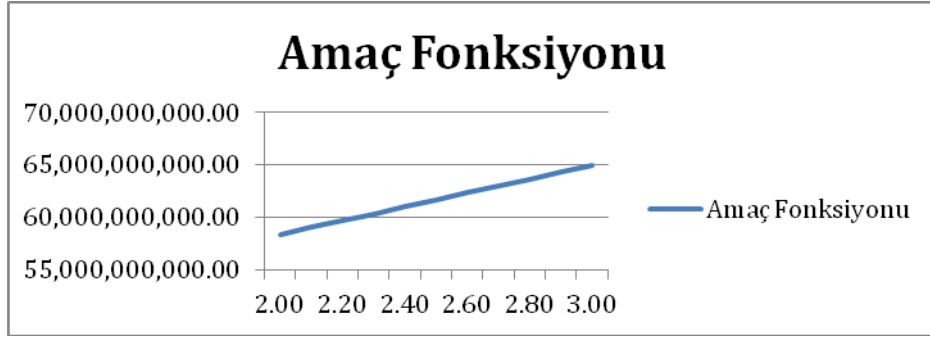


Şekil 1. Modelin Çözümü Sonucu Çift Hat Yapılması Önerilen Yerler

Kullanım kolaylığı sağlamak açısından bir arayüz geliştirdi (Ek 14). Parametre olarak hattın kullanım durumu, eski ve yeni kapasitesi yer almaktadır. Arayüzde alınan bilgiler Excel’de bastırılır ve işleme hazır hale sokularak modele hazır hale getirilir.

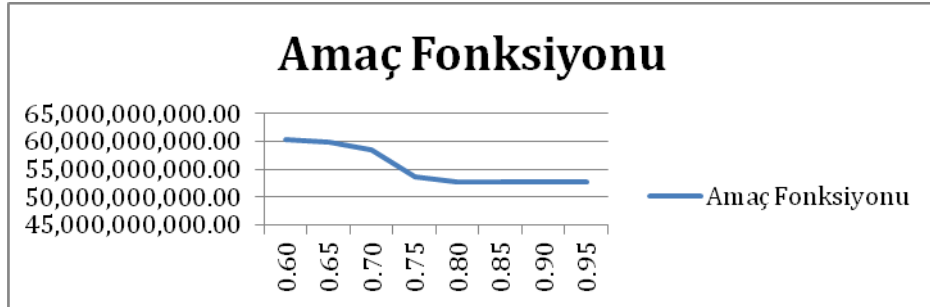
5. Duyarlılık Analizi

Modele uygulanan duyarlılık analizinde belirli verilerde yapılan dalgalanmaların modele ve amaç fonksiyonuna olan etkileri incelendi. Analizde değişiklik yapıldığında fonksiyonun sonucunu önemli şekilde etkileyebileceği düşünülen değişkenler kullanıldı. İlk olarak kapasite çarpanının 2 ile 3 değerleri arasında fonksiyona olan etkileri gözlemlendi. Kapasite çarpanı 3’e yaklaştıkça toplam kapasite 58.388.795.052’den 64.988.174.370’e yükseldi (Ek 2).

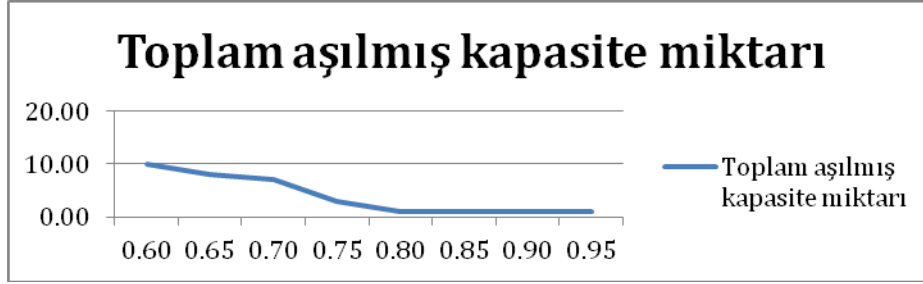


Şekil 2. Kapasite Çarpanının amaç Fonksiyonuna Etkisi

İkinci olarak kapasite aşım limiti 0,60 ile 0,95 aralığında değiştirildiğinde toplam aşım kapasite 10 adetten 1’e kadar düştüğünü (Ek 13) gözlemlendi. Son olarak kapasite aşım limitinin amaç fonksiyonu üzerindeki etkilerini incelendi. Sonuç olarak fonksiyon 60.297.792.634’den 52.779.682.294’e (Ek 2) doğru azalış gösterdi.



Şekil 3. Kapasite Aşım Limiti Etkisi İle Amaç fonksiyonun Değişimi



Şekil 4. Kapasite Aşım Limiti Etkisi İle Amaç fonksiyonun Değişimi

6. Talep Tahmini

6.1 Talep tahminini etkileyen faktörler

TCDD'nin son yıllardaki taşınmış olduğu yük miktarı artan bir grafik çizmektedir. Bu artış ve talepteki değişiklikler birçok farklı faktörden kaynaklanmaktadır. Demiryollarına olan talebi etkileyen faktörler:

- *Sosyo-ekonomik gelişmeler*: Nüfus ve ekonomik gelişmeler nedeni ile taşıma ve demiryolu ihtiyacının artması
- *Teknolojik gelişmeler*: Demiryollarının kapasitesi ve hızındaki gelişmeler
- *Hükümet politikalarındaki değişiklikler*: Demiryolu politikası, vergilendirme, teşvik ve demiryolu yatırımlarının artırılması gibi hükümet politikaları nedeniyle demiryolu ihtiyacının artması

Türkiyede demiryolu taşımacılığına olan talep sosyo-ekonomik gelişmelerle tam bir paralellik göstermemektedir. 1992 ile 2009 yılları arasındaki demiryolu ve karayolu yük taşımacılıkları ile Türkiye'nin GSYİH istatistiklerini göstermektedir.(Ek 9) Grafikte karayolu yük taşımacılığı artan bir eğilim gösterirken Türk ekonomisi ile paralel bir grafik çizmektedir. Buna karşın demiryollarında taşınan yük miktarları artmasına rağmen artış sınırlı miktarda olmuştur. Oysaki demiryollarındaki artışında ekonomik gelişmeler ve karayolu yük taşımacılığı ile benzer bir grafik çizmesi beklenirdi. Bu farklılığın nedeni demiryollarının potansiyel talebin küçük bir miktarına cevap vermesidir.

Bu faktörlerin etkilerini incelemek amacı ile yapılmış olunan literatür araştırması sonucunda Çekerol ve Nalçakan(2011)'nin çoklu regresyon yöntemi ile demiryollarına olan talebin incelendiği bir çalışmada (Ek 3) Çekerol ve Nalçakan(2011) yedi değişkenli çoklu regresyon yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucunda demiryollarının talebi ile karayollarında taşınan yükün korelasyon içinde olduğu ortaya çıkmıştır. Çoklu regresyon çözüldüğünde talebi etkileyen en etkili değişkenin demiryollarına yapılan yatırımlar olduğu anlaşılmıştır. İkinci etkinlikteki değişken ise karayollarındaki yük artışıdır.

Karayollarındaki yük artışı sosyo-ekonomik değişimin yansımasıdır. Çünkü karayollarına olan talebin artmasının nedeni üretimdeki ve nüfustaki artıştır.

Demiryolu politikası diğer önemli değişkendir. Çünkü demir yollarına yapılan yatırım artıça talep de artmaktadır. Örneğin Eskişehir-Ankara arasındaki yüksek hızlı tren hattı bu iki il arasındaki yolcu taşımacılığında demir yolunun payını %70 seviyesine kadar çıkarmıştır. Türkiye’de demiryolu yatırımları kendi talebini doğurmaktadır. Çünkü henüz 37 il merkezine ve önemli bazı limanlara demiryolu hatları ulaşmamıştır.

Modelde kullanılan kapasite kullanım oranları da bu sonuçların doğrultusunda karayollarının taşıma verileri ve demiryollarının talebi arasındaki korelasyondan yararlanılarak elde edilmiştir.

Talep tahmininin güvenilirliğinin artırılması için bölgesel ve yük çeşitlerine göre analiz yapılmalıdır. Yük türlerine göre 5 yıllık taşıma istatistiklerinde en büyük oranı cevher alırken konteyner taşımasında önemli artış vardır. Ayrıca dolu konteyner taşımacılığı da gözle görülür biçimde artmaktadır. Bu veriler konteyner taşınan hatlardaki talebin artacağını ortaya çıkarmaktadır. Sonuç olarak analiz, bölgesel ve yük tipine göre genişletildiğinde güvenilir verilere ulaşılabilir.

6.2 Regresyon modelinin analizi

Regresyon modelinin (Ek 3) çözümü için değişkenlerin 1990 ile 2009 arasındaki değerleri kullanılmıştır (Ek 4). İlk aşamada veriler mevcut haliyle regresyon aracılığıyla Excel’de çözüldü. Çıkan R^2 değeri (0.63) istenilen düzeyde olmadı. (Ek 5) Talep tahmininin sağlıklı yapılabilmesi için R^2 değerinin 0.9’den yüksek olması gerekmektedir. Bu yüzden regresyon, zaman faktörü eklenerek tekrar çözüldü. (Ek 6) Çıkan sonuçlarda R^2 değerinde 0.08 oranında bir artış gözükmemektedir. Bu artışın az olması, fonksiyonun zamana bağlılığının ve dönemselliğinin az olduğunu gösterdi. Son olarak verilerin gecikmeli regresyon sonuçları incelendi. (Ek 7) Elde edilen R^2 değeri (0.96) istenen düzeyde çıktı. Modeldeki tüm bağımsız değişkenlerin yıllar arasındaki değişimi talep tahmininde elde edilen sonuçları doğrudan etkilemektedir. Örneğin karayollarındaki 1990-1991 arası değişiklik aynı dönem için demiryolu talep tahminini benzer oranda etkilemektedir.

6.3 Çift hatların maliyetleri yönünden değerlendirilmesi

Doğrusal modelin çözülmesiyle hatların yoğunluklarına göre sıralama (Ek 8) elde edilmiştir. Hatların maliyetleri ve hatlardan elde edilecek gelirler göz önüne alınmamıştır.

Çift hat ile kazanılacak olan gelir artışına göre önceliklendirme yapıldığında farklı bir sıralama (Ek 8) oluşmaktadır. Maliyetler göz önüne alındığında ise sıralama (Ek 8) yeniden değişmiştir. Gelirlere

göre Irmak – Boğazköprü en önce yapılması sonucuna ulaşılmaktadır. Fakat maliyeti en yüksek ve kapasite kullanım oranı ise en düşük olması nedeniyle bu hat diğer tablolarda geride gözükmemektedir.

Tablolar arasındaki bu farklılıkların en önemli nedeni hat uzunluklarının çok değişken olmasıdır. TCDD için ise öncelikli sıralama hat kapasite kullanım oranlarına göre oluşturulan tablodur. Çünkü yüksek kullanım oranları işletmeyi maliyetli ve sorunlu hale getirmektedir. Hatlardaki arızalardan ya da başka problemler nedeniyle olabilecek kapasite düşüşleri zincirleme bir şekilde sistemi etkilemektedir.

Maliyetlere göre yapılmış sıralama ise ikinci önceliktedir çünkü çift hat yapım maliyetleri çok yüksektir.

7. Sonuç Değerlendirme

Projenin amacı çift hat yapılacak demiryolu hatlarını belirleyerek TCDD'nin çift hat yapım planlarına katkıda bulunmaktır. Bu amaçla matematiksel model oluşturulmuş, bir Excel programının eklentisi olan çözücü'de çözülmüş, duyarlılık analizi yapılmıştır. Kullanım kolaylığı açısından tasarlanan arayüz (Ek 10) farklı bilgilerle uygun sonuçlar almaya yardımcı olacaktır.

Proje kapsamında demiryollarının talebini etkileyen faktörler incelenmiştir. Ayrıca bu faktörlerin etkilerinin ağırlıkları üzerine analizler yapılmıştır. Bu analizler bölgesel ve hat kesimi bazında talep tahmini yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Proje hedefleri çerçevesinde olan çift hat yapılacak yerler belirlenmiştir. Bu sonuçlara ulaşılırken hat kesimlerinin inşa maliyetleri gibi bir takım etkenler sabit kabul edilmiştir. Bu nedenle proje gelişmeye açıktır. Hat kesimi bazında inşa maliyetleri inşa projelerinin süreleri gibi girdilerde probleme eklendiğinde daha iyi sonuçlara ulaşılabilecektir.

KAYNAKÇA

- TCDD 2010. Faaliyet Raporu 2010, [http://www.tcdd.gov.tr/ Upload/Files/ContentFiles/2010/istatistik/20062010yillik.pdf](http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/istatistik/20062010yillik.pdf). Son erişim tarihi:2 Mayıs 2012.
- Crainic, Teodor G., “Service network design in freight transportation”. European Journal of Operational Research 122, 272-288.
- Crainic, T.G., Florian, M., “National Planning Models and Instruments”. INFOR , 46(4), 299-308
- Sutcliffe, E-B., 2010. “Ulaştırma Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi”,Türkiyenin Ulusal İklim Değişikliğinin Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi, [http://www.iklim.cob.gov.tr /iklim/Files/Ulastirma_Sektoru_Mevcut_Durum_Degerlendirmesi _Raporu.pdf](http://www.iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Ulastirma_Sektoru_Mevcut_Durum_Degerlendirmesi_Raporu.pdf), Son erişim tarihi:2 Mayıs 2012.
- TCDD 2010. 2010 Yılı Sektör Raporu, [http://www.tcdd.gov.tr/ Upload/Files/ ContentFiles/2010/faaliyet-raporu/2010rapor.pdf](http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/faaliyet-raporu/2010rapor.pdf), Son erişim tarihi:2 Mayıs 2012.
- Çekerol, G.S., Nalçakan, M. 2011. “Lojistik Sektörü içerisinde Türkiye Demiryolu Yurtiçi Yük Taşıma Talebinin Ridge Regresyonla Analizi” , Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 32(2), 321-344

EKLER

Ek 1. Excel Solver 'da Çözülmüş Model Örneği

| | hi | Zi | Xi | Oci | Nci | fi | ri | rpi | hi*Zi | fi-ri | List of Two Rails | |
|--------------------------|---------------|----|----|---------------|---------------|----|------|------|---------------|-------|--------------------------|-----|
| Gebeze - Arifiye | 1.535.734.176 | 1 | 1 | 1.535.734.176 | 3.071.468.352 | 0 | 0,00 | 0,40 | 1.535.734.176 | 0,00 | Not | Not |
| Arifiye - Adapazarı | 116.289.000 | 1 | 1 | 116.289.000 | 232.578.000 | 0 | 0,00 | 0,17 | 116.289.000 | 0,00 | Not | Not |
| Arifiye - Eskişehir | 2.014.503.803 | 1 | 1 | 2.014.503.803 | 4.029.007.606 | 0 | 0,00 | 0,49 | 2.014.503.803 | 0,00 | Not | Not |
| Eskişehir - Polatlı | 1.849.411.126 | 1 | 1 | 1.849.411.126 | 3.698.822.252 | 0 | 0,00 | 0,38 | 1.849.411.126 | 0,00 | Not | Not |
| Haikallı - Pehlivan köyü | 1.372.191.353 | 1 | 1 | 1.372.191.353 | 2.744.382.706 | 0 | 0,00 | 0,37 | 1.372.191.353 | 0,00 | Not | Not |
| Pehlivan köyü - Hudut(y) | 167.403.600 | 1 | 1 | 167.403.600 | 334.807.200 | 0 | 0,00 | 0,06 | 167.403.600 | 0,00 | Not | Not |
| Pehlivan köyü - Hudut | 594.223.893 | 1 | 1 | 594.223.893 | 1.188.447.786 | 0 | 0,00 | 0,26 | 594.223.893 | 0,00 | Not | Not |
| Ankara - Marşandiz | 247.923.601 | 1 | 1 | 247.923.601 | 495.847.202 | 0 | 0,00 | 0,54 | 247.923.601 | 0,00 | Not | Not |
| Marşandiz - Sincan | 462.039.438 | 1 | 1 | 462.039.438 | 924.078.876 | 0 | 0,00 | 0,61 | 462.039.438 | 0,00 | Not | Not |
| Sincan - Polatlı | 694.916.785 | 1 | 1 | 694.916.785 | 1.389.833.570 | 0 | 0,00 | 0,38 | 694.916.785 | 0,00 | Not | Not |
| Kayaş - Irmak | 405.715.993 | 1 | 1 | 405.715.993 | 811.431.986 | 0 | 0,00 | 0,51 | 405.715.993 | 0,00 | Not | Not |
| Irmak - Karabük | 1.414.370.944 | 1 | 1 | 1.414.370.944 | 2.828.741.888 | 0 | 0,00 | 0,68 | 1.414.370.944 | 0,00 | Not | Not |
| Karabük - Zonguldak | 743.242.134 | 1 | 1 | 743.242.134 | 1.486.484.268 | 0 | 0,00 | 0,41 | 743.242.134 | 0,00 | Not | Not |
| Irmak - Boğazköprü | 4.650.325.492 | 1 | 1 | 2.325.162.746 | 4.650.325.492 | 1 | 1,00 | 0,70 | 4.650.325.492 | 0,00 | Irmak - Boğazköprü ##### | Not |
| Boğazköprü - Ulukışla | 1.980.533.120 | 1 | 1 | 990.266.560 | 1.980.533.120 | 1 | 1,00 | 0,96 | 1.980.533.120 | 0,00 | Boğazköprü - Ulu ##### | Not |
| Boğazköprü - Kayseri | 209.108.027 | 1 | 1 | 209.108.027 | 418.216.054 | 0 | 0,00 | 0,51 | 209.108.027 | 0,00 | Not | Not |
| A.Menderes - Goncalı | 736.206.217 | 1 | 1 | 736.206.217 | 1.472.412.434 | 0 | 0,00 | 0,43 | 736.206.217 | 0,00 | Not | Not |
| D.Pinar - Alaşehir | 277.076.975 | 1 | 1 | 277.076.975 | 554.153.950 | 0 | 0,00 | 0,38 | 277.076.975 | 0,00 | Not | Not |
| Alaşehir - Manisa | 1.094.691.210 | 1 | 1 | 1.094.691.210 | 2.189.382.420 | 0 | 0,00 | 0,06 | 1.094.691.210 | 0,00 | Not | Not |

Ek 2. Kapasite Çarpanının amaç Fonksiyonuna Etkisi

| Duyarlılık Analizi | | | | |
|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|
| Kapasite Çarpanı | Amaç Fonksiyonu | Kapasite Aşım Limiti | Toplam Aşılmış Kapasite | Amaç Fonksiyonu |
| | 58.388.795.052 | | 7,00 | 58.388.795.052 |
| 2,00 | 58.388.795.052,00 | 0,60 | 10,00 | 60.297.792.634,00 |
| 2,10 | 59.048.732.983,80 | 0,65 | 8,00 | 59.803.165.996,00 |
| 2,20 | 59.708.670.915,60 | 0,70 | 7,00 | 58.388.795.052,00 |
| 2,30 | 60.368.608.847,40 | 0,75 | 3,00 | 53.635.012.162,00 |
| 2,40 | 61.028.546.779,20 | 0,80 | 1,00 | 52.779.682.294,00 |
| 2,50 | 61.688.484.711,00 | 0,85 | 1,00 | 52.779.682.294,00 |
| 2,60 | 62.348.422.642,80 | 0,90 | 1,00 | 52.779.682.294,00 |
| 2,70 | 63.008.360.574,60 | 0,95 | 1,00 | 52.779.682.294,00 |
| 2,80 | 63.668.298.506,40 | | | |
| 2,90 | 64.328.236.438,20 | | | |
| 3,00 | 64.988.174.370,00 | | | |

Ek 3. Talep Tahminlerini Göz Önünde Bulunduran Çoklu Regresyon Modeli

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 \pm \hat{\beta}_1 * x_1 \pm \hat{\beta}_2 * x_2 \pm \hat{\beta}_3 * x_3 \pm \hat{\beta}_4 * x_4 \pm \hat{\beta}_5 * x_5 \pm \hat{\beta}_6 * x_6$$

Bağımlı Değişken (Y) : Demiryolu Yurtiçi Yük Taşıma Talebi (Ton-Km, Milyon)

Bağımsız Değişken(X₁): Yurtiçinde Karayolu ile Taşınan Toplam Yük Miktarı (Ton-Km, Milyon)

Bağımsız Değişken (X₂) : Demiryoluna yapılan toplam yatırım miktarı (1000 TL)

Bağımsız Değişken (X₃) : TCDD Limanlarında Elleçlenen Toplam Yük Miktarı (1000 Ton)

Bağımsız Değişken (X₄) : Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (TL, Cari Fiyatlarla)

Bağımsız Değişken (X₅) : Demiryolu Enerji Tüketim Gideri (TL)

Bağımsız Değişken (X₆) : Demiryolu Yük Taşıma Giderleri (1000 TL)

Ek 4. Regresyon Modelinde Kullanılan Değişken Değerleri

| Yıllar | Demiryolu Yük Miktarı Ton-Km(milyon) | Karayolu Yük Miktarı Ton-Km (Milyon) | Demiryolu Yatırımı (1000 TL) | Limanda Elleçlenen Yük Miktarı (1000 Ton) | Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla | Demiryolu Enerji Tüketimi (TL) | Demiryolu Yük Taşıma Gideri (1000 TL) |
|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1990 | 7915 | 65710 | 411 | 27283 | 676 | 297811 | 1108 |
| 1991 | 7995 | 61969 | 525 | 25921 | 667 | 440616 | 1908 |
| 1992 | 8246 | 67704 | 771 | 27184 | 700 | 753338 | 3456 |
| 1993 | 8410 | 97843 | 1051 | 30052 | 745 | 1073569 | 6066 |
| 1994 | 8215 | 95020 | 2191 | 25867 | 690 | 2119597 | 9922 |
| 1995 | 8516 | 112515 | 3696 | 29267 | 734 | 3675802 | 17642 |
| 1996 | 8914 | 135781 | 68811 | 31643 | 775 | 7854140 | 30781 |
| 1997 | 9614 | 139789 | 12970 | 34770 | 826 | 15244086 | 62136 |
| 1998 | 8376 | 152210 | 30600 | 35155 | 1124 | 23251173 | 104283 |
| 1999 | 8237 | 150974 | 51659 | 34721 | 1651 | 41712784 | 175826 |
| 2000 | 9761 | 161552 | 57974 | 36332 | 2594 | 77794536 | 304719 |
| 2001 | 7486 | 151421 | 88066 | 34612 | 3688 | 105380988 | 386444 |
| 2002 | 7196 | 150912 | 105538 | 36252 | 5310 | 160750442 | 567297 |
| 2003 | 8615 | 152163 | 185733 | 41509 | 6801 | 212499389 | 701120 |
| 2004 | 9334 | 156853 | 361840 | 46698 | 8253 | 234738365 | 824103 |
| 2005 | 9078 | 166831 | 420978 | 44649 | 9462 | 279126006 | 933782 |
| 2006 | 9545 | 177399 | 836148 | 45364 | 10925 | 312568709 | 1018733 |
| 2007 | 9755 | 181330 | 799837 | 36560 | 12002 | 306241884 | 1109353 |
| 2008 | 10553 | 181935 | 1052463 | 30406 | 13373 | 385849965 | 1316587 |
| 2009 | 10163 | 176455 | 1309052 | 25631 | 13269 | 361196045 | 1351563 |

Ek 5. Mevcut Verilerden Elde Edilmiş Regresyon Sonuçları

| Regresyon İstatistikleri | | df | SS | MS | F | Anlamlılık F | |
|--------------------------|----------|-----------|----|-------------|----------|--------------|----------|
| Çoklu R | 0,795924 | Regresyon | 6 | 9820835,934 | 1636806 | 3,745034 | 0,021862 |
| R Kare | 0,633495 | Fark | 13 | 5681785,266 | 437060,4 | | |
| Ayarlı R Kare | 0,464339 | Toplam | 19 | 15502621,2 | | | |
| Standart Hata | 661,1054 | | | | | | |
| Gözlem | 20 | | | | | | |

Ek 6. Zaman Eklenmiş Regresyon Sonuçları

| Regresyon İstatistikleri | | | df | SS | MS | F | Anlamlılık F |
|--------------------------|------------|-----------|----|-------------|----------|----------|--------------|
| Çoklu R | 0,84274487 | Regresyon | 8 | 11010254,77 | 1376282 | 3,369961 | 0,032924078 |
| R Kare | 0,71021891 | Fark | 11 | 4492366,429 | 408396,9 | | |
| Ayarlı R Kare | 0,49946903 | Toplam | 19 | 15502621,2 | | | |
| Standart Hata | 639,059425 | | | | | | |

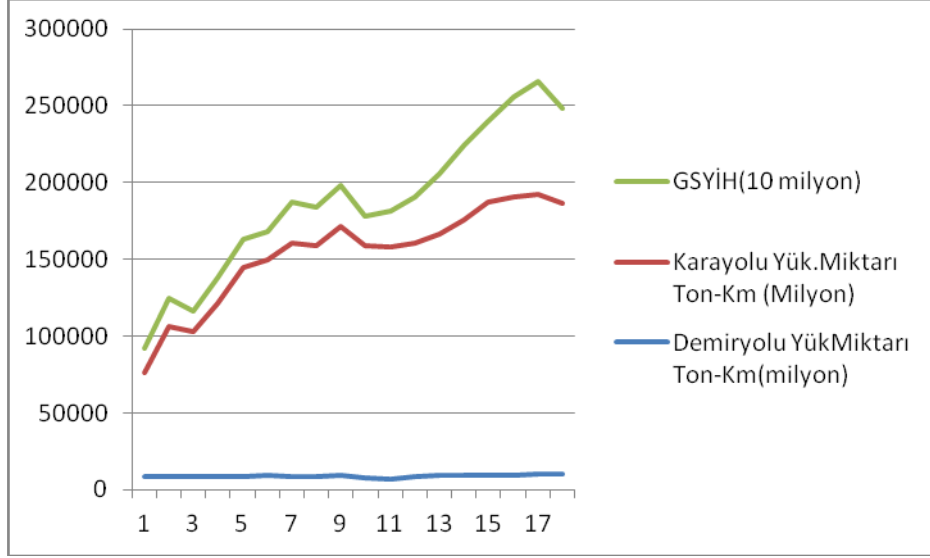
Ek 7. Gecikmeli Regresyon Sonuçları

| Regresyon İstatistikleri | | | df | SS | MS | F | Anlamlılık F |
|--------------------------|-------------|-----------|----|-------------|------------|----------|--------------|
| Çoklu R | 0,979698393 | Regresyon | 15 | 12992123,27 | 866141,551 | 4,776231 | 0,111672203 |
| R Kare | 0,959808942 | Fark | 3 | 544032,4171 | 181344,139 | | |
| Ayarlı R Kare | 0,758853652 | Toplam | 18 | 13536155,68 | | | |
| Standart Hata | 425,8452055 | | | | | | |
| Gözlem | 19 | | | | | | |

Ek 8. Çift Hat Yapımı için Doğrusal Modelden Elde Edilen Öncelik Sıralaması

| Sıra | Çift hat yapımı için doğrusal modelden elde edilen öncelik Sıralaması | Çift hat yapımında gelire göre önceliklendirme | Çift hat yapımı için maliyetlere göre elde edilen öncelik sıralaması |
|------|---|--|--|
| 1 | Boğazköprü - Ulukışla | Irmak - Boğazköprü | Yenice - Mersin |
| 2 | Bostankaya - Çetinkaya | Hanlı - Kayseri | Irmak - Boğazköprü |
| 3 | Yenice - Mersin | Ulukışla - Yenice | Boğazköprü - Ulukışla |
| 4 | Hanlı - Kayseri | Boğazköprü - Ulukışla | Irmak - Boğazköprü |
| 5 | Ulukışla - Yenice | Eskişehir - Alayunt | Boğazköprü - Ulukışla |
| 6 | Kütahya - Alayunt | Bostankaya - Çetinkaya | Hanlı - Kayseri |
| 7 | Alayunt - Eskişehir | Yenice - Mersin | Ulukışla - Yenice |
| 8 | Irmak - Boğazköprü | Kütahya- Alayunt | Bostankaya - Çetinkaya |

Ek 9. 1992-2009 Yılları Arasındaki Demiryolu ve Karayolu Yük Taşımacılıkları ile Türkiye'nin GSYİH Değerleri



Ek 10. Arayüz Anasayfa Görüntüsü



Tepe Home Panel Üretiminde Yarı Mamül Düzeyinde Kapasite Analizi ve Karar Destek Sistemi

Tepe Home

Proje Ekibi

Gökhan Arıcı
Batur Çelik
Alper Özdil
Ezgi Saros
Can Türker

**Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara**

Şirket Danışmanı

Songül Anıl
Kalite Yönetim Sistemleri & ERP Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Osman Alp
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Sektörünün lider firmalarından Tepe Home'un Ankara Bilkent fabrika çatısı altında faaliyet gösteren panel üretim departmanında, yarı mamul bazındaki ürünlerin makinelere giriş sırasını atamadaki yaklaşımın geliştirilmesi amacı ile, makinelerdeki iş yükünün anlık takibini yapan bir sistemin Oracle erp ile entegre çalışacak ek uygulamaya ihtiyaç duyulmaktadır.. Bu sebeple, yarı mamullerin makinelere giriş sırasını belirleme amacıyla, darboğazları kaydırma sezgisel yaklaşımının toplam üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ve üretim sürelerinde gecikmeyi azaltmaya yönelik kullanımını baz alan bir yöntem kullanılmış; bu yaklaşım nesne tabanlı programlama dillerinden JAVA ile kodlanıp 2012 Nisan ayında üretilmesi planlanan yarı mamüller üzerinde denenmiş ve şirkete anlık karar alma esnekliği tanıyan bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Darboğazları Kaydırma Sezgisel Yaklaşım, makine verimliliği, üretim sürelerinin teslim zamanlarına riyeti.

1. İşletme Tanıtımı

Bilkent Holding'e bağlı olarak, üretim hatları 1969, perakende mağazacılığı 1997 yılında kurulan, Tepe Home, ülkemizde mobilya ve ev aksesuarı perakendeciliği alanında faaliyet gösteren ilk ve en büyük mağazalar zinciri ve üretim tesislerine sahip kuruluştur. Şirket, kuruluşundan itibaren hızlı bir büyüme sürecine girmiş ve günümüzde sektörünün öncü markası haline gelmiştir

Tepe Home, 25 Tepe Home mağazası, 11 Tepe Mutfak ve 12 Tepe Mobilya bayisi ile faaliyet göstermektedir. Toplam 25 adet olan Tepe Home mağazalarından 15'i Tepe Home tarafından doğrudan, 10 adedi de bayiler tarafından yönetilmektedir.

Tepe Home, sektörünün öncü ve lider şirket konumunu korumaktadır. Ülkemizde aynı mekân içinde ve büyük alanlarda her türlü ev, ofis mobilyasıyla ev aksesuarının birlikte müşterilere sunulması uygulaması Tepe Home tarafından başlatılmıştır. Şirket, ülkemize taşıdığı bu yeni uygulamayı başarıyla sürdürmektedir. Öte yandan, Şirket, mağaza dekorasyonu ve tasarımı, ürün gamının oluşturulması, yeni kampanyaların başlatılması ve müşteri hizmetleri gibi birçok alanda pek çok ilke de imza atmıştır.

Mobilya ürün grubu; oturma takımları, yemek odaları, yatak odaları, çocuk odaları, bebek odaları, dolap sistemleri, bahçe mobilyaları, mutfak masaları, TV üniteleri, cash and carry ürünleri, banyo dolapları, ofis mobilyaları ve mutfak gibi ana ürünleri içermektedir. Bu gruplar içinde değişik beğenilere hitap eden, farklı tasarımlarda ve fiyat aralıklarında çok sayıda ürün çeşidi yer almaktadır. Tepe Home, mobilya ürünlerinin çok büyük bir kısmını kendi üretim tesislerinde üretmekte ayrıca alanında uzmanlaşmış ve yüksek kalitede mobilya üreten diğer yerli ve yabancı tedarikçilerle de anlaşmaları bulunmaktadır.

Ankara ve Eskişehir'de toplam 104.400 metrekare kapalı alana sahip iki üretim tesisine sahip olan Tepe Home, üretim tesislerinde modern teknolojiyle, çağdaş üretim tekniklerine ve Avrupa Birliği normlarına uygun bir biçimde üretim yapmaktadır. Tepe Home üretim tesisleri, mobilyayla ilgili her türlü ham madde ve malzemeyi kullanabilecek ve işleyebilecek donanıma ve altyapıya sahip olup tüm malzemeler Şirket'in üretim tesislerinde nihai ürün olarak mobilyaya dönüştürülebilmektedir.

Tepe Home üretim tesislerinin esnek üretim yapısı sayesinde, özellikle döşemeli ürünlerde, müşterilerine çok farklı seçenekler sunulabilmektedir. Müşteriler, Tepe Home mağaza ve bayilerinde sergilenen yüzlerce koltuk modeli ve kumaş arasından diledikleri kombinasyonu kurabilmekte ve bu ürünler, Tepe Home üretim tesislerinde, çok kısa bir sürede üretilerek müşteriye teslim

edilmektedir. Ülkemizde bu derece müşteri odaklı bir hizmet sunan başka bir mağaza zinciri bulunmamaktadır.

2. Sistem Tanımı

2.1 Semptomlar ve şikayetler

Panel ürünler mevcut sistem stoğa üretim yapmaktadır. Diğer bir deyişle, potansiyel siparişler satış tahminleri analizleri sonuçlarına göre üretilip stokta hazır tutulmaktadır. Firma stoğa üretim yapmasına rağmen, dönem dönem taleplerdeki yüksek değişkenlikler, taleplerin zamanında karşılanması için önceden alınması gereken önlemleri üretimi planlama aşamasında en az hata ile tesbit etmek istemektedir.

Mevcut sistemde kullanılan Oracle yazılımı sonsuz kapasite yaklaşımı ile anlık kapasite analizi verilerini tutarlı şekilde vermemektedir. Bundan dolayı üretimin yoğun olduğu dönemlerde çeşitli makinelerin diğer makinelere nazaran daha yoğun kullanımına bağlı olarak darboğazlar meydana gelmektedir(Ek 1). Darboğazların anlık takibinin yapılabilmesi için Oracle ile entegre çalışacak ileri çizelgeleme programlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2 Problem tanımı

Kullanılan oracle erp , yoğun bir ay içerisinde siparişin hangi tarihte teslim hazırlanacağı, ne kadar gecikeceği gibi verileri sağlayabilirken, sonsuz kapasite yaklaşımı ile, anlık ölçüm yapamamasından dolayı o ay içerisinde hangi gün hangi saatte hangi makinenin darboğaz oluşturacağını, makinelerdeki anlık iş yükünü ve hangi makinenin siparişin geç kalmasına sebebiyet vereceğine yetersiz kalabilmektedir. Yarı mamüllerin makinalara ne zaman ve hangi sırayla girecekleri planlanırken, darboğazları engelleme amacı ile kullanılan bir zaman programlama sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Ürünlerin zaman çizelgelemesinin verimli şekilde hazırlanması durumunda, hiçbir ek mesai ya da makine sayısı arttırım harcaması olmaksızın üretim hızlandırılabilen ve makinaların kapasitesinden daha yüksek oranlarda yararlanılabilmektedir.

Ürünlerin makinalara giriş sıralamasını veren bir zaman planlaması yapılması ve firmanın o ay içerisinde hangi ürünün hangi zaman aralığında hangi makinada olduğunu gösteren bir sistemin kullanıyor olması durumunda gecikmenin kaynağının kolaylıkla bulunabileceği ve bu gecikmeye özel çözüm önerileri uygulanabileceği düşünülmüştür. Bu durumda firmanın elinde olan kaynaklar doğrultusunda en uygun çözüm yolunu seçme imkanının da firmaya kazandırılacağı öngörülmüştür.

3. Önerilen Yöntem

3.1 Literatür taraması

Üretim sistemleri ve zaman planlaması alanlarında yapılan araştırmalar detaylı olarak analiz edilmiştir. Micheal L. Pinedo bu konu

hakkında yazılan tüm kaynakları ve ayrıca kendi araştırmalarında “Planning Scheduling in Manufacturing and Services” adlı kitabında toplamıştır. Proje kapsamında kitapta kullanılan iş idaresi ve makine planlamalarının zaman çizelgeleri için geliştirilen modeller ve sezgisel yaklaşımlara öncelik verilmiştir.

Proje kapsamında matematiksel iş idaresi modelinin Tepe Home üretim sistemlerine uyarlanarak çözülmesinin minimum üretim zamanını en doğru şekilde verdiği görülmüştür. Lakin gerek Tepe Home’un söz konusu modeli çözmek için gerekli optimizasyon araçlarını satın almaya sıcak bakmaması gerekse ücretsiz yada nispeten daha ucuz programların tüm üretim sistemini gösterememesi ve çözememesi nedeniyle sezgisel yaklaşıma öncelik verilmiştir. Bunun için yine Micheal L. Pinedo’nun kitabında bulunan darboğazları kaydırma sezgisel yaklaşımı baz alınmıştır. Bu yaklaşımın seçilmesinde ki en önemli iki neden, mevcut yaklaşımlar arasında matematiksel modelin sonucuna yakın olması ve ücretsiz bir yazılımla kodlanabilir olmasıdır. Darboğazları kaydırma sezgisel yaklaşımında kullanılan makine bazında darboğaz değerlendirmeleri ve üretim süresi boyunca hangi makinelerde yoğunluk olacağı gibi çıkarımlar, mevcut Tepe Home projesi çözümü için de gerekli olan bilgilerdir. Bu ve benzeri çıkarımlar nedeniyle mevcut yaklaşım projemizin çözümü için yol gösterici olmuştur.

3.2 Kısıtlar ve varsayımlar

Tepe Home Panel Üretim Departmanı’nda üretilen ürünlerin işlenen en küçük birimleri yarı mamullerdir. Kullanılacak olan yöntem de sadece yarı mamul işleme yapılan makine ve departmanlara odaklanmıştır. Diğer bir deyişle, tüm ürünün yarı mamullerinin bir arada olmasını gerektiren montaj hattı problemin dışında tutulmuştur. Bununla birlikte, yarı mamullerin teslim zamanları bu durum baz alınarak 1 aydan daha kısa bir süre olarak tekrar belirlenmiştir. Bunun yanında, birkaç yarı mamülün üretimi ve birleştirilmesiyle oluşan ve yine yarı mamul olarak adlandırılan parçalar da problemin dışında tutulmuştur.

Şirketin belirlenen aydaki üretim planı o ay üretilecek olan ürünlerin yanında, geçen aydan üretimi tamamlanamamış olan ürünleri de içermektedir. Bu durum da, belirlenen aydaki üretim için makinelerin kullanıma uygunluk zamanlarının ayın ilk iş gününün ilk dakikası olarak kabul edilmesi anlamına gelmektedir.

3.3 Sistem girdilerinin belirlenmesi

Yarı mamul bazında üretim süreçlerindeki darboğazları kaydırarak toplam gecikmeyi azaltmaya yönelik olarak kullanılacak olan sezgisel yaklaşım, deterministik bir yöntemdir ve girdiler de belirlenmiştir. Bu girdiler: her bir yarı mamülün her bir makinedeki

işlem süreleri, makine ayar süreleri, kafiye büyüklükleri, yarı mamullerin işlenebilir hale gelme süreleri, ağırlıkları (önemleri), ve teslim süreleridir. Kullanılan sezgisel yaklaşımın, makine ayar süresi ve kafiye büyüklükleri gibi veriler içermemesi, bu verilerin makine işlem süresini belirleyen veriler olarak değerlendirilmesini gerektirmiştir. Aşağıdaki basit hesaplama ile kafiyelelerden oluşan yarı mamul gruplarının her bir makinedeki geçirdiği süre hesaplanabilir (Şekil 1).

$$P_{ij} = (L_i * p_{ij}) + s_{ij}$$

P_{ij} : i yarı mamul kafiyesinin j makinesinde geçirdiği toplam zaman
 L_i : i yarı mamülünün kafiye büyüklüğü
 p_{ij} : i yarımamülünün tek bir parçası için j makinesindeki işlem zamanı
 s_{ij} : i yarımamülü için j makinesindeki ayar zamanı

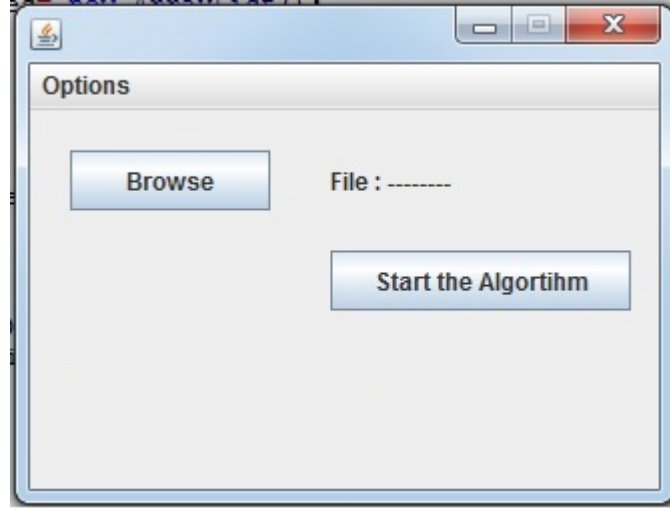
Şekil 1. Yarı mamul gruplarının makinelerde geçirdiği süre hesabı

Sezgisel yaklaşımın bir diğer girdisi olan teslim zamanları ise, varolan teslim zamanından söz konusu yarı mamullerin oluşturacağı ürünün montajı için gereken sürenin çıkarılması ile elde edilmiştir.

3.4 Önerilen yöntem

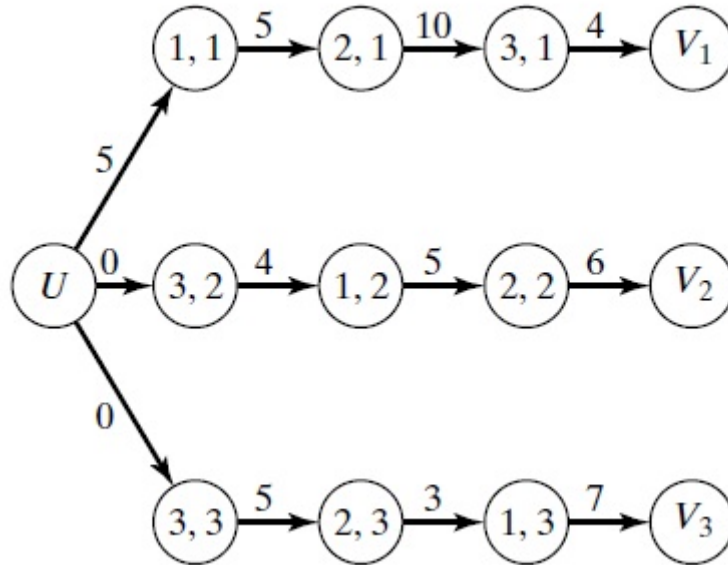
Varolan bilgiler ışığında, problemin çözümü için en uygun yöntemin, darboğazları kaydırma sezgisel yaklaşımının toplam gecikmeyi azaltmaya yönelik kullanımı olduğu düşünülmüştür. Söz konusu sezgisel yaklaşım, yarı mamul bazında makinelerdeki işleri çizelgeleyerek gecikmeleri azaltmaya yönelik bir eniyileme yapmasının yanında, makinelerdeki anlık iş yükünün gözlemlenebilmesine de olanak tanımaktadır. Bunun yanında elde edilen veriler ışığında, makine verimlilikleri ve geciken işler gözlemlenebilip, anlık karar alma esnekliği şirkete kazandırılmaktadır. Söz konusu sezgisel yaklaşım nesne tabanlı programlama dillerinden Java ile kodlanmış olup programın izlediği algoritmanın adımları aşağıda sıralanmıştır.

1. Aylık üretim girdilerinin Şekil 2’de görülen ‘Browse’ butonuna tıklanarak seçilen Excel dosyasından alınması ve algoritmanın çalıştırılması



Şekil 2. Kullanıcı arayüz örneği

2. Javada çözüm odaklı oluşturulacak tabloların söz konusu verilerle doldurulması
3. Şematik olarak düğümlerin yaratılması (Şekil 3)



Şekil 3. Örnek olarak oluşturulmuş başlangıç şeması

- a. Her düğüm belli bir işin belli bir makinedeki geçireceği işlemi sembolize eder ve düğümlerin içindeki i, j değerleri sırasıyla makine ve işi gösterir.
- b. Her düğüme giren ve her düğümden çıkan *birleşik* ve *ayrık* diye adlandırılmış yaylar vardır. birleşik yaylar bir işin

makinelere izleyeceği sırayı gösterirken ayırık yaylar ise makinelerdeki işlenecek olan iş sırasını gösterir. Ana şemada hiç ayırık yay bulunmaz zira makinelerde işlenecek olan iş sırasını gösterecek olan ayırık yaylar yinelemeler ile oluşmaya başlayacaktır.

4. Yinelemelerin başlaması
 - a. İşlerin makinelerdeki en erken başlama zamanı olan r değerleri ile, yarı mamüllerin makineler bazındaki yerel teslim zamanlarını gösteren D_{ij} değerlerinin hesaplanması ve hesaplamalarla birlikte tabloların oluşturulması.
 - b. İşlerin makinelerdeki sırasını belirlemek adına I değerlerinin yani elde olan verilerin ışığında hesaplanan makinelerdeki işlerin önceliğini belirleyecek bir değer olan I değerinin hesaplanması.

$$I_{ij}(t) = \sum_{k=1}^n \frac{w_k}{p_{ij}} \exp \left(- \frac{(d_{ij}^k - p_{ij} + (r_{ij} - t))^+}{K\bar{p}} \right)$$

W_k : k işinin önemi

p_{ij} : j işinin i makinesindeki işlem zamanı

r_{ij} : j işinin i makinesindeki başlama zamanı

t: makine i'nin en erken kullanıma uygun olduğu zaman.

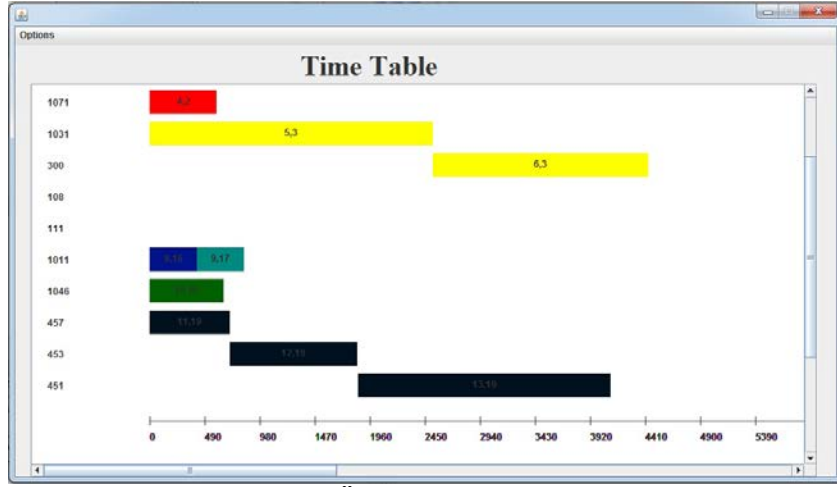
K: ölçek parametresi

P: makine i de işlenecek işlerin ortalama işlem zamanı (tamsayı)

Şekil 4. Algoritmanın formülasyonu

- c. Şekil 4'teki I değerine bakarak işlerin sıralanacak makinelerdeki önceliklerinin belirlenmesi ve bir sıralamanın yapılması, ardından makinelerin en erken kullanılabilir zamanını gösteren t ve makinelerdeki iş yükünün ortalama üretim zamanı değeri olan p değerlerinin güncellenip tekrar 4b'ye dönülmesi.

- d. Her makinedeki iş sırası belirlendikten sonra kritik makinenin, her makinenin sebep olduğu gecikmenin büyüklüğüne bakılarak seçilmesi ve halihazırda oluşturulan sıranın o makineye ait işlerin sırası olarak belirlenmesi
5. Eğer hala sıralanacak makine var ise, ana tablodaki yayların güncellenip 4'e dönülmesi
6. Bütün makinelerdeki işlerin sırasının belirlendikten sonra Şekil 5'teki gibi bir Gantt çizelgesinin çizilmesi



Şekil 5. Örnek Gantt Çizelgesi

3.5 Yöntemin uygulanması

Problemi ele almak adına, sezgisel yaklaşımda bulunan algoritma nesne tabanlı programlama dillerinden Java ile kodlanmıştır. Firmanın veritabanında bulunan bir ürün ele alınarak ürünün yarı mamüllerinin üretim çizelgelemesi program vasıtasıyla yapılmıştır. Söz konusu ürünün üretiminde 15 adet makine 17 adet de yarı mamül; yani, iş vardır. Sadece bu ürünün ele alındığı durumda programın hızı bakımından hiçbir sorunla karşılaşılmamış ve kısa bir süre içerisinde çizelgeleme yapılmış, ve yukarıda görülen Gantt Çizelgesi çizilmiştir. Ancak kullanılan yöntemin, firmanın sistemine entegrasyonu adına Nisan 2012'ye ait üretim planında yer alan yarımamüllerin üretim çizelgelemesini yapması durumunda, algoritmanın Java programlama dilinde arzu edilen hızda çalışmadığı, 852 çeşit yarı mamül ve 52 makine bulunan Nisan ayının üretim çizelgelemesini arzu edilen zamanda çözemeyeceği öngörülmüş ve programda kullanılan GGM (Görünen Gecikme Maliyeti) hesaplamalarının tekrar gözden geçirilip mevcut durumdan daha verimli çalışacağı bir duruma getirilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu GGM hesaplamaları bir makinedeki iş yüklerinin sıralamasını belirleme adına kullanılmaktadır. Bir

makinedeki iş sırasını belirleme adına söz konusu makinedeki toplam iş sayısının ardışık olarak sıfıra kadar toplamı kadar hesaplama yapılması gerekmektedir. Bu durum da programın yavaş çalışmasına neden olmaktadır.

GGM hesaplamalarının tekrar gözden geçirilmesi adına sezgisel yaklaşımın kullandığı algoritmanın bilgisayar programının hızını olumsuz yönde etkilediği düşünülerek birtakım değişiklikler yapılması amaçlanmıştır. Söz konusu algoritmada dördüncü adımdaki c kısmında sözü edilen adımın program hızını etkilediği belirlenmiştir. Bunun sebebi, bahsedilen güncellemenin her bir makinedeki iş sayısının ardışık olarak sıfıra kadar toplamı kadar işlem yaratmasıdır. Bu durum yaklaşık olarak bir makineye 100 işin yüklendiği bir durumda 50-60 kat kadar uzun süren işlem süresini beraberinde getirmektedir. Bu durumun önlenmesi adına söz konusu güncellemenin yapılmasından vazgeçilmiş ve önceki duruma göre işlerin bitme zamanı açısından sezgisel yaklaşımı hedeflediği en iyiye en yakın olan sonucu bulma adına bir kayıptan söz edilecekse de programın çalışma hızı bakımından oldukça büyük bir zaman kazanımı öngörülmektedir. Ancak tüm bunların yanında, önceden çalışan nesne tabanlı bir kodu değiştirip tekrar yazmak beklenmedik birtakım diğer sorunları da beraberinde getirmiştir. Projemiz de şu aşamada daha önceden çalışan programımızı bahsedilen güncellemelerle tekrardan çalışır hale getirme aşamasındadır. Bu aşamanın geçildiği takdirde firmaya vaadedilen, makinelerdeki anlık iş yükünü görme, önceki kullanılan yöntemlere göre yarı mamül bazındaki işlerin daha erken bitmesi ve makine verimliliklerindeki artış gibi amaçlara ulaşılacağı öngörülmektedir.

4. Genel Değerlendirme

4.1 Firmaya katkılar

Önerilen yöntem doğrultusunda geliştirilip kodlanan karar destek sistemi sayesinde, firmada panel üretim planlamasında planlama müdürünün aylık olarak takip edebileceği, makinelerdeki iş yükünü gösteren bir çizelgeleme sistemi oluşturulması amaçlanmıştır. Kullanıcıya hangi makinede hangi anda ne kadar yoğunluk olduğunu görebileceği bir anlık karar alma esnekliği kazandırılacak olmasının yanı sıra, hem stok hem de sipariş bazlı üretim yapan Tepe Home'un önceki sistemine nazaran özellikle sipariş bazlı ürünlerin teslimat zamanlarına riayeti öngörülen çıktılar arasındadır. Önerilen sistem ile mamüllerin üretim planlama sürecinde izlenebilecek olmasıyla birlikte teslimat zamanlarının belirlenmesinde firmaya daha tutarlı bir yöntemin de adaptasyonu da amaçlanmıştır. tasarlanan sistemin sürdürülebilir bir sistem olması ve firmaya kullanım maliyeti olmaması da bir diğer avantajdır. Ancak tüm bunların yanında, önceden çalışan nesne tabanlı bir kodu değiştirip tekrar yazmak beklenmedik birtakım diğer sorunları

da beraberinde getirmiştir. Projemiz de Şu aşamada daha 6nceden 7alıŐan programımızı bahsedilen g6ncellemelerle tekrardan 7alıŐır hale getirme aşamasındadır. Bu aşama ge7ildiği takdirde firmaya vaadedilen yukarıda bahsettiğimiz 7ıktılar elde edilecektir.

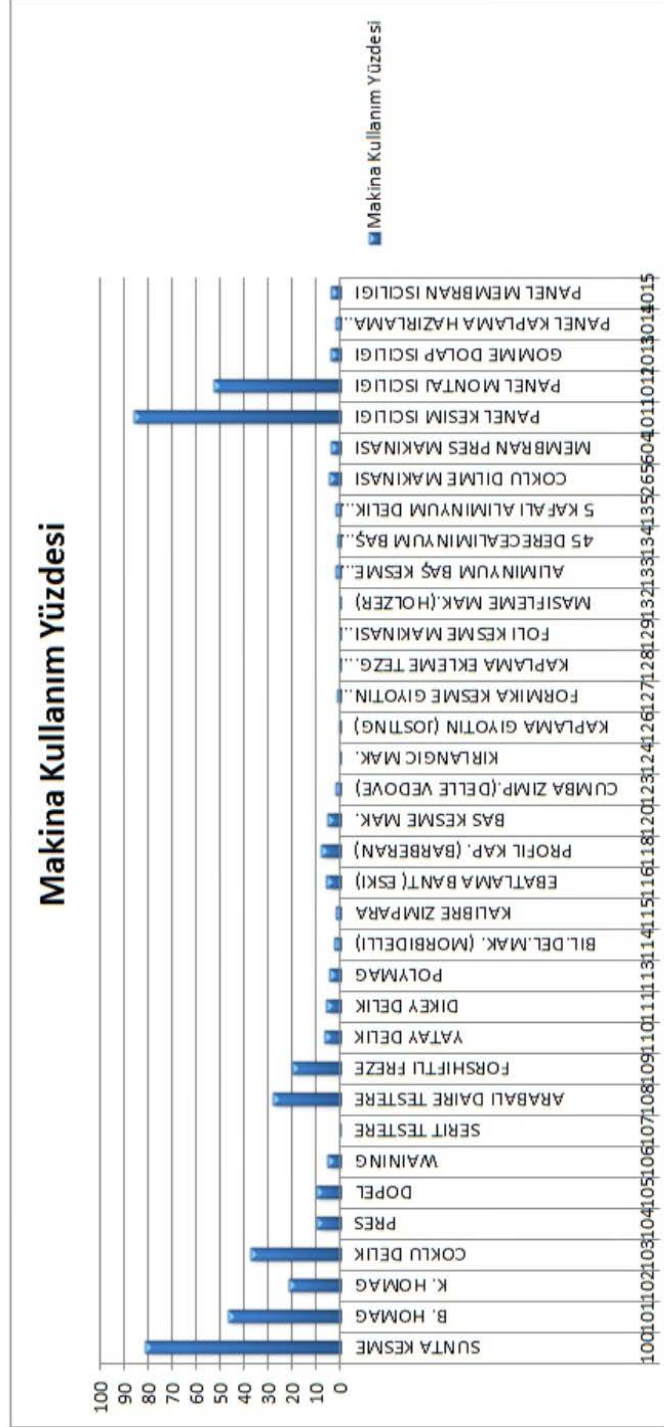
KAYNAKÇA

Pinedo, M. L. (2000). "Planning and Scheduling in Manufacturing and Services", Springer Series in Operation Research, Amerika.

Tepe Home 2012. TepeHome Hakkında Mayıs 2012,
[http://www.tepehome.com.tr/Kurumsal/Tepe-Home
Hakkında.aspx](http://www.tepehome.com.tr/Kurumsal/Tepe-HomeHakkında.aspx). Son Erişim Tarihi: 14 Mayıs 2012

EKLER

Ek 1. Panel üretim departmanındaki makineler ve işleyiş yüzdeleri



Ek 2. Nisan ayında üretilecek yarı mamüllerinin sistemde kullanılacak olan excel formatındaki verileri.

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|----------------|----------------|-------------|--------------|----------------|-------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|------------|----------------------|--------------|-------------------------------------|
| Sıra | Kalem Kodu | Operasyon Sıra Numarası | Departman | Standart Operasyon | Sevgenge Bağlı | Kaynak Sıra no | Kaynak Kodu | Atanan Birim | Kullanım Oranı | Temel (1) kalem, 2 Lot) | Çizelge Sıra no | Çizelge İsalet (1 Evt) | Tamamlama Stok Adresi | Alternatif | Bir Ürün için miktar | Ürün Miktarı | Bir Ürün için Gerekti Miktar Toplam |
| 2 | 1 ZAIDA01KMD191801 | 15 | 101 | 1011 | 2 | 1 | 100 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 1 |
| 3 | 2 ZAIDA01KMD191801 | 15 | 101 | 1011 | 2 | 2 | 100 | 1 | 0,125 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 8,75 |
| 4 | 3 ZAIDA01KMD191801 | 15 | 101 | 1011 | 2 | 3 | 1011 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 4 |
| 5 | 4 ZAIDA01KMD191801 | 15 | 101 | 1011 | 2 | 4 | 1011 | 4 | 0,5 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 35 |
| 6 | 5 ZAIDA01KMD191801 | 20 | 101 | 1011 | 2 | 1 | 101 | 1 | 8 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 8 |
| 7 | 6 ZAIDA01KMD191801 | 20 | 101 | 1011 | 2 | 2 | 101 | 1 | 0,135 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 9,45 |
| 8 | 7 ZAIDA01KMD191801 | 20 | 101 | 1011 | 2 | 3 | 1011 | 4 | 32 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 32 |
| 9 | 8 ZAIDA01KMD191801 | 20 | 101 | 1011 | 2 | 4 | 1011 | 4 | 0,54 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 37,8 |
| 10 | 9 ZAIDA01KMD191801 | 25 | 101 | 1011 | 2 | 1 | 103 | 1 | 20 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 20 |
| 11 | 10 ZAIDA01KMD191801 | 25 | 101 | 1011 | 2 | 2 | 103 | 1 | 0,32 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 22,4 |
| 12 | 11 ZAIDA01KMD191801 | 25 | 101 | 1011 | 2 | 3 | 1011 | 2 | 40 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 40 |
| 13 | 12 ZAIDA01KMD191801 | 25 | 101 | 1011 | 2 | 4 | 1011 | 2 | 0,64 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 44,8 |
| 14 | 13 ZAIDA01KMD191801 | 30 | 101 | 1012 | 2 | 1 | 1012 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 1 |
| 15 | 14 ZAIDA01KMD191801 | 30 | 101 | 1012 | 2 | 2 | 1012 | 1 | 1,5 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 105 |
| 16 | 15 ZAIDA01KMD191802 | 15 | 101 | 1011 | 2 | 1 | 100 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 1 |
| 17 | 16 ZAIDA01KMD191802 | 15 | 101 | 1011 | 2 | 2 | 100 | 1 | 0,125 | 1 | 2 | 1 | PANEL10 | | 1 | 70 | 8,75 |

SAP Süreçleri (Satın Alma Süreci) Üzerine İş Zekası Uygulaması

Türk Telekom

Proje Ekibi

Barış Yıldız
Nil Karacaoğlu
Burak Yıldırım
Seçil Sözüer
Yakup Görkem Gökmen
Sevgican Sezginler

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

Şirket Danışmanı

Emre Oskaylar
Kurumsal Kaynak Uygulamaları Direktörü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Canan Güneş Çorlu
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Türk Telekom Kurumsal Kaynak Uygulamaları Direktörlüğü tarafından iş süreçlerinin daha iyi izlenebilmesi amacıyla bir raporlama sisteminin kurulması talep edilmiştir. Bu projenin amacı, SAP R/3 üzerine izleme sistemi kurarak, karar destek ve risk uyarı mekanizmalarını oluşturmaktır. SAP R/3 modülleri olan malzeme yönetimi ve finans modülleri ana modüllerimiz olarak incelenmiştir. Temel performans göstergeleri raporlama sistemimizin ve gösterge panelinin ana elementi durumundadır. Satın alma sürecini daha iyi açıklamak, görselleştirmek ve bu sayede de iyileştirilmiş bir yapıya sahip olmasını sağlamak için temel performans göstergeleri belirlenmiş ve gösterge paneli üzerine yerleştirilmiştir. Gösterge panelleri yardımıyla, süreç içindeki değerlerin normal seviyede olup olmadığı uyarı olarak geri bildirilecektir. Bu bağlamda temel performans göstergeleri de çok amaçlı karar analizi teknikleriyle önem sıralarına göre sınıflandırılmış olup, regresyon ve zaman serileri modelleriyle geçerlilikleri denetlenecektir.

Anahtar Sözcükler: Temel performans göstergeleri, iş zekası, veri ambarı, kurumsal kaynak planlaması modülleri.

1. Şirket Tanıtımı

Türk Telekom 1840 yılında “Postane-i Amirane” adıyla kurulmuştur.1909 yılında Türkiye'nin ilk manuel santralini kurmuş ve bugün bütünleşmiş telekomünikasyon hizmetleri olarak sabit hat, GSM, geniş bant internet ve yakınsama teknolojileri hizmetlerini sunmaktadır. Türk Telekom bünyesinde birçok alt şirketi barındırmaktadır. Genişbant operatörü TTNET, yakınsama teknolojileri şirketi Argela, BT çözüm sağlayıcısı Innova, online eğitim yazılımları şirketi Sebit A.Ş., online oyun şirketi Sobee ve çağrı merkezi şirketi AssisTT şirketlerinin %99,9'una, toptan veri ve kapasite servis sağlayıcısı Pantel International AG ve iştiraklerinin ise %100'üne sahip olan Türk Telekom, aynı zamanda Türkiye'deki üç GSM operatöründen biri olan Avea'nın hisselerinin %81,4'üne de sahiptir.

2. Sistem Analizi

Türk Telekom, 2007 yılından beri SAP R/3 sistemini uygulamaya geçirmiş olup, aktif bir biçimde kullanmaktadır. Grup şirketleriyle birlikte toplam yedi şirketteki SAP sistemleri KKK direktörlüğü tarafından desteklenmektedir. Şirket şu anda da belli SAP modüllerinde uygulamaya geçiş döneminde. Süreçlerini ve iş operasyonlarını geliştirmek amacıyla çeşitli projeleri de yürütmeyi sürdürmektedir. Çoğunlukla SAP R/3 uygulamasının ilgili modüllerinin ve yardımcı uygulamalarının adaptasyonu üzerinde çalışan şirket, kendi kaynaklarına ek olarak gerekli gördüğü hallerde dünya çapında danışmanlık şirketleriyle de birlikte çalışmalarını yürütmektedir.

Yürütülen projedeki odak noktası satın alma süreçleri üzerinedir. Sistemi parçalarıyla birlikte bir bütün olarak ele alıp özümsemesi için oldukça zaman harcanmıştır. Bu zaman sonunda belirlenen temel performans ölçütleri (KPI) için başvuru ve kullanılan kaynaklar aşağıda tanımlanmıştır:

- İş Zekası: İş zekası kavramı, şirketlere daha nitelikli kararlar vermeleri için verileri depolama analiz etme ve verilere ulaşmalarında kolaylık sağlayan teknolojik uygulamaların bir parçasıdır.
- Temel Performans Ölçütleri (KPI): Temel performans göstergeleri organizasyonun performansı için kritik olan kontrol verilerini temsil eder.
- Veri Ambarı: Veri ambarı, sorgu ve analiz için tasarlanmış ilişkisel veritabanıdır. Genellikle işlem verilerinden çıkarılan geçmiş verileri içerir, aynı zamanda başka kaynaklardan da veri alabilir. Analizlerin iş yükünü, işlemlerin iş yükünden ayırarak, bir organizasyonun birçok kaynaktan aldığı verilerin birleştirilmesini sağlar.

- Kurumsal Kaynak Planlaması (KKP): Kurumsal kaynak planlaması sistemleri, organizasyonun bütünü içerisindeki iç ve dış yönetim bilgilerini entegre ederek, muhasebe, satış ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi birimlerin birbirleriyle etkileşim kurmasını sağlar.
- Satın Alma Talebi (SAT): Bir talep olduğu ve bu talebin Türk Telekom dışında bir tedarikçiden sağlanacağı durumlarda, modül kullanıcıları SAP R/3 sistemi üzerinden satın alma talebi açarlar.
- Satın Alma Siparişi (SAS): Satın alma talebi oluşturulup, onaylandıktan sonra, bu talep sistemde satın alma siparişine dönüşür.

Buradaki önemli nokta, satın alma sipariş sisteminin depodaki malzeme seviyesiyle bütünleşmesinin bulunmamasıdır. Kullanıcı, Türk Telekom'un kendi depolarında malzeme olsa bile, teknik anlamda satın alma talebi açmaktadır. Bu da satın alınacak malzemenin dışarıdan bir tedarikçi tarafından karşılanacağı anlamına gelmektedir. Bu durum ilgili departman tarafından kontrol edilmekte olup, gerekli hallerde depodan ihtiyacın karşılanması veya satın alma yoluna gidilmesine karar verilmektedir. Bu durumu kontrol etmek kullanıcının kendisine ve yetkililere bağlıdır.

2.1 Problem tanımı

Türk Telekom, SAP R/3 sistemlerindeki verileri kullanarak doğru ve eksiksiz bilgiye erişmeyi ve takip edilmesi gereken temel performans göstergelerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, Türk Telekom'da yaygın bir biçimde kullanılan SAP R/3'ün malzeme yönetimi (MM) ve finans (FI) modüllerine odaklanıldı ve bunlar incelendi.

Şirket, malzeme yönetimi modülü için bir raporlama sistemine sahip olup, bu sistemden alınan raporlar, Kurumsal Kaynak Uygulamaları Direktörlüğü'ne haftalık olarak verilmektedir. Bu nedenle sistemi daha iyi gözlemleyebilmek ve kontrol edebilmek için raporun içerdiği KPI'ları da dahil ederek sistemin takip edilebilirliği artırıldı. Bu çalışmalar sırasında analiz edilen veriler test verileridir.

Diğer bir problem ise modül kullanıcılarının bilgiye erişme sırasında çok fazla sayıda pencere açmaları olarak tanımlanabilir. Bu süreç, zaman kaybettirici olup doğru ve ilgili bilgiye erişmede engel teşkil etmektedir. Bu nedenle kullanıcı dostu olan ve gerekli KPI'ları içeren gösterge panelleri hazırlanmıştır.

2.2 Projenin amacı ve kapsamı

Projenin kapsamı, mevcut raporlama sistemini geliştirmek üzere satın alma birimini ve modüllerini içermektedir. Bu nedenle ana odaklar SAP R/3 sisteminin içerisindeki malzeme yönetimi (MM) ve finans (FI) modülleridir. Bu modüllerin alt parçaları sistemin detaylarını yakalayıp

Projenin amaçları ise üzerinde çalışılan süreç için gerekli ve ilgili KPI'ları bulmak, kullanıcı dostu bir gösterge paneli hazırlamak, kritik seviyelerin gözlemlenebileceği bir uyarı sistemi oluşturmak ve oluşturulan bu karar destek mekanizmasını SAP R/3 sistemiyle entegre etmektir.

2.3 Verilerin analizi

Projenin kapsamı dahilinde 1 Ocak 2011'den 31 Aralık 2011'e kadar olan satın alma verileri test sisteminden alınarak incelendi ve temel performans göstergeleri bu verilere dayanarak belirlendi. Bu veriler SAT ve SAS olarak ayrıldı ve KPI'ları incelemek için gerekli olan sınıflandırmalar yapıldı. Buna ek olarak, veriler satın alma grubu ve doküman türü gibi SAT türlerine göre analiz edildi. Böylece SAT'lar satın alma ve döküman bazında ayrıldı. BW tarafından alınan verilerle ise SAT'ların açıldığı başkanlıklara göre dağılımı ve SAT'ların bu başkanlıklardaki sayılarına ve miktarlarına göre dağılımı elde edildi.

Bu çalışmalar sırasında alınan veriler, şirketin veri güvenliği ile ilgili prosedürleri gereğince test sisteminden ve karıştırılarak alınmıştır, ayrıca satıcı bilgileri paylaşılmamıştır.

3. Literatür Taraması

Proje iş zekasıyla birlikte, temel olarak MM ve FI süreçleri için uygun KPI'ları bulmak olduğundan, yapılan literatür taraması bu kavramları içermektedir.

İş zekası temelde, bilgileri doğru ve özellikli bir biçimde sunabilmek için kullanılan bilgisayar temelli teknikleri kapsamaktadır. İş zekasının amacı daha iyi karar verilmesini desteklemek olup karar destek sistemi olarak da adlandırılmaktadır. İş zekasının telekomünikasyon sektöründe karar vermedeki önemi gün geçtikçe artmaktadır (BD).

Luminitia ve Magdalena (2006)'nın da belirttiği üzere, çoğu uygulamalar kolay bir raporlama sistemi oluşturmasını sağlasa da iş zekası bilgileri yalnızca tek bir kaynaktan değil, birçok kaynaktan analiz edebilme olanağı sağlamaktadır. Çünkü iş zekası uygulamalarının özünde bütün uygulamalar için ortak bir veri ambarı bulunmakta, bu veri ambarı zamanın %80'ini veri analizi için kullanmaktadır. İş zekası, verinin bilgiye dönüşmesini sağlar, onu analiz eder ve mimarisindeki uygulamalarıyla birleştirir. İş zekası veri üretmez ve kurumsal kaynak uygulamalarından ortaya çıkan verileri kullanır.

İş zekası programları genellikle verileri çıkarmak, analiz etmek ve raporlamak için gereken yazılım uygulamalarını kapsar. Yaygın iş zekası programları hesap çizelgeleri, raporlama ve sorgulama yazılımları, çevrimiçi çözümleyici süreçler(OLAP), dijital gösterge panelleri, veri madenciliği, veri ambarı, karar mühendisliği, süreç

madenciliği, iş performans yönetimi ve yerel bilgi sistemleri olarak sınıflandırılabilir.

Organizasyonun ve birimler içi genel performansın değerlendirilmesinde dijital gösterge paneli kullanmanın faydaları:

- KPI'ların görsel bir biçimde sunulması.
- Yanlış eğilimlerin tespit edilip, düzenlenmesi.
- Verimliliğin ölçülmesi.
- Yeni eğilimleri gösteren detaylı raporların üretilmesi.
- İş zekası temel alınarak daha bilgili biçimde karar verme.
- Organizasyonel amaçları ve stratejileri düzenleme.
- Çoklu rapor sistemiyle kıyaslandığında zaman kazandırma.
- Bütün birimler üzerinde genel bir görsellik sağlama.
- Korelasyonların ve ekstrem verilerin hızlı bir biçimde tanımlanmasını sağlanması (CIO).

4.Sistem Uygulaması

4.1 Sistem girdileri ve çıktıları

Projenin temel girdisi Türk Telekom Teknoloji Başkanlığı tarafından R/3' de tutulan satın alma süreciyle ilgili verilerdir.

Projemizin tamamlanmasıyla elde edilen çıktılar ve kolaylıklar ise şunlardır:

1. Veri erişiminin kolaylaştırılması: Sistemde çok büyük miktarda veri tutulmaktadır. Herhangi bir veriye erişmek birkaç adım içeren bir süreci gerektirebilmektedir. Bu, kullanıcı ve yöneticilerin zaman harcamasına ve zorluk yaşamasına neden olmaktadır. Bu sebeple, önemli ve sık ulaşılmaya gereken verilerin damıtılmış olarak sunulması, kullanıcı ve yöneticilerin veri erişiminin kolaylaştırılması hedeflenmiştir.
2. Denetimin artırılması: Sistemle ilgili önemli performans ölçütlerine dair veriler sunarak sistemin daha hızlı ve etkili bir şekilde kontrol edilmesi sağlanmış, sistem üzerindeki denetim artırılmaktadır.
3. Görselliğin artırılması: KPI'ların rahat ve basit bir şekilde incelenmesini sağlayabilmek için kapsamlı bir gösterge paneli hazırlanarak görsellik artırılmaktadır.
4. Erken sinyal ve uyarı sistemi: Projenin bir özelliği de risk yönetimine destek sağlamaktır. Bu sebeple gerekli KPI'larda alt-üst limit belirlemesi yaparak, sistemde bu limitlerin dışına çıkan veriler olduğunda yöneticinin uyarılması ve problematik bir durum olduğuna dair sinyal oluşturulması sağlanmaktadır.
5. Karar sürecinin desteklenmesi: Karar alım sürecinde, örneğin bir projeye başlanması veya iptal edilmesi gibi kararlarda, eldeki net

verilerle sistem üzerinde kurulan denetim sayesinde yöneticinin karar alma sürecine rahatlık ve kolaylık sağlanmaktadır.

6. Geleceğe yönelik tahminler: Regresyon analizi ile veriler arasında ilişkiler kurulması ve bağıntılar bulunması yoluyla bir veriyi kullanarak sahip olunmayan başka verilerin tahmin edilebilmesine olanak sağlanmaktadır.

4.2 KPI' ların belirlenmesi

Oluşturulan izleme sistemi, rapor ve gösterge paneli KPI' lardan oluşmaktadır. KPI' lar projemizin temel elemanları olduğundan onları belirlemek projenin en önemli kısmıdır. TT ile yapılan görüşmeler ve incelemeler sonucu belirlenen KPI' lar şunlardır:

1. Direktörlükler bazında açılan toplam SAT meblağı/ sayısı: Satınalma taleplerinin meblağı ve sayısı ilgili direktörlüklere göre kategorize edildi. Toplanan veri sonucunda elde edilen grafik Ek 1' de görülebilir.
2. SAS(Satınalma Siparişi)' ların meblağlara göre sınıflandırılması: 0- 20.000 TL, 20.000- 100.000 TL ve 100.000 TL den fazla olan siparişler farklı merciler tarafından onay mekanizmasında işlendiğinden, SAS' lar meblağlarına göre sınıflandırıldı.
3. Başkanlıklar bazında açılan toplam SAT meblağı/ sayısı: SAT' ların miktarı ilgili başkanlıklara göre kategorize edildi.
4. İhaleli (ZLI) açılan toplam SAS sayısı: ZLI döküman tipi ihaleli SAS' ları göstermektedir.
5. Direktörlükler bazında Sözleşmeli (ZSZ) Açılan Toplam SAS Sayısı / Meblağı: Çerçeve sözleşmeli SAS' ların miktarları ve sayıları ilgili direktörlüklere göre kategorize edildi.
6. SAT' ların meblağlarına göre sınıflandırılması: : 0- 20.000 TL, 20.000- 100.000 TL ve 100.000 TL den fazla olan siparişler farklı merciler tarafından onaylandığından, SAT' lar bu meblağlar aralığına göre sınıflandırdı
7. Şirket içinde toplam stok nakli transfer (UB) sayısı: UB doküman tipi stok nakli transferi gösterir. SAS' ların doküman tipine göre sınıflandırma gerçekleştirildi.
8. Başkanlıklar bazında sözleşmeli (ZSZ) açılan toplam SAS sayısı/ meblağı: Çerçeve sözleşmeli SAS' ların miktarları ve sayıları ilgili başkanlıklara göre kategorize edildi. Toplanan veri sonucunda elde edilen grafik Ek 2' de görülebilir.
9. SAT' ın kabulüyle SAS' ın oluşumu arasında geçen süre: Zaman bazlı analizler yapmak amacıyla, sistemde SAT kabul ve SAS oluşum arasındaki zaman hesaplandı.
10. SAS oluşumuyla SAS kabulü arasında geçen süre: Zaman bazlı analizler yapmak amacıyla, sistemde SAS oluşum ve SAS kabul arasındaki zaman hesaplandı.

11. Takvim günü ile SAT onayı arasında geçen süre: Zaman bazlı analizler yapmak amacıyla, sistemde takvim günü ve SAT onayı arasındaki zaman hesaplandı.
12. Kullanıcı başına yaratılan toplam fatura meblağı: Bir kullanıcının toplam harcaması konusunda bilgi sahibi olmak amacıyla kişi başına fatura tutarı hesaplandı.
13. Satın alma grupları tarafından açılan SAS sayısı: Satın alma grupları arasında SAS sayıları bağlamında karşılaştırma yapmak amacıyla hesaplandı.
14. Plan dışı yan tedarik masrafları: Mevcut eğilim hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlayacaktır. Bu KPI ile ilgili alt ve üst limitler Ek 3'te görülebilir.
15. Fatura Belge tarihi ile Kayıt tarihi arasındaki gün farkı: Bu KPI ters girişlerin oluşumu hakkında bilgi verir. Ters girişler sıklıkla ay sonuna doğru oluşmaktadır. Bu KPI ile ilgili alt ve üst limitler Ek 4'te görülebilir.
16. Reddedilen SAT'ların toplam SAT sayısındaki oranı: Reddedilen SAT'ların yüzdesi hakkında fikir sahibi olabilmek için analiz yapıldı.
17. Satın alma grupları bazında açılan toplam SAS tutarı: Her satın alma grubu için açılan toplam SAS tutarları tespit edildi.

4.3 Alt ve üst limitlerin belirlenmesi

KPI 14 ve KPI 15 alt-üst limit belirlenmesine uygun KPI'lar olup bunlarla ilgili normal dışı bir veriye sahip olduğunda yönetici uyarması açısından alt-üst limit belirlemenin faydalı olacağı düşünüldü. Böylece erken uyarı sistemi ve oluşan normal dışı durumun sebeplerinin tespiti yapılabilecek ve geleceğe yönelik önlemler alınabilecektir. Bu amaçla yapılan çalışmada 6σ (altı sigma) yöntemi uygulandı. Bu yöntemle göre verilerin ortalamasından standart sapmanın 3 katı uzaklıkta olan veriler incelenmesi gereken ve kontrol sınırları dışında olan noktalardır.

Türk Telekom'dan alınan veriler farklı zamanlara ait, birbirinden bağımsız ve tekil veriler olduğu için X-MR tablosunun tekil verilerin çizimine uygun olacağı araştırıldıktan sonra Minitab'te bu verilere uygun olan X-MR kontrol tabloları çizildi ve alt-üst limitler belirlendi. Ek 3-4'te de görülebileceği üzere az da olsa bazı veriler kontrol limitlerinin dışında kalabilmektedir. Bu tablolar böyle verilerin oluşma sebeplerinin araştırılmasını ve gelecekte bunların önlenmesini sağlamaya yardımcı olacaktır.

Tablodan çıkan sonuçlara göre plan dışı yan tedarik masrafları için üst limit 28,6 TL alt limit ise sıfır TL dir. Fatura Belge tarihi ile Kayıt tarihi arasındaki gün farkı içinse üst limit 1,716 gün alt limit ise sıfır gündür.

4.4 Regresyon analizi ve zaman serisi analizi

Projenin sağlayacağı yararlardan bir diğeri de geçmiş verilerden yararlanarak, gelecekte gerçekleşecek bazı olayların rakamlar üzerinden tahmin edilmesidir.

4.4.1 Tedarik yan masraflarının tahmini

İlk olarak yapılan regresyon çalışması, toplam SAT tutarları üzerinden, gerçekleşecek plan dışı tedarik yan masraflarının tahminidir. Bu çalışmayla beraber, bir SAT açılacağı ve tahminen tutarı belirlendiğinde, buna bağlı olarak yaklaşık ne kadarlık bir yan masraf doğacağı biliniyor ve bütçelendirmeler bunun ışığında yapılıyor olacaktır. Bu çalışma, Eviews kullanılarak yapılmıştır.

Yaklaşık 35.000 adet satın alma üzerinden yapılan çalışmadaki izlenen süreç aşağıdaki gibidir:

Öncelikle, tüm tedarik yan masraflarını kullanarak;

Plan Dışı Tedarik Yan Masrafı = $\beta_0 + \beta_1 * \text{SAT Tutarı}$ şeklinde bir denklemin uygun olacağı varsayımında bulunulmuş ve çalışma bu varsayım üzerinden devam ettirilmiştir.

Tüm yan masraflar göz önüne alındığında alttaki şekil üzerinden de görülebileceği gibi, sistemi yaklaşık %56 ile ifade edebilen bir sonuç elde edilmiştir. Ek 5'te R-kareye karşılık gelen kısım yaklaşık %56 olarak görülebilir.

%56'lık neticenin nasıl daha fazla geliştirilebileceği düşünülmüş ve 20 TL'den fazla olan yan masrafların kullanıldığı bir regresyonun daha anlamlı olabileceği kanısına varılmıştır. 20 TL'nin altındaki harcamaların çok da kayda değer olmadığı varsayımında bulunulmuştur.

Bu varsayım ışığında, aynı denklem üzerinden yaptığımız regresyon analizi neticesinde, sistemi yaklaşık olarak %59 ile ifade edebilen bir sonuç elde edilmiştir.

Bunun da ötesinde neler yapabileceğimizi düşünerek, 100 TL'den fazla masrafları kullanarak bir tahminin daha anlamlı olabileceği kanısında karar kılınmış ve tedarik yan masrafları 100 TL'den büyük olan satın almalar üzerinden, aynı denklem ile tekrar bir regresyon analizi yapılmış ve bu kez yaklaşık %64'lük bir netice elde edilmiştir.

Netice itibariyle, yaklaşık %65 oranında güvenilir sonuç veren bir çıktı elde edilmiştir. Yani, yapılacak tahminler, SAT meblağları üzerinden, yaklaşık %65 doğru netice veren tedarik yan masrafları, bu regresyon analizi neticesinde hesaplanabilecektir.

Kullanılacak denklem:

$$\beta_0 = -58,63050$$

$$\beta_1 = 0,014863$$

$$\text{Plan Dışı Tedarik Yan Masrafı} = -58,63050 + (0,014863) * \text{SAT Tutarı}$$

4.4.2 Haftalık/ aylık bazda satın alma meblağlarının tahmini

Projenin bağlı olduğu Kurumsal Kaynaklar direktörlüğü tarafından maliyet ve fiyat ağırlıklı analizlere yoğunlaşılması istendi. Onların yönlendirmeleri doğrultusunda SAT ve SAS tutarları tahmin çıktısı olarak esas alındı. Bu SAT ve SAS meblağları üzerinden yapılan analiz doğrultusunda gelecek kısa süreli periyotlar için tutar tahminleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu tahminlerin olasılıksal olarak hangi aralıklarda değişeceği ve güvenilirlikleri incelenmiştir. Bu analizler her direktörlük ve başkanlık için uygulanmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi gözlemlemek için regresyon yapılacaktır. Bunun için istatistiksel bir araç olan EVIEWS kullanılmıştır.

Gelecek periyotların tahmini SAT ve SAS tutarlarını belirlemek için öncelikle kalem bazında olan SAT ve SAS belgeleri düzenlenecektir. Böylece bir SAT numarasının karşısında o SAT tüm kalemlerimin toplam tutarı belirtilecektir. Aynı yöntem SA Belge No için de uygulanacaktır. En sonunda her bir gün içinde gerçekleşmiş toplam SAT'ların tutarına ve toplam SAS tutarına ulaşılabilecektir.

Haftalık ve aylık bazda SAT/ SAS tutarı tahmini:

Her gün için ayrı ayrı bulunan toplam SAT/ SAS Tutarları vasıtasıyla “Zaman Serisi Analizi” uygulanacaktır.

$$(SAT/ SAS Tutar)_t = \beta_0 + \beta_1*t + \beta_2*dumdirec_1 + \beta_3* dumdirec_2 + \dots + \beta_{78}* dumdirec_{77} + \beta_{79}* dumpres_1 + \beta_{80}* dumpres_2 + \dots + \beta_{94}* dumpres_{16}$$

t = 1, ... 365

t=1 (1 Ocak 2011)..... t=365 (31 Aralık 2011)

Toplamda 78 tane direktörlük ve 17 tane başkanlık bulunmaktadır. Direktörlük için olacak yapay (sahte) değişkenler 77 tane, başkanlıklar için olacak yapay (sahte) değişkenler 16 tane olmalıdır. Bu sayede “kukla değişken tuzağı” diye adlandırılan kolinerlik sorunu ile karşılaşılmaz ve parametreler doğru tahmin edilebilir.

Bu regresyon vasıtasıyla tüm direktörlükler ve başkanlıklar için t= 366'den itibaren o günün SAT/ SAS tutarı tahmin edilebilir. Böylece belli direktörlük ve başkanlıklar için olan “SAT/ SAS Tutar” değerini istenilen günler üzerinden toplayarak değişik periyot tahminleri yapılabilir. Şu anda haftalık ve aylık analizlerin üzerinden gidilecektir.

4.5 Gösterge paneli ve gösterge panelinin beslenmesi süreci

Projede sistemi görselleştirerek kullanıcının ve yöneticilerin sistemi daha kolay ve sürekli takip edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yukarıda da belirtildiği gibi gösterge paneli kullanılmasının uygun bir alternatif olduğu düşünülmüş ve şirketle yapılan görüşmelerde de bu fikre onay alınmıştır.

Gösterge paneli tasarlamak için kullandığımız program Qlikview'dır. Bu programın seçilmesindeki amaç, Türk Telekom'un şu anda gösterge paneli tasarlarken kullandığı program olması dolayısıyla sistemle entegrasyonun kolay olmasıdır. Proje bitiminde ve devamında yapılan çalışmaların uygulamaya geçmesi ve devamlılığının sağlanması için sürecin standart hale getirilmesi gerekmektedir. Verilerin belirli aralıklarla ERP Sistemi'nden çekilmesi, hazırlanan şablon mahiyetindeki excel tablolarının ve bu vesileyle de gösterge panelinin güncellenmesi sürecinin standart hale getirilmesi gerekmektedir. Bu hususta, Türk Telekom Genel Müdürlüğü'nde yeteri kadar vakit geçirilmiş ve sürecin standartlaştırılması adına aşağıda anlatılacaklar proje ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir:

Bilindiği üzere bu proje iş zekası projesidir. Hazırlanacak gösterge paneli yaklaşık 10-12 farklı raporun derlenmesi ve harmanlanması üzerinden birtakım veri ve bilgileri üzerinden sunmaktadır (Ek-6). Öncelikle yapılmaya çalışılan, KPI'ların hazırlanması için gereken rapor sayısının enazlanmasıydı. Bu anlamda TT çalışanları ile beraber olası tüm raporlar üzerinden tek tek geçerek, gerekli olan raporlar (veriler) belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra yapılan, bu raporların özet bir excel tablosunda derlenmesi, harmanlanmasıdır.

Bundan sonraki sürecin işleyişi şöyle olacaktır:

- Belirlenen raporlar, karar verilen periyotlarda alınacak.
- Bunlar üzerinden hazırlanan "özet excel dosyası" bu sayede güncellenecek.
- Güncellenen excel dosyası üzerinden de gösterge paneli güncellenecektir.

Yani özetle, sistem, ne zaman istenilirse, ham haldeki raporların sistemden çekilmesi (bu raporlar farklı nedenlerle de zaten çekilen ya da BW Sistemi'nde halihazırda bulunan raporlardır), gösterge panelinin güncellenmesine kadar devam edecek sürecin tetiklenmesi ve gerçekleşmesi üzerinden ilerliyor ve kullanılıyor olacaktır.

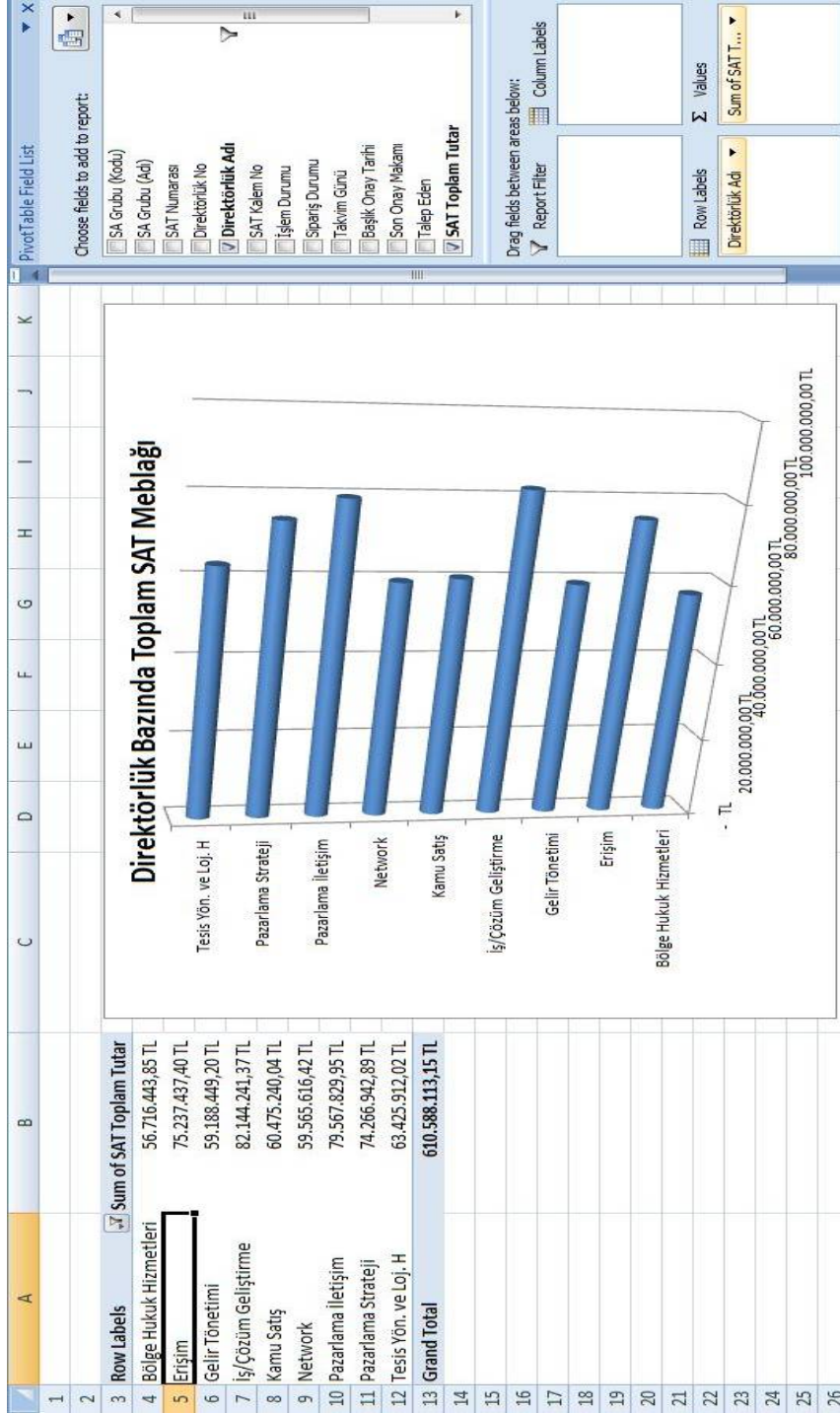
Bu hususta, ilerleyen günlerde, proje tamamlanıp uygulamaya geçilen günden itibaren, sürecin pürüzsüz bir şekilde ilerleyebilmesi için bir kullanım kılavuzu hazırlanacak ve bununla sistemde hangi aşamada ve hangi ekranlarda neler yapılması gerektiği detaylı, açık bir şekilde ve görseller üzerinden anlatılacaktır. Bu sayede projenin devamlılığı da bir bakıma garanti altına alınacaktır.

KAYNAKÇA

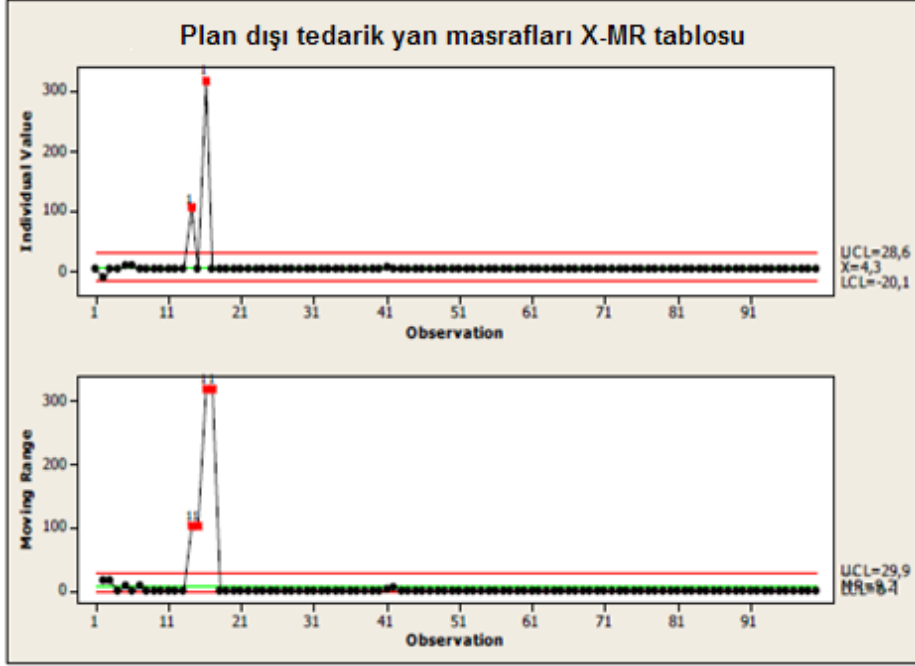
- “Data Warehousing Concepts.” *Oracle Documentation*. Oracle. Web. 14 Ocak 2012.
http://docs.oracle.com/cd/B10501_01/server.920/a96520/concept.htm.
- Business Dictionary (BD) 2003. Definition of Business Intelligence, <http://www.businessdictionary.com/definition/business-intelligence-BI.html> Son erişim tarihi: 16 Ocak 2012.
- Luminita, Ş., Magdalena, R., 2006. “Business Intelligence Instruments for HR Monitoring”,
<http://ehis.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&hid=103&sid=a3366117-4bbb-47b8-895f-f681afc8a825%40sessionmgr110> Son erişim tarihi: 16 Ocak 2012.
- Business Intelligence Toolbox (BIT) 2008. Business Intelligence Tools, <http://www.businessintelligencetoolbox.com/> Son erişim tarihi: 16 Ocak 2012.
- Institute of Banking Studies (IBS) 2009. “KPI (Key Performance Indicators) Settings and Measurements for IT Staff Performance”, <http://www.kibs.edu.kw/n/p.asp?p=34&parent=15&m=> Son erişim tarihi: 16 Ocak 2012.
- Search Chief Information Officer (CIO) 2012. Definition and Benefits of Dashboard, <http://searchcio.techtarget.com/definition/dashboard> Son erişim tarihi: 16 Ocak 2012.

EKLER

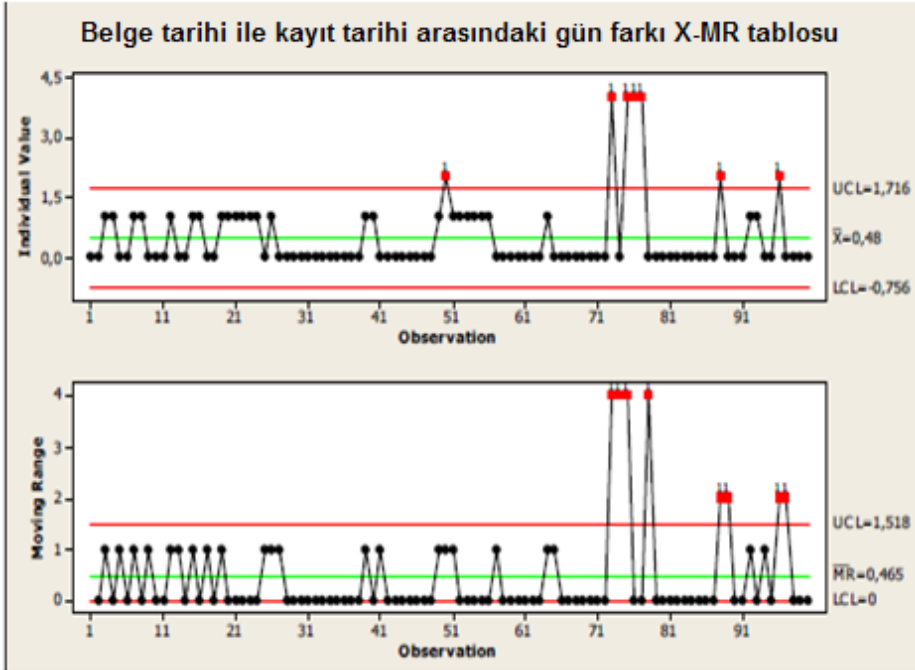
Ek 1. Direktörlük bazında toplam SAT meblağı



Ek 3. Plan dışı yan tedarik masraflarına ait limitler



Ek 4. Fatura belge tarihi ile kayıt tarihi arasındaki gün farkına ait limitler



Ek 5. SAT tutarı ile plan dışı tedarik yan masrafları ilişkisi- Tüm veriler

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | -111.9369 | 69.31170 | -1.614979 | 0.1066 |
| M | 0.012560 | 0.000355 | 35.42240 | 0.0000 |

| | | | |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|
| R-squared | 0.561974 | Mean dependent var | 373.9245 |
| Adjusted R-squared | 0.561527 | S.D. dependent var | 3211.983 |
| S.E. of regression | 2126.889 | Akaike info criterion | 18.16475 |
| Sum squared resid | 4.42E+09 | Schwarz criterion | 18.17472 |
| Log likelihood | -8898.726 | Hannan-Quinn criter. | 18.16854 |
| F-statistic | 1254.746 | Durbin-Watson stat | 2.095773 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

Ek 6. Gösterge paneli için harmanlanmış raporlar ve kalemleri

| Ayrıntılı SAT Raporu | Ayrıntılı SAS Raporu | Ayrıntılı SAT & SAS Raporu |
|----------------------|----------------------|----------------------------|
| SA Grubu Kodu | SA Grubu Kodu | SAT Numarası |
| SA Grubu Adı | SA Grubu Adı | Kalem Adedi (SAT) |
| SAT Numarası | Bölge Adı | SA Belgesi No |
| Kalem Adedi | Sözleşme No | Kalem Adedi (SAS) |
| İşlem Durumu Kodu | SA Belgesi No | Talep tarihi |
| İşlem Durumu Adı | Kalem Adedi | SAT Onay Tarihi |
| Talep Tarihi | SAS Yaratma Tarihi | SD Tarih |
| Takvim Günü | SAS Onay Tarihi | SAS Yaratma Tarihi |
| Başlık Onay Tarihi | Malzeme Kodu | SAS Onay Tarihi |
| Son Onay Makamı | Malzeme Adı | Gün Farkı |
| Yaratan | Ürün Tanımı | SAT Toplam Tutar |
| Talep Eden | Yaratan | |
| Malzeme Kodu | Talep Eden | |
| Malzeme Adı | Direktörlük | |
| Mal Grubu Kodu | Başkanlık | |
| Mal Grubu Adı | SA Belgesi Türü | |
| Malzeme Tipi | Toplam Tutar | |
| Direktörlük | | |
| Başkanlık | | |
| SA Belgesi Türü Kodu | | |
| SA Belgesi Türü Adı | | |
| SAT Toplam Tutar | | |

Algida Tedarik Zincirinin Talebe Cevap Verebilirliğinin ve Duyarlılığının Artırılması

Unilever

Proje Ekibi

Ali Bora Duru
Emre Güler
N. Öykü Gülpınar
Hazal Kaya
Burcu Tekin
Aysun Tokkuzun

Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

Şirket Danışmanları

Aysen Arıkan, Talep Planlama Uzmanı
Başak Baş, Talep Planlama Uzmanı
Yiğit Öğretmengil, Talep Planlama Müdür Yardımcısı

Akademik Danışmanlar

Prof. Ülkü Güler, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Doç. Dr. Emre Berk, İşletme Fakültesi

ÖZET

Bu projede Algida tedarik zincirinde cevap verebilirliğin artırılması konusunda kesilmiş satış verilerin analiziyle kayıp satış tahmini yapılmış, sonrasında ham madde tedarik süreçlerine odaklanılmasına karar verilmiştir. Tedarik zinciri üzerine yapılan literatür araştırmalarıyla bir kavramsal model oluşturulmuş ve sistemin adımları buna göre belirlenmiştir. ABC analizi ile seçilen ürünlerin değer zinciri haritaları çıkartılmış ve analizleri yapılarak sistemdeki darboğazlar tespit edilmiştir. Bu darboğazları aşmaya yönelik standardizasyon, lokalizasyon ve ortak ham madde deposu önerileri geliştirilmiş ve finansal analizleri yapılmıştır. Bu önerilerle tedarik sürelerinde azalma ve emniyet stoklarında %2 - %44 oranlarında düşüş elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Tedarik Zinciri, Talebe Cevap Verebilirlik, Kesilmiş Veri, Gazete Satıcısı Stok Modeli, p-Ortanca.

1. Şirket ve Sistem Tanımı

Türkiye’de dondurma pazarı 2000 yılında 60 milyon litreden 2008 yılında 180 milyon litreye ulaşmıştır ve 2013’e kadar yıllık %10 büyüme öngörülmektedir (Hurriyet Daily News 2010). Toplam pazar değeri 2009 yılının sonunda 800 milyon Euro’ya ulaşmış ve 2010 yılının ilk beş ayında Türkiye satışları %29 artmıştır (Bloomberg 2001). Algida Türkiye operasyonu Unilever’in dünyadaki ikinci en büyük dondurma üreticisi olup Türkiye pazar payı %72’dir (21food 2009).

Algida’da sistem talep tahmini ile başlamaktadır. Her ayın başında ürün aileleri için kısıtsız talep tahmini oluşturulmaktadır. Bu süreçte bir önceki ayın satışındaki yönelim, kanibalizasyon etkisi, ürün dinamiği, marka ve kategori büyümesi ve ramazan ayı gibi özel durumlar göz önüne alınmaktadır. Daha sonra fabrika ve depo kapasite kısıtları göz önünde bulundurularak her stok kalemi için kısıtlı talep tahmini oluşturulmaktadır. Üretim planı bu kısıtlı talep tahmini baz alınarak yapılmaktadır.

Fabrikada ham madde siparişleri Malzeme İhtiyaç Planlaması kullanılarak oluşturulmaktadır. Ham maddeler fabrikanın yanında depolanmaktadır ve oradan fabrikaya günlük olarak çekilmektedirler. Ürünler çeşitlerine göre üretim alanında bulunan 20 farklı hatta üretilmektedirler. Üretim 42 hafta sürmekte ve kalan 10 haftada kabinetler toplanmakta ve bakımları yapılmaktadır.

Üretimin ardından stok kalemleri fabrikanın yanında bulunan fabrika deposuna gönderilmektedir. Ocak ya da Şubat ayında bu depo dolduktan sonra ürünler Unilever’in kullandığı dört ana depoya transfer edilmektedir. Bu depolar Çorlu, İstanbul Sarıgazi, Merko Karamürsel ve Bursa’da bulunmaktadır.

Satış noktalarına dağıtım distribütörler aracılığıyla yapılmaktadır ve distribütör depolarındaki envanterin belirli seviyelerde tutulmasını sağlamak Unilever’in sorumluluğundadır.

Algida ürünlerinde konsinye satış uygulanmaktadır. Satış noktalarındaki kabinetler satış elemanları tarafından periyodik olarak kontrol edilmektedir. Satış elemanı kabinette eksik gördüğü ürünlerin yenilenmesi için el terminalinden ilgili distribütör deposunun envanterini kontrol etmekte ve envanter seviyesine göre sipariş oluşturmaktadır. Hem satış noktasında hem de distribütör deposunda bulunmayan ürünler için herhangi bir kayıt tutulmamaktadır.

2. Mevcut Sistem Analizi

Tedarik zincirinin talebe cevap verebilirliğinin mevcut sistemdeki durumunun görülebilmesi için stok bulunurluğu ve kayıp satışlar incelenmiştir. Mevcut durumda her stok kalemi için stok uygunluğu haftalık olarak incelendiğinde belirli haftalarda stokların tükendiği ve hedeflenen stok bulunurluğuna ulaşılamadığı gözlemlenmiştir. Satış

noktalarında stok yenileme işlemi depolardaki stok seviyesine göre yapıldığından, stok tükenmesi olan haftalarda kayıp satış yaşanması olasıdır. Ancak, mevcut sipariş sisteminden dolayı kayıp satış miktarı bilinmemektedir.

Talebe istenen seviyede cevap verememe nedenlerini analiz edebilmek için kayıp satış miktarları ve nedenlerinin belirlenmesi gerekmiştir. Öncelikle kayıp satış miktarının bulunabilmesi için kesikli veri analizinden faydalanılmıştır. Kayıp satış olması gerçek talep miktarının satış miktarından daha yüksek olduğunu gösterir. Bu bilgi elimizdeki satış verilerinin sağdan kesilmiş veriler olduğuna işaret eder. Bu analizde, kayıp satış yaşanan haftanın talebi X olarak tanımlanıp, k ise o haftadaki gerçek satış miktarı olarak belirtildiğinde, X 'in gerçek değerinin belirlenebilmesi için $E[X|X>k]$ koşullu beklentisinin bulunması gereklidir (Huh and Rusmevichientong, 2007). Kesilmiş satış verilerinden yola çıkarak talebe ulaşmak ve böylece kayıp satış tahmin etmek için talebin olasılık dağılımının belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur. Mevsimsellikten dolayı her haftanın kendine özgü dağılımı, ortalaması ve varyansı vardır. Dağılımların parametresi λ olan Poisson dağılımı olduğu varsayılmıştır. Poisson dağılımı kullanılmasının sebebi bu dağılımın hızlı tüketim sektöründeki satış frekansı için genellikle uygun bir model olmasıdır (Conrad, 1976). Ancak parametre λ çok büyük olduğundan dağılımın kuyruk kısmında olasılıklar çok düşük çıkmış ve taleplerin koşullu beklentileri sıfır olarak bulunmuştur. Büyük λ değerleri için Poisson dağılımı Normal dağılıma yakınsadığından daha sonraki aşamalarda Normal dağılım kullanılmıştır (WCU Courses). Satış verilerine kesikli veri analizi uygulanarak talep bilgisine ulaşılması için 2009, 2010 ve 2011 yıllarının haftalık satış verileri ve 2011 yılında stoğun tükendiği haftalar bilgisi alınmıştır. Minitab programına stoğun tükendiği haftaların 3 yıllık satış verileri girilmiş, 2011 yılı satışının kesikli veri olduğu tanımlanmıştır. Parametrik dağılım analizinin tahmin metodu olarak maksimum olabilirlik kullanılmış ve %95 güven aralığında talep tahmini yapılmıştır. Minitab ile yapılan sağdan kesilmiş satış analizi çalışmasının bir örneği Ek 1'de bulunmaktadır.

2011 yılı için incelediğimiz ürünlerde toplam kayıp satış miktarı, aynı ürünlerin 2011 gerçek satış miktarının %10.6'sı olarak hesaplanmıştır. %10.6 göz ardı edilemeyecek bir oran olduğundan kayıp satışa neden olan problemler ortadan kaldırılmalıdır. Stok tükenmesi yaşanan haftalarda hangi nedenin etkili olduğu bilindiğinden, bu nedenlerin sebep olduğu kayıp satışlar oransal olarak karşılaştırılmıştır. Kayıp satışların %45.96'sı kapasite, %36.23'ü fabrikanın kapanması, %17.81'i ise ham madde ile ilgilidir. En yüksek orana sahip kapasite probleminin 2013 yılında açılacak olan Konya fabrikası ile ortadan

kaldırılması hedeflenmektedir. Fabrikanın kapanması ise üst düzey bir karar olduğundan projenin geri kalanında ham madde problemi üzerinde durulmuştur.

3. Problem Tanımı

Yukarıda açıklanan mevcut sistem analizinin ardından problem, stok tükenmesine sebep olan ham madde probleminin ve kayıp satışların ortadan kaldırılarak Algida tedarik zincirinin talebe cevap verebilirliğinin ve duyarlılığının artırılması olarak belirlenmiştir.

4. Kavramsal Modelin Oluşturulması

4.1 Literatür araştırması

Talebi sezonsal olarak değişen ürünlerin tedarik zincirleriyle ve talebe cevap verebilirliğinin artırılmasıyla ilgili literatür araştırması yapılırken, çevik ve esnek tedarik zincirleri için yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ürünlerin bazı özelliklerine göre sınıflandırılma yapılmasının doğru tedarik zinciri uygulamaları için gerekli olduğu görülmüştür (Wong vd., 2006). Ayrıca tedarik zincirinde kritik alanların belirlenmesi için “stres testi” adı verilen bir sürecin uygulanmasının önemli noktalar üzerine eğilirken yararlı olduğu da görülmüştür (Chopra ve Sodhi, 2004).

Ürün sınıflandırması üzerinde durulurken yüksek kar marjları ve değişken talepleri ile inovatif ürünler ile sabit ve düşük kar marjlı fonksiyonel ürünlerin farklı tedarik zincirlerine ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Bir tedarik zinciri fiziksel işlev ve pazara aracılık etme işlevi olmak üzere iki farklı işleve sahiptir (Fisher, 1997). Araştırmalar fonksiyonel ürünlerin fiziksel olarak etkin, inovatif ürünlerin ise pazara duyarlı olması gerektiğini göstermektedir. Fiziksel olarak etkin bir tedarik zincirine sahip olabilmek için fonksiyonel ürünlerde talep tahmini, üretim, nakliye, envanter depolanması süreçlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. İnovatif ürünlerde ise, tedarikçilerin esnekliği, tedarik süresi, envanter konumlandırması ve kapasiteler göz önünde bulundurulmalıdır (Fisher, 1997).

Tedarik zincirindeki kritik alanlar araştırılırken, riskleri anlayıp öncelik sırasına sokmaya yarayan Stres Testi adı verilen bir yöntemle karşılaşılmıştır. “... olsa ne olurdu” soruları kritik noktaların belirlenmesi konusunda yardımcı olmaktadır (Chopra ve Sodhi, 2004). Bu yöntemle yöneticiler tedarik zinciri üzerine çeşitli değerler biçerek her risk potansiyelinin derinine inebildikleri gibi, firmanın bu risklere ne derece hazırlıklı olduğunu da test edebilmektedirler. Daha sonra bu belirlenen kritik noktalara odaklanılarak sistemin dar boğazları tespit edilebilmektedir.

Yapılan literatür araştırması sonucu tedarik zincirinde problemlerin üzerine giderken izleyebileceğimiz bir kavramsal model oluşturulmuştur (Ek 2).

4.2 Sistemin kavramsal modeli

Sistemin Kavramsal Modeli, seçilecek olan stok kalemlerinin inovatif veya fonksiyonel ürün olarak sınıflandırılmasıyla başlar. Modele göre kritik noktalara ulaşabilmek için ürün sınıflarına göre ayrı stres testleri uygulanacaktır. Kritik noktaların analizleriyle darboğazlar belirlenecek ve bu darboğazlara uygun çözüm önerileri geliştirilecektir. Her öneri farklı modeller geliştirilerek analiz edilecek ve böylece ulaşılabilecek gelişmeler görülebilecektir.

4.2.1 Kavramsal modelin girdi ve çıktıları

Geçmiş satış verileri ve talep tahmin doğruluğu seviyeleri ürün sınıflandırılması için kullanılacağından kavramsal modelin ilk girdileridir. Ardından, kritik noktaların belirlenmesi aşamasında stres testi yapılırken önceden oluşturulan değer zinciri haritaları girdi olarak kullanılacaktır. Bulunan kritik noktalar ve bu kritik noktalarla ilgili çalışanlardan edindiğimiz bilgiler darboğaz belirleme aşamasına girdi olacaktır.

Projenin asıl amacı tedarik zincirinin talebe cevap verebilirliğini artırabilmek için darboğazların tespit edilerek onlara uygun öneriler geliştirilmesi ve ne kadar gelişme sağlanabileceğinin görülmesi olduğu için şirkete katma değer sağlayabilecek çeşitli öneriler getirilecektir. Çıktı olarak, ham maddelerin tedarik sürelerini kısaltılması ve daha çevik bir tedarik zincirine ulaşmak için yaratıcı fikirler sunulması amaçlanmaktadır.

5. Sistem Adımları

5.1 ABC analizi

İleride yapılacak analizler için hangi ürünlere odaklanılacağını belirlerken ABC analizinden yararlanılmıştır. Öncelikle stok kalemleri üretildikleri hatlara göre 8 gruba ayrılmıştır. Bu gruplandırma sistemde esneklikleri ve üretim tipleri birbirine benzeyen hatların aynı gruba gireceği düşünülerek yapılmıştır. Bu 8 grup için ayrı ABC analizleri yapılmış ve şirket danışmanları ile yapılan görüşmelerle ABC analiziyle bulunan A ve B sınıfı stok kalemleri içinden odaklanılacak olanlar seçilmiştir. Böylece 12 adet A, 13 adet B ve 5 adet gelecek sene satışa çıkacak olan inovasyon stok kalemi belirlenmiştir. Bu ürünlerin tedarik zincirlerindeki kritik noktalara gidilebilmesi için hepsinin değer zinciri haritaları çıkarılmıştır.

5.2 Değer zinciri haritası

Değer Zinciri Haritası ham maddelerin tedarik edilmesinden başlayıp stok kalemlerinin üretilmesinin ardından depolara dağıtılma sürecini içermektedir. Her bir stok kalemi için kullanılan ham maddeler ve tedarikçileri, teslim süresi, ham maddeler için tutulan envanter miktarı ve servis seviyesi haritanın ilk kısmında gösterilmektedir. Ayrıca ham maddeden kaynaklı yaşanan kayıp satış miktarı da harita

üzerinde belirtilmiştir. Bir değer zinciri haritası örneği Ek 3'te görülebilir. Bu haritaların yardımı ile bütün süreç ayrıntılı olarak incelenebilmiş ve sistemin dar boğazları daha kolay tespit edilmiştir.

5.3 Stok kalemlerinin sınıflandırılması

Sistemim ilk adımı stok kalemlerinin hangi ürün sınıfına girdiğine karar verilmesidir. Bunun için stok kalemlerinin geçmiş satış verilerinin incelenmesi gereklidir.

- Eğer bir stok kalemi 3 ay – 1 yıl arası bir süreyle satışta bulunuyorsa, talep belirsizliği yüksek ise ve ortalama stok dışı kalma oranı önemli derecelerdeyse, bu stok kalemi “inovatif” ürün sınıfına girer.
- Eğer bir stok kalemi 1 yıldan uzun süredir satıştaysa, talep tahmin doğruluğu iyi seviyedeysen ve talep belirsizliği azsa, bu stok kalemi “fonksiyonel” ürün sınıfına girer.

30 stok kalemi bu açılardan incelendiğinde, 11 tanesinin inovatif 19 tanesinin de fonksiyonel ürün sınıfına girdiği görülmüştür. Algida'nın fonksiyonel ürünleri Max Stick Ailesi gibi uzun süredir satışta olan ve talep tahmin hatası düşük olan ürünler iken inovatif ürünleri Carte D'or Patisserie Baklava gibi satışa yeni girmiş bu yüzden de talep tahmin doğruluğu düşük olan ürünlerdir.

5.4 Stres testi

Stok kalemlerinin ürün sınıfları belirlendikten sonra kritik noktalara ulaşabilmek için sınıflara özgü “...olursa ne olur” soruları sorulmalıdır. Talep Planlama, Satış Planlama ve Satınalma takımlarıyla birlikte yapılan toplantıda belirli sorular sorularak kritik noktalar belirlenmeye çalışılmıştır.

- Inovatif ürünler için tedarik ve üretim süreleri, tedarikçi esnekliği, üretim kapasitesi kısıtları ve envanter seviyelerinin göz önünde bulundurulması önemlidir.
- Fonksiyonel ürünler için ham madde taşıma süreleri, genel üretim süreci, envanter stok seviyeleri ve talep tahmin doğruluğunun göz önünde bulundurulması önemlidir.

Sorgulanması gereken ana konular belirlendikten sonra, toplantıda şirketle beraber 30 ürünün tamamı üzerinden geçilerek belirli sorular sorulmuştur. Örnek olarak, bir fonksiyonel ürün için “Emniyet stoğunu haftalık 150 kg'dan 100 kg'a indirseydik, ne olurdu?” gibi sorular yöneltilmiştir.

Stres testi sonucunda, bu 30 ürün ve onların değer zinciri haritalarındaki kritik noktaların tümü tanımlanmıştır.

5.5 Darboğazların belirlenmesi

Tüm kritik noktalar tanımlandıktan sonra, bu noktalar başka bir toplantıda yine Talep Planlama, Üretim Planlama ve Satın alma

takımlarıyla daha derine inerek incelenmiştir. Bu süreçte, bulunan kritik noktalarla ilgili yaşanan problemlere bakılmış ve problemin tedarikçiden mi, üretimden mi, stoklardan mı yoksa dağıtımdan mı kaynaklandığı araştırılmıştır. Bu çalışmayla darboğazlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Tedarikçilerin üretim planlarındaki değişikliklere karşı esnek olmaması
- Belirli ham maddelerin tüm Unilever dondurma fabrikalarına tedariki konusunda yapılmış küresel anlaşmalar; bunun yol açtığı yüksek tedarik süreleri
- Tedarikçilerle yaşanan iletişim problemleri
- İkame edilebilir ham maddelerin eksikliği, belirli ham maddeler için standardizasyonun olmaması; dolayısıyla otaya çıkan yüksek stok seviyeleri

5.6 Geliştirilen öneriler ve finansal analizleri

Değer zinciri haritalarının analizleri ve yapılan toplantılarla ortaya çıkan darboğazların belirlenmesinden sonra çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Tedarik zincirinde talebe cevap verebilirliğin artırılması adına, yüksek temin sürelerinin azaltılabilmesi için ithal edilen belirli ham maddelerin yerli tedarikçilerden sağlanmasını hedefleyen “Lokalizasyon” önerisi geliştirilmiştir. “Standardizasyon” önerisiyle ise farklı ham maddeler ya da paketleme malzemelerinin ortaklaştırılması, bu sayede sistemin esnekliğinin artırılması ve emniyet stoğu seviyelerinin düşürülmesi amaçlanmıştır. “Ortak Ham Madde Deposu” önerisi ise Konya ve Çorlu fabrikalarının ham maddelerinin iki ayrı depo yerine tek bir depoda tutulması ve böylece toplam stok seviyelerinin düşürülmesi esasına dayanır.

5.6.1 Standardizasyon ve lokalizasyon önerileri

Standardizasyon ve lokalizasyon önerileri dahilinde, mevcut durumdaki emniyet stok seviyesini ve önerilen sistemle ulaşılabilecek yeni stok seviyesini hesaplayacak bir modele ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla Gazete Satıcısı (Newsvendor) modeli örnek alınmıştır. Bu model belirli bir servis seviyesi için stok tükenmesi olasılığını en aza indirdiğinden projenin ana amacıyla örtüşmektedir. Modelde periyodik stok kontrolü kullanıldığı ve siparişin stoğu belirli bir seviyeye çıkartacak miktarda verildiği varsayılmıştır. Bu periyodik sipariş miktarının hesaplanmasında $Q=(L')*\mu + Z_{\alpha}*\sigma'$ formülü kullanılmıştır. Formülde $(L')*\mu$ üretim esnasında kullanılan miktar iken $Z_{\alpha}*\sigma'$ emniyet stoğunu göstermektedir. Modelde, 2009, 2010 ve 2011 haftalık satış verileri girdi olarak kullanılmıştır. Yıllık büyüme etkisinin ortadan kaldırılabilmesi için bu üç yılın haftalık satış verileri kendi yıllarının ortalama satışları ile normalize edilmiştir. Daha sonra her haftanın üç yıllık normalize edilmiş satışları haftalık ortalama satışlar ve

varyansların hesaplanmasında kullanılmıştır. Servis seviyesi $Z_{\alpha} * \sigma'$ değerinin içindeki α ile modele dahil edilmiştir. σ' ile gösterilen standart sapma, planlama dönemindeki haftaların varyanslarının toplamının karekökü alınarak bulunmuştur. Böylece planlama dönemini kapsayacak şekilde haftalık emniyet stoğu ve yıllık ortalama emniyet stoğu değerleri hesaplanmıştır. Mevcut durum ile standardizasyon ve lokalizasyon yapılırca oluşacak durum modele yerleştirilip %95 servis seviyesinde gelişmeler hesaplanmıştır.

Bunlara ek olarak gün cinsinden ortalama stok tutma süresindeki (Days on Hand) gelişmeyi görebilmek için ilgili ham maddenin ortalama yıllık stok maliyetini Algida'nın bir yıllık toplam stok maliyetine bölünmesi gerekmiştir. Böylece önerinin tüm Algida stokları üzerinde sağladığı gelişme görülmüştür.

Belirli hammaddeler için geliştirilen standardizasyon ve lokalizasyon önerileri ve yapılan finansal analizleri aşağıda verilmiştir.

Kap – Kapak Standardizasyonu: Mevcut durumda Carte D'or Selection ve Carte D'or Patisserie Ailelerinin kap-kapaklarının şekil ve boyutları aynı olmasına rağmen etiketleri farklı olduğundan her biri farklı paketlenme ham maddesi olarak alınmaktadır. Pazarlama departmanı ile yapılan görüşme ardından sadece kaplarda standardizasyon yapılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. Kap standardizasyonu yapılması bir yatırım gerektirmemektedir ve bu sebeple şirket tarafından uygulanmasına karar verilmiştir. Bu öneri sonucu gözlenen ortalama emniyet stoğu ve ortalama stok tutma sürelerindeki değişimler aşağıda verilmiştir:

Tablo 1. Kapta standardizasyonun sonuçları

| | Carte D'or Selection Ailesi | Carte D'or Patisserie Ailesi | Carte D'or Sel. ve Patis. Aileleri birlikte |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|---|
| Ortalama Emniyet Stoğunda Azalma | %2 | %8 | %16 |
| Mevcut Stok Tutma Süresi (gün) | 0,082 | 0,031 | 0,113 |
| Geliştirilen Stok Tutma Süresi (gün) | 0,08 | 0,028 | 0,095 |

Kap – Kapak Lokalizasyonu: Mevcut durumda Carte D'or Selection ve Carte D'or Patisserie Ailelerinin kap ve kapakları ithal edilmektedir. Bu ham maddeler için Türkiye'de bir tedarikçi ile anlaşılması durumunda tedarik süresinin 8 haftadan 4 haftaya düşeceği tahmin edilmektedir. Kap ve kapaklar için lokalizasyon yapılması

sonucu çıkan ortalama emniyet stoğu ve ortalama stok tutma sürelerindeki değişmeler aşağıda verilmiştir:

Tablo 2. Kap-kapakta lokalizasyonun sonuçları

| | Carte D'or Sel. ve Patis. Aileleri birlikte |
|---|---|
| Ortalama Emniyet Stoğunda Azalma | %33 |
| Mevcut Stok Tutma Süresi (gün) | 0,113 |
| Geliştirilen Stok Tutma Süresi (gün) | 0,076 |

Türkiye'deki kap ve kapak tedarikçilerinin Algida ürünlerinde kullanılan gömülü etiketli kapları üretmek için gereken teknolojileri olmadığından bu öneri kapsamında Türkiye'de bir tedarikçiye yatırım yapılması gerekmektedir. Ortalama yatırım bedelinin 1 milyon € civarında olması beklenmektedir. Bu yatırım sonrası 3 yıllık tahmini miktar için kap-kapak birim fiyatına amorti edilmiş şekilde fiyat karşılaştırması yapıldığında ise, mevcut ithal ambalajlara göre kaplarda yaklaşık 48,000 € ekstra maliyet; kapaklarda ise 12,000 € civarında bir kazanç imkânı olduğu görülmüştür. Yani kap-kapak toplamında lokalizasyon projesi şimdiki duruma göre fazladan maliyet getirmektedir. Bu sebeple, şu anki satışlarla bu yatırımın geri dönüş süresi istenilenden uzun olmaktadır ancak satışların artması durumunda uygulanabileceği şirket tarafından belirtilmiştir.

Kap Standardizasyonu & Lokalizasyonu: Carte D'or Selection ve Carte D'or Patisserie Ailelerinin kapları için hem standardizasyon hem de lokalizasyon yapılması durumunda ortaya çıkan ortalama emniyet stoğu ve ortalama stok tutma sürelerindeki azalmalar değişmeler verilmiştir:

Tablo 3. Kapta standardizasyon ve lokalizasyonun sonuçları

| | Carte D'or Sel. ve Patis. Aileleri birlikte |
|---|---|
| Ortalama Emniyet Stoğunda Azalma | %44 |
| Mevcut Stok Tutma Süresi (gün) | 0,113 |
| Geliştirilen Stok Tutma Süresi (gün) | 0,063 |

Çubuk Standardizasyonu: Algida ürünlerinin çubukları tedarikçiler tarafından üzerlerine belirli işaretler yakılarak baskılanmakta ve Unilever tarafından farklı ham maddeler olarak görülmektedir. Bu çubuklardan 93 mm uzunluğunda olanların standardizasyon yapılarak üzeri baskısız çubuk olarak tedarik edilip Algida fabrikasına alınacak bir baskı makinesiyle baskılanması önerisi geliştirilmiştir. Bu öneri ile ortaya çıkan ortalama emniyet stoğu ve ortalama stok tutma sürelerindeki azalmalar aşağıda verilmiştir:

Tablo 4. Çubukta standardizasyonun sonuçları

| | Max Sticks Ailesi |
|---|-------------------|
| Ortalama Emniyet Stoğunda Azalma | %13 |
| Mevcut Stok Tutma Süresi (gün) | 0,39 |
| Geliştirilen Stok Tutma Süresi (gün) | 0,34 |

Bu öneriye göre Algida fabrikasına baskı makinesi alınması için ortalama 40,000 € yatırım yapılması gerekmektedir. Baskılı çubuğun mevcut birim maliyeti 0,0023 € iken standardizasyon sonrası baskısız çubuğun maliyeti 0,0020 € olacaktır. Ancak ek olarak bakım giderleri, vergiler, operasyon maliyetleri ve yıpranma payı faktörleri de göz önünde bulundurulduğunda başlangıç maliyetinin kendisini 0,7 yılda amorti edebileceği görülmüştür. Karlı bir yatırım olacağı görüldüğünden şirket çubuk baskı makinesi almaya karar vermiştir.

5.6.2 Ortak ham madde deposu önerisi

Ortak Ham Madde Deposu önerisinde Konya ve Çorlu fabrikalarının hammaddelerini çekecekleri ortak deponun lokasyonunun tespit edilmesi için bir p-ortanca (p-median) lokasyon modeli geliştirilmiştir ve bu model bir Excel eklentisi olan Solver ile optimize edilmiştir. Bu model talep ağırlıklı ortalama uzaklığı minimize etmeye çalışmaktadır. Modelin parametreleri ve karar değişkenleri şöyledir:

$I = \{\text{Çorlu, Konya}\}$ talep noktaları seti

$J = \{\text{Çorlu, İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Bilecik, Eskişehir, Afyon, Konya}\}$ olası depo lokasyonları seti

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ lokasyonundaki talep noktası } j \\ & \text{noktasındaki depoyu kullanıyorsa} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer depo } j \text{ lokasyonunda kurulduysa} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

d_{ij} = i lokasyonu ile j lokasyonu arasındaki en kısa mesafe
 p = kurulacak depo sayısı (1 olarak kabul edilmiştir.)
 a_i = i lokasyonundaki talep miktarı (Konya ve Çorlu fabrikaları için tahmini 2013 ham madde ihtiyaçları)
 p-ortanca modeli aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$\begin{aligned}
 \text{Min.} \quad & \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^8 a_i d_{ij} x_{ij} \\
 \text{k.s.} \quad & \sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \\
 & \sum_{j \in J} y_j = 1 \\
 & x_{ij} \leq y_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \\
 & x_{ij} \in \{0,1\}, y_j \in \{0,1\}
 \end{aligned}$$

Bu model Excel Çözücünde eniyileme edildiğinde Ortak Ham Madde Deposu lokasyonu Çorlu olarak bulunmuştur. Bunun nedeni Çorlu fabrikasının kapasitesinin daha büyük olmasıyla daha fazla üretim yapması; daha fazla ham madde kullanmasıdır. Bu çözüme göre ithal ham maddeler önce Çorlu'daki depoya getirilecek, Konya'ya ise Çorlu'dan çekilecektir. Böylece toplam stok seviyelerinin iki farklı depo kullanılması durumundan daha düşük olacağı görülmüş, şirket tarafından mantıklı bulunmuştur.

6. Sonuçlar

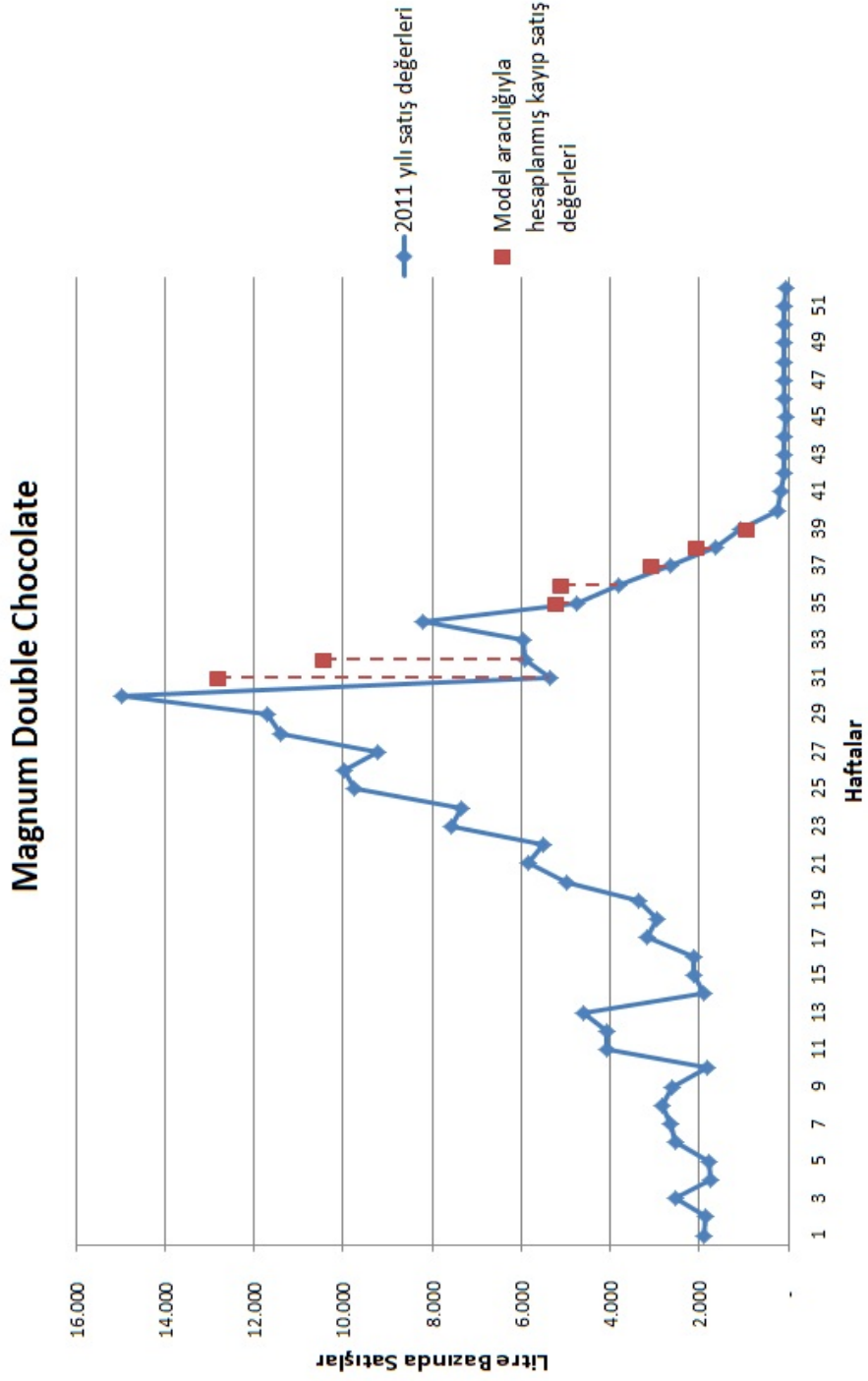
Yapılan analizler sonucu kayıp satışa sebep olan darboğazlardan uzun tedarik süreleri ve birbirini ikame edebilecek ham maddelerin mevcut olmaması durumları geliştirilen önerilerle çözülmeye çalışılmıştır. Öneriler için yapılan maliyet analizleriyle ise fizibiliteler araştırılmıştır. Şirketle yapılan görüşmelerde kap standardizasyonunun maliyetli olmaması sebebiyle uygulamaya alınmasına karar verilmiştir. Çubuk standardizasyonunun kısa vadede maliyetini karşılayabilecek bir çözüm olduğu görüldüğünden, gerekli makinenin alınmasına karar verilmiştir. Ortak Hammadde Deposu önerisi Lojistik Departmanı tarafından mantıklı bulunmuş, Konya fabrikası için gerekli hammaddelerin Çorlu'da kurulacak bir depodan çekilmesinin tedarik maliyetlerini azaltacak bir çözüm olacağı konuşulmuştur. Bunun yanında kap – kapak lokalizasyonu kısa vadede ekstra maliyetle sonuçlanıyor görünse de tedarik süresini 8 haftadan 4 haftaya indireceği göz önünde bulundurularak uzun vadede birim maliyetlerde azalmayla karlı bir çözüm olabileceği düşünülmektedir. Böylelikle elde edilecek daha kısa tedarik süreleriyle ve standardizasyonun sağlayacağı esneklikle tedarik zincirinin talebe cevap verebilirliği artmış ve daha çevik bir sistem geliştirilmiştir.

KAYNAKÇA

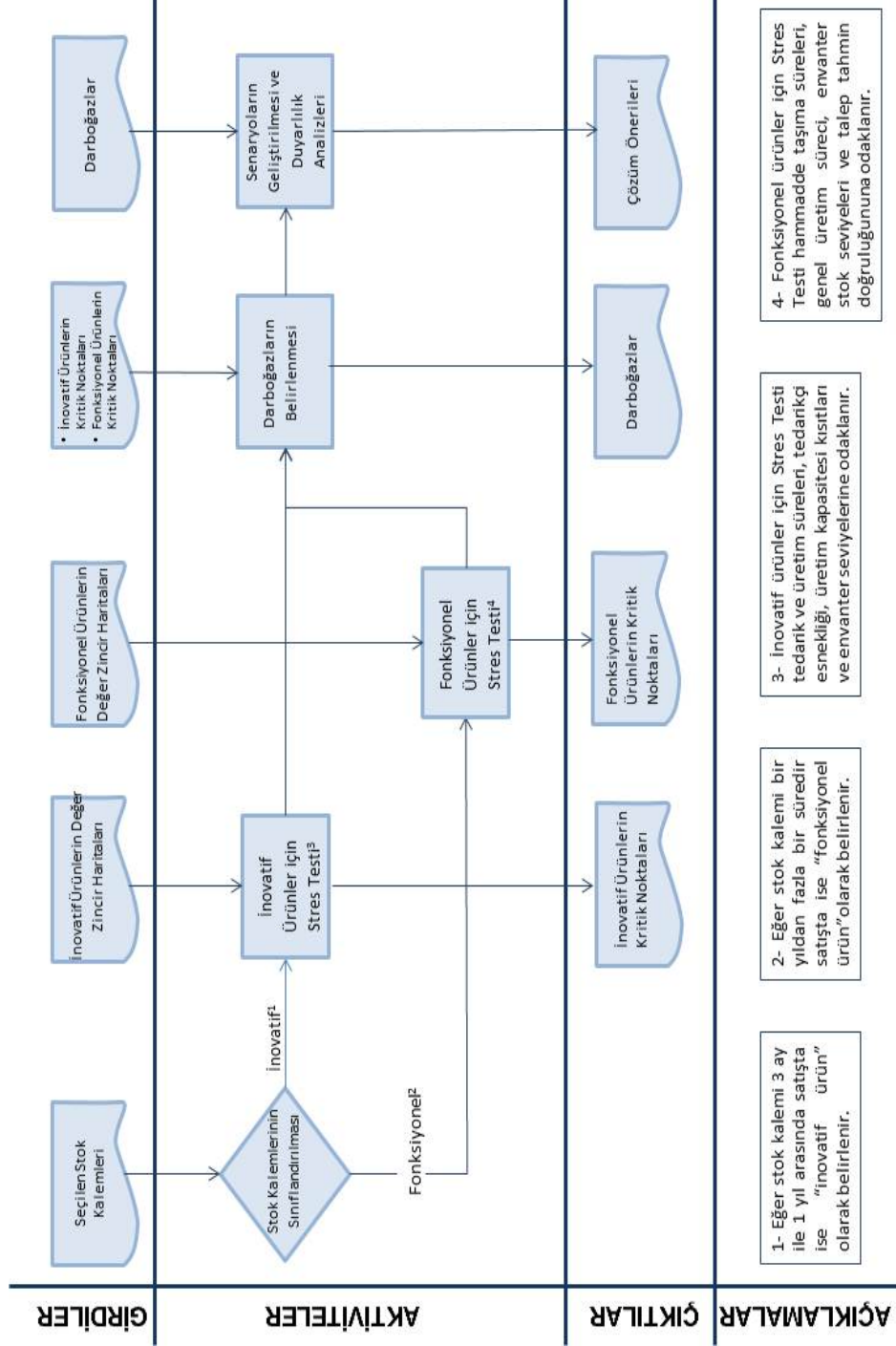
- 21food 2009, Overview of Turkish Ice Cream Market, <http://www.21food.com/news/detail20371.html>. Son erişim tarihi: 13 Ocak 2012
- Bloomberg 2011, Unilever Will Build Turkish Ice-Cream Plant for \$100 Million, <http://www.bloomberg.com/news/2011-07-21/unilever-will-build-turkish-ice-cream-plant-for-100-million.html>. Son erişim tarihi: 13 Ocak 2012
- Chopra, S., Mohan M., Sodhi S. 2004. "Managing Risk To Avoid Supply-Chain Breakdown". *MITSloan Management Review*, 48(1)
- Conrad, S. A. 1976. "Sales Data and the Estimation of Demand".. *Palgrave Macmillan Journals*, 27(1)
- Fisher, M. 1997. "What is the right supply chain for your product?" *Harvard Business Review*.
- Huh, W.T., Rusmevichientong P. 2007 "A Non-Parametric Asymptotic Analysis of Inventory Planning with Censored Demand". *Columbia University*
- Hürriyet Daily News 2010, Ice Cream Consumption Grows by a third in 2010, <http://www.hurriyetdailynews.com/default.aspx?pageid=438&n=ice-cream-sales-grow-by-third-in-2010-2010-06-17>. Son erişim tarihi: 13 Ocak 2012
- Minitab Users Guide, Distribution Analysis, <http://www.math.ntnu.no/~bo/TMA4275/Download/15.Distribution.Analysis.pdf>. Son erişim tarihi: 13 Aralık 2011
- WCU Courses, The Normal Approximation to the Binomial and Poisson Distributions, http://courses.wcupa.edu/rbove/Berenson/10th%20ed%20CD-ROM%20topics/section6_5.pdf. Son erişim tarihi: 13 Ocak 2012
- Wong, C. Y., Johansen, J., Hvolby, H.H., Arlbjørn, J.S. 2006, "Assessing responsiveness of a volatile and seasonal supply chain: A case study" *International Journal of Production Economics*, 104(2)

EKLER

Ek 1. Minitab ile Sağdan Kesilmiş Satış Analizi Örneği



Ek 2. Kavramsal Model



Ek 3. Değer Zincir Haritası

