

**BİLKENT ÜNİVERSİTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**ENDÜSTRİ PROJELERİ
2010**

Derleyenler

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu

Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara

Yrd. Doç. Dr. Osman Alp

Yeşim Erdoğan

Düzenleme Kurulu:

- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu *Bilkent Üniversitesi*
- Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Osman Alp *Bilkent Üniversitesi*
- Yeşim Erdoğan *Bilkent Üniversitesi - USİM*
- Gökçe Akın *Bilkent Üniversitesi*
- Zehra Pelin Elaldı *Bilkent Üniversitesi*
- Fevzi Yılmaz *Bilkent Üniversitesi*

ISBN: 978-975-6090-54-1

BASKI: Meteksan Matbaacılık, Mayıs 2010.

Değerlendirme Kurulu:

- Yrd. Doç. Dr. Osman Alp *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Altın Kayhan *TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi*
- Prof. Fulya Altıparmak *Gazi Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır *Bilkent Üniversitesi*
- Prof. Dr. Adil Baykasoğlu *Gaziantep Üniversitesi*
- Prof. Ömer Baykoç *Gazi Üniversitesi*
- Yrd. Dr. Burçin Bozkaya *Sabancı Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Muhittin Hakan Demir *İzmir Ekonomi Üniversitesi*
- Prof. Dr. Türkay Dereli *Gaziantep Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Hakan Gültekin *TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Evrim Didem Güneş *Koç Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Sinan Gürel *ODTÜ*
- Bilgehan Gürlek
- Prof. Dr. Ülkü Gürler *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Çağrı Haksöz *Sabancı Üniversitesi*
- Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara *Bilkent Üniversitesi*
- Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Kemal Kılıç *Sabancı Üniversitesi*
- Doç. Dr. Ceyda Oğuz *Koç Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Banu Yüksel Özkaya *Hacettepe Üniversitesi*
- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu *Bilkent Üniversitesi*
- Doç. Dr. Müjgan Sağır *Osmangazi Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Sibel Salman *Koç Üniversitesi*
- Doç. Dr. Aslı Sencer Erdem *Boğaziçi Üniversitesi*
- Bülent Sönmez *Kılıç*
- Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Çiğdem Alabaş Uslu *Maltepe Üniversitesi*
- Doç. Dr. Hande Yaman *Bilkent Üniversitesi*
- Doç. Dr. Emre Alper Yıldırım *Bilkent Üniversitesi*

İÇİNDEKİLER

Önsöz-----	i
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan-----	ii
Firmalardan-----	iii
Etkili filo yönetimi için karar destek sistemi tasarımı Alp Özler Nakliyat -----	1
Montaj hattında esneklik ve verim artıran karar destek sistemi tasarımı Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi -----	18
Çamaşır makinesi fabrikası iç lojistik aktivitelerinin optimize edilmesi BSH Ev Aletleri A.Ş-----	33
CCI-Ankara için <i>Ofis</i> satış kanalının tasarlanması Coca-Cola İçecek A.Ş-----	48
CCI-Ankara için talep toplama sistemi tasarımı Coca-Cola İçecek A.Ş-----	65
Evsel atık toplama ve depolama için karar destek sistemi tasarımı Çankaya Belediyesi -----	81
Şikâyet yönetim sistemi tasarımı Çankaya Belediyesi -----	97
Proje bazlı depo yönetim sistemi tasarımı FNSS Savunma Sistemleri A.Ş-----	112
Craiova-Romanya fabrikası için malzeme toplama sistemi tasarımı Ford Otosan -----	126
Hasta danışmanlığı süreci için kapasite kaynak planlaması Ankara Güven Hastanesi -----	140
Toptancılarda satın alma ve envanter yönetimi için karar destek sistemi tasarımı Intel Türkiye -----	156

Mürettebat atama ve çizelgeleme sistemi tasarımı Kamil Koç Otobüsleri A.Ş -----	172
İskelet proses analizi ve dengeli iş yükü dağıtımı MAN Türkiye A.Ş -----	188
Kurumsal karne uyarlaması ile bireysel performans değerlendirmesi MİKES A.Ş -----	202
Yedek parça envanteri karar destek sistemi tasarımı MİKES A.Ş -----	203
Fluence modeli için kapı imalat hücrelerinde süreç tasarım ve optimizasyonu Oyak Renault-----	218
Üretim planlama stratejileri geliştirme ve analiz sistemi tasarımı TOFAŞ-----	234
Planlı bakım aktivitelerinin geliştirilmesi ve tasarımı Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş-----	250
Yalın Üretim'e doğru: Süpermarket sistemi tasarımı Ulusoy Elektrik A.Ş-----	266
Algida tedarik zincirinde karbon ayak izinin ölçümü ve azaltılması Unilever Türkiye -----	281
Mağaza aktivite elemanları rota optimizasyonu Unilever Türkiye -----	296

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
Üniversite-Sanayi İşbirliği Programı, TTGV desteği ile
yürütülmektedir.

Bugüne kadar bu programa katkıda bulunan kurumlar:



**2009-2010 döneminde bu programa katkıda bulunan kişilere
teşekkür ederiz...**

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Osman Alp
Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır
Yrd. Doç. Dr. Savaş Dayanık
Figen Eren
Prof. Dr. Nesim Erkip
Yrd. Doç. Dr. Murat Fadiloğlu
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Prof. Dr. Ülkü Gürlü
Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara
Doç. Dr. Oya Ekin Kardeş
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
Doç. Dr. Hande Yaman
Doç. Dr. Emre Alper Yıldırım

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Üniversite-Sanayi İşbirliği Merkezi - USİM

Yeşim Erdoğan

İş Dünyası

Ali Osman Yücel	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Alper Gece	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Ceyhun Gece	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Dursun Gece	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Emin Haktanıyan	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Ergin Konaş	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Fatih Akşin Gece	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Mehmet Kayabaş	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Mücahit Gece	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Okan Kalcı	<i>Alp Özler Nakliyat</i>
Burcu Mühürçüoğlu	<i>Arçelik A.Ş</i>
Güney Özaltan	<i>Arçelik A.Ş</i>
Koray Okur	<i>Arçelik A.Ş</i>
Korkut Anapa	<i>Arçelik A.Ş</i>

Korhan Gökçay	<i>BŞH Ev Aletleri A.Ş</i>
Murat Yücel	<i>BŞH Ev Aletleri A.Ş</i>
Oktay Cankılıç	<i>BŞH Ev Aletleri A.Ş</i>
Savaş Tat	<i>BŞH Ev Aletleri A.Ş</i>
Ali Tekin	<i>Çankaya Belediyesi</i>
Bülent Tanık	<i>Çankaya Belediyesi</i>
Çözüm Merkezi Çalışanları	<i>Çankaya Belediyesi</i>
Deran Atabey	<i>Çankaya Belediyesi</i>
Eser Atak	<i>Çankaya Belediyesi</i>
H. Savaş Yorgancı	<i>Çankaya Belediyesi</i>
Hüseyin Ateş	<i>Çankaya Belediyesi</i>
Şenol Genç	<i>Çankaya Belediyesi</i>
Behzat Sökmen	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Çetin Özataç	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Ender Kudiaki	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Murat Aslanbulut	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Oğuzhan Aksoy	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Özgür Güner	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Tamer Uysal	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Tansel Taysi	<i>Coca-Cola İçecek A.Ş</i>
Ahmet Tekin	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Ambar Personeli	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Ayşe Yanıkömer	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Cem Erkan	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Figen Bozkurt	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Kenan Yatkin	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Nafiz Kurt	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Nur kılınç	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Sinan Yıldırım	<i>FNSS Savunma Sistemleri A.Ş</i>
Haluk Aşar	<i>Ford Otosan</i>
Özlem Demir	<i>Ford Otosan</i>
Zeynep Karagenc	<i>Ford Otosan</i>
Banu Küçükkel	<i>Ankara Güven Hastanesi</i>
Ertan Halaç	<i>Ankara Güven Hastanesi</i>
Levent Yeşil	<i>Ankara Güven Hastanesi</i>
Mehmet Emin Erginöz	<i>Ankara Güven Hastanesi</i>
Mehmet Gürbüz	<i>Ankara Güven Hastanesi</i>
Nükhet Küçükkel	<i>Ankara Güven Hastanesi</i>
Adem Doğan	<i>Intel Türkiye</i>
Okan Vulas	<i>Intel Türkiye</i>
Orhan Gencil	<i>Intel Türkiye</i>
Erol Aydın	<i>Kamil Koç Otobüsleri A.Ş</i>
Kemal Erdoğan	<i>Kamil Koç Otobüsleri A.Ş</i>

Mehmet Türkyılmaz
Niyazi Ünügür
Okan Tokyay
Taner Sezer
Ceylan Ece Usluel
Münür Yavuz
Osman Yıldız
Belgin Ezer
Cansu Terakye
İrem Torun
Kemal Emre Ergül
Murat Selam
Sevinç Ateş
Çiğdem Zeytin Derin
Erkan Üçdal
Bora Büyük
Fatih Ercan
Kenan Candar
TAI Bakım Ekibi
Altay Kermooğlu
Bülent Sönmez
Galip Arbak
Uğur Gökçe
Emrah Bölük
Emre Göroğlu
Seda Alp
Sıla Kurt
Taner Kandemir
Uğur Göksel

Kamil Koç Otobüsleri A.Ş
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş
MAN Türkiye A.Ş
MAN Türkiye A.Ş
MAN Türkiye A.Ş
MİKES A.Ş
MİKES A.Ş
MİKES A.Ş
MİKES A.Ş
MİKES A.Ş
MİKES A.Ş
Oyak Renault
Oyak Renault
Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş
Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş
Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş
Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş
TOFAŞ
Ulusoy Elektrik A.Ş
Ulusoy Elektrik A.Ş
Ulusoy Elektrik A.Ş
Unilever Türkiye
Unilever Türkiye
Unilever Türkiye
Unilever Türkiye
Unilever Türkiye
Unilever Türkiye

ÖNSÖZ

Bu kitap, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Üniversite-Sanayi İşbirliği Programı çerçevesinde 2009-2010 öğretim yılında gerçekleştirmiş olan sanayi projelerinin bazılarının özetlerini kapsamaktadır. Bu program, 16 yıl önce sistem tasarımı derslerinin (bitirme projelerinin) sanayi projelerine dönüştürülmesi ile başlatılmıştır. Bu süre içerisinde 57 şirketle toplamda 249 proje gerçekleştirilmiştir.

Endüstri Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerinden oluşan proje ekipleri firma ve üniversite danışmalarının katkılarıyla firmanın belirlediği gerçek problemleri çözmektedirler. Yapılan bu projeler firmanın kullandığı bir ürün, yöntem veya hizmet şeklinde ilgili firmaya önemli yarar ve katma değer sağlamaktadır.

2002-2003 öğretim yılında yapılan projeleri sanayimizin seçkin kuruluşları ile paylaşmak, çeşitli sektörlerden gelen farklı firmaların birbirleriyle ve üniversite ile olan etkileşimini artırmak amacı ile Bilkent Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nı başlattık. Bu paylaşımı daha kalıcı ve yaygın kılmak için de "Endüstri Projeleri" kitabı serisini hazırlamış bulunmaktayız. Bu kitapta 2009-2010 öğretim yılında yapılan projelerden seçilenler, gizlilik ilkesine bağlı kalınarak özet halinde sunulmaktadır.

Kitaba girecek olan projelerin seçim aşamasında desteklerini esirgemeyen "Değerlendirme Kuruluna" ve fuar jürisinde görev alan Prof. Dr. Nesim Erkip (Bilkent Üniversitesi), Esra Tantekin Akgün (Arçelik), Cemal Akyel (Microsoft), Mehmet Şakir Güvendi (McKinsey), ve Aydemir Özbek'e (Eczacıbaşı) teşekkür ederiz.

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

İhsan Sabuncuoğlu - Bahar Yetiş Kara - Osman Alp
Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 2008 yılında Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) adlı bağımsız kuruluş tarafından eğitim kalitesini belgeleyen akreditasyonu Türkiye'de ilk alan ve şu anda tek olma özelliği taşıyan mühendislik bölümüdür.

Akreditasyon sürecini üstün başarıyla sonuçlandırmanın kazandırdığı ivme ile, Endüstri Mühendisliği Bölümü **Üniversite-Endüstri İşbirliği** adı altında yeni bir program başlatmış bulunmaktadır. Bu programın ana hedefi son sınıf öğrencilerine kapsamlı ve derinlikli bir mesleki deneyim kazandırmaktır. Bu kapsamda 4-6 kişilik proje ekipleri akademik ve sanayi danışmanlarının gözetiminde firmanın gündemine girmiş olan ve çözüm bekleyen gerçek problemlerini çözmektedirler.

Bu yıl altıncısı düzenlenen Bilkent Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nda bütün bir yılı özveri ile projeleri üzerinde çalışarak geçirmiş öğrencilerimizin 22 farklı çalışması sergilenmektedir. Bu vesileyle, öğrencilerimizi kutlamak ve büyük katkıları olan firma yetkililerine teşekkür etmek istiyorum.

Bir yıl boyunca yoğun ve özverili çalışmalarıyla programın hedeflerine uygun şekilde yürümesinde büyük çabalar ortaya koyan programın koordinatörleri Yrd. Doç. Dr. Osman Alp, Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara hocalarımıza, USİM koordinatörü Yeşim Erdoğan'a ve asistanlarımız Gökçe Akın, Pelin Elaldı ve Fevzi Yılmaz'a ayrıca teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,

İhsan Sabuncuoğlu
Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı

**ALP ÖZLER ULUSLARARASI NAK. TAAH. TİC. LTD ŞTİ.
Genel Müdürü'nden**

ALP ÖZLER ULUSLAR ARASI NAKLİYAT İşletmesi, birçok farklı modelde taşımacılık yapmaktadır. Firmamız Sarayköy' deki yönetim ofisi ve diğer şubelerimizden dünyanın dört bir yanına lojistik hizmet vermektedir. Ankara' da sektörünün öncülerinden olan ALP ÖZLER, 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 “**Etkili Filo Yönetimi için Karar Destek Sistemi Tasarımı**” projesi ile, filo yönetimini daha kolay ve daha verimli bir şekilde gerçekleştirecek bilgi transferi sağlanarak, üniversite-sanayi işbirliğine katkıda bulunulmuştur. Filo yönetimi için harcanan zamanın azaltılması, öz mal araç kullanımındaki karlılığı artırması ve öz mal araçların kullanımı konusunda daha verimli bir karar akışına ulaşılacağı hedeflenmektedir.

Dokuz aylık çalışma döneminde gösterdikleri özverili ve gayretli çalışmalarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü proje ekibini kutlar, bundan sonraki projelerde de birlikte çalışmaktan mutluluk duyar, katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Alper GECE
ALP ÖZLER ULUSLARARASI NAK.
TAAH. TİC. LTD. ŞTİ
Genel Müdürü

ARÇELİK A.Ş. Bulaşık Makinesi İşletmesi Üretim Yöneticisi'nden

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi, 1993'teki kuruluşundan 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 "Montaj Hattında Esneklik ve Verim Artıran Karar Destek Sistemi Tasarımı" projesi ile; çevrim süresi yüksek olan modellerin dar boğaz operasyonları, hat balansı sağlanarak çevrim süresi daha düşük olan modellere yaklaştırılmıştır.

Modeller arasındaki çevrim süresi değişkenliğinin; tasarlanan karar destek sistemi ile optimum operator ve minimum çevrim süresi ile giderilmesi hedeflenmektedir.

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

C. Atıf Güney ÖZALTAN
Arçelik A.Ş.
Ankara Bulaşık Makinesi İşletmesi
Üretim Yöneticisi

BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş Çamaşır Makinası Fabrikası'ndan (FIW)

Bosch ve Siemens Ev Aletleri Grubu, (BSH), dünyanın üçüncü, Avrupa'nın en büyük beyaz eşya üreticisidir. Dünyada 12 markası ile, toplam 42 farklı lokasyonda üretim yapan BSH Grubu'nun en büyük üretim merkezi, Türkiye'de Çerkezköy'de bulunmaktadır.

BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., (BSH-TR), ana markaları Bosch ve Siemens, özel markası Gaggenau ve yerel markası Profilo ile Türkiye beyaz eşya sektörünün lider şirketlerinden biri ve Türkiye'nin 8. büyük yabancı yatırımcısıdır. Müşterilerin, bayilerin, tedarikçilerin ve çalışanların ilk tercihi olmak vizyonu ile yola devam eden BSH-TR, toplumumuzun gelişimine katkıda bulunmak amacıyla, her çalışmamızda topluma daha fazla değer katmayı amaçlamaktadır.

BSH-TR Çamaşır Makinası Fabrikası, (FIW), Çerkezköy tesislerinde bulunan 5 fabrikanın üretim adetleri bakımından en büyüğüdür. FIW proses yönetimindeki başarısını 2008 yılında BSH Production System'de dünya çapında benchmark olarak ve 2009 yılında Total Productive Maintenance , TPM'de Japon JIPM Enstitüsü tarafından TPM Excellence Kategori A ile ödüllendirerek taçlandırmıştır. 2009-10 yılında fabrika iç lojistik aktivitelerini daha da geliştirmeyi hedefleyen fabrika, bu projesi için seçkin ve konusunda uzman öğretim üyesi kadrosu, nitelikli ve iyi eğitilmiş öğrencileri ve Türkiye'de rol model oluşturan Üniversite – Sanayi işbirliği modeli (USIM) ile kendine Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü partner olarak seçmiştir.

“FIW İç Lojistik Aktivitelerinin Optimize Edilmesi” olarak adlandırdığımız işbirliği projemiz, çalışmamızın başında öngördüğümüz amaç, zaman, görev kriterlerini, planladığımız şekilde gerçekleştirerek yüzde yüz başarılı olarak uygulamaya geçmiştir.

Mayıs 2010 tarihi itibarıyla Çamaşır Makinası Fabrikasında iç lojistik aktiviteleri planlaması ve optimizasyonu için Bilkent öğrencileri tarafından yazılan Simulasyon programı kullanılmaktadır. Simulasyon programının çıktıları, seri üretim şartlarında yapılan denemeler ile test edilmiş ve doğrulanmıştır. Bugün itibarıyla projemiz, milkrun araçlarının katettiği yolun azaltılması, kullanılan milkrun araç sayısının azaltılması ve ilgili milkrun sürücü tasarrufu ile sonuçlanan ölçülebilir çıktılar üretmiştir.

Hem elde ettiğimiz bu başarılı sonuç ve firmamıza katkılarından dolayı, hem de Üniversite-Sanayi İşbirliğinde oluşturdukları başarılı rol model ile örnek bir ortak çözüm platformu oluştukları için başta Endüstri Mühendisliği bölüm başkanı ve Proje danışmanı öğretim üyemiz olmak üzere, öğrencilerimize ve USIM koordinasyon grubuna içten teşekkürlerimizi sunuyoruz. İşbirliğimizin daha da artarak devam etmesi temennilerimiz ve saygılarımızla

Korhan GÖKÇAY
BSH – TR
FIW Fabrika Lojistik Yöneticisi

Murat YÜCEL
BSH - TR
Kurumsal Teknoloji Yöneticisi

COCA-COLA İÇECEK A.Ş.’den

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan “At Work” projelerinin şirketimiz Ankara Bölgesi’nde hayata geçirilmesinde ve görülen aksaklıkların iyileştirilmesine yönelik olumlu katkıları olmuştur.

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.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nü, yıllardır süregelen üniversite-cci işbirliği çalışmalarından ve Ankara Bölgesi sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik bu başarılı projelerden ötürü kutluyor, proje sürecinde gösterdikleri gayretli tutum, işi sahiplenişleri ve getirdikleri yenilikçi çözümlerden dolayı proje takımı üyelerine teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Saygılarımızla,
Oğuzhan AKSOY
Alan Satış Müdürü

ÇANKAYA BELEDİYESİ Temizlik İşleri Müdürlüğü'nden

Çankaya Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü olarak her gün 40 hektarlık bir alanı kaplayan Çankaya ilçesinden çıkan 1.000 ton kapasiteli çöpün toplanması ve nakli işlemini gerçekleştirmekteyiz.

Çankaya Belediyesi'nin bu dönem için yönetim anlayışı olarak belirlediği '*Yeni Toplumcu Belediyecilik*' ilkelerinden biri de belediye hizmetlerinin taşeron firmalar tarafından üretilmesi yerine, belediye bünyesinde hizmetlerin yeniden üretilmeye başlanmasıdır. Yeni istihdam yaratmayı ve hizmet kalitesini arttırmayı amaçlayan bu ilke kapsamında, Müdürlüğümüz görevlerinden olan **Çöp Toplama ve Nakli İş**i 2004 yılından itibaren özel bir firma tarafından yapılmakta iken, 2009 yılı içerisinde Yenışehir ve Maltepe bölgeleri Belediye personeli ve ekipmanlarıyla yapılmaya başlanmıştır.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Proje Ekibi ile Yenışehir ve Maltepe bölgelerinden günlük toplanan 110 ton çöpün, toplama ve nakli işinde en verimli zaman, personel ve araç kullanımı için Kapasiteli Yol Rotalama Problemi ile bir karar destek sistemi geliştirildi. Ayrıca, belirlenen bir pilot bölgede, çöp toplama yöntemlerinden biri olan konteyner kullanımı için verimli yer seçiminin yapılması için ayrı bir sistem geliştirildi.

Günümüz kentlerinin en büyük problemlerinden olan Çöp Toplama ve Nakli İşleri için, Müdürlüğümüze bağlı iki bölgede sekiz aylık çalışma döneminde, gerek saha çalışmalarında gerekse akademik bilginin Belediye pratiğine aktarılmasında, gösterdikleri özveri ve gayretten dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Proje Ekibini kutlar, katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Şenol GENÇ
Çankaya Belediyesi
Temizlik İşleri Müdürlüğü
Üst Sorumlusu

ÇANKAYA BELEDİYESİ Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü'nden

Çankaya Belediyesi'nin mevcut Şikayet Toplama ve Değerlendirme Sistemi'ni iyileştirmeyi ve belediyemizin vatandaş ilişkilerini daha etkili bir biçimde yönetmesi için yeni bir şikâyet yönetim sistemi kurmayı amaçlayarak Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ile birlikte bir proje başlattık.

“Çankaya Belediyesi Şikâyet Yönetim Sistemi Tasarımı Projesi” adıyla başlattığımız bu proje boyunca Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenleri, mühendislik uygulamaları, halkla ilişkiler yöntemleri, insan kaynakları planlaması gibi pek çok konuyu içeren kapsamlı bir çalışma yürüttü. Bugün uygulama aşamasına geldiğimiz ve yakın bir gelecekte, belediyemize çeşitli yollarla ulaşan Çankayalılara iletişim konusunda büyük bir kolaylık sağlayacak olan Çankaya Belediyesi Şikâyet Yönetim Sistemi Tasarımı Projesi, müşteri memnuniyeti ile ilgili bir projede bile endüstri mühendisliği uygulamalarının etkin bir biçimde kullanılabilceğinin kanıtı olmuştur. Bu proje endüstri mühendislerinin yalnızca üretim sektöründe değil hizmet sektöründe ve kamunun yerel yönetim kurumlarında da önemli roller alabileceğinin bir göstergesidir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü, yıllardır süregelen üniversite-sanayi işbirliğinin yanı sıra çalışmalarına bir yerel yönetim kurumu olan Çankaya Belediyesi'ni de eklediği için kutluyor, proje süresince gösterdikleri gayretli tutum, işi sahiplenişleri ve getirdikleri yenilikçi çözümlerden dolayı proje takımı üyelerine teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Deran ATABEY
Basın Yayın ve H.İ. Müdürlüğü
Üst Sorumlusu

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş'den

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.; Türk Nurol Holding A.Ş. (%51) ve BAE Systems (%49) tarafınca kurulmuş bir ortaklık girişimi olup, Türk Silahlı Kuvvetleri ile Müttefik Silahlı Kuvvetlerinin kullanımı için paletli ve tekerlekli Zırhlı Muharebe Araç aileleri ile Silah Sistemleri'nin tasarım, üretim ve satışında önder bir kuruluştur.

FNSS kuruluşundan günümüze yapmış olduğu çalışmalar ile gerek paletli gerekse de tekerlekli karmaşık kara muharebe platformlarını tasarlayıp geliştirebilecek alt yapı ve kabiliyete ulaşmış olup farklı ihtiyaçlar çerçevesinde değişik ağırlık sınıflarında araçları geliştirip üretebilecek seviyeye gelmiştir.

Ürün gamındaki artış ve müşteri yelpazemizin genişlemesiyle birlikte bazı süreçlerimizi yeniden inceleme gereği doğmuş, bu doğrultuda FNSS Malzeme Depomuzu daha verimli kullanabilmek adına çalışmalara başlanmıştır. Profesyonel körlüğü yenmek ve pırıl pırıl gençlerimizden de yararlanabilmek amacıyla Bilkent Üniversitesi son sınıf öğrencileri ile birlikte ortak bir proje geliştirilmiş ve ambarımızda uygulanmaya başlanmıştır.

Ortak geliştirilmiş “Proje Bazlı Depo Yönetim Sistemi Tasarımı” projemiz ile FNSS Malzeme Depomuzu daha verimli kullanabileceğimizi düşünmekteyiz..

Projemizde çalışmış olan arkadaşlarımıza hem verdikleri emek, hem çalışmaları süresince şirket kültürümüze sağladıkları uyum , hem de çalışanlarımızla kurmuş oldukları iyi iletişim için teşekkür eder, meslektaşlarımıza çalışma yaşamlarında başarılar dileriz.

Saygılarımızla,

Figen BOZKURT
Malzeme Şefi

FORD OTOSAN Yurt Dışı Tedarik Operasyonları Müdür Yardımcılığı'ndan

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanacak parçaların sevki için Ford Otosan PIM (Parça İhracat Merkezi)'nin devreye alınması ile bir malzeme toplama sistemine ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaca yönelik Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan "Craiova Fabrikası için Malzeme Toplama Sistemi Tasarımı" projesi başarı ile tamamlanmıştır.

Bu proje, eksiksiz zamanında ve istenen kalitede parça tedarikini sağlarken lojistik operasyonları ve maliyetlerini en etkin şekilde yönetmeyi amaçlayan firmamıza önemli bir katkı sağlamıştır. Firmamız bu sistem ile lojistik yönetimi sistematik bir şekilde bir dış kaynağa bağlı kalmaksızın yönetebilecek bir altyapıya ve lojistik firmalarının fiyatlandırma politikalarını analiz edebilecek altyapıya sahip olmuştur.

Değerli katkılarınız ile yapılan yenilikçi ve başarılı projelerinizin devamını dileriz.

FORD OTOSAN A.Ş. olarak, proje çalışmalarını yapan öğrencilere ve kendilerine destek olan ve rehberlik eden öğretim üyelerine teşekkürlerimizi sunarız.

Saygılarımızla,

Gökşen Töre SANCAK
Yurt Dışı Tedarik Opr. Md. Yrd.

Haluk AŞAR
Tedarik Zinciri Yönetimi şefi

Zeynep KARAGENÇ
Tedarik Zinciri Yönetimi Proje Müh.

Özlem DEMİR
Tedarik Zinciri Yönetimi Proje Müh.

ANKARA GÜVEN HASTANESİ'nden

Özel Ankara Güven Hastanesi 36 yıl önce Ankara'da Uz.Dr.Aysun KÜÇÜKEL ve Doç.Dr.Ahmet KÜÇÜKEL tarafından kurulan Türkiye'nin en köklü hastanelerinden biridir. Bu 36 yıl içinde, Türkiye ve dünyada örnek alınan ve referans gösterilen sağlık hizmetimiz ile, sağlık sektöründe marka haline gelmiş bir kuruluşuz. Deneyimli ve uzman kadromuzla, ileri teknolojiyi kullanarak, en yüksek kalitede sağlık hizmetini amaç edinmiş bir misyona sahibiz.

İnsan hayatına değer katmak ve beklentileri aşabilmek için sürekli eğitim, değişim ve gelişim programlarını, etik değerler doğrultusunda uygulamak en önemli hedeflerimiz arasındadır. Hizmetimizin her aşamasında, GÜVEN dolu bir iletişim sağlamak ana felsefemizdir. Sektördeki fırsatları herkesten önce yaratmak, belirlemek ve değerlendirmek için örnek bir sistem kurmak konusunda lider bir kuruluşuz.

Vermiş olduğumuz hizmet kalitemiz, ISO 9001:2000 kalite belgesi ve uluslararası JCI kuruluşu tarafından da akredite edilerek belgelendirilmiştir.

Ölçüm yapmanın temel amaçlarından birinin, kuruluşun performansı hakkında bilgi verecek geçerli ve güvenilir verilerin temin edilmesi olduğu bir gerçektir. Dolayısıyla hasta ve hasta yakınlarımızın ihtiyaçları, beklentileri, tatminleri ve diğer algılamaları ile ilgili toplanacak verilerin, güvenilir ve geçerli olması ve de Hastanemizin performansı ile ilişkilendirilmeleri için sistematik yöntemlerin kullanılması gereği vardır.

Sağlık hizmetleri operasyon yönetimi süreçleri yatan hasta ve ayaktan hasta olmak üzere 2 ana başlıkta toplanmaktadır. Ayaktan hasta hizmetleri ise poliklinik hizmetleri olarak da tanımlanmaktadır. Sağlık hizmetinin önemli bileşenlerinden bir tanesi de hastalarımızın (misafirlerimiz) randevu alma, kayıt işlemlerinin başlangıcı ve sonlandırılması, muayene, tanı, tedavi süreçlerinde yönlendirme ve takip aşamalarını yöneten hasta danışmanlığı görev ve sorumluluklarıdır.

Hastanemiz bünyesinde hastalarımıza poliklinik bölümlerinde verilen hizmetin kalitesinin geliştirilmesi ve kullanılan kaynakların verimliliği için; beklentileri yüksek hasta misafirlerimizin memnuniyetini sağlayacak ve aşacak sistemlerin sürekli gelişimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu projemiz ile, poliklinik hasta danışmanı insan kaynağımızın verimlilik analizi ve optimum kullanımının sağlanarak sürekli gelişime ışık tutacak bir sistem ve bakış açısı hedeflenmektedir.

Hasta ve hasta yakınlarımız ile birebir iletişim kuran çalışanlarımızın çağdaş hizmet kalitesine katkıda bulunmak için, bölüm detayında projenin takibi ve süreçlere bütünsel bakış açısı planlanmış ve bu çalışma başarı ile sonuçlandırılmıştır.

Bilkent Üniversitesi ile olan dostluğumuz, yakın bir gelecekte sağlık sektörünün yanında eğitim sektöründe de, Güven Eğitim ve Sağlık Vakfımız bünyesinde “**Güven Üniversitesi**” yapılanmamız ışığında farklı projelerde işbirliği çalışmaları ile devam edecektir.

Hastanemiz adına, başta Bölüm Başkanı Prof. Dr. İhsan SABUNCUOĞLU olmak üzere, projede (Grup 4) görevli tüm öğretim görevlisi ve öğrenci arkadaşlarımıza, “**kalite yolunda, sürekli yenilikçi ve yaratıcı düşünceyle gelişme**” amacıyla, projemize verdikleri destek ve katkılarından dolayı çok teşekkür ederiz.

İyi ki varsınız.... Kendinizi her zaman bizimle GÜVEN’de hissedin.

Saygılarımızla,

Proje Grubu Liderleri:

Mehmet GÜRBÜZ
Hasta Hizmetleri Müdürü

Mehmet Emin ERGİNÖZ
İnsan Kaynakları Müdürü

Levent Galip YEŞİL
Eğitim ve Geliştirme Müdürü

INTEL Türkiye İş Geliştirme Müdürü'nden,

Bilgisayar sektörünün, diğer sektörlerle oranla, çok yeni olması ve hızlı büyümesi; sektör firmalarının ticari anlamda çok genç ve sermaye açısından zayıf ve kırılabilir olmalarını beraberinde getirir. Ekonomik şartlara bağlı talep dalgalanmaları, sektör firmalarının çok titiz şekilde, nakit akışı planlaması ve envanter yönetimi yapmasını zorunlu kılar.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği 4. Sınıf öğrencilerinin, 9 aylık çalışmaları sonucu gerçekleştirdikleri proje, sektörümüzün lider firmalarından Sebil Bilgisayar AŞ'nin envanter yönetimi ve satınalma süreçlerini ciddi biçimde iyileştirdi. Sebil Bilgisayar'ın sadece belirgin şekilde kar etmesini değil, aynı zamanda kriz zamanlarında olası talep dalgalanmalarına çok daha dayanıklı hale gelmesini sağlayacak düzenlemeler yaptılar; ve bunu şirket yönetimine çok başarılı şekilde anlatmayı başardılar. Proje sonucu olarak, Sebil Bilgisayar'ın, yıllık milyon dolar seviyesinde işletme sermayesini, herhangi bir ciro kaybına neden olmadan, yedeğe ayırabilmesi öngörülmüyor. Bu rakam fazlasıyla memnun edici olduğu gibi Sebil Bilgisayar'ı finansal açıdan rakiplerinden bir adım öne çıkarıyor.

Intel olarak, bu projeyi sektörün diğer dağıtım firmalarının tekrarlayabilecekleri başarılı bir pilot çalışma olarak görüyoruz. Sektörümüzün diğer firmalarının da projeyi kendilerine uyarlamaları durumunda; sektörümüzün olgunlaşmasına ve yer alan firmaların çok daha sağlam ve uzun ömürlü olmasına katkı sağlayacağını düşünüyoruz.

Projede emeği geçen Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği 4. Sınıf öğrencilerine ve değerli katkılarıyla proje kalitesini belirgin şekilde artıran akademisyenlerimize teşekkürü borç biliriz.

Saygılarımızla,

Orhan GENCEL
Intel Türkiye
İş Geliştirme Müdürü

KAMİL KOÇ OTOBÜSLERİ A.Ş.’den,

84 yıldır karayolu yolcu taşımacılığı alanında hizmet veren Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.; 350 araçlık filosu, 3.000 e yakın personeli, 26 il ve 105 ilçede toplam 347 satış noktasıyla hizmet vermekte, yılda 8 milyon yolcu taşıyarak 100 milyon kilometre yol kat etmektedir.

Üniversite – Sanayi işbirliği kapsamında, 9 ay boyunca Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerinden oluşan proje ekibi ile “ Kamil Koç Filo Tur Yönetim Optimizasyonu” projesi üzerinde çalışılmış, filomuzda yer alan araçların, yasal çalışma koşullarına uygun hat verimliliğini baz alan Tur Yönetim Program Modülü yazılımsal olarak gerçekleştirilmiştir.

Kapasitenin etkin ve verimli kullanılması, planlama ve karar verme süreçlerinde en büyük önceliğimizdir. Bu projeyi; Türkiye’ nin en seçkin üniversitelerinden biri ve geleceğin yöneticileri olmaya aday parlak beyinleri ile gerçekleştirmiş olmaktan büyük mutluluk duyuyoruz.

Üniversite – Sanayi işbirliğine yönelik yarattığımız ortak kazanımlar ve şirketimize sağladığımız katkılardan ötürü proje ekibinin değerli öğrenci ve öğretim üyelerine teşekkür eder, işbirliğimizin gelecek yıllarda da devamını dileriz.

Kemal ERDOĞAN
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.
Genel Müdür

MAN Türkiye A.Ş. Proje Yöneticisi'nden

Bu yıl ilk defa olarak denenmiş olan ortak proje kapsamında Bilkent Üniversitesi, 5 farklı Üniversite ile birlikte aynı projede yer almıştır. Proses Planlama ve Standartlaşma konulu bu ortak projede toplam 34 Endüstri Mühendisliği son sınıf öğrencisi görev almıştır. Bilkent Üniversitesi bu ortak çalışmada mevcut ihtiyaçlara cevap veren ve gelecekteki projeleri yönlendirmede kaynak olacak bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Ana amacı üretimde standartlaşma, işyükü dağılımının belirlenmesi, yeni kurgulanan bu sistemin yönetilmesini sağlayacak altyapının kurulması ve gelecek çalışmalar için optimizasyon modeli olan projenin tüm adımlarını gerçekleştirerek yüksek performans göstermişlerdir. Sadece ihtiyaç olan manuel hat dengeme sistemini kurmakla kalmamış aynı zamanda sezgisel yaklaşıma dayalı iki metodla optimizasyon yapan bir program geliştirmişlerdir. Bu programın kullanıcı kolaylığı açısından bir arayüzle entegre etmişlerdir. En önemli olarak ise üretimde yapılan proseslerin içinde bulunarak proseslere yönelik tecrübeye dayalı bilgileri toplanmış ve bu bilgi birikimini standart dökümanlara aktararak bilgi birikiminin yönetilmesine yönelik katkı sağlamışlardır.

Mevcut durumda bu standartlar ve işyükü dengesi kullanılacak olup veritabanı ve optimizasyon programının uygulanmasını yönelik kararlar ileride verilecektir. 6 üniversitenin ortak projesi içerisinde Bilkent ekibi öne çıkan ekiplerden olmayı başarmıştır.

MAN Türkiye A.Ş. olarak, proje çalışmalarını yapan öğrencilere ve kendilerine destek olan ve rehberlik eden öğretim üyelerine teşekkürlerimizi sunarız.

Saygılarımızla,

Damla KAAN
İnsan Kaynakları Sorumlusu

Ece USLUEL
Proje Yöneticisi

MİKES A.Ş. Entegre Lojistik Destek Müdürlüğü'nden

MİKES A.Ş. Savunma Elektroniği ve Elektronik Harp alanında faaliyet göstermektedir. 1987 yılında kurulmuş, % 96.355 hissesi ASELSAN A.Ş., %3 SSM.lığı, % 0.625 ASELSANNET, % 0,01 HAVELSAN ve % 0,01 ASPİLSAN'a ait %100 yerli sermayeye sahip bir şirkettir. Savunma elektroniği ve elektronik harp sistemleri,RF mikrodalga sistem, alt sistem ve destek teçhizatları üretmektedir. Sistem, donanım ve yazılım tasarımı, geliştirme, entegrasyon,üretim, test ve satış sonrası destek hizmetlerini başta TSK olmak üzere Savunma Sanayine sunmaktadır. Türkiye'de Elektronik harp sistemleri üzerinde çalışan sayılı firmalardandır.

Ar-ge çalışmalarını sürdürmekte olan MİKES A.Ş. yeni tasarımlar ve sistem geliştirmeleri yapmaktadır.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri tarafından hazırlanan “Yedek Parça Envanteri Karar Destek Sistemi ” projesi ile; savunma sanayinde kullanılan yedek parça hesaplama modellerine bilimsel modeller ile farklı parametreleri de ekleyerek karar mekanizmasında bir çok değişkenin birlikte göz önünde bulundurulmasını sağlamış ve arayüz tasarlayarak yedek hesaplama süresinde kısalmayı sağlayarak, üniversite-sanayi işbirliğine katkıda bulunulmuştur. Bu projenin amacı, garanti süresince oluşan arızaları tanımlı bakım onarım süresi içerisinde gidermek için yedek parçaların arıza gerçekleşmeden önce satın alınıp envanterde tutulması maliyeti ile; hizmet verme seviyesi arasında ödünleşmenin dengesini sağlayacak ideal yedek parça sayısını bulmaktır. Proje ile, ideal yedek alım sayısının ve alım zamanının, envanter tutma ve alım maliyetleri ile servis yüzdesi parametrelerini de göz önüne alarak hesaplanması hedeflenmektedir. Karar destek modelinin uygulanması sonucunda envanter maliyetlerinde düşme ve servis sağlama yüzdesinde yükselme sağlanması hedeflenmektedir.

Proje kapsamında, oluşturulan yedek parça belirleme alt yapısının mevcut sistemde iyileştirmeler sağlayacağı düşünülmektedir. Mevcut çalışmalardan memnuniyetimizi belirterek, bu projenin somut hayata geçirilme ve geliştirilmesi süreçlerinde de Bilkent Üniversitesi öğrencileri ile çalışmaların devam ettirilmesi planlanmaktadır.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü, yıllardır süregelen üniversite-sanayi işbirliği çalışmalarından ötürü kutluyor, proje süresince öğrencilerin gösterdikleri gayretli tutum, talep/

ihtiyaçları anlamak ve çözümler yaratmak için harcadıkları çaba, iş birlikleri, saygılı ve özverili çalışmaları, işi sahiplenişleri ve getirdikleri yenilikçi çözümlerden dolayı proje takımı üyelerine teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Zeynep Belgin EZER
Entegre Lojistik Destek Müdürü
MİKES A.Ş.

MİKES A.Ş. İnsan Kaynakları Müdürlüğü'nden

MİKES A.Ş., 1987 yılından bu yana, Savunma Elektronik ve Elektronik Harp alanında faaliyet göstermektedir."Farkı Yaratan İnsandır" görüşünü benimseyen MİKES A.Ş.'nin en büyük ve önemli yatırımı, değişken pazar ve iş alanlarında rekabet edebilmek ve stratejik hedeflerine ulaşabilmek için ihtiyaç duyduğu yetkinliklere sahip insan kaynağıdır.

2009 yılı Eylül ayında, akademik düzlemde bir çalışma yürütmenin bize çok daha fazla değer katacağına inanarak, İnsan Kaynakları Müdürlüğü'müzde uygulanan sistemlerin en önemlilerinden biri olan "Performans Değerlendirme Sistemi" konusunda bir iyileştirme fırsatı yakalamak amacıyla, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ile işbirliğine gitme kararı aldık.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri tarafından hazırlanan "Kurumsal Karne Uygulaması ile Bireysel Performans Değerlendirmesi" projesi ile, MİKES'de uygulamaya konması planlanan yeni performans değerlendirme sistemine referans oluşturabilecek bir performans değerlendirme sistemi modeli tasarımı yapılmış, üniversite-sanayi işbirliğine örnek teşkil edecek nitelikte bir çalışma sergilenmiştir.

Öncelikle projelerin yapılması ve sanayi-üniversite işbirliği alanındaki gayretlerinden dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu'na, projede akademik danışman olarak yer alan ve öğrencilere desteklerini esirgemeyen tüm proje danışmanlarına ve dokuz aylık çalışma döneminde gösterdikleri gayretli çalışmalarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü proje ekibi öğrencileri; Alperen Kısaer, Burak Atagün, Ece Gürsoy, Emin Rodoslu, Sevilay Demircioğlu ve Turgut Kahraman'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Sevinç ATEŞ
MİKES A.Ş.
İnsan Kaynakları Müdürü

**OYAK RENAULT OTOMOBİL FABRİKALARI A.Ş. Ar-Ge
Projeleri Bölümü'nden**

OYAK RENAULT Kaporta Mühendislik Bölümü'nde yürütülen "Fluence Modeli İçin Kapı İmalat Süreçlerinde Süreç Tasarım ve Optimizasyonu" projesi Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencileri tarafından başarı ile tamamlanmıştır.

Bu projede Fluence ve Megane Hatchback modellerinin kapı imalat sürecinde, çevrim zamanını optimize edebilmek için bir karar destek yazılımı geliştirilmiştir. Bu imalat sürecinde iki model arası geçişlerde kalıp değişim süresi, çevrim zamanını arttırmaktadır. Bu yazılım, günlük üretim planı içinde iki ayrı modelin kapılarının minimum defa kalıp değiştirerek ve aynı zamanda optimum hammadde ve ürün stoğu tutularak üretimi yönlendirme yapacaktır.

Bu proje ile sanayi-üniversite işbirliğini geliştirme konusunda özverili gayretlerinden dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu'na, projenin Akademik Danışmanı Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü hocalarından Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner'e ve başarılı çalışmalarından dolayı Proje Ekibine teşekkür ederiz.

Erkan ÜÇDAL
Kaporta Mühendislik Şefi

Çiğdem ZEYTİN DERİN
Ar-Ge Projeleri Koordinatörü

TUSAŞ Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.

15 Mayıs 1984 tarihinde kurulan TUSAŞ, bugün Türkiye’de uçak, helikopter, insansız hava araçları (İHA) ve uydu gibi hava-uzay platformlarının tasarımı, geliştirilmesi, imalatı, entegrasyonu, modernizasyonu ve satış sonrası hizmetleri alanlarında bir teknoloji merkezi konumundadır. Savunma-havacılık kabiliyet tabanını geliştirmek, üniversite ve belirli alanlara odaklanmış küçük-orta ölçekli teknolojik şirketler ile ortak sinerji yaratmak üzere mühendislik esaslı faaliyetlerin önemli bir bölümü ODTÜ-Teknopark alanında yürütülmektedir. TUSAŞ kalite sistemi dünyaca kabul görmüş NATO AQAP-2110, ISO-9001:2000 ve AS EN 9100 standartlarını karşılamaktadır. TUSAŞ’ta 1200’ü mühendis olmak üzere 3300’ü aşkın kaliteli ve deneyimli personel çalışmaktadır.

“Sürekli iyileştirme yaklaşımıyla müşteri memnuniyeti sağlamak” olan Şirket Kalite Politikamız doğrultusunda birçok alanda iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri ile gerçekleştirilen “Planlı Bakım Faaliyetlerinin İyileştirilmesi” çalışması da bu çalışmalardan biridir. Çalışma kapsamında planlı bakım faaliyetlerinin iyileştirilmesi amacıyla tezgah arıza tipleri ve sürelerinin analizi, planlı bakım dönemlerinin tezgâh çalışma süreleri gözetilerek oluşturulması, planlı bakım için gereken yedek parça listelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda seçilen örnek üretim tezgahı üzerinde üniversiteniz öğrencileri tarafından beklenen çalışmalar başarı ile gerçekleştirilmiştir.

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

Fatih ERCAN
TUSAŞ A.Ş.
Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.
Kurumsal Risk Yönetimi Lideri

ULUSOY ELEKTRİK A.Ş. Fabrika Müdürü'nden,

Ulusoy Elektrik A.Ş., 1985 yılında bir mühendislik şirketi olarak kurulmuştur. Her geçen gün büyüyen iş hacmiyle, kurulduğu günden itibaren, Türk elektromekanik endüstrisine yön veren yenilikçi bir kuruluş olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Orta Gerilim sekonder dağıtım tesisleri ve endüstriyel tesisler için ideal çözümler sunan firmamızın; hava yalıtımlı modüler hücreler, metal-clad hücreler, komple gaz yalıtımlı hücreler, otomatik tekrar kapamalı kesiciler, alçak/orta gerilim kablo aksesuarları ve prefabrik/monoblok beton köşkler ürün gamı içerisinde yer almaktadır.

Yurt dışı ve yurt içi pazarların ihtiyaçlarını daha hızlı ve daha kaliteli bir şekilde karşılayabilmek için üretim faaliyetlerimizi ve tüm personelimizin yetkinliklerini sürekli geliştirerek en yüksek verimle çalışmak öncelikli hedefimizdir. Bu nedenle yalın üretim felsefesini benimsediğimiz kuruluşumuzda gerçekleştirdiğimiz yalın üretim uygulamalarıyla daha az hurda, daha kısa sürede daha nitelikli ve nicelikli üretim, düşük stok seviyesi gibi pek çok yenilikçi çalışmalar yapmaktayız. Bu yenilikçi çalışmalarımızda Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencilerimizle gerçekleştirmiş olduğumuz supermarket çalışması ve kanban uygulamaları ile montaj hattımızı daha verimli ve güçlü bir hale getirdik. Bu çalışmada da gördük ki; üniversite ile reel sektörün birbirine ne kadar yakın ve sürekli dirsek teması halinde olursa o kadar etkin iş sonuçları alınıyor.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencilerini proje süresince gösterdikleri gayretli çalışmalar ve oluşturdukları çözümlerden dolayı kutluyor değerli hocalarına da teşekkür ediyoruz.

Galip ARBAK
Fabrika Müdürü

UNILEVER Türkiye'den

Her gün daha güzel bir gelecek yaratmak için çalışıyoruz. Tüketicilerimize, hem kendileri hem de diğer insanlar için yararlı markalar ve hizmetler sunarak, onların kendilerini iyi hissetmelerine, iyi görünmelerine ve yaşamdan daha fazla keyif almalarına yardımcı oluyoruz. İnsanların, dünya üzerinde küçük dokunuşlarla büyük farklar yaratmalarını teşvik ediyoruz. Hem şirketimizin büyüklüğünü iki katına çıkaracak hem de çevresel etkilerimizi azaltacak yeni iş yapış yöntemleri geliştiriyoruz.

Üniversite – Sanayi işbirliğine son derece önem veren şirketimiz 2005 yılından beri Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerinin projelerine ortak olarak katılmaktadır. Bu katılımlardaki konular geliştirilebilecek konulardan seçilerek projelerin gerek öğrencilere, gerekse şirketimize değer katması hedeflenmektedir.

Mağaza aktiviteleri, Unilever ürünlerinin rafta bulunurluğunu artırmak ve müşterilerin karar verme mekanizmasını, raflardaki ürünleri en verimli ve görünür bir biçimde yerleştirerek etkilemeyi amaçlamaktadır. Eğer müşteriler istedikleri ürünlere ulaşamazsa, satış, pazarlama ve tedarik zinciri gibi aktiviteler amaçlarına ulaşamayacağından, mağaza aktiviteleri, Unilever'in değer zincirinde ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, mağaza aktivitelerindeki küçük verimsizlikler bile, hızlı tüketim sektörünün rekabetçi doğası gereği genel performansta büyük sorunlara yol açabilir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne ve projede görev alan takım üyelerine büyük önem verdiğimiz mağaza aktivite elemanları rota optimizasyonu için bize hazırladıkları yeni sistem ile ilgili çalışmalarından ve katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Emre GÖROĞLU
Merchandising Coordinator &
EDGE Leader

Emrah BÖLÜK
Modern Trade Account Manager

Etkili Filo Yönetimi için Karar Destek Sistemi Tasarımı

Alp Özler Uluslararası Nakliyat Taahhüt ve Ticaret Ltd. Şti.

Proje Ekibi

Tayfun Atalar
Fatma Cansu Çelen
Elifnur Doğruöz
Şükrü Dağdelen
Sibel Sözüer
Çiğdem Şeftalioğlu

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Alper Gece, Alp Özler Nakliyat,
Genel Müdür

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Alp Özler Nakliyat Firması, bünyesindeki bölümler arasında etkin bir bilgi akış sistemi eksikliği ve filonun etkin kullanılmaması sebeplerinden ötürü şirket karlılığını yükseltmek hususunda sıkıntı yaşamaktadır. İşlerin araçlara atanması esnasında mevcut sistem, ileride gelmesi beklenen talepleri göz önünde bulundurmadığı için özmal araçlar karlı işlere atanamamakta ve filodan yararlanma oranı düşük seviyede seyretmektedir. Bu projenin amacı, Excel VBA programlama dili ile özmal araçların en karlı işlere atanması konusunda verimli kararlar veren bir karar destek sisteminin tasarlanmasıdır. Kurulan sistem aracılığı ile bir uygulama yapılmış, bu çalışma neticesinde şirketin mevcut sisteminin ürettiği kara kıyasla ortalama %9.2 (en düşük %0; en yüksek %38) kar artışı sağlandığı gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Filo yönetimi, karlılık, en iyi araç ataması, bilgi akış sistemi, nakliye planlama.

1. Sistem ve Problem Tanımı

1.1 Şirket profili

Alp Özler Uluslararası Nakliyat Taahhüt ve Ticaret Ltd.Şti. 1995 senesinden beri ulusal ve uluslararası nakliyat sektöründe hizmet vermektedir. Şirketin üç tanesi Ankara'da, biri Mersin'de ve biri de Tarsus'ta olmak üzere beş ofisi bulunmaktadır. Ofislerde taşımalar ile ilgili üç bölüm bulunmaktadır: Yurt Dışı Bölümü (YDB), Yurt İçi Bölümü (YİB) ve Coca Cola Sevkiyat Bölümü (CSB).

Şirketin 61 tane aracı vardır ve her bölüme tahsis edilmiş belirli bir sayıda araç bulunmaktadır. Fakat araç sayısı araç alımı ve satımı sık bir şekilde yapıldığından dolayı sürekli değişmektedir. Firma aldığı işleri ya kendi araçları ile ya da daha küçük nakliye firmalarından veya araç sahiplerinden tahsis ettiği spot araçlar ile yapmaktadır. Mevcut araç sayısı talebi karşılamaya yetmiyorsa firma spot araç kullanmaktadır. Ayrıca firma, işi spot araca yaptırmanın daha ucuz olduğu durumlarda da spot aracı tercih etmektedir.

1.2 Problem tanımı

Şirketin şikayetlerini göz önüne aldığımızda bölümler arası iletişim ve bilgi alışverişi eksikliği ön plana çıkmaktadır. Nakliyat sektöründe etkili bilgi yönetimiyle talebin hızlı bir şekilde karşılanabilmesi, mevcut talebin paraya dönüştürülebilmesi adına çok önemlidir. Fakat firmadaki bölümler birbirlerinin işlerinden haberdar olamamaktadır çünkü şirkette bölümler arası etkin bir bilgi akış sistemi yoktur. Bu da firmanın kendi araçlarını verimli bir şekilde kullanamamasına neden olmaktadır. Örneğin, CSB'den Kastamonu'ya yük taşıyan bir araç dönüşte yük bulamadığı için boş dönmekte iken aynı zamanda YİB için Kastamonu'dan Ankara'ya yük taşınmasında ihtiyaç duyulan araç spot olarak temin edilmektedir. Bu örnekte olduğu gibi YİB, CSB'nin işlerinden haberdar olmadığı için firmanın kendi araçları etkin olarak kullanılamamakta, bir diğer ifade ile özmal araçlardan yararlanma oranı düşük olduğu için maddi kayıplar yaşanmaktadır.

Şirkete yaptığımız ziyaretlerde yukarıda bahsedilen şikayete ek olarak gözlemlediğimiz problem tanıları şu şekildedir:

- Araç tahsisi ile ilgili tanılar: Araçların bölümlere tahsisi belirli bir plan dahilinde yapılmamakta ve bölümlerin taşıma talepleri göz önüne alınmamaktadır.
- Araç atamaları ile ilgili tanılar: Firmaya gün içinde gelen talep sayısı firmanın sahip olduğu filo büyüklüğünden fazladır. Bu da firmanın kendisine gelen taleplerin bazılarını spot araçlarla karşılamasına neden olmaktadır. Alp Özler bir işin özmal veya spot araçla yapılması kararını gün içinde gelebilecek potansiyel talepleri gözardı ederek yapmaktadır. Bir talep firmaya ulaştığında

eğer bu talep firmaya kar getiriyorsa ve o anda uygun özmal araç varsa talep direkt olarak özmal araca atanmaktadır. Bu yaklaşım gün içinde gelebilecek ve şirkete daha fazla kar ettirebilecek işlerin spot araçlarla taşınmasına neden olmaktadır. Ayrıca şirket gelen taleplere araçlarını tahsis ederken gelen talebin karlılığına işin kaç gün süreceğinden bağımsız olarak bakmaktadır. Örneğin, Ankara-İstanbul ve Ankara-Samsun arasında yapılan taşımalar şirkete eşit miktarda kar ettirdikleri halde Ankara-İstanbul taşımaları iki gün; Ankara-Samsun taşımaları ise üç gün süreyle araçları meşgul etmektedir. Alp Özler'in araç atamalarında dikkate almadığı bu faktörler şirketin elde edebileceği azami kara ulaşmasını engellemektedir.

- Organizasyon yapısı ile ilgili tanılar: Bölümlerin iş tanımını çok net olmamakla beraber çalışanların görev ve sorumluluklarında çakışma olabilmektedir. Örneğin, YDB yurt içi taşımalarını da yapmakta ve YİB'nin araçlarını da kullanmaktadır.
- Maliyet ve fiyat ile ilgili tanılar: Şirketin maliyetleri tam olarak hesaplanamamakta ve buna bağlı olarak gelen taleplerin beklenen karları özmal araçlar için tam olarak bilinmemektedir. Örneğin, şirket bir işe özmal araç atarken aracın gideceği yerde dönüş yükü bulamama riskini sezgisel bir şekilde hesaplamaktadır. Bu da aracın Ankara'ya dönüş maliyetinin, taşımının hesaplanan toplam maliyetine doğru şekilde yansıtılmamasına neden olmaktadır.

Alp Özler şirketi optimal araç tahsis ve atamalarının yapılmasını engelleyen, şirketin karlılığını azaltan iki temel problemden muzdariptir. İlk problem, firmanın araç filosunu en iyi şekilde yönetememesidir. Dönüş yükü bulamama risklerinin hesaplanmaması ve firmanın gün içinde gelebilecek potansiyel iş tahminlerini yapmaması sonucu firma en karlı işleri özmal araçlara tahsis edememektedir. İkinci problem ise taşıma ve talep bilgilerinin bölümler arasında etkin bir biçimde paylaşılabilmesidir. Bir diğer ifade ile bölümler arası bilgi akışı eksikliğinden ötürü bölümler birbirlerinin işlerinden haberdar olamamaktadır. Bu durum da özmal araçların etkin olarak kullanılmamasına ve araçların bölümlere optimum olmayan bir şekilde tahsis edilmesine sebep olmaktadır.

2. Sistem Analizi

Şirkette araçların işlere tayini (filo yönetimi) aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

- Öncelikle sipariş bilgisi müşteriden alınır. Sipariş bilgisi, yapılacak taşımının çıkış ve varış yerleri, taşınacak yükün ağırlığı ve hacmi, taşıma için gerekli olan araç tipi ve sayısı gibi bilgilerden oluşur.

- İlgili kişi, aynı işin piyasada ne kadar fiyata yapıldığını öğrenmek için bir piyasa araştırması yapar. Nakliyat sektöründe yaygın olarak görülen piyasa araştırması fiyatların piyasa ortalamasına yakın bir şekilde verilebilmesi açısından önemlidir. Alp Özler, birden fazla nakliyat firmasına ilgili işin onlardaki fiyatını sorarak işin piyasadaki yaklaşık değerini öğrenir ve kendi fiyatlandırmasını da bu ortalama değeri göz önünde tutarak yapar.
- İşi yürüten ilgili kişi kendi tecrübelerine dayanarak ve piyasa araştırmasını da göz önünde bulundurarak o iş için özmal araç mı yoksa spot araç mı kullanılması gerektiğine karar verir.
- İlgili kişi işi özmal araç ile yapmaya karar verirse öncelikle işin maliyetini hesaplar. Çıkardığı maliyete göre de fiyatlandırmasını yapar. Dönüş yükü bulma olasılığının yüksek olduğunu düşünürse daha düşük bir fiyat belirlerken dönüş yükü bulma olasılığının düşük olması durumunda da daha yüksek bir fiyatlandırma yapar. Bazı durumlarda fiyatın çok yüksek olması yüzünden firma müşteri kaybedebilmektedir.
- İlgili kişi işi spot araç ile gerçekleştirmeye karar verirse işi tahsis edeceği firmayı belirler. İşin başka bir nakliyat firmasına verilmesinden sonra Alp Özler sadece işin takibini yapmakla yükümlüdür. Özmal durumunda olduğu gibi dönüş yükü bulmaya çalışmak artık Alp Özler'in sorumluluğunda olmamaktadır.

Mevcut sistemden görüldüğü üzere filo yönetimi tamamen işi yürüten kişiye bağlıdır ve sistematik bir karar verme politikasından mahrumdur. Aynı işi firmadaki bir çalışan spot araçla yapmaya karar verirken diğer bir çalışan özmal araçla yapmaya karar verebilmektedir. Ayrıca bir yerden dönüş yükü bulunup bulunamayacağı bilgisi, gerçek dönüş yükü bulamama riskini hesaplamak yerine işi yapan kişinin tecrübelerine dayandırılmaktadır. Örneğin, Ankara'dan İstanbul'a taşıma yapılacak ise İstanbul'dan Ankara'ya dönüş yükü bulma olasılığı %100 olarak görülmektedir. Söz konusu taşıma Hakkari'ye yapılacak ise Hakkari'den Ankara'ya dönüş yükü bulma olasılığı sıfır olarak kabul edilmektedir.

3. Sistem Tasarımı

3.1 Sistemin amacı

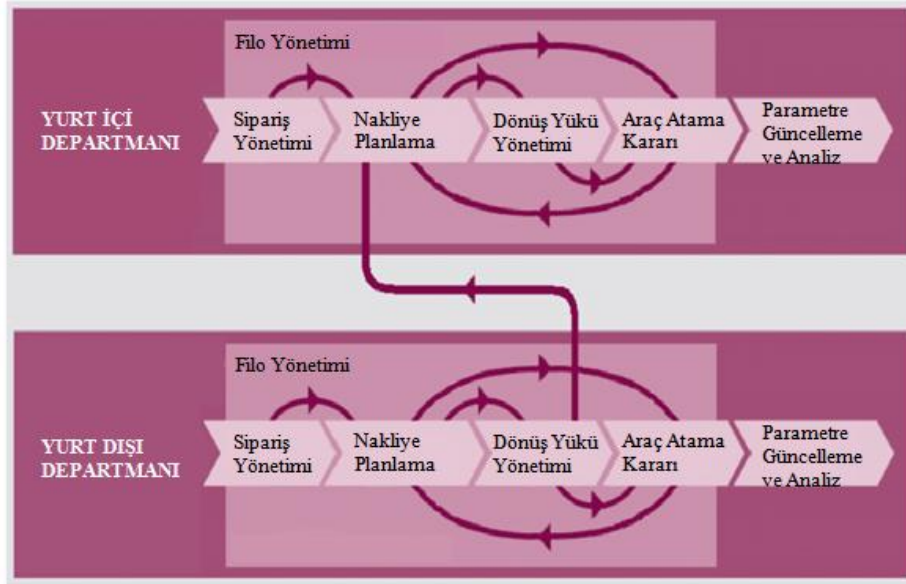
Sistemin amacı, gün içinde gelen işin özmal araç ile mi yoksa spot araç ile mi yapılması gerektiğine karar veren bir karar destek sisteminin tasarlanmasıdır. Sistem, müşteri siparişlerini topladıktan sonra ileride gelmesi beklenen iş taleplerini de göz önünde bulundurarak işin özmal araç ve spot araç kullanılmasıyla elde edilecek olan karlılıklarını kıyaslayarak hangi araç tipinin kullanılması gerektiğine dair bir karar vermektedir.

3.2 Sistemin kapsamı

Önerilen sistem iki alt sistemden oluşmaktadır: Yurt İçi Bölümü (YİB) ve Yurt Dışı Bölümü (YDB). Alp Özler’de mevcut durumda YİB ve CSB ayrı iken, önerilen sistemde ikisi tek bir çatı altında toplanarak YİB olarak adlandırılmaktadır. Bir diğer ifade ile CSB ve YİB’ye ait araçlar ve alınan siparişler YİB çatısı altından bir bütün olarak yürütülmektedir. Projemiz şu aşamada sadece YİB üzerine odaklanmak ile birlikte projenin sonuçlarına göre YDB’ye de genişletilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

3.3 Sistemin bileşenleri

Sistemin bileşenleri YİB ve YDB’de işlevsellik ve ilişkiler açısından birbirine benzerdir. Bu sebeple aşağıdaki sistem bileşenlerinin açıklamaları her iki bölüm için de geçerli olacaktır. Önerilen sistemin şeması Şekil 1’de aşağıdaki gibidir.



Şekil 1. Önerilen sistem şeması

1. *Filo Yönetimi*: Bu sistem bileşeni, karlılığı dikkate alarak özmal ve spot araçların siparişlerle en doğru şekilde eşleşmesini sağlamaktadır.
 - a. *Sipariş Yönetimi*: Sipariş alındığında siparişe araç atanma zamanına karar verilir. Siparişin araca atanma zamanı, işin özmal ya da spot araç ile yapılması gerektiğine karar verdiğimiz en geç zamanı belirtir. Bu en geç zamanın belirlenmesindeki temel neden araç atanması kararının verilmesi anına kadar mümkün olduğunca çok veriyi sisteme aktarma isteğidir. Siparişin araca atanma zamanı gelene

kadar diğer talepler firmaya gelmeye devam eder. Gelen yeni taleplerin karlılıkları, araca atanma zamanı gelen siparişin özmal araçla ya da spot araçla yapılması kararını veren algoritmaya girdi oluşturur. Böylece bir siparişe araç atanması anında, o ana kadar gerçekleşmiş bütün taleplerin bilgileri göz önünde bulundurulmuş olmaktadır.

- b. *Nakliye Planlama:* Nakliye planlama algoritması, gelen talebin özmal araçla mı yoksa spot araçla mı karşılanmasının şirkete daha fazla kar ettireceğini hesaplar. Buna bağlı olarak da talebin hangi tip araçla karşılanması gerektiğine karar verir. Bu algoritmanın detaylı açıklaması 4.3 numaralı bölümdedir.
 - c. *Dönüş Yüğü Yönetimi:* Şirket çalışanları, işlerin varış yerleri ve tarihleri gibi sipariş bilgilerine göre özmal araçlara dönüş yükü bulmaya çalışırlar.
 - d. *Araç Atama Kararı:* Özmal ya da spot araçla yapılmasına karar verilen işlerin uygulamasına geçilir. Atanan araç özmal ise aracın yola çıkabilmesi için gerekli olan hazırlıklar yapılır. Atanan araç spot ise bağlantıya geçilen spot araç sahibini işle ilgili ayrıntılı bilgilendirip işin sorunsuz bir şekilde tamamlanması sağlanır.
2. *Parametre Güncelleme ve Analiz:* Son olarak maliyet ve talep parametreleri güncellenir. Sistemin verimliliği, özmal araçlardan yararlanma oranı ve karlılık yüzdeleri gibi performans göstergeleri baz alınarak analiz edilir.

4. Modeller

4.1 Maliyet yapısı

Şirketin maliyet yapısını üç grupta topladık:

1. *Genel giderler:* Bu maliyet kalemi şirketin işletme maliyetlerini kapsamaktadır. Kira, şirket binalarının değer yitimi, elektrik, su, gaz, şoför haricindeki çalışanların maaşları, bilişim harcamaları, yemek masrafları, personel servisleri, temizlik, binanın bakım masrafları gibi masraflar işletme maliyetleri içerisinde. Genel giderler, şirketin hem kendi filosu hem de spot araçlar ile yaptığı taşımacılar için mevcuttur. Bu bağlamda şirketin spot araç-özmal araç atamalarında bir karar bileşeni olmamaktadır ama şirketin gerçek karlılığını hesaplayabilmesi açısından bilinmesi gerekmektedir. Tasarlanan maliyet hesaplama sistemi bu maliyetlerin düzgün bir şekilde tutulmasına yardımcı olmaktadır.
2. *Sabit araç maliyetleri:* Bu maliyet kalemi bir araca sahip olmak ile ilgilidir. Şoförlerin maaşları, lisans ve belge alma masrafları, sigorta giderleri, araç vergileri ve araç değer yitimi sabit araç maliyetleri kapsamında değerlendirilir. Sabit araç maliyetleri bir

nevi yatırım giderleri olarak değerlendirilebilir. Bu maliyetler şirket için batık maliyet olarak değerlendirilmektedir ve şirketin karını en iyileştirmek için verdiği araç ataması kararında bir faktör olmamalıdır. Batık maliyetler, taleplere araç ataması kararlarından ziyade şirketin sahip olması gereken özmal araç sayısı kararlarında rol oynamalıdır. Bu nedenle tasarlanan sistemde batık maliyetler taşıma maliyetlerine yansıtılmamalıdır.

3. *Değişken maliyetler:* Araç hareket halinde iken oluşan masraflardır ve taşımanın özmal araç ya da spot araç ile yapılmasına göre değişkenlik gösterir. Spot araç ile yapılan taşımalar için değişken maliyet, taşımayı yapan şoföre ya da nakliye firmasına yapılan masraftır (tedarikçi navlun). Özmal araç ile yapılan taşımalar için değişken maliyet, gidilen mesafe, bakım masrafları ve şoför harcırahından oluşmaktadır.

Modelimizin temel olarak yaptığı şey bir sipariş talebi geldiği zaman taşımanın özmal araç ya da spot araç ile taşınmasına karar vermesidir. Genel giderlerin hem özmal hem spot taşımalar için geçerli olması ve sabit araç maliyetlerinin özmal araçlar kullanılsa da kullanılsa da oluşması sebepleri ile modelimizde işlerin özmal ya da spot araç ile yapılması kararı sadece değişken maliyetlerin kıyaslanması ile verilecektir.

Yurtiçi taşımalarında spot ve özmal araçlar için değişken maliyetleri (C_{spot} ve $C_{özmal}$) Ek 1'de gösterildiği gibi hesapladık.

4.2 Kar hesaplamaları ve kar aralığı dağılımı

Mevcut sistemde Alp Özler'in bir işi özmal araca ataması için gerekli iki şart vardır. Bunlar araç atama kararı anında iş için uygun özmal aracının olması ve bu işi özmal araçla yapmanın spot araçla yapmaya göre daha karlı olmasıdır. Diğer bir deyişle, Alp Özler bir işten beklenen özmal araç karı ile spot araç karı arasındaki fark pozitifse bu işi özmal ile yapmak istemektedir. Bu yaklaşım iki sebepten ötürü Alp Özler'in mevcut sistemde, tasarlanan sistemdeki araç atamaları ile elde edebileceğinden daha az kar etmesine neden olmaktadır. Bu sebeplerden birincisi, Alp Özler'in günün başında gelen ve özmal araç karı ile spot araç karı arasındaki farkın pozitif olduğu işlere özmal araçları atayıp günün ilerleyen saatlerinde gelen ve bu farkın daha büyük olduğu işlere özmal araç yetiştirememesidir. İkincisi, Alp Özler gelen taleplere araçlarını tahsis ederken gelen talebin karlılığına işin kaç gün süreceğinden bağımsız olarak bakmaktadır. Örneğin Alp Özler üç gün süren ve 120 lira kar getiren bir işi iki gün süren ve 110 lira kar getiren bir işe tercih etmektedir. Fakat işler incelendiğinde birinci işin 40 lira / gün kar getirirken ikinci işin 55 lira / gün kar getirdiği ve bu nedenle ikinci işin özmal araca atanmasının daha doğru olduğu gözlemlenmektedir.

Yukarıda anlatılan uygulama problemlerinin giderilmesi için Alp Özler, gün içinde gelecek olan talep ve bu taleplerin özmal araçlarla ve spot araçlarla karşılanmaları halinde elde edeceği kar farklarının tahminlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu tahminlerin hesaplanması için aşağıda anlatılan prosedür uygulanmıştır:

Adım 0: Ankara merkez kabul edilerek Ankara'dan Türkiye'deki bütün illere olan özmal taşımalarının maliyetleri Ek 1'te anlatılan yöntemle hesaplandı. Ek 2'de anlatılan yöntemle, gidiş ve beklenen dönüş navlunlarından hesaplanan gidiş ve dönüş maliyetleri çıkarıldı; elde edilen rakam işin gidiş dönüş toplam gün süresine bölündü. Böylece özmal günlük kar hesaplanmış oldu.

Adım 1: Ankara merkez kabul edilerek Ankara'dan Türkiye'deki bütün illere olan spot taşımaların maliyetleri piyasa araştırması yapılarak bulundu. Hesaplanan bu maliyetler ortalama navlun fiyatından çıkartılıp, çıkan sonuç işin gün sayısına bölündü. Böylece her il için spot günlük kar hesaplanmış oldu.

Adım 2: Adım 0'da ve Adım 1'de hesaplanan her il için günlük özmal karları ve spot karları arasındaki farklar hesaplandı. Böylece her il için özmal - spot günlük kar farkları hesaplanmış oldu.

Adım 3: Adım 2'de hesaplanan günlük kar farkları 11 aralık grubuna ayrıldı. Bu gruplar: (-200; -100), (-100; 0), (0; 50), (50; 100), (100; 150), (150; 200), (200; 250), (250; 300), (300; 350), (350; 400), (400 ++). Her il, yukarıda verilen bir kar farkı grubuna dahil oldu. Örneğin, Aksaray, Artvin ve Diyarbakır (-100; 0) aralığında özmal- spot kar farkı oluşturan iller olarak belirlendi.

Adım 4: Son iki yılın verileri yaz (Nisan - Ekim) ve kış (Kasım - Mart) ayları olarak sektördeki mevsimsellik nedeniyle ikiye ayrıldı. Bu verilerin günlük bazda analizi yapılarak her gün için, Adım 3'te anlatılan her kar farkı aralığından kaç tane talebin geldiği koşullu olasılık hesabı yapılarak belirlendi.

Adım 5: Adım 3'te bahsedilen her günlük kar farkı aralığı için Adım 4'te hesaplanan günlük rakamlar Excel'in "Easy Fit" eklentisi kullanılarak Chi-Square Test'e göre en iyi sonucu veren olasılık dağılımı fonksiyonuna benzetildi. Böylece proje kapsamında kullanılacak olasılık dağılım fonksiyonları belirlendi.

Adım 6: Son iki ayın verileri Adım 5'te belirlenen olasılık dağılım fonksiyonlarına benzetildi. Böylelikle bu olasılık dağılımlarının parametreleri bulundu.

Adım 4'te bahsedilen yöntem ile gün içinde her "bir günlük kar farkı aralığı"ndan gelmesi beklenen iş için gelme olasılığı hesaplandı. Örneğin, (100; 150) kar farkı aralığından gün içinde bir iş gelmişse ikincisinin gelme ihtimali bu yöntemle hesaplandı. Ayrıca, her kar aralığı için, o aralıktan gelmiş talep sayısı bilinirken, o aralıktan son iki

ayda yapılan taşımaların ortalama karı ile yeni bir talebin gelme olasılığı çarpılarak gelecek talebin beklenen karı hesaplanır. Bu hesap, her kar aralığından 20. talebe kadar gerçekleşebilecek bütün durumlar düşünülerek yapılır. Örneğin (-200,-100) kar aralığından bir talep gelmişken ikinci talebin gelme olasılığı (%50 olsun diyelim) ile son iki aydaki bu kar aralığındaki taşımaların ortalama karı olan -150TL çarpılarak (-200,-100) kar aralığında bir talep gelmişken gelecek ikinci talebin bize $-150 * \%50 = -75$ TL kar elde ettireceği hesaplanır.

4.3 Nakliye planlama algoritması

Algoritma, her siparişin araçlara atanma zamanı geldiğinde yeniden çalıştırılır. Bir siparişin araca atanma zamanı; o işin tamamlanabilmesi açısından atama kararının verilebileceği en geç zaman olduğu için bir talebe araç atandığında karar o andan sonra değiştirilemez. Algoritma ilk aşamada, araçlara atanma zamanı gelmiş bir talebin, özmal araçla ve spot araçla karşılanması durumunda oluşacak karların farkını hesaplar. İkinci aşamada o zamana kadar sisteme girmiş fakat daha araç atama zamanı gelmemiş taleplerin özmal araçla ve spot araçla karşılanması durumunda oluşacak karların farkını hesaplar. Üçüncü aşamada Bölüm 4.2’de anlatılan olasılık dağılımlarına göre gelmesi beklenen işlerin tahmini özmal - spot kar farkları hesaplanır. İkinci ve üçüncü aşamalarda hesaplanan kar farkları büyükten küçüğe sıralanır. Böylece beklenen kar farkı listesi oluşturulmuş olunur. Bu aşamada kullanıcıdan kaç tane işi yapmaya müsait özmal araç olduğu girdisi alınır. Beklenen kar farkı listesinde tepeden bu girdi sayısına kadar olan kar farklarına bakılır. Eğer bu girdi sayısına kadar olan kar farklarından en küçüğü, araca atanma zamanı gelen talebin beklenen kar farkından daha küçükse bu talep özmal araçla karşılanır. Aksi takdirde talep spot araçla karşılanır (Ek 3).

Örneğin, gün başında Ankara - İstanbul, Ankara - Adana ve Ankara - Çorum talepleri firmaya gelmiş olsun. Bu taleplerin araç atama zamanları sırasıyla 10:00, 10:15 ve 10:30 ve bu taleplerin özmal ve spot mallarla karşılanmaları durumunda oluşacak olan günlük kar farkları sırasıyla 120, 90, 100 olsun. Ayrıca oluşturulan tahmini talep listesine göre de gelmesi beklenen kar farklarının listesi (140, 130, 110, 90 ...) şeklinde olsun. Bu durumda beklenen kar farkı listesi (140, 130, 120, 110, 100, 90, 90..) şeklinde olacaktır. Saat 10:00 olduğunda Ankara – İstanbul talebinin araç atama zamanı gelecektir. Bu anda kullanıcıya müsait araç sayısı sorulur. Alınan cevabın beş olduğunu varsayalım. Beklenen kar farkı listesinin beşinci sırasında 100 bulunmaktadır ve bu sayı Ankara - İstanbul beklenen kar farkı olan 120’den küçüktür. Bu durumda Ankara - İstanbul işi özmal araçla yapılmalıdır. Eğer kullanıcıdan alınan müsait araç sayısı iki olsaydı, bu durumda beklenen kar listesinin ikinci sırasında 130 bulunmaktadır ve bu sayı Ankara -

İstanbul beklenen kar farkı olan 120'den büyüktür. Bu durumda Ankara - İstanbul işi spot araçla yapılmalıdır.

5. Uygulama

5.1 Sistem için gerekli altyapı

Tasarlanan karar destek sistemi, proje bütçe kısıtı ve kullanım kolaylığı gibi faktörler göz önüne alınarak MS Excel ve Excel'e bağlı Visual Basic programlama dili kullanılarak oluşturuldu. Algoritma, dağılımlar, olasılıklar gibi sistem tasarımında bahsedilen herşey arka planda çalıştırılmakta olup kullanıcıya, kullanımı son derece kolay bir arayüz oluşturulmuştur. Bu bilgisayar programının temel fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

- *Karar destek sistemi:* İşlerin özmal araç ile mi yoksa spot araç ile mi taşınmasının daha karlı olduğuna karar verilen kısımdır. Kullanıcı, sipariş bilgilerini girdikten sonra sistemin verdiği kararı onaylama ya da reddetme yetkisine sahiptir.
- *Veri yükle:* Sistem, Softek'ten (Alp Özler Muhasebe ve Lojistik Programı) indirilen verilerle uyumlu çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu kısım, sistemin çalışabilmesi için gerekli olan aylık bilgilerin Softek'ten sisteme yüklendiği yerdir. Bu bölümde ayrıca yakıt fiyatı, bakım maliyeti, harcırah gibi maliyet kalemlerini de güncellemek mümkündür.
- *Analiz:* Bu modül, şirketin performans göstergelerini daha iyi takip edebilmesi için yapılan taşımaların analiz bilgilerini göstermektedir. Aylık taşımaların kaç tanesinin özmal araç, kaç tanesinin spot araç ile yapıldığı; aylık elde edilen cironun ne kadarının özmal araçlardan ne kadarının spot araçlardan kazanıldığı; Türkiye'deki her şehir çifti için aylık kaç taşıma yapıldığı gibi bilgilere ulaşılabilir.

Programın arayüzü Ek 4'te görülebilir. Ayrıca sistemin şirket tarafından etkili ve sürekli kullanımının sağlanması için kullanım kılavuzu hazırlanmış ve araç atamalarını yapan kişilere program hakkında eğitim verilmiştir. Program, araç atamalarının yapıldığı şirket bilgisayarlarına yüklenmiştir.

5.2 Uygulama planı ve sonuçları

Karar destek sisteminin pratikte performansının görülmesi için 9 Şubat – 31 Mart 2010 tarihleri arasında yapılan taşımalar sistemde simüle edildi; sonuçlar doğrultusunda algoritmada saptanan eksiklikler ve olasılık dağılımlarının parametreleri düzeltildi. Düzeltilen sistem 2 Nisan – 14 Nisan 2010 tarihleri arasındaki taşımalar için kullanıldı. Buna ek olarak, belirtilen tarihlerde gün sonunda, tüm taleplerin bilindiği durumda, yani deterministik olarak araç ataması yapıldığında bu deterministik atamanın nasıl sonuç verdiği hesaplandı. Ek 5'te görülen iyileştirme değerleri saptandı. Karar destek sisteminde elde

edilen kar değerlerinin, yukarıda bahsedilen deterministik atamadan elde edilen kar değerlerinden ortalama %3 (minimum %1 ve maksimum %7) oranında saptığı gözlemlendi. Aynı değerler Alp Özler'in elde ettiği kar değerleri ile kıyaslandığında ise karar destek sisteminin ortalama %9.2 (minimum %0, maksimum %38) oranında kar artışı sağladığı görüldü. Daha sonra yapılan firma ziyaretlerinde ise karar destek sisteminin tavsiye ettiği sonuçlar araç atamadan sorumlu personelle paylaşıldı. Gün sonlarında yapılan incelemeler tasarlanan sistem performansının, tüm gün sonunda tüm talepler bilindiği zaman yapılan deterministik atamadan %8 ve %13 arasında saptığı gözlemlendi.

Ek 6'daki sonuçlarda görüldüğü üzere, gelen talep sayısı gün içinde iş yapmaya müsait özmal araç sayısından oldukça fazlaysa sistemimiz Alp Özler'deki mevcut sistemden daha iyi sonuç vermektedir. Diğer bir deyişle, karar destek sistemine ne kadar çok karar verme alanı bırakılırsa sistem o kadar başarılı olmaktadır. Bunun nedeni de sistemimizin, daha fazla talep ve daha az özmal araç varken özmallerin daha değerli olduğunu mevcut sistemden daha çok hesaba katmasıdır.

Alp Özler sürekli büyüyen ve iş yükü artan bir firmadır, fakat firmanın büyüme hızıyla aynı hızda filosundaki araç sayısını artıramayacağı öngörülmektedir. Bu durumda özmal araç sayısı talepleri karşılamakta yetersiz kalacak, araç atamalarında verilen özmal mı spot araç mı kullanılmalı kararının önemi artacaktır. Bu nedenle önerdiğimiz sistemin Alp Özler'e katkısının ilerleyen günlerde daha da artacağı tahmin edilmektedir.

6. Duyarlılık Analizi

Şirkete önerilen sistemin en önemli yeniliği özmal – spot araç ile taşıma kararı verilirken, gün içinde gelmesi beklenen taşıma taleplerinin sayısını ve karlılığını tahmin etmesidir. Bu tahminler son iki yılın verileri göz önünde bulundurularak, her kar aralığından benzer sayıda talep geleceği varsayımına dayanmaktadır. Bu noktada, beklenen taleplerde olabilecek değişikliklerin sistemin verdiği sonuçlara etkisinin incelenmesi gerekmektedir.

Duyarlılık analizi çalışmamızda 1 – 14 Nisan 2010 tarihlerinde gerçekleşen taşıma verileri kullanılmıştır. Sistemde her kar aralığı için olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak, o aralıktan bir sonraki talebin gelme ihtimali her aralık için 20. talebe kadar hesaplanmaktadır. Çalışmamızda, her kar aralığından beklenen talep sayılarını belirleyen bu ihtimallerin her biri %10 artırılmış ve azaltılmıştır. Böylece, belirtilen günde sistemin beklediği talep sayılarında %10 artış ve %10 azalış sağlanmıştır. 10 günlük süreçte, sistem %10 daha fazla talep beklediği durumda şirketin karlılığında ortalama %6,5 (en kötü %11,4; en iyi %1,25) daha kötü sonuç vermiştir. Sistem %10 daha az talep beklediği durumda ise şirketin karlılığında ortalama %4,23 (en kötü

%6,33; en iyi %1,55) daha kötü sonuçlar vermiştir (Ek 7). Sistem daha karlı talepler beklediği sürece özmal araçlarını saklamaktadır. Yüksek kar aralıklarından beklenti artışı da (gerçekte olmadığı halde) sistemin daha karlı işler geleceğini düşünmesine yol açmaktadır. Bu durumda da sistem, özmal araç ile taşımaya önermesi gereken görece karlı taşımaları spot araçlar ile gerçekleştirmekte ve kar kaybı yaşamaktadır. Talep beklentisinin azaltıldığı durumda ise sistem özmal araçlarını daha karlı işler beklemediği için az karlı işlere vermektedir. Sonradan gelen karlı işler ise spot araçlara kalmaktadır. Bu sonuçlardan, beklentiyle gerçekleşen talebin tutarlı olmasının sistem için çok önemli olduğu sonucunu çıkarıyoruz. Hem artış, hem de azalış durumlarında sistemin daha kötü sonuçlar vermesini ise belirtilen tarihlerde gelen taleplerin sistemin beklentisiyle tutarlı olmasına, yani sistemin tahmin başarısına atfedebiliriz.

Sistemin diğer bir güçlü özelliği ise özmal maliyet hesaplarının detaylı bir şekilde yapılıyor olmasıdır. Maliyet kalemlerinden en önemlisi olan özmal taşıma maliyetinin neredeyse %80'i yakıttır. Maliyetteki değişimlerin sistem performansına etkisini incelemek için çalışmamızda yine 1 – 14 Nisan 2010 tarihlerinde gerçekleşen taşıma verilerini kullanarak, yakıt fiyatındaki %10'luk değişimin sistem performansına etkisini inceledik. Yakıt maliyetinin %10 arttığı durumda şirket karlılığı ortalama %38 (en az %36, en çok %43) düşmektedir (Ek 8). Yakıt maliyetinin %10 azaldığı durumda ise şirket karlılığı ortalama %25 (en az %16, en çok %35) artmaktadır. Dolayısıyla sistem üzerinde maliyetlerdeki değişimler talep beklentilerindeki değişimlerden dört ila altı kat daha etkilidir. Maliyetler düşerken karın artması, maliyetler artarken de karın azalması, navlun ve kira maliyeti girdilerinin sabit kalmasına bağlıdır. Bu çalışmada da navlun ve kira maliyetlerinin değişmediği varsayılmıştır. Sistem karar verirken özmal ve spot maliyetler arasındaki farkı dikkate almaktadır. Dolayısıyla bu analiz aynı zamanda spot ve özmal maliyetteki değişimlerin sistem performansına etkisi için de fikir vermektedir. Yakıt maliyetindeki %10'luk bir değişim bu maliyetlerde yaklaşık olarak %8'lik bir değişim yaratmaktadır.

7. Genel Değerlendirme

7.1 Projenin firmaya yapacağı beklenen katkılar

Projenin firmaya katkıları aşağıdaki gibidir:

- *Etkili filo yönetimi:* Şirketin en büyük problemlerinden bir tanesi olan şirket filosunun etkili kullanılmama sorunu bu proje sayesinde minimum düzeye çekilmektedir. Firma, kendi filosunu etkin kullanamamasından ötürü karlılık düzeyi düşük iken yapılan proje ile karlılığı yüksek işler firmanın filosu tarafından yapılmaya başlanacak ve şirket karlılığında önemli bir artış olacaktır.

- *Bölümler arası bilgi akış sistemi:* Şirketin şikayetlerinden en önemlisi olan bölümler arası iletişim ve bilgi alışverişi eksikliği sorunu önerilen sistem ile asgari düzeye indirilecektir. Çünkü önerilen sistem CBS ve YİB araçlarının tek bir çatı altında yönetimini yaparak özmal araçların daha etkin takibini sağlamaktadır. Bölümler arası etkin bilgi akış sistemi ile şirketin verimsiz filo yönetiminden ötürü para kaybı önlenmektedir.
- *Maliyet analizi sistemi:* Genel giderler, sabit araç maliyetleri ve değişken maliyetler olarak üç başlık altında gruplandırılmış maliyet yapısı özellikle araç atamalarının yapılmaları esnasında kullanılan maliyet kalemleri ile daha doğru hesaplamalar yapılabilmektedir. Maliyet analizi sistemi şirket karlılığının artırılabilmesi bağlamında önem arz etmektedir.
- *Performans göstergelerinin analizi:* Geliştirilen sistemde şirketin özmal ve spot araçlar ile yaptığı taşıma sayıları ve bu taşımalardan elde ettiği gelirler aylık olarak görülebilmektedir. Böylelikle şirket filosunun ne kadar etkin kullanıldığı anlaşılabilir. Bu analizler, filonun etkin kullanılmadığı durumlar fark edildiğinde şirket yönetimin önlem almasını sağlayacak uyarı niteliği taşımaktadır.
- *Araç atamalarının sistematik yapılması:* Firmada araç atamaları kişiye bağımlı olup, aynı iş için verilen kararlar kişiden kişiye göre değişebilmektedir. Geliştirilen bilgisayar programı ile firmadaki işleyişin insana bağımlılığı azaltılmakta ve firmaya daha sistematik bir bakış açısı getirilmektedir.

7.2 İleriye dönük güncelleme/geliştirme konularında öneriler

Geliştirilen sistemin kapsamı şu an için yurt içi taşımalarını içermekle beraber sistemin şirkette kullanımının yaygınlaştırılması ve elde edilen sonuçlara göre sistem yurt dışı taşımalarını da kapsayacak şekilde genişletilebilir. Ayrıca geliştirilen maliyet analizi sistemi ve performans göstergelerinin analizi ile şirket, özmal ve spot araçlardan ne kadar kar ettiğini düzgün bir şekilde hesaplayabilecek durumda olmasından ötürü, araçlarla ilgili batık maliyetlerin de kullanılmasıyla şirketin çeşitli zaman dilimlerinde optimum düzeyde kaç tane araca sahip olması gerektiği de hesaplanabilir.

EKLER

Ek 1. Maliyet hesaplamaları

Parametreler ve değişkenler aşağıdaki gibidir:

c_{spot} : Bir taşıma için spot araç kullanımı maliyeti

$c_{özm}(\omega, d, g)$: Bir güzergah üzerinde taşınacak yükün ağırlığının (ω), yükleme ve boşaltma yeri arasındaki mesafenin (d) ve boşaltma yerinin coğrafi konumunun (g) fonksiyonu olarak bir taşıma için özmal araç kullanımı maliyeti

c_T : Spot yük için taşıma ücreti

$c_d(\omega)$: Yük ağırlığının (ω) fonksiyonu olarak km başına taşıma maliyeti

$c_m(d)$: Kat edilen mesafenin (d) fonksiyonu olarak taşıma başına bir özmal aracın ortalama bakım maliyeti

c_r : Km başına bakım & tamir maliyeti

$c_H(d, g)$: Kat edilen mesafenin (d) ve coğrafi konumun (g) fonksiyonu olarak taşıma başına harcırah maliyeti

c_f : Litre başına yakıt maliyeti (TL/lit)

X_i : i yük aralığı endeksi olarak taşınan yükün ağırlığına (lt/km) bağlı olarak km başına yakıt tüketimi $i \in \{1, 2, 3\}$

ω : Yükün ağırlığı

d : Yükleme ve boşaltma yeri arasındaki mesafe

g : Yükün boşaltılma yerinin coğrafi konumu

y : Km başına bakım sayısı

$$c_d(\omega) = \begin{cases} X_1 * c_f & 0 \leq \omega \leq 10 \text{ ton} \\ X_2 * c_f & 10 \leq \omega \leq 20 \text{ ton} \\ X_3 * c_f & 20 \leq \omega \leq 30 \text{ ton} \end{cases} \quad (\text{maliyet/km})$$

$$c_m(d) = y * d * c_r$$

$$c_{spot} = c_T$$

$$c_{özm}(\omega, d, g) = d * c_d(\omega) * c_m(d) * c_H(d, g)$$

Araç çeşidinin yakıt tüketimine etkisi göz ardı edilmiştir.

Ek 2. Özmal ve spot araçlar için günlük kar hesapları

Spot araçlar için,

$$\text{Spot Günlük Kar: } k_{spot}(i, j) = \frac{\text{Navlun}(i, j) - c_{spot}(i, j)}{T(i, j)}$$

Özmal araçlar için,

$$\text{Özmal Günlük Kar: } k_{özm}(i, j) = \frac{\text{Navlun}(i, j) - c_{özm}(i, j) + \text{DönüşNavlun}(i, j) - c_{özm}(j, i)}{T(i, j) + T(j, i)}$$

$T(i, j)$ malların şehir i 'den şehir j 'ye taşınmasında geçen süre;

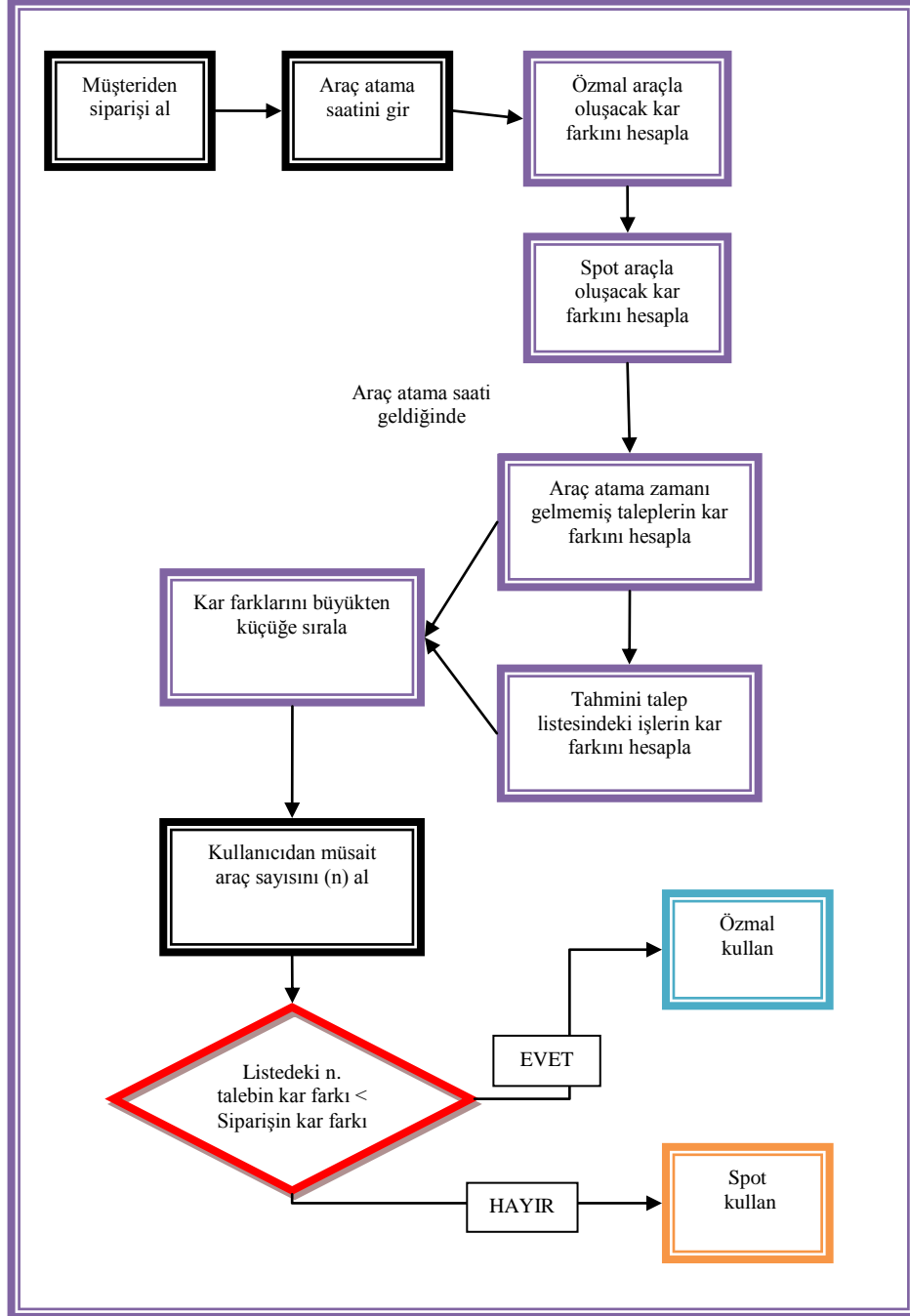
$\text{Navlun}(i, j)$ şehir i 'den şehir j 'ye yapılan taşınmanın geliri;

$c_{spot}(i, j)$ şehir i 'den şehir j 'ye yapılan spot taşınmanın maliyeti;

$\text{DönüşNavlun}(i, j)$ şehir i 'den şehir j 'ye yapılan taşınmanın dönüş yükünün beklenen geliri;

$c_{özm}(i, j)$ ise şehir i 'den şehir j 'ye yapılan özmal taşınmanın maliyetidir.

Ek 3. Nakliye Planlama Algoritması akış şeması



Ek 4. Program ekranları

Ek 4.1 Ana panel



Ek 4.2 Karar destek sisteminde sipariş bilgi ekranı

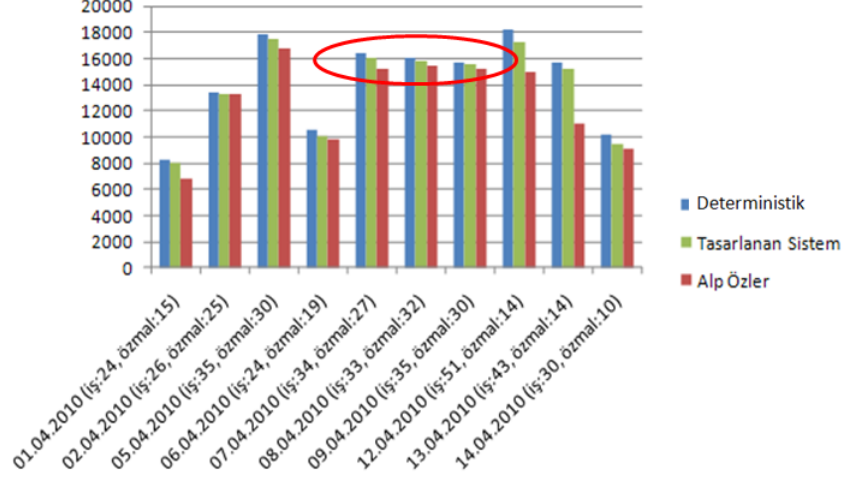


Ek 5. 1-14 Nisan 2010 uygulama sonuçları

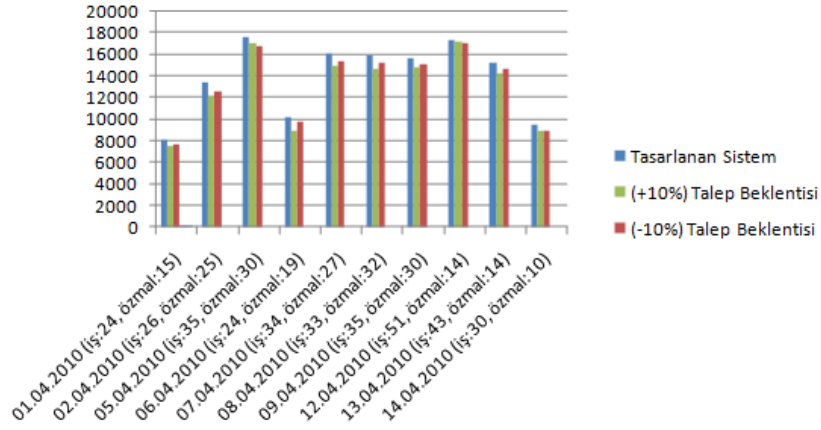
	UYGULAMA TARİHİ				
	01.04.2010	02.04.2010	05.04.2010	06.04.2010	07.04.2010
İş Sayısı	24	26	35	24	34
Özmal Araç Sayısı	15	25	30	19	27
Deterministik Olarak Elde Edilen Kar	8251	13413	17920	10584	16467
Alp Özler Karı	6842	13285	16780	9878	15254
Tasarlanan Sistem Karı	8063	13301	17550	10106	16012
Tasarlanan Sistem / Deterministik Kar	98%	99%	98%	95%	97%
Tasarlanan Sistem / Alp Özler	118%	100%	105%	102%	105%

	UYGULAMA TARİHİ				
	08.04.2010	09.04.2010	12.04.2010	13.04.2010	14.04.2010
İş Sayısı	33	35	51	43	30
Özmal Araç Sayısı	32	30	14	14	10
Deterministik Olarak Elde Edilen Kar	16048	15683	18240	15683	10233
Alp Özler Karı	15513	15180	15036	11009	9065
Tasarlanan Sistem Karı	15876	15594	17320	15173	9467
Tasarlanan Sistem / Deterministik Kar	99%	99%	95%	97%	93%
Tasarlanan Sistem / Alp Özler	102%	103%	115%	138%	104%

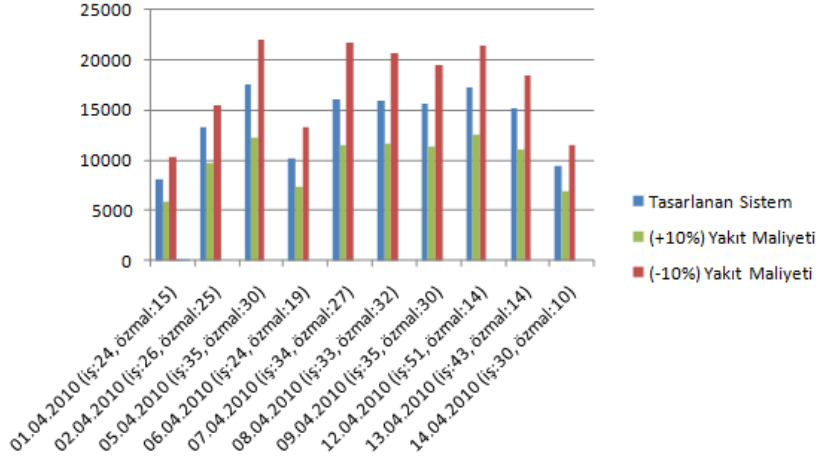
Ek 6. 1- 21 Nisan 2010 uygulama sonuçlarının mevcut sistem karı, sistem deterministik olsaydı elde edilecek kar ile karşılaştırılması



Ek 7. 1-14 Nisan 2010 talep beklentisi duyarlılık analizi



Ek 8. 1-14 Nisan 2010 yakıt maliyetindeki duyarlılık analizi



Bulaşık Makinesi Fabrikası Montaj Hattında Esneklik ve Verim Artıran Karar Destek Sistemi Tasarımı

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi

Proje Ekibi

Cansu Candan
Deniz Ersözlü
Cansu Kocabıyık
Nevzat Tolga Uslu
Müge Tekin

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Burcu Mühürçüoğlu, Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi,
Üretim Mühendisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Osman Oğuz, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Müşteri memnuniyetine büyük önem veren Arçelik Fabrikası istasyon sayısını ve çevrim süresini mümkün olduğunca en aza indirgeyen dengelenmiş bir montaj hattı tasarımına ihtiyaç duymaktadır. Montaj hattında üretimin sistematik yöntemlerle yapılmaması şirket için verimlilik kaybı oluşturmaktadır. Söz konusu probleme çözüm getirmek amacıyla yapılan projede, önce tekli model üretim hat dengelemesi problemi çözülür, sonra da bu hat dengelemeleri donanım ve yerleşim kısıtlarına bağlı kalarak bütünleştirilir. Bu doğrultuda üç basamaklı bir yöntem geliştirilmiş ve ara yüz ile beslenerek bir “Karar Destek Sistemi” oluşturulmuştur. Geliştirilen sistemin firmada üretilmekte olan adam-saat değeri en yüksek ve en düşük ürün tipi üzerinde pilot uygulaması yapılmış ve bu uygulama sonucunda, istasyon adeti azalışı doğrultusunda %17 verim artışı sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Hat dengelenmesi, karma üretim montaj hatları, karar destek sistemi.

1. İşletme Tanıtımı

Ankara Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası, 1992 yılından bu yana Sincan Organize Sanayi Bölgesi'nde bulaşık makinesi üretimini sürdürmektedir. 1993 yılında seri üretime geçen fabrika, Türkiye'nin iç piyasasına ve başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere 100 farklı ülkeye ürün ve servis hizmetinde bulunmaktadır. 2007'de tam kapasiteyle çalışıp, 2008'de yatırımlarını genişleterek bir yılda 1,6 milyon bulaşık makinesi üretir hale gelmiştir. Son 10 yılda çok hızlı bir gelişme gösteren Arçelik; tam boy, yarı ankastre ve tam ankastre gibi farklı türleri içeren geniş yelpazede üretim yapabilecek duruma gelmiştir.

2. Sistem Analizi

Yan sanayiden hazır alınan parçalar ve fabrika içi üretim olmak üzere fabrikada iki ana tedarik kaynağı mevcuttur. Fabrika içerisindeki üretim; mekanik takım, iç takım ve boyama bölümlerinden oluşur.

İşletme, bulaşık makinesi üretimini Montaj-1 ve Montaj-3 olmak üzere iki ana montaj hattında gerçekleştirmektedir. Bir günde Montaj-1 iki vardiya çalışırken, Montaj-3 üç vardiya çalışmaktadır. Toplamda bir günde 5000 ürün üretilmektedir. 45 ana ürün tipine ek olarak, ürün çeşitliliği türev ürünlerle birlikte 800'ü bulmaktadır. Her bir ürünün adam-saat değeri farklıdır ve birbirinden farklı pek çok ürün eş zamanlı üretilmeye çalışılmaktadır. Adam-saat değeri yüksek ürünler hatta girdiğinde dar boğazı engellemek için öbek sayılarında ayarlamalar yapılmaktadır. Her ürün tipi için çevrim süresini (güncel durumda çevrim süresi 26.92 saniyedir) yakalamak adına, adam-saat değeri yüksek ürünlerde istasyon sayısını arttırmaya gidilmektedir. Fakat istasyon sayısı arttırılmasına rağmen çevrim süresi her zaman yakalanamaz, yani hattın temposu yavaşlar. Diğer bir deyişle, firmada adam-saat değeri yüksek model için istasyon sayısı arttırılmasına rağmen her 26,92 saniyede bir ürün üretilemez. Bu durum, aynı montaj hattında, farklı ürünleri eş zamanlı üretmenin ne kadar zor bir problem olduğunu ortaya koyar.

Montaj-1 43 sabit istasyondan oluşan, şekil itibariyle U tipi fakat işlevsel olarak düz bir montaj hattıdır. Acil durumlarda istasyon sayıları artırılıp sistem dengelenmeye çalışılmaktadır. 43 istasyona ek olarak montaj hattı üzerinde fonksiyon testi, kalite kontrol bölümü ve paketleme alanı yer almaktadır. Müşteri memnuniyetini ilk sıraya koyan Arçelik A.Ş.'de tüm ürünler %100 denetlenmektedir. Fonksiyon testi bölümü elektrik ve fonksiyon testlerini de içermektedir. Kalite kontrol istasyonlarında görsel olarak da kontrol yapılmaktadır. Montaj-1'de montaj hattını beslemek için bileşenlerin gruplandırıldığı 12 yan montaj hattı mevcuttur.

Gözlemlerimiz sonucu hattın süreç akışı aşağıdaki gibidir:

- Bulaşık makinesi gövdesinin alt kısmı tuz kutusu, su cebi, ısıtıcı, dolaşım motoru gibi parçalar ile birleştirilir.
- İç kapının montajı sonunda hat yükseltilir ve kablolar gruplanır.
- Makine asansör yardımıyla hattın diğer kısmına geçirilir, üst kısmı ve iç gövde üzerinde kolay çalışabilmek için makine döndürülür.
- Hattın diğer tarafında alt ve üst sepetler, dış kapı ve diğer bileşenler makineye yerleştirilir. Yarı bitmiş ürünler fonksiyon testine gelmeden önce denetlenir. Eğer testi geçemezlerse, hatalı makine bakım bölümüne gönderilir.
- Fonksiyon testi bölümünde her bir makine %100 denetlenir ve kalan işlemlerin yapılması için montaj hattına geri gönderilir.

Hattın sonunda son görünüş ve kontroller yapılır ve ürünler paketlenmeye hazır hale getirilir.

2.1. Proje tanımı

İşletmede yer alan Montaj-1 ve Montaj-3 hatları fiziksel olarak aynı olmasına rağmen hatların üretim hızları ve ürün çeşitlilikleri farklıdır. Projenin başlangıcında problemi doğru tespit etmek için üretim sahasında incelemeler yapılmıştır. Bir ürünün montaj hattı boyunca akışı izlenerek iş-yükü dağılımının darboğaz oluşturduğu durumlar tespit edilmiştir ve ana hattı besleyen yan montajların sisteme etkisi incelenmiştir. Montaj-1 hattında ürünler daha küçük öbeklerle ve sık değişimlerle üretilirken, Montaj-3 hattında üretim, Montaj-1'e kıyasla daha büyük öbeklerle gerçekleştirilir. Bu nedenle Montaj-1 hattı Montaj-3'e göre daha düşük tempoyla çalışmaktadır. Projemizde, Montaj-1 üzerinde çalışıp geliştirdiğimiz sistemin Montaj-3 üzerine yansıtılması hedeflenmiştir. Montaj-1 hattının daha düşük verimle çalışmasının nedenleri şunlardır:

- Küçük öbeklerle üretim yapılması, buna bağlı olarak sık sık hatta giren ürün tipinin değişip öğrenme süresinin uzamasına neden olması,
 - Aynı istasyondaki toplam sürecin, farklı ürün tiplerine göre bileşen çeşitliliğinden dolayı büyük değişkenlik göstermesi,
- Sonuç olarak, Montaj-1 hattının üretim kapasitesinin artırılması, istasyonlar arası iş yükü dağılımının dengelenmesi ve iş gücü kaybını en aza indirgeyerek talebin her zaman karşılanması hedeflenmiştir.

2.2. Problem tanımı

Problemi tanımlama evresinde üzerinde çalıştığımız Montaj-1 hattında gözlemlerimiz sonucu aşağıdaki bulgular ortaya çıkarılmıştır:

- Bazı operasyonların, her istasyonda var olan operasyon kartlarında belirtilmemesi (Özellikle bazı adam-saat değeri yüksek modeller için)

- Operasyon kartlarında belirtilen operasyon sırasıyla, operatörün takip ettiği sıranın farklılık göstermesinden dolayı sürecin standart ilerlememesi
- Bazı adam-saat değeri yüksek modeller sisteme girdiğinde, geçici süreyle, fazladan istasyonların açılması
- Bazı adam-saat değeri yüksek modeller sisteme girdiğinde, işçi sayısının artması

Bu bulgular ışığında, problem tanımı şu şekilde belirlenmiştir: Firma, hattaki model geçişleri sırasında oluşan verimsizlikten şikâyetçidir. Bulgularda da belirtildiği gibi, montaj hattındaki işgücü değişimleri de bu verimsizliğin bir göstergesidir. Projenin amacı, günlük talepleri karşılayan, işgücünün dengelendiği, tüm modellerin çevrim sürelerinin en aza indirildiği esnek bir montaj hattı tasarımı gerçekleştirmektir.

2.3. Literatür taraması

Montaj hattı dengeleme problemi (MHDP), işletmenin kaynaklarını en uygun kullanacak şekilde belli sayıda görevin öncülük ilişkilerine göre istasyonlara atanmasıdır.

MHDP, seri üretim yapan sistemlerde NP-Hard (non-deterministic polinom) düzen planlama problemleri olarak bilinmektedir.

Geleneksel montaj hattı dengeleme probleminde görevlerin bir seti; görev zamanları ve görevlerin öncülük ilişkileriyle birlikte verilmiştir. Montaj hattı dengeleme probleminin amacı belirtilmiş üretim gereksinimine varmak amacıyla görevlerin bir setinin ardışık iş istasyonlarına atanmasıdır. Böylece iş istasyonlarının sayısının en aza indirilmesi gerekir.

Bütün sezgisel yaklaşımlar içinde (öncülük kuralına dayalı içeren, kısıtlı sayım listesi, tabu arama v.b.) görevler ilk istasyondan başlayan sonuncuya kadar giden ileri yöne atanır.

MHDP'nin amaçları dört ana grupta toplanabilir:

- Birinci tip: Çevrim süresinin sabitlenip istasyon sayısının en aza indirilmesi
- İkinci tip: İstasyon sayısının sabitlenip çevrim süresinin en aza indirilmesi
- F tipi: Çevrim süresini ve istasyon sayısını sisteme sabit verip uygulanabilirlik testinin yapılması
- E tipi: Çevrim süresi ve istasyon sayısının en aza indirilmesi

Projemizde birinci ve ikinci tip yaklaşımlar kullanılarak en iyi sonuca ulaşmak hedeflenmiştir.

Arçelik A.Ş.'de üretim küçük öbeklerle gerçekleştirilmekte ve birden fazla ürün tipi için geliştirilen montaj hattı kullanılmaktadır. Bir ürün tipinden diğer bir ürüne geçerken oluşan kurulum zamanları ve maliyetleri problemimiz için önemsenmeyecek kadar azdır. Zaman

etüdü çalışması sonucunda istasyon sürelerinin sabit olduğuna karar verilmiştir.

Aynı zamanda U tipi montaj hatlarının sisteme uygulanması düşünülmüştür. Bu montaj hatları bir işçiyi montaj hattının her iki tarafında da çalıştırıp işçi sayısını en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu montaj hattı literatürde çok fazla geçmesine rağmen, Arçelik A.Ş.'de bu tip montaj hattının kullanılması mümkün değildir. Hat üzerinde gerçekleşen işlerin yapısı ve yerleşim alan kısıtı açısından U tipi montaj hattının uygulanması Arçelik için uygun bulunmamıştır. Bu nedenle montaj hattı şeklinin değiştirilmemesine karar verilmiştir.

2.3.1. Salome

MHDP'lerde en iyi çözüme dayalı yöntemlerin büyük bir çoğunda dal ve sınır algoritmaları kullanılmıştır. Tahngavelu ve Shetty, Patterson ve Albracht, Talbot ve Patterson tamsayı programlamaya dayalı dal ve sınır algoritmaları geliştirmişlerdir. Geliştirilen dal sınır algoritmalarının en bilinenleri ise; Johnson'ın FABLE, Hoffmann'ın EURAKA, Scholl ve Klein'in SALOME isimli algoritmalarıdır.

MHDP'yi çözmek için kullanılan birçok yöntem içinden projede, internette kodu çalıştırılmaya hazır bulunan bir sezgisel yöntem olan SALOME'nin kullanılmasına karar verilmiştir. SALOME yeni geliştirilen dal-sınır yöntemini ve yerel alt sınırı algoritmasını temel alarak çalışan bir sezgisel yöntemdir. Diğer FABLE and OptPack gibi sezgisel yöntemler çözüm kümesindeki işlemleri tek tek tararken, SALOME her iki yönden tarama yapmaktadır.

Özetlemek gerekirse, SALOME'nin, montaj hattı dengeleme problemi için var olan diğer tüm sezgisel yöntemlerden daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. (Ek 1) (Scholl ve Klein, 1999)

Projemizde, öncülük diyagramlarını oluşturduğumuz iki pilot ürün tipi için SALOME'yi çalıştırarak iki farklı hat dengelemesi elde edilmiştir. Bu farklı hat dengelemeleri birleştirilerek, istasyon sayısı adam-saat değeri düşük ürün tipi için 43'ten; adam-saat değeri yüksek model için ise 46'dan 37'ye düşürülerek istasyon sayısı her iki ürün tipi için de sabitlenmiştir. Ayrıca, çevrim süresi her iki ürün tipi için vardiyadaki talebi karşılayacak seviyeye getirilmiştir.

3. Yöntembilim

Mevcut sistemde gövde tipi, elektronik kart ve pano grubuna göre türev ürünlerle yaklaşık 800'ü bulan ürün çeşitleri, operasyon benzerlikleri dikkate alındığında 45 ana ürün altında incelenmiştir.

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nin önerisi doğrultusunda adam-saat değeri en yüksek ve en düşük iki model belirlenmiş ve hat dengelemesi bu iki ürün tipine göre yapılmıştır. Böylelikle önereceğimiz sistem en kolay ve en zor ürün tipleri arasında yer alan tüm ürünlere uygulanabilecektir. Bu sayede karma üretim hat dengeleme problemi,

tekli model üretim hat dengeleme problemine indirgenmiştir. Tekli model üretim hat dengelemesi problemi yardımıyla belirlenen iki ürün tipi için karma hat dengelemesi oluşturularak problemin çözümü kolaylaştırılmıştır.

İki farklı ürün tipi için ayrı ayrı tekli model üretim hat dengelemeleri elde edilmiştir. Bütün ürünler için donanım ve yer kısıtı nedeniyle aynı istasyonda yapılması gereken operasyonlar belirlenmiştir. Bu operasyonlar genellikle yan montaj hatlarının ana montaj hattına bağlandığı istasyonlarda işlenen operasyonlardır. Kısıtlar bu koşullar altında belirlenerek tekli model üretim hat dengelemeleri birleştirilip karma hat dengelemesi elde edilmiştir. İki ürün tipiyle (C4, adam-saat değeri en yüksek; A4, adam-saat değeri en düşük ürün tipi) oluşturduğumuz sistem farklı ürün tiplerinin de eklenebileceği şekilde dinamik hale getirilmiştir.

4. Önerilen Yöntem ve Uygulaması

Problemin çözümüne yönelik yaklaşımımız üç ara sistemden oluşmaktadır. Tüm sistemler için kullanılan örnek veriler A4 ve C4 ürün tiplerine aittir. Öncelikle, talebi karşılayacak şekilde, belirli istasyon sayısında her model için çevrim süresi hesaplanır. Çevrim süresi her ürün tipinin talebi doğrultusunda hesaplanır ve değişkendir. Çevrim süreleri hesaplandıktan sonra her ürün tipi için farklı iş atamaları elde edilir ve bu sonuçlar firmanın beklentisi doğrultusunda değerlendirilir. Son olarak, firmanın talep edeceği kısıtlar doğrultusunda farklı hat dengelemelerinin bütünleştirilmesi gerçekleştirilir.

4.1. Ara sistem 1

İlk ara sistemde, talebi karşılayacak şekilde belirlenen istasyon sayısında sisteme girilen her ürün tipi için çevrim süresi hesaplanır. Çevrim süresi, talep doğrultusunda vardiya süresinde ihtiyaç duyulan zamana bağlı olarak hesaplanır. Çevrim süresi hesaplanırken, en kısa sürede en iyiye en yakın çözümü sunan sezgisel yöntem SALOME kullanılır. Ara sistem 1'in sonucunu elde etmek için kullanıcıya yol gösteren Java diliyle yazılmış dinamik ve kullanıcı dostu bir ara yüz oluşturulmuştur. Ara sistem 1 adımları açıklanırken ara yüz görünümüleriyle örneklenererek ekte sunulacaktır.

Değişkenler:

- X (Tempo): Vardiyada üretilmesi hedeflenen miktar
- P_i : Ürün tiplerine göre talep yüzdesi (Her model için üretilen miktar vardiyadaki toplam üretimin yüzde kaçını oluşturur?)
- T : Vardiyadaki toplam üretim zamanı (saat)

Adım 1: Her bir ürünün özdeş olduğunu varsayarak bir ürün için ortalama harcanması gereken süre (\mathcal{C}_{ort}) saniye cinsinden hesaplanır ($\mathcal{C}_{ort} = (T \cdot 3600) / X$). Ek 2'de gösterilen ara yüzün 1. aşamasında \mathcal{C}_{ort} 25,4 saniye bulunmuştur.

Adım 2: P_i değeri en yüksek ve/veya adam-saat değeri en düşük model seçilir. Bu modelin çevrim süresi $\check{C}ort$ 'a eşitlenerek en uygun istasyon sayısı elde edilir ($Bist$). Ek 2'de gösterilen arayüzün 3. aşamasında $Bist$ 34 bulunmuştur. Bu istasyon sayısı temel alınarak bütün ürünler için çevrim süresi (CS_i) elde edilir ve vardiyadaki talebi karşılamak için gerekli üretim zamanı (GUZ) hesaplanır. ($GUZ = \sum_i (X * P_i) * CS_i$) Ek 2' de gösterilen ara yüzün 1. aşamasında GUZ 7,46 olarak hesaplanmıştır.

Adım 3: Vardiyadaki müşteri talebini karşılayacak istasyon sayısını bulmak için iterasyon işlemine başlanır. Adım 2'nin sonunda elde edilen ilk iterasyon sonucu iki seçenek oluşabilir:

- Eğer $GUZ > T$ ise $Bist$ sayısını arttır. $GUZ < T$ ise, DUR. Son iki iterasyon için $|GUZ - T|$ hesaplanır ve en azını veren iterasyon seçilir.
- Eğer $GUZ < T$ ise $Bist$ sayısını bir azalt. $GUZ > T$ ise, DUR. Son iki iterasyon için $|GUZ - T|$ hesaplanır ve en azını veren iterasyon seçilir.

Her iki seçenek sonunda da öyle bir istasyon sayısı elde edilir ki her ürün tipi için vardiyadaki talep karşılanır. Talebi karşılayacak doğrultuda belirlenen bu istasyon sayısı doğrultusunda, her model için farklı hat dengelemesi elde edilir. Ek 3'te Çözümler penceresinde gösterilen SALOME çıktıları; A4v6 ve C4v5 satırları farklı hat dengelemelerini gösterir.

4.2. Ara sistem 2

Ek 3'te gösterilen A4v6 ve C4v5 satırları görüldüğü üzere incelenmesi zor bir biçimdedir. Bu ara sistemde her ürün tipi için elde edilen hat dengelemesi, kullanıcının rahat analiz yapabileceği bir biçime çevrilir. Excel' de hazırlanan şablon doğrultusunda SALOME tarafından elde edilen satır Şekil 1'deki gibi görülmektedir. Örneğin, 1. istasyona 5, 6 ve 70 numaralı operasyonlar atanmıştır.

Şekil 1. SALOME'nin Excel'deki görüntüsü.

ARASİSTEM2_şablon_deneme										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	konum	İST. NO		1	2	3	4	5	6	7
2	0	1	A4	5	6	70	0	0	0	0
3	0	2	A4	280	80	0	0	0	0	0
4	0	3	A4	90	140	200	0	0	0	0
5	0	4	A4	300	20	320	0	0	0	0
6	0	5	A4	310	50	130	120	40	10	210

Donanım ve yerleşim kısıtları nedeniyle, belli operasyonların her

ürün için aynı istasyonda işlenmesi gerekir. Bu operasyonlar yan montajın ana hatta bağlandığı yerde işlenen operasyonlardır ve yan montaj kümesinde toplanır. Kullanıcı, yan montaj kümesindeki operasyonları, her ürün tipi için elde edilen hat dengelemeleri arasında hangi farklı istasyonlara atanmış olduğunu değerlendirir. Şekil 2'deki Excel görüntüsünde, 1030 numaralı operasyon A4 ürün tipi için 17. istasyona atanırken; C4 ürün tipi için 19. istasyona atanmıştır.

Şekil 2. Yan montaj kümesinden yapılan seçimin Excel görüntüsü.

ARASİSTEM2_şablon_deneme									
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Lütfen bir operasyon numarası seçiniz				Model Adı: *			A4	C4
2					İstasyon No:		17	19	
3		90							
4		140							
5		1490							
6		1030			MIN		17		
7		2040			MAK		19		
8		5940							
9		2890							
10					TÜM İSTASYON ARALIĞI		17		
11							18		
12							19		

Aynı operasyonun atandığı farklı istasyonların aralığında atanmış bütün operasyonları görebilmek için, elde edilen hat dengelemeleri alt alta sıralanır. Şekil 3'te görüldüğü gibi yan montaj kümesinden yapılan 1030 numaralı operasyonun seçimi doğrultusunda, filtreleme işlemiyle Ara sistem 3 için gerekli olan veriler elde edilmektedir.

Şekil 3. Filtreleme işleminden çıkan sonuç örneği.

ARASİSTEM2_şablon_deneme									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	TAMAM	İSTASYON N							
18	1	17 C4	1410	1740	1750	1030	1300	1700	
19	1	18 C4	910	1760	1830	1800	1500		
20	1	19 C4	1440	2210	1655	1705	1650		
88	1	17 A4	2230	240	1590	230	1620		
89	1	18 A4	2210	1080	1090	1520	1640		
90	1	19 A4	270	1030	1410	1420	1510	1320	

4.3. Ara sistem 3

Her ürün tipi için farklı olan hat dengelemelerini birleştirmek için tamsayı programlama modeli geliştirilmiştir (Ek 4). Bu birleştirmeyi

yapılmadaki amaç, donanım ve yerleşim kısıtları doğrultusunda en uygun hat dengelemesini elde etmektir. Bu model, her ürün tipi için, yan montaj kümesindeki operasyonların atanmış olduğu farklı istasyonlar arasında, yeni bir hat dengelemesi oluşturur. Şekillerdeki örnek için istasyon numarası 17, 18, 19 olanlar arasında her ürün tipi için yeni bir iş ataması yapılacaktır.

Ara sistem 2’ de elde edilen veriler modele girilerek, Excel çözücünde sonuç elde edilir. Bu aşamanın sonucunda donanım ve yerleşim kısıtı doğrultusunda hat dengelemesi oluşturulur. Böylece, yan montaj kümesinde bulunan 1030 numaralı operasyonun her iki ürün tipi için de aynı istasyonda işlenmesi sağlanmaktadır

Şekil 4. Excel çözücünden çıkan sonuç örneği.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	A4 ürün tipi için değişkenler																	
2		2230	240	1590	230	1620	2210	1080	1090	1520	1640	270	1030	1410	1420	1510	1320	
3	Toper	1.6	7.5	9.9	4.2	0.3	4.4	5.5	4	5.1	5	3.6	4.5	4.6	4.7	5.1	1.5	çevrim süresi
4	4	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	24.3
5	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	23.3
6	6	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	23.9
7	sdc 1 ist	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	71.5
8	öncülük	5	5	6	4	6	5	4	6	4	4	6	4	6	5	5	6	
9																		
10																		
11																		
12	C4 ürün tipi için																	
13		1410	1740	1750	1030	1300	1700	910	1760	1830	1800	1500	1440	2210	1655	1705	1650	
14	Toper	4.6	2.5	3.5	4.5	5.2	5.9	2.5	3.3	9.5	8.9	1.5	6.5	4.4	2.1	2.8	6.5	çevrim süresi
15	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	18.7
16	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	27.2
17	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	28.3
18	sdc 1 ist	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74.2
19	öncülük	1	2	1	1	3	2	1	3	2	3	1	2	3	1	2	3	

Verilen örnekte “sdc 1 ist” her operasyonun sadece bir istasyona atanması gerektiği kısıtını belirtir. “Öncülük” satırında ise operasyonlar arasındaki öncülük ilişkileri doğrultusunda ortaya çıkan kısıtlar gösterilir.

5. Uygulama

Geliştirdiğimiz sistemin uygulanabilirliğini test etmek için gerekli veriler ilgili birimden alınmıştır. Sistemin çalışması için gerekli olan; fakat firmada eksik olan veriler ise toplanmıştır. Sistemimiz, firmadan gelen talep doğrultusunda adam-saat değeri en yüksek ve en düşük model arasında hat dengelenmesini elde etmek üzere öncülük diyagramı çıkartılmış, sistem bu veriler doğrultusunda çalıştırılmış ve sonuç hat dengelemesi yapan kişi tarafından incelenip fabrika ortamına uygulanabilirliği onaylanmıştır. Önerilen yöntemle elde edilen hat dengelemeleri, fabrikada mevcut teknikle yapılan dengelemelerle karşılaştırıldığında, önerilen hat tasarımının verimliliği arttırıcı nitelikte

olduğu görülmüştür. Ayrıca talebin değişkenliği göz önüne alınarak yazılım, değişen tempo ve toplam üretim süresine göre hat dengelemesi sunacak şekilde geliştirilmiştir. Uygulanabilir hale gelen çözüm yönteminin kodlandığı program, fabrikada kullanılan bilgisayara yüklenerek hat dengelenmesinden sorumlu kişi tarafından kullanılması planlanmaktadır.

5.1. Uygulama planı

Geliştirilen sistem Montaj-1'de, iki ürün tipi için dengeleme yapmıştır. Sistem ikiden fazla ürün tipleri için de uygulanabilecek şekilde dinamik hale getirilmiştir. Bunun için farklı ürün tipleri için öncülük ilişkilerinin oluşturulması gerekmektedir.

6. Genel Değerlendirme

Üç ara sistemden oluşan tasarımıımız, iki ürün tipi için uygulanmış ve istasyon sayısı, adam-saat değeri düşük model için altı; adam-saat değeri yüksek model için dokuz adet azaltılmıştır. İstasyon sayısı azaltılırken, istasyon sayısını ürün tipleri arasında sabit tutarak firmanın, bileşeni diğerlerine göre fazla olan ürün için daha fazla kaynak kullanması engellenmiştir. Bunlara ek olarak, yukarıda bahsedilen montaj hattının temposunun hızlandırılıp, yavaşlatılma ihtiyacı da ortadan kaldırılmıştır.

6.1. Şirkete sağlanan faydalar

Elle yapılan hat dengelemesinde gereğinden fazla iş istasyonu ve dengesiz iş-yükü dağılımı oluşuyordu. Geliştirdiğimiz sistem, elle yapılan hat dengelemesine göre en iyiye daha yakın ve daha hızlı sonuç sunar. Bu sayede kullanıcı zamanını daha verimli kullanır. Dinamik ve esnek sistemimiz kısa sürede, daha akılcı ve daha verimli bir hat dengelemesi oluştururken; ileride olası kapasite artırımına da olanak sağlar.

Adam-saat değeri yüksek ürünler hattın temposunu yavaşlattığı için küçük öbeklerle hatta verilir. Bu yavaşlamanın ardından, daha büyük öbeklerle adam-saat değeri düşük ürün tipi hatta verilerek oluşan kayıp ortadan kaldırılır. Bu durum üretim planını zora sokmaktadır. Sistemiz ürün tipi talebi doğrultusunda vardiya süresince ihtiyaç duyulan zamana göre çevrim süresini hesapladığı için ürünlerin büyük öbeklerle hatta verilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece ara stok dağılımı transfer sayısının azalacağı beklenmektedir. Sistemimizin, şu an firmada yürütülmekte olan ara stok dağılımı projesine de katkısının olacağına inanıyoruz.

Firmanın bu geliştirilen çözümlerin ışığında yoluna devam etmesi, firmaya her şeyden önce ciddi anlamda problem çözme yeteneği geliştirmeye yardımcı olacak kullanılabilir bir araç sunacaktır.

KAYNAKÇA

- Boysen, N. Fliedner, M ve Scholl, A. 2007. "A classification of assembly line balancing problems", *European Journal of Operational Research*, 183(2), 674-693.
- Boysen, N. Fliedner, M ve Scholl, A. 2008. "Assembly line balancing: Which model to use when?", *International Journal of Production Economics*, 111(2), 509-528.
- Hoffmann, T. R. 1992. "EUREKA: A Hybrid System for Assembly Line Balancing", *Management Science* 38, 39-47.
- Johnson, R. V. 1988. "Optimally Balancing Large Assembly Lines with 'Lable'", *Management Science*, 34(1), 240-253.
- Koç Group 2009. Consumer Durables, Arçelik, http://www.koc.com.tr/en-us/Corporate/Sectors/Durable_Goods/Pages/Ar%C3%A7elik.asp
Son erişim tarihi: 2 Kasım 2009
- Patterson, J. H. ve Albracht, J. J. 1975. "Assembly Line Balancing: Zero-One Programming with Fibonacci Search", *Operations Research*, 23(1), 166-172.
- Scholl, A. ve Klein, R. 1997. "SALOME: A Bidirectional Branch and Bound Procedure for Assembly Line Balancing", *Journal on Computing* 9, 319-334.
- Scholl, A. ve Klein, R. 1999. "Theory and Methodology Balancing assembly lines effectively- A computational comparison", *European Journal of Operational Research* 114, 50-58.
- Scholl, A. and Klein, R. 1997. "SALOME: A Bidirectional Branch-and-Bound Procedure for Assembly Line Balancing", *Inform Journal on Computing*, 9(4), 319-334.
- Talbot, F. B. ve Patterson, J. H. 1984. "An Integer Programming Algorithm with Network Cuts for Solving the Assembly Line Balancing Problem", *Management Science*, 30(1), 85-99.
- Thangavelu, S. R. ve Shetty, C. M. 1971. "Assembly Line Balancing by Zero-One Integer Programming", *AIIE Transactions*, 3(1), 61-68.

EKLER

Ek 1. SALOME'nin diğer sezgisel yöntemlerle karşılaştırılması

Çözüm Yolu	FABLE	OptPack	Eureka	SALOME
# Opt.	179	172	194	224
Av. Rel. (%)	0.95	0.60	0.72	0.46
Max. Rel. (%)	7.69	7.69	12	7.69
Av. Cpu. (sec)	175.9	188.8	199.1	98.6
Av. Rank	2.5	2.5	3.25	1

Opt.: en iyi çözümü veren durum sayısı

Av. Rel. (%): en iyi değerden ortalama sapma

Max. Rel. (%): en iyi değerden en fazla sapma

Av. Cpu. (sec): saniye cinsinden ortalama çözüm süresi

Av. Rank: dört algortimanın içinde ortalama sıralaması

Ek 2. Arayüz görüntüleri

1. Tempo Vardiya süresi

Çevirim zamanınız: 25.4 olacak şekilde en kolay modelinizi SAL 1for 1'de çalıştırınız.

2. Ürün adı:

%

Ürün	Yüzde
A4v6.in2	75.0
C4v5.in2	25.0

3. Minimum istasyon sayısı

34 istasyon sayısını temel alarak, bütün ürün tipleri için 'sal1for2'yi çalıştırınız.

1.

Gerekli üretim zamanı(GUZ): 7.469791666666667 İstasyon sayısını artırınız.

İstasyon Sayısı

2.

Ek 3. Arayüz görüntüleri

1. Ürün adı:

C4v5.in2

Gözet

Ekle

Tamam

Ürün

A4v6.in2
C4v5.in2

C4v5.in2233.0 281.0

2. Ürünlerinizin çevrim zamanlarını yukarıdaki sıra ile SAL1 for 1'de çalıştırınız

Tamam

3. Notdefteri oluştur



Cozumler - Not Defteri

Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım

```
A4v6.in2 1 1 29 29 34 34 13 5 4 2 3 2 4 5 1 7 5 4 5 5 3 13 34 34 3 5 6 7
C4v5.in2 1 1 34 11 34 11 34 31 4 3 3 1 2 3 4 1 4 4 4 4 3 2 11 5 6 6 11 2
```

Ek 4. IP modelin kodu.

j: iş istasyonu seti
i: operasyon seti
t: ürün tipi seti

Parametreler:

p_{jt} : Ürün tipi t için operasyon süresi

$ÇS_t$: Ürün tipi t için çevrim süresi

Değişken:

x_{ijt} : $\begin{cases} 1 \text{ eğer } t \text{ ürün tipi için operasyon } i \text{ iş istasyonu } j \text{ de} \\ \text{işleniyorsa} \\ 0 \text{ aksi takdirde} \end{cases}$

$$\text{Enküçült } \sum_i \sum_j \sum_t p_{jt} * x_{ijt}$$

Kısıtlar:

$$\sum_i p_{jt} * x_{ijt} \leq ÇS_t \quad \text{her } t, \text{ her } j \quad (\text{Çevrim süresi kısıtı})$$

$$\sum x_{ijt} = 1 \quad \text{her } i, \text{ her } t \quad (\text{Her operasyon sadece bir istasyonda işlenebilir})$$

$$\sum_j x_{ijt} \leq \sum_j x_{kjt} \quad (i \rightarrow k) \quad \text{her } t \quad (\text{Öncülük kısıtı})$$

$$x_{i^*jt} = x_{i^*jt'} \quad t < > t'$$

(i^* aynı istasyona koymak istediğimiz operasyon)

$$x_{ijt} \in \{0,1\}$$

Çamaşır Makinesi Fabrikası İç Lojistik Aktivitelerinin Optimize Edilmesi

BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. Çamaşır Makinesi Fabrikası (FIW)

Proje Ekibi

Yasemin Arslan

Enes Bilgin

Ahmet Bora

Mehmet Fatih Cabioğlu

Cansu Çakır

Sertalp Bilal Çay

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Korhan Gökçay, BSH Çamaşır Makinesi Fabrikası,

Fabrika Lojistik Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Barbaros Tansel, Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

BSH Çamaşır Makinesi Fabrikası'nda, malzemelerin büyük çoğunluğu fabrika içerisindeki depolardan üretim hattına taşınması, milkrun sistemiyle sağlanmaktadır. Mevcut sistemde, milkrun araçlarının yeterince verimli kullanılmaması, milkrun araçlarının kat ettikleri mesafelerin uzun olması, fabrika içerisinde forklift ve milkrun araçlarının sebep olduğu trafik gibi problemler gözlenmiştir. Bunun yanında, fabrika yönetimi fabrika içindeki tüm malzemelerin milkrun sistemine dahil edilmesini hedeflemektedir. Bu amaçla geliştirilen matematiksel model, sezgisel model ve benzetim modellerini entegre bir şekilde kullanan SYMECA sistemi ile milkrun araçlarının kat ettikleri mesafede %11 iyileştirme, operatör gereksiniminde %20 ve araç gereksiniminde %33 azalma sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Milkrun sistemi optimizasyonu

1. İşletme Tanıtımı

Bosch ve Siemens Ev Aletleri Grubu, (BSH), Avrupa'nın birinci, dünyanın üçüncü büyük ev aletleri şirketidir. Avrupa, Asya, Kuzey ve Güney Amerika, Kuzey Afrika, Orta Doğu ve Avustralya'da toplam 40 ülkede 42 fabrikası ile üretim yapmaktadır. Dünya çapında 39.000 çalışanıyla BSH iş yaptığı ülkelerin ekonomik büyümelerine katkıda bulunmaktadır.

BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., (BSH-TR), ana markaları Bosch ve Siemens, özel markası Gaggenau ve yerel markası Profilo ile beyaz eşya sektörünün en büyük şirketlerinden biridir. BSH, yurt içine ve ihraç pazarlarına yönelik olarak büyük beyaz eşya üretimini gerçekleştirmektedir.

BSH-TR Çamaşır Makinesi Fabrikası, (FIW), Çerkezköy tesislerinde bulunan 5 fabrikanın üretim adetleri bakımından en büyüğüdür. 1.000.000 adet üzerinde yıllık üretim kapasitesi ile FIW, yurtiçi ve yurtdışı pazarlara 210 farklı model çamaşır makinesi sunmaktadır.

Bugün FIW 2 ürün platformunda 7 değişik markada (Ana markalarımız Bosch ve Siemens, yerel markalarımız Profilo, Constructa, Viva, Balay ve Pitsos) çamaşır makinesi üretmektedir. Fabrika üretiminin %40'ı yerli pazara gönderilirken, %60'ı Orta Avrupa, İtalya, İngiltere, İspanya, Polonya, İskandinav ülkeleri başta olmak üzere ihraç edilmektedir.

FIW proses yönetimindeki başarısını 2008 yılında BSH Production System'de dünya çapında benchmark olarak ve 2010 yılında Total Productive Maintenance, TPM'de Japon JIPM Enstitüsü tarafından TPM Excellence Kategori A ile ödüllendirerek taçlandırmıştır (BSH, 2010).

2. Analiz

2.1 Mevcut sistemin analizi

Fabrikada iki adet montaj hattı bulunmaktadır. İki montaj hattı birbirinin simetriği olup, montaj hatlarındaki ekipman ve akış aynıdır. Çamaşır makinesi üretim süreci iki ana kategori halinde incelenebilir. Bunlar yarı mamul malzemelerin üretimi ve montaj sürecidir.

Yarı mamül malzemeler tambur, kazan, gövde, kontrol paneli ve diğer metal parçalar olmak üzere beş çeşittir. Bu yarı mamüller farklı ön üretim merkezlerinden montaj hatlarına taşınmaktadır. İki montaj hatları paketleme işleminin ardından birleşmekte ve nihai ürünler lojistik merkezine taşınmaktadır.

Çamaşır makinesi üretiminde 820 farklı malzeme kullanılmaktadır. Bu parçalardan bazıları valf, amortisör, vida gibi hacimsel olarak küçük parçalar; bazıları ise beton ağırlık, motor, ön saç gibi hacimsel olarak büyük parçalardır. Bu malzemelerin 600 tanesi,

montaj hatlarındaki 74 istasyona dağıtılmaktadır. Kalan 220 parça ise ön üretim merkezlerindeki dokuz farklı istasyona dağıtılmaktadır. Fabrika içerisinde malzemeleri taşımak için dört farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler; elle, konveyörle, forkliftle ve milkrunla taşımadır. Milkrun sisteminde ise yeşil, açık mavi, koyu mavi ve turuncu isimli dört farklı milkrun çeşidi vardır. Yeşil milkrun, küçük hacimli malzemeler (c-parçalar) için, açık mavi milkrun küçük-orta hacimli malzemeler için, koyu mavi renkli milkrun büyük hacimli malzemeler için ve turuncu renkli milkrun ise askılı malzemeleri taşımak için kullanılmaktadır. Koyu mavi milkrun ile taşınamayacak kadar büyük hacimli ve ağır malzemeler de forklift aracılığıyla taşınmaktadır. Fabrikada malzemelerin ambalaj içi miktarlarını küçültme ve uygun milkrun araçlarına adaptasyonları için çalışmalar sürmektedir.

3. Proje Tanımı

3.1 Semptomlar

Fabrikada iç lojistik aktivitelerinde bazı semptomlar gözlemlenmiştir. Bu semptomlar, malzemelerin rampalardan stok alanlarına ve stok alanlarından montaj hatlarına taşınması sırasında oluşan iç lojistik aktiviteleriyle ilgili durumlardır. Bunlar:

- Fabrikadaki 123 malzeme gurubundan 11'i forklift ile ilgili çalışma istasyonlarına götürülmektedir. Forkliftler sistematik bir yapı içerisinde çalışmadığı için, istasyonlardaki ara stok alanlarında gereğinden az ya da fazla malzeme bulunabilmektedir.
- Montaj hattındaki bazı istasyonlar birden çok taşıma aracıyla beslenmektedir. Bu durum montaj hattında araç trafiğinin tıkanmasına yol açmaktadır.
- Fabrikadaki milkrun araçları kapasitelerinin altında kullanılmaktadır. Gözlemlerimize göre açık mavi ve koyu mavi milkrun araçlarındaki vagonların kullanım oranı %60'a kadar düşmekteyken, yeşil milkrunda bu oran %30 olarak gözlenebilmektedir.
- Malzemeler kullanılacakları iş istasyonlarına olan yakınlıklarına göre süpermarketlere yerleştirilmediği için, fabrika içerisinde gereğinden fazla yol kat etmektedir.

3.2 Problem tanımı ve kapsamı

Mevcut sistem analizi yapıldıktan ve semptomlar gözlemledikten sonra sistemde var olan problemler aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- *Forklift çizelgeleme problemi:* Fabrika içerisinde forkliftler itme sistemiyle yani belli bir çizelge takip etmeksizin istasyonları beslediği için montaj hattında düzensiz forklift hareketleri ve malzeme beslemesinde sıkıntılar meydana gelmektedir.
- *Milkrun rotalama problemi:* Milkrun rotaları birbirleriyle çakıştığı için bazı bölgelere birden çok milkrun uğramaktadır. Aynı

bölgelerde faaliyet gösteren forkliftlerin varlığıyla birlikte, fabrika içerisinde trafik yoğunluğu oluşmaktadır.

- *Uygun milkrun-malzeme eşleştirmelerinin yapılmaması:* Malzemelerin milkrun vagonlarına atanması malzeme ambalaj hacimlerine göre yapılmıştır. Bu durum sonucunda, aynı istasyona birden fazla milkrun servis vermekte, bazı milkrun vagonları zaman zaman kapasitelerinin çok altında malzeme taşımaktadır.
- *Malzeme depolama problemi:* Fabrika içerisinde bazı malzemeler kullanım istasyonlarına göre depolama yerlerinde konumlandırılmamıştır. Bu nedenle bu malzemeler istasyona ulaşana kadar gereğinden fazla yol kat etmektedirler.

3.3 Projenin hedefleri ve performans ölçütleri

Projenin kapsamı içerisinde, malzemelerin rampalardan depolama alanlarına ve depolama alanlarından montaj hattına taşınması sırasında oluşan iç lojistik aktivitelerinin optimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, aşağıda belirtilen hedeflere cevap verebilecek SYMECA sistemi tasarlanmıştır:

- Milkrun prosesinin verimliliğinin artırılması ve bunun sonucu olarak forklift ile taşınan diğer malzemelerin, milkrun sistemine dahil edilerek üretim alanlarında forklift kullanımının ortadan kaldırılması
- Milkrun rotalarının montaj hattında meydana gelen trafik tikanıklığı önleyecek şekilde düzenlenmesi
- Malzemelerin fabrika içerisinde gereğinden fazla yol kat etmesinin engellenmesi

SYMECA sisteminin çıktıları ve mevcut sistemin karşılaştırılmasında, şu performans ölçütlerine göre değerlendirilme yapılmıştır: Milkrun araçlarının kat ettiği toplam mesafe, milkrun vagonlarının doluluk oranı, ihtiyaç duyulan milkrun operatör ve araç sayısı. Bunun yanında oluşturulan SYMECA sisteminin, herhangi bir zamanda fabrika yönetiminin malzeme çeşitlerinde ve malzeme ambalajlarında yapacağı değişikliklerde malzemeler için bir milkrun taşıma çizelgesi önerebilmesi de amaçlanmıştır.

4. Önerilen Yöntem

4.1 Literatür taraması

BSH Çamaşır Makinası Fabrikası'nda analiz edilen problemin özellikleri göz önüne alındığında, çözülmesi gereken problemin literatürde bulunan Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem)'nin çok karmaşık bir versiyonu olduğu tespit edilmiştir. FIW'daki problem;

- Çoklu malzeme
- Çoklu araç tipi
- Çoklu depo

- Kapasite kısıtı
- Zaman çerçevesi
- Fabrikaya özel kullanım kısıtları gibi özellikleri haizdir.

Literatürde bulunan Araç Rotalama Problemleri'ni incelediğimiz zaman, tam anlamıyla elimizde olan problemle örtüşmediği tespit edilmiştir. Bizim problemimize en yakın problem olarak Michael J. Fry yazmış olduğu makalede ARP'yi ceza tabanlı sezgisel tavlama yaklaşımıyla çözmüştür. Ancak bu problem bizim problemimizde var olan çoklu malzeme ve çoklu depo özelliklerine bu makalede değinilmemiştir. Araştırmalar sonucunda literatürde problemimize tam olarak uyan bir model bulunamadığı için, FIW'ya özel bir çözüm metodu geliştirilmesine karar verilmiştir.

Zaman pencereli ARP'lerde kesin çözüm modelleri, büyük problemler için genellikle uzun çözüm zamanları gerektirmektedir (Lenstra ve Rinnooy Kan, 2006). Bu yüzden matematiksel çözüm modelinde, mümkün olduğunca değişkenlerden kurtulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla Petal sezgisel yaklaşım metoduna benzer bir yöntem kullanılmıştır. Petal sezgisel yaklaşım metoduna göre, birçok rota oluşturulup bu rota arasından seçim yapmak esastır. (Kara, 2009)

Sezgisel yaklaşım metodunda ise, yine tamamen FIW problemine özgü bir yaklaşım benimsenmiştir. Modellerin ayrıntıları, sonraki kısımlarda açıklanacaktır.

4.2 SYMECA çözüm modeli

SYMECA karar destek sistemi; matematiksel model, sezgisel çözüm modeli ve benzetim modelinin entegre bir şekilde ürettiği çözümlerin, bir Java kullanıcı arayüzüyle kullanıcıya aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Bunun yanında kullanıcı, yine bu arayüz sayesinde belirtilen modellerde değişiklik yapma ve yeni veri girme imkanına da sahiptir.

SYMECA karar destek sisteminde kullanılan matematiksel model GAMS arayüzünü kullanan CPLEX kodlamasıyla, sezgisel yaklaşım metodu SYMECA ekibi tarafından Java'da kodlanan bir programla, benzetim modeli ise Arena programıyla çalışmaktadır. Kullanıcı, tüm bu programlara sahip olması durumunda sistemin sağlayabileceği en iyi sonuçları elde edebilecek; GAMS ve/veya Arena'nın eksik olması durumunda ise sezgisel yaklaşım metodu ile uygulanabilir çözümlere ulaşacaktır.

Sistemin işleyişini anlatan bir şema ekte verilmiştir. (Bkz. Ek.1) Bu sistemin üzerinden sırasıyla gidecek olursak, kullanıcı ilk adımda, sisteme parametreleri (ör. Malzeme ambalaj hacimleri, milkrun araç sayısı vb.) kaydeder. Bu işlem Java arayüzü ile halledilmekte ve sisteme özel uzantılı bir dosya olarak verileri kaydetmektedir. Kullanıcı burada isterse daha önceden kaydetmiş olduğu verileri yükleyebilir.

Sistem parametrelerinin yüklenmesinin ardından, çözümün ikinci adımında bir başlangıç çözümü bulunması gerekmektedir. Başlangıç çözümü şu üç yoldan biri ile bulunabilir: Kullanıcı Başlangıç Çözümü, Sez-Bul Metodu, Matematiksel Model. Kullanıcı zaten mevcut bir çözüme sahipse ve çeşitli nedenlerden dolayı bu çözümden uzaklaşmadan yerel iyileştirme yapmak istiyorsa, mevcut çözümünü başlangıç çözümü olarak alabilir. Bunun yanında, kısa zamanda çözüm elde etmek isteyen veya Matematiksel Modeli çözdürecek bir çözücü yazılıma sahip olmayan kullanıcı, Sez-Bul modülünü kullanacaktır. Bir çözücü yazılımına sahip olan ve iyi bir başlangıç çözümü bulmak isteyen kullanıcı ise Matematiksel Model çözüm modülünü kullanacaktır.

Başlangıç çözümleri arasında en iyi sonucun Matematiksel Model kullanılarak elde edilmesi beklenmektedir. Bunun yanına Matematiksel modeldeki bazı değerler, modelin karmaşıklığını arttırmaması amacıyla değişken olarak değil parametre olarak alınmıştır. Bu durumun, elde edilebilecek bazı iyi çözümlere ulaşmayı engelleyebileceği düşünülmüştür. Bu çözümlerin de kullanıcı tarafından yakalanabilmesi amacıyla Sez-Gel çözüm geliştirme sezgisel algoritması tasarlanmıştır. Sez-Gel metodu, Matematiksel Modelde parametre olarak kabul edilen depo ve araçların transferine izin vererek elimizde olan çözümü daha da iyileştirmektedir. Sez-Gel metodu herhangi bir yolla elde edilen tüm başlangıç çözümlerine uygulanabilmektedir.

Çözüm modellerinin son sonuçlarının elde edilmesiyle birlikte kullanıcıya çözümü sınaama seçeneği çıkmaktadır. Bu sayede kullanıcı yine Java arayüzü kullanarak programı benzetim modelinde deneyebilmekte, çeşitli istatistikleri (ör. Malzemenin en fazla hat yanı stoğu, vagon doluluk oranları vb.) toplayabileceklerdir. Modelin uygunluğu doğrulandıktan sonra, uygun bir rapor formatıyla sonuçlar kullanıcıya verilmekte, kullanıcı isterse bu dökümanı çıktı olarak alabilmektedir.

4.2.1 Başlangıç çözümü bulma metodları

Kullanıcı girişli başlangıç çözümü

Bu kısımda başlangıç çözümü, kullanıcı tarafından sisteme elle girilecektir. Kullanıcı, öncelikle daha önceden tanımladığı malzeme listesinden hangi malzemeleri milkrun sistemine dahil edeceğini seçecektir. Daha sonra kullanılacak mikrun aracı sayısı, her araç için tur sayısı ve her tur için kullanılacak rota belirlenmelidir. Yine her milkrun aracına eklenecek vagon tipi ve sayısı da kullanıcı tarafından girilecektir. Her milkrun aracına her tur için malzeme ataması yapılmasıyla başlangıç çözümü belirlenmiş olacaktır. Kullanıcı tüm bunları Java arayüzünde yapabilecek ve belirlediği başlangıç çözümünün uygulanabilirliğini kontrol edebilecektir.

Sez-Bul sezgisel başlangıç çözümü bulma metodu

Kullanıcı Sez-Bul metodunu kullanarak, bir başlangıç çözümü elde edebilmektedir. Bu metod, şirketin matematiksel modeli çalıştırmak için gereken programı almama ihtimaline karşın, bağımsız bir çözüm üretebilmesi için geliştirilmiştir. Bu metod JAVA'da kodlanmış olup, basit ve mümkün bir çözüm oluşturmaktadır.

Bu çözümde her milkrun aracı yalnızca bir süpermarketle eşleştirilmektedir. Milkrun aracı görevlendirildiği süpermarketteki tüm malzemeleri hat yanına götürmekle görevlendirilir. Bunun için ilk ötelemede toplam tur sayısı, ikinci ötelemede her tur için taşınacak malzemeler, üçüncü ötelemede ise malzemeler için uygun vagonlar belirlenmektedir. Eğer aracın kapasitesi malzemeleri taşımaya yetmezse, malzemelerin farklı süpermarketlere transferleri gerçekleştirilmektedir. Son ötelemede turlar için mümkün olan en kısa rotalar seçilmekte ve başlangıç çözümü tamamlanmaktadır.

Matematiksel model

İç lojistik aktivitelerinin iyileştirilmesinde ilk aşamayı matematiksel modelin çalıştırılması oluşturmaktadır. Matematiksel model, istasyonlarda her malzemedan birer kutu bulunduğunu varsayarak, bir saatlik bir zaman dilimi içinde tüm istasyonlardaki saatlik malzeme ihtiyaçlarını taşıyacak bir milkrun sistemi önermektedir. Model genel olarak, milkrun araçlarını daha önceden belirlenmiş hazır rotalara, malzemeleri de milkrun araçlarına atamaktadır. Matematiksel modelin girdileri aşağıdaki gibidir:

- *Aday Rotalar:* Matematiksel modelin en önemli özelliği, malzeme taşımalarında milkrun araçlarının izleyeceği rotaların model tarafından, her tur için hazır rotalar arasından seçilmesidir. Bu sayede model, rota belirleme gibi karmaşık bir işlemi kurtarılmıştır. Fabrika yerleşkesinin kullanılabilirlik açısından çok çeşitli rotalara izin vermemesi de, rotaların hazır verilmesi yönteminin kullanılması da etkili olmuştur.
- *Aday Rota Uzunlukları:* Her rotaya ait toplam mesafe bilgisi de modelin girdileri arasındadır.
- *Malzeme Grupları:* Benzer fonksiyonları yerine getiren malzemeler aynı başlıklar altında toplanmıştır. Örneğin motor malzeme grubundaki farklı motor malzeme çeşitleri ayrı ayrı değerlendirmek yerine, motor başlığı altında toplanmıştır. Bunun yanında hangi malzemenin hangi tip vagonla taşınacağı da parametre olarak verilmiştir.
- *Duraklardaki Malzeme Talebi:* Her durağa bağlı istasyonlardaki malzeme talebi, toplu ve durağın malzeme talebi olarak modele verilmektedir.

- *Malzeme Ambalaj Büyüklükleri:* Malzemelerin taşındığı ambalajlar, vagonlardaki kapasite denetimi için ambalaj tabanlarının kapladıkları alan cinsinden girdiler arasındadır.
- *Ambalaj İçi Malzeme Adetleri:* Malzemelerin, birim ambalaj içindeki adetleridir.
- *Malzeme Depolama Bilgisi:* Her bir malzeme için, malzemelerin fabrika içinde hangi depolama alanında tutulduğu sabit kabul edilmekte ve modele bildirilmektedir. Dolayısıyla, bir rotanın hangi malzemeler için yüklemeye elverişli olduğu da, rotanın o depolama alanına uğrayıp uğramamasına göre belirlidir.
- *Milkrun Vagon Adetleri:* Her bir vagon çeşidinden fabrikada kaç adet mevcut olduğu (veya sağlanabileceği) bilgisidir.
- *Süre Bilgileri:* Her bir malzeme için taşıma süreleri, duraklarda ve süpermarketlerde durma süreleri parametre olarak modele verilmektedir.
- *Vagon Kapasiteleri:* Her bir vagon tipi için kapasite bilgisidir.
- *Milkrun Treni Uzunluk Bilgisi:* Her bir milkrun treninin en fazla uzunluğu ve vagonların uzunluk bilgileridir. Model kısıtları ise aşağıdaki gibidir:
- *Nakliye Kısıtı:* Malzemeler, ancak milkrun araçları tarafından o turda seçilen rotalardaki süpermarketlerden yüklenebilir ve rota üzerindeki duraklara teslim edilebilir.
- *Rota Kısıtı:* Bir milkrun aracı, belirli bir tur için en fazla bir rota seçebilir.
- *Talep Kısıtı:* Milkrun araçları, bir saat içerisindeki turlarında duraklardaki saatlik malzeme taleplerini karşılamak zorundadırlar. Her bir saat için istasyondaki güvenlik stoğunun dörtte bir oranda tüketilmesine izin verilmektedir.
- *Hat Yanı Stoğu Kısıtı:* Büyük hacimli malzemeler için, bir turda en fazla iki vagon teslim edilmesine izin verilmekte; böylece hat yanındaki stoğun çok fazla yer kaplaması engellenmektedir.
- *Tek Çeşit Milkrun Kısıtı:* Bir malzemenin bir duraktaki ihtiyacının karşılanması, sadece bir milkrun aracı tarafından yapılabilir. İhtiyaç, milkrun aracının farklı turlardaki teslimatlarıyla karşılanabilir. Böylece, gerçek hayatta malzemelerin kanban kartlarının farklı milkrun araçlarına dağılmasının önüne geçilmektedir.
- *Kapasite Kısıtı:* Bir turda taşınan malzemeler, vagonların kapasitelerini aşmamalıdır.
- *Uzunluk Kısıtı:* Milkrun trenlerinin vagonların eklenmesiyle oluşan uzunluğu belirlenen değeri aşmamalıdır.

- *Vagon Kullanım Kısıtı:* Her bir vagon tipi için, kullanılan vagon sayısı mevcut vagon sayısını aşmamalıdır.
- *Süre Kısıtı:* Bir milkrun aracının atacağı tüm turların toplam süresi bir saati aşmamalıdır.
- *Ortak Süpermarket Kısıtı:* Bir milkrun aracının bir saat içerisinde atacağı toplam turlarda kullanılan rotalarda, en az bir süpermarket hareket merkezi olması amacıyla, ortak olarak bulunmalıdır. Matematiksel modeldeki basitleştirmeler ve çözüme tahmini etkileri şunlardır:
- *Malzemelerin Gruplanması:* Farklı malzemelerin gruplar altında incelenerek her malzeme grubunun her zaman taşınacağı düşünülmesi, Matematiksel Modelin vagon kapasitelerinin normalinden fazla tüketildiğini hesaplamasına neden olmaktadır. Bununla beraber kullanıcı, benzetim modelinde kapasitedeki bu fazla tüketim oranını farkedebilecek ve gerekirse modelde kapasiteleri uygun katsayıyla çarparak fazla kullanımı büyük ölçüde dengeleyebilecektir.
- *Hazır Rotaların Kullanılması:* Fabrika yerleşkesi, çok çeşitli rotaların kullanılmasına müsait değildir. Bu yüzden hazır verilen rotalar iyi düşünüldüğü takdirde, en iyi çözümden kayda değer oranda uzaklaşılması beklenmemektedir. Bunun yanında rotaların modele buldurulmasının çözüm süresine ve modelin karmaşıklığına etkisi oldukça olumsuzdur.
- *Süpermarket-Malzeme Eşleştirilmelerinin Sabit Kabul Edilmesi:* Süpermarket-Malzeme eşleştirmelerinin modelin karmaşıklığını arttırmaması açısından sabit kabul edilmesi, modelde bulunan ve sonuca etki edecek en önemli varsayımdır. Bu yüzden bu varsayımı kaldırarak iyileştirme yapmaya çalışan bir sezgisel iyileştirme algoritması geliştirilmiştir.

Çözümün sonunda matematiksel modelin kullanıcıya sağladığı çıktılar aşağıdaki gibidir:

- Milkrun araçlarının turlarında kullanacakları rotalar
- Her tur için, milkrun araçları tarafından bir malzemedan yaklaşık taşınacak kutu miktarı
- Her milkrun aracına takılacak vagon tipleri ve adetleri

4.2.2 Sez-Gel sezgisel çözüm geliştirme modeli

Sez-Gel çözüm modeli, SYMECA sisteminde başlangıç çözümlerinin iyileştirilmesi görevini yapan kısımdır.

Malzemelerin depolara dağılımı, matematiksel modeli karmaşıklataştıracağı için değişken olarak değil parametre olarak alınmıştır. Bu durum milkrun sistemi içinde yapılacak iyileştirmeleri kısıtlamaktadır. Sez-Gel modeli malzemelerin depolara dağılımını düzenleyerek daha iyi sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır.

Java programlama dili sayesinde üç farklı şekilde elde edilebilinen başlangıç çözümleri Sez-Gel modeline aktarılmaktadır.

Sez-Gel modeli geliştirme için şu adımları izlemektedir: Öncelikle, her bir durak için, o durağa servis veren farklı milkrun araçlarının sayısı tespit edilmektedir. Bunların içinde en fazla araç tarafından servis verilen durak seçilmekte ve bu durağa uğrayan araç sayısında azaltmaya gidilmektedir. Bunun için bu durağa en az parça bırakan milkrun, bu parçanın taşınması görevini diğer araçlara devretmektedir. Bu sayede diğer milkrun araçlarının gittiği duraklardaki parçaların araç ve süpermarket transferi sağlanarak, sistemde toplam servis verilen durak sayısı ve dolayısıyla toplam yol azaltılmaktadır.

Sez-Gel modeli, matematiksel model ile aynı formatta çıktı vermektedir.

4.2.3 Benzetim modeli

Matematiksel model ve/veya sezgisel yaklaşım modellerini (çözüm modelleri) kullanarak elde ettiğimiz sonuçları sınamak için Arena 12 benzetim programı üzerinde bir sınama modeli oluşturuldu. Benzetim modeli mevcut sistemin ve önerilen sistemin performansını ölçmek ve öngörülen değişikliklerin mevcut sistemde ne gibi sonuçlar doğuracağını öğrenmek için kullanılmıştır.

Benzetim modelini oluştururken bazı varsayımlarda bulunduk. İlk olarak matematiksel modelde her turda belli sayıda malzeme dağıtımı yapılırken, benzetim modeli gerçeğe uygun şekilde kanban sistemiyle çalışmaktadır. İkinci olarak, proje kapsamı dışında bırakıldığı için malzemelerin ana depodaki ve süpermarketteki envanter seviyeleri sonsuz olarak kabul edilmiştir.

Benzetim modelinde üç grup girdi kullanılmaktadır. İlk grup, sistem tarafından belirlenen sabitler (parametreler), ikinci grup çözüm modelleri tarafından sağlanan veriler, üçüncü grup ise zamana bağlı istatistiği tutulan değişkenlerdir. Bu değişkenler sayesinde önerilen sistemin performansı ölçülmektedir.

Benzetim modelinde milkrun ve kontrolcü olmak üzere iki tip varlık (entity) vardır. Milkrunlar sisteme çözüm modelleri tarafından belirlenmiş zaman aralıklarıyla gelmekte ve kanban kartlarının durumunu güncellemekte yani hat yanındaki ürün sayısını arttırmaktadır. Yapay bir varlık (entity) olan kontrolcü ise sistemin üretim sırasında kullanması gereken malzemeleri tüketmesini, kanban kartlarının biriktirilmesini yani hat yanındaki malzeme miktarının azalmasını sağlamaktadır. Bu sayede model, gerçeğe uygun şekilde ürün sayılarındaki dalgalanmayı takip etmektedir.

Benzetim modeli yardımıyla, sistem için aşağıdaki kontroller yapılabilir:

- Her hat için üretimin durup durmadığı

- Her bir malzeme için ölçülen hat yanı ortalama envanter değerleri
- Her bir malzeme için ölçülen hat yanı en düşük envanter seviyeleri
- Milkrunların kapasitelerinin aşılmış aşılmadığı
- Milkrunların rotasını tamamlamak için harcayacağı zaman

4.2.4 Arayüz

Sistem parametrelerine, matematiksel modele, benzetim modeline ve sezgisel yaklaşım metodu kullanıcı tarafından müdahale edilmesine yarayan kullanıcı dostu Java tabanlı bir arayüz tasarlanmıştır. (Bkz. Ek.2) Arayüzün işlevi aşağıdaki gibidir:

- *Sistem Parametreleri:* Sisteme parametre eklemeye, sistemden parametre çıkarmaya ve sistemde var olan parametrelerin değerini değiştirilmesi için kullanılan bir modüldür. Matematiksel model için kullandığımız bazı parametreler; aday rotalar ve aday rotaların uzunlukları, malzeme grupları, duraklardaki malzeme talebi, ambalaj içi malzeme adetleri, malzeme depolama bilgisi, vagon adetleri ve kapasiteleri, malzeme taşınma süreleri matematiksel model için kullandığımız bazı parametrelerdir. Benzetim modeli için kullanılan bazı parametreler ise malzemelerin kullandığı milkrun çeşidi, montaj hattının üretim kapasitesi, durakların konumu ve aralarındaki mesafe ve malzemelerin kanban kartı sayısıdır.
- *Matematiksel Model:* Matematiksel modele kısıt eklemek veya kısıt çıkarmak için kullanılan modüldür.
- *Benzetim Modeli:* Kullanıcının sonuçları simülasyon ortamında denemesini sağlayan modüldür.
- *Sezgisel Yaklaşım Metodu:* Matematiksel modelden elde edilen sonuçların iyileştirilmesi için kullanılan modüldür.

5. Sonuçlar

5.1 Sistem performansı ve altyapısı

SYMECA sistemi sonuçları verebilmesi için uzun sayılabilecek bir zamana ihtiyaç duymaktadır. Fakat burada verilen sonuçların uzun dönem kullanılıyor olması önemlidir. Sistemin matematiksel model çözümü yaklaşık 30 saat, sezgisel yaklaşım modeli geliştirmesi ise yaklaşık 1 saat sürmektedir. Sonuç olarak toplam 1,5 gün içerisinde mevcut sistemden daha iyi bir çözüm elde edilebilmektedir. Ayrıca benzetim modeli dakikalar içerisinde denemek istenen her sistemi deneme kapasitesine sahiptir. SYMECA sistemiyle mümkün bir sonuca 1 saatte, en iyi çözüme daha yakın bir sonuca ise 31 saatte ulaştığı tespit edilmiştir.

Geliştirilen sistem altyapı olarak Java teknolojisini içeren her bilgisayarda temel çözüm üretebilmektedir. Ayrıca, GAMS programının tam sürüm paketi ile birlikte matematiksel modeli çözebilmekte ve geliştirilen benzetim modeliyle Arena programının kısıtlı sürümlerinde bile sonuç değerlendirmesi yapılabilmektedir.

5.2 Mevcut durumda sistem çıktılarının karşılaştırılması

Fabrikadaki mevcut durumda kullanılan rotalarla, SYMECA sisteminin üretmiş olduğu sonuçlar aşağıdaki tabloda karşılaştırılmıştır:

Tablo 1. Sistem Performansı Özeti

	Mevcut Durum	Önerilen Sistem	Geliştirme (%)
Milkrun Rota Mesafesi - KMM* hariç (m)	1450	1150	21
Toplam Milkrun Rota Mesafesi (m)	2750	2450	11
Milkrun Ortalama Doluluk Oranı - KMM* hariç (%)	52	83	59
İhtiyaç Duyulan Operatör (kişi)	5	4	20
Araç Sayısı (adet)	3	2	33
Çakışan Rota Kesiti (m)	400	148	63

KMM: Koyu Mavi Milkrun

Önerilen sistemde, sonuçlara göre taşınan tüm malzemelerin kanban kartı sayıları mevcut sistemde kullanılan kanban kartı sayısına eşittir. Bu nedenle önerilen sistemin benzetim modeli çıktılarına bakıldığında, hat yanı stoğu ölçümlerinin mevcut sistemle yaklaşık olarak aynı değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, uygun rotaların ve depoların seçilmesi sayesinde, daha az kişi ve milkrun aracı kullanılmasına rağmen, malzemeler toplamda daha az yol kat ederek zamanında teslim edilmektedir. Benzetim modeli sonuçlarına göre hiçbir istasyonda malzeme yetersizliği görülmemiştir. Önerilen sistem, bu açılarından, mevcut sisteme göre bir dezavantaja sahip değildir.

5.3 Önerilen sistemin sağladığı kazanımlar

Öncelikle SYMECA ile FIW Fabrika Lojistik departmanı ve milkrun sisteminin kullanıldığı tüm BSH fabrikaları, değişen makine modellerinin üretimlerine uygun milkrun sistemi oluşturabilecekleri bir karar destek sistemine sahip olmuşlardır.

Bunun yanında sistem ile oluşturulan yeni rotalama ile dört farklı milkrun üçe düşürülmüş ve rota çakışmaları azaltılmıştır. Böylelikle çapraz trafik kaynaklı teslimat gecikmelerinin büyük ölçüde önüne geçilmiştir.

Rotalamadaki optimizasyon ile milkrun araçlarının bir yılda kat ettiği mesafe mevcut duruma göre 1050 km. ve kullanılan milkrun operatör sayısı 1,5 kişi azalmaktadır (iki vardiya ve yılda 250 iş günü çalıştığı varsayımıyla).

Milkrun prosesinde kullanılan kaynaklardan elde edilen yukarıdaki kazançlar ve verim artışı, forklift ile taşınan diğer

malzemelerin, milkrun sistemine dahil edilerek üretim alanlarında forklift kullanımının ortadan kaldırılması için gerekli altyapıyı oluşturmaktadır. Böylece forkliftlerle taşınan diğer bazı malzemeler de milkruna dahil edilebilmektedir.

6. Uygulama ve Genel Değerlendirme

Önerilen çözüm sistemi kullanıcı dostu bir arayüzü içermektedir. Arayüz kullanılarak GAMS, Java ve Arena uygulamaları hiçbir program ve programlama bilgisi gerekmeden kolaylıkla kullanılabilir. Bunun yanı sıra matematiksel modelde eklenmesi veya çıkarılması gereken kısıtlar yine arayüz ekranından düzenlenebilecektir. Sabit olan sistem parametrelerinin de değişmesine imkan sağlayan arayüz sayesinde kullanıcı fabrikadaki değişen koşullar için de problemi çözdürebilecektir.

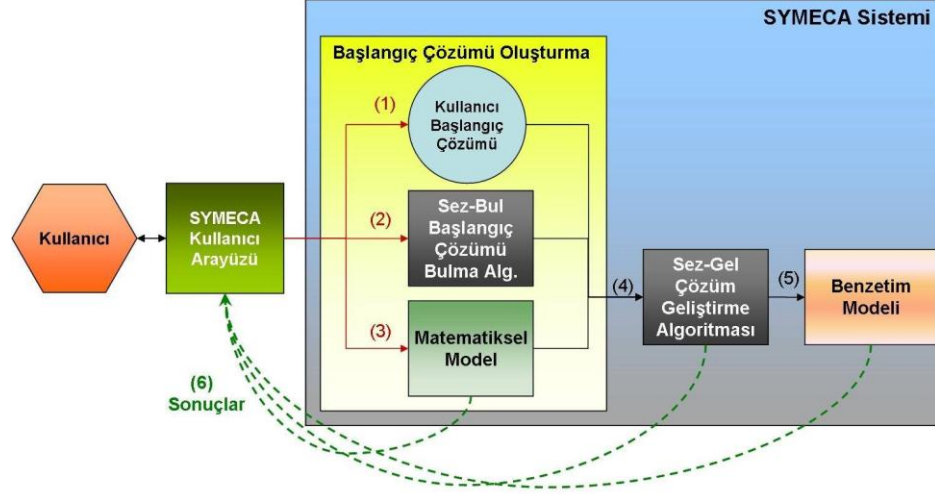
SYMECA arayüzünün kullanımı fabrikadaki ilgili lojistik birimi elemanlarına bir sunumla gösterilmiştir. Bunun için bir de küçük kullanma kılavuzu oluşturulmuştur. Fabrika yönetimi hali hazırda tarafımızdan sağlanan çözümü irdelemiş, seri üretim şartlarında yapılan denemeler ile test etmiş ve doğrulanmıştır. Yayılımın tamamlanması için aksiyon planı yapıp gerekli altyapı çalışmalarına başlamıştır. Kısa bir zamanda yukarıda bahsedilen çözüm fabrikada uygulanır hale gelecektir.

KAYNAKÇA

- BSH Ev Aletleri 2010. BSH Kurumsal Tanıtım, <http://www.bsh-group.com.tr/page.aspx?id=7>. Son erişim tarihi: 25 Nisan 2010.
- Kara, B.Y. 2009. “Dağıtım Lojistiği” Ders Notları, Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06800 Bilkent, Ankara, Türkiye
- Lenstra J. K., Rinnooy Kan A. H. G. 2006. “Complexity of vehicle routing and scheduling problems”. *Networks*, 11(2), 221-227.

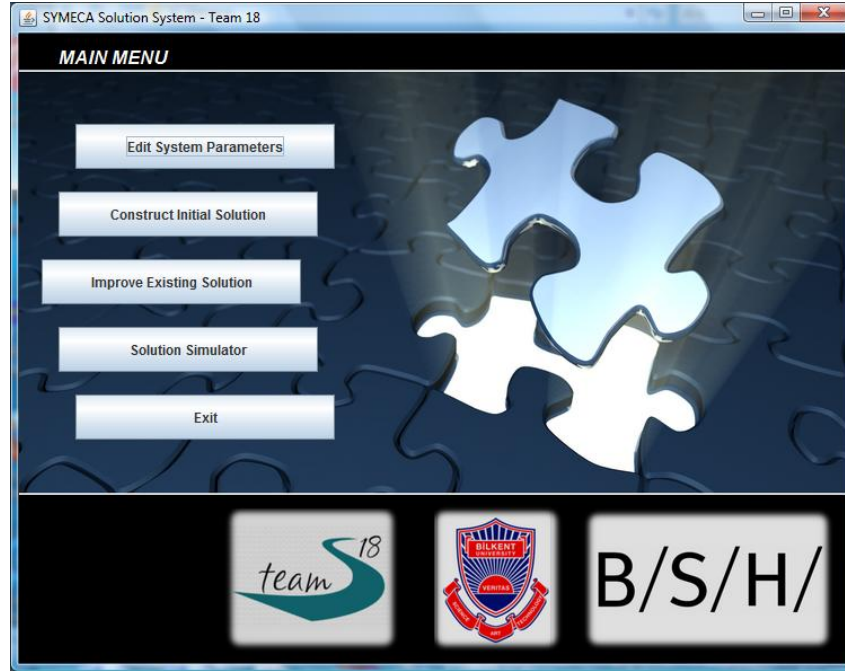
EKLER

Ek 1. Önerilen çözüm sistemi yapısı



- (1) Arayüz kullanılarak kullanıcı tarafından başlangıç çözümünün girilmesi
- (2) Sez-Bul sezgisel yaklaşım metoduyla başlangıç çözümü üretilmesi
- (3) Matematiksel modelin GAMS ile çözülmesi
- (4) Elde edilen başlangıç çözümünün sezgisel çözüm metoduyla iyileştirilmesi
- (5) Sonuçların benzetim modelinde kontrol edilmesi ve önerilen sistem performansının ölçülmesi
- (6) Sınanmış sonuçların kullanıcıya raporlanması

Ek 2. SYMECA sistemi kullanıcı arayüzü



Coca-Cola Ankara için *Ofis* Satış Kanalının Tasarlanması

Coca Cola İçecek A.Ş.

Proje Takımı

Kevser İnci
Ayda Köksel
Yiğitalp Medin
Gül den Mimar oğlu
Rıfat Oğuz
Müge Yayıcı

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Oğuzhan Aksoy, Coca-Cola İçecek A.Ş.
Alan Satış Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Nesim Erkip, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Coca-Cola İçecek A.Ş. mevcut satış sistemine “*Ofis*” diye adlandırdığı yeni bir satış kanalı eklemeyi planlamıştır. Bu projenin amacı, oluşan yeni satış kanalında satılacak yeni ürün paketlerini oluşturma, bu paketlerin fiyatlandırma stratejilerini belirleme, her müşteriye uygun ürün paketini belirleme ve bu kanal için sürekli yeni müşteriler kazanmaktır. Bu amaca uygun olarak, potansiyel müşteriler analiz edilmiş, belirlenen müşteri tiplerine uygun ürün paketleri oluşturulmuş ve bu müşteri tiplerine uygun ürünler için fiyatlandırma stratejileri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CCI (Coca-Cola İçecek), Damla Damacana, Doğadan.

1. Şirket Tanıtımı

Coca-Cola İçecek Dağıtım A.Ş.'nin ürünleri Coca-Cola, Coca-Cola Zero, Coca-Cola Light, Fanta, Sprite, Sen Sun, Schweppes, Cappy, Nestea, Powerade, Burn, Damla ve Doğadan'dan oluşmaktadır. Şirket 2007'de Damla'nın alınmasıyla su pazarına, 2008'de bitki çayı ve 2009'da siyah çay olmak üzere Doğadan'ın alınmasıyla da çay pazarına girmiştir.

CCİ Ankara Satış Merkezi Damla Damacana haricindeki tüm ürünlerini Presell Sistemi ile müşterilerine ulaştırmaktadır. Bu sistemde Preseller tura çıkarak müşteri ziyaretlerinde bulunur ve satışı gerçekleştirir. Ertesi gün de siparişler araca yüklenecek teslimatı gerçekleştirilir. Bu sistem Cold Drink, Key Account ve Traditional olmak üzere üç alt kanaldan oluşmaktadır.

- Cold Drink (Yerinde Tüketim) Kanalı: Hastane, okul, büyük marketler ve bakanlıklar olmak üzere satış miktarının fazla olduğu büyük ofislerden oluşan müşterilere hizmet vermektedir.
- Key Account Kanalı (K/A): Migros, Real, Carrefour gibi market zincirlerinden oluşan müşterilere ürün sağlamaktadır.
- Traditional (Geleneksel) Kanal: Bakkal, market, kantin gibi küçük ölçekli perakendecilere hizmet vermektedir.

2. Proje Tanımı

Bu proje kapsamında, mevcut satış kanalı sistemine, “Ofis” olarak adlandırılan yeni bir satış kanalının entegrasyonu yer almaktadır.

Ofis, satın alınan ürünlerin çalışanlar ve ziyaretçiler tarafından kendi iç tüketimlerinde kullanıldığı fabrikalar, iş merkezleri, işyerleri gibi yerleri tanımlamaktadır. *Ofis* kanal sistemindeki kilit nokta, bu ürünlerin ofisin kendi çalışanları ve ziyaretçilerine servisi amaçlı alınmasıdır. Şu anda CCİ'nin müşteri portföyü içinde *Ofis* tanımıyla eşleşen bazı müşteriler bulunmaktaydı. Ancak, bu müşterilerin potansiyel *Ofis* müşterisi miktarına oranı, bu müşterilerin ihtiyaçlarına ne kadar karşılık verildiği ve bu müşterilere özel sistematik bir servisin varlığı ve bu servisin devamlılığı konusundaki mevcut durum geliştirilmeye ihtiyaç duymaktaydı.

3. Analiz

3.1. Mevcut sistemin analizi

Miktar ve ulaşma incelemesi:

- CCİ'nin '*Ofis*' kanalı oluşturulana kadar 168 *Ofis* müşterisi bulunmaktaydı. Bu sayı Ankara'daki potansiyel *Ofis* müşterilerinin yaklaşık %1'ini oluşturmaktaydı.
- Fiyat ve ürün paketleri açısından *Ofis* müşterilerine uygun olarak tasarlanmış ürün gamı bulunmamaktaydı.
- Müşteriler CCİ'nin sağladığı ürün çeşitliliği ve servisleri hakkında yeterince bilgi sahibi değillerdi.

Servisteki sistematik ve süreklilik eksikliği:

- *Ofis* müşterilerine ayrı bir kanalla değil, var olan kanallar aracılığıyla hizmet verilmekteydi.
- Müşteri kazanımı süreklilik gösteren bir süreç olarak gerçekleşmemekte, presellerların rastgele yaptığı ziyaretler sonucu gerçekleşmekteydi.
- *Ofis* için ayrı bir satış kanalı olmaması CCI'nin potansiyel müşterilerin büyük kısmını gözden kaçırmaya sebep olmaktadır.

3.2 Veri toplama

3.2.1 İkincil araştırma

1) CCI'nin var olan "Ofis" müşterileri

Bu kanal oluşturulmadan önce, CCI'nin hizmet verdiği '*Ofis*' müşteri tipleri fabrikalar, devlet daireleri ve özel kurumlar olmak üzere üçe ayrılmaktaydı.

2) Yurtdışında "Ofis" sistemi

Ofis müşterisine en iyi ürün listesini bulmaya yönelik stratejiler, bu müşterilerin ihtiyaçlarına ve isteklerine göre oluşturulan müşteri sadakati programı, olası ürün paketleri türleri yurtdışı *Ofis* sistemi veri tabanı içinde mevcuttur.

3) Çay pazarı

Euromonitor Uluslararası Veritabanı'nda yer alan Nisan 2009'da Türkiye için özel olarak hazırlanmış ülke raporuna göre çay pazarı Coca-Cola'nın bu pazara girişiyle güçlenmiştir.

3.2.2 Birincil araştırma

Ofis müşterilerinin ihtiyaç ve gereksinimlerini anlamak için bir Tüketici-Anketi hazırlanmıştır (Ek 1). Bu anket olası ürün paket alternatiflerini her müşteri tipine göre belirlemek amaçlı tasarlanmıştır. Bu ankete ek olarak *Ofis* müşterilerini skorlayacak bir skor modeli geliştirme amaçlı Müşteri-Anketi hazırlanmıştır (Ek 2).

Bu anketin hazırlanmasında izlediğimiz yöntem dört basamaktan oluşmaktadır: Konsept Geliştirme, Belge-Dizayn Analizi, Ön testler ve Operasyon testleri (Phipps et al., 1995).

Müşteri-Anketi: Öncelikle skor modelinde kullanılmak üzere 10 faktör belirlendi. Bu anket var olan *Ofis* müşterilerinin satınalma bölümünden sorumlu kişilere uygulanmıştır.

Tüketici-Anketi: Bu anket *Ofis* müşterilerinin ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılayan ürün paketlerinin tasarlanması için *Ofis*'lerde çalışan kişilere uygulanmıştır.

3.3 Veri yorumlama-ABC analizi

Müşteri Anketi CCI'nin var olan *Ofis* müşterileri arasından toplamda 52 müşteriye, Tüketici Anketi ise bu *Ofis*'lerde çalışan toplamda 74 tüketiciye yapılmıştır.

Öncelikli olarak, CCI'nin varılan 168 *Ofis* müşterisi satış hacimleri en yüksekte en düşüğe doğru sıralanmıştır. Ardından A, B ve C olmak üzere üç çeşit müşteri grubunu belirlemek için bu verilere Pareto Analizi uygulanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: ABC grubu *Ofis* müşterileri

Grup	Yüzde	Müşteri Sayısı
A	80%	41
B	15%	39
C	5%	69

Ürün paketlerini oluştururken karar vereceğimiz müşteri grubu A grubu müşterileri olarak belirlendi. Anketi uyguladığımız 74 tüketici arasından 33 tüketici A grubu müşteride çalışmaktaydı.

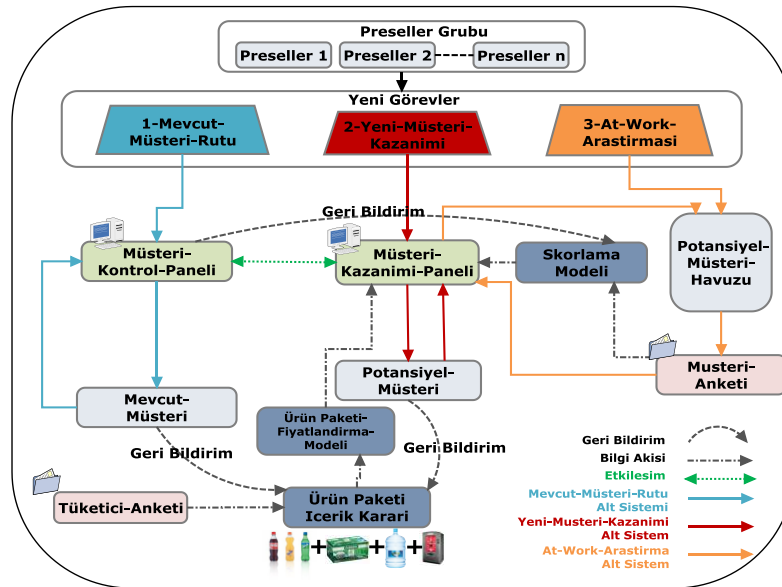
Ürün grupları, A grubu tüketicilerinin anketlere verdiği yanıtlardan yola çıkarak oluşturuldu. 33 tüketicinin verdiği yanıtları inceleyerek en çok istenilen üründen en az istenilene doğru ürünler listelendi.

4. Önerilen Sistem

4.1 Sistemin amacı

Sistemin genel amacı *Ofis* müşterilerini belirlemek; belirlenmiş müşteriler için ürün paketleri oluşturmak, ürün paketlerinin karlılıklarını kontrol etmek ve bunları fiyatlandırmak, müşteri portföyünü genişletmek ve bu müşterilerin önem derecesini belirlemektir.

4.2 Yeni sistem



Şekil 1. Yeni sistem tasarımı

4.2.1 Sistem

1. Preseller-Grubu: Presell sisteminden sorumlu olan ön satış elemanları.
2. Görev-Tanımları: Mevcut sistemde, presellerların mevcut müşteri sipariş yönetimini kapsayan bir görevi bulunmaktadır. Önerdiğimiz sistemde presellerların geliştirilmiş üç yeni görev tanımı olmaktadır.
 - I. Mevcut-Müşteri-Rutu: Günlük müşteri sipariş alınımı.
 - II. *Ofis*-Araştırması: Müşteri-Anketinin Potansiyel-Müşteri-Havuzundaki müşterilere uygulanması ve sonuçların Müşteri-Kazanımı-Paneli'ne girilmesi.
 - III. Yeni-Müşteri-Kazanımı: Müşteri-Kazanım-Panelindeki müşterilerin önerilen ürün paketi ve paket fiyatıyla kazanılması.
3. Tüketici-Anketi: *Ofis* müşterilerinin ihtiyaç ve gereksinimlerini araştırmak için hazırlanmış anket.
4. Müşteri-Anketi: Müşteriler hakkındaki detaylı bilgiyi (Çalışan sayısı, ortalama ziyaretçi sayısı vb.) araştırmak için hazırlanmış anket.
5. Müşteri-Kazanımı-Paneli: Ürün-Paketi-Modeli, Skorlama-Modeli ve Müşteri-Anketi sonuçlarını birleştirerek bir liste sunar. Bu liste potansiyel müşterilerin büyük skordan küçüğe doğru sıralandığı, her müşteriye uygun ürün paketinin ve fiyatının yer aldığı bir listedir.
6. Müşteri-Kontrol-Paneli: Mevcut müşteri listesinin, müşteriye yapılan satışların ve müşteri segmenti bilgisinin tutulduğu paneldir. Ayrıca panel, skorlama paneline geribildirim verir ve Müşteri-Kazanımı-Panelini güncel tutmak için iki panel bilgisini karşılaştırır.
7. Ürün-Paketi-İçerik-Kararı: Müşteri-Anketine bakarak ürün paketlerine karar verir.
8. Ürün-Paketi-Fiyatlandırma-Modeli: Kısıtlarımızı gözetip, karı maksimize ederek, önerilen paketler için fiyatlar belirleyen bir modeldir.
9. Skorlama-Modeli: Potansiyel müşterileri, gelecekteki olası alımları göre skorlayan bir modeldir.
10. Potansiyel-Müşteri-Havuzu: Ankara'daki tüm olası *Ofis* müşterilerinin toplanması gereken müşteri havuzu.
11. Mevcut-Müşteri: CCI Ankara'daki mevcut *Ofis* müşterileridir.

4.2.2 Geribildirim mekanizmaları

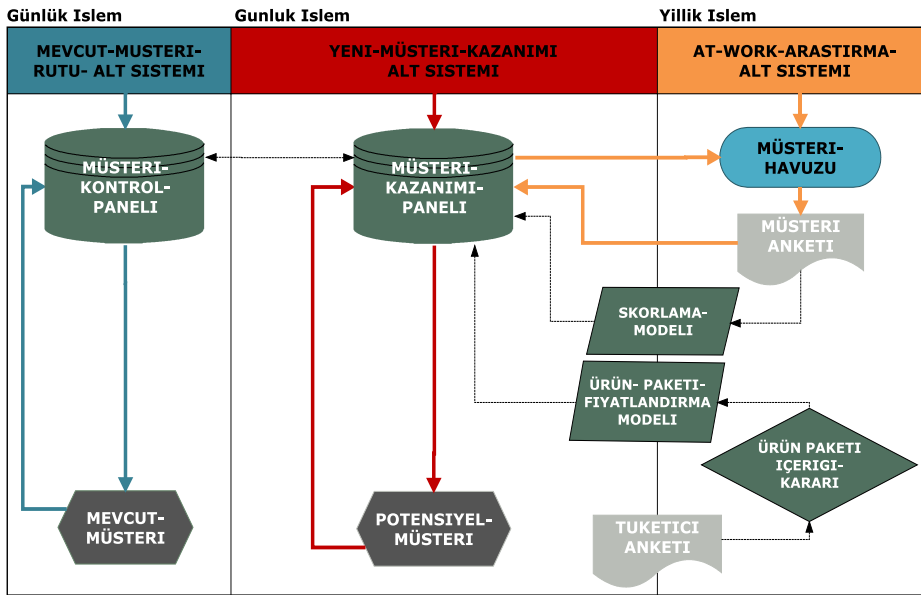
Yeni sistemde Skorlama-Modeli ve Ürün-Paketi-İçerik-Kararı için direkt olarak, Tüketici ve Müşteri-Anketleri için ise dolaylı yoldan geri bildirimler vardır.

Skorlama modelinin amacı, potansiyel müşterilerin gelecekteki alımlarını tahmin edebilmektir. Fakat Müşteri-Anketi'nden alınan etkenlerin katsayısı ilerleyen zamanlarda; sektör dengelerinin değişmesiyle, rakip stratejilerinin farklılaşmasıyla veya müşterilerin ihtiyaçlarının başkalaşmasıyla değişiklik gösterebilir. Bu yüzden, bu değişiklikleri modelin göstermesi gerekmektedir. Müşteri-Kontrol-Panelindeki modelin verdiği skorlarla, gerçekleşen satışların preseller tarafından karşılaştırılması gerekir. Kontrol Dışı Süreç: Çalıştırma Testleri, Statsoft (2009) Testleri bu işlem için doğru altyapı oluşturacaktır.

Ürün-Paketi-İçeriği-Kararı, Tüketici-Anketi sonuçları sayesinde hangi müşteri türüne hangi ürün paketlerini sunmamız gerektiğini belirlemektedir. Fakat tüketicilerin ihtiyaç ve gereksinimleri; ürün portföyündeki zamanla oluşan yenilenmeler, pazarlama kararlarının kaydırılması vb. nedenlerle değişiklik gösterebilir. Bu sebeple, mevcut ve potansiyel müşterilere uygulanan anketler, ürün paketlerinin içeriklerini değiştirmelidir. Sezonluk etkenlerin Coca-Cola Company'de çok büyük derecede bir önem taşıdığını göze alarak (The Coca-Cola Company, 2009) her altı ayda bir Tüketici-Anketi'nin tekrar incelenmesi ve gerektiği takdirde düzeltilmesine karar verilmiştir.

4.3 Sistem yapısı

Geliştirilen sistem için; alt sistem olarak tanımlanan üç adet yeni görev tanımımız mevcuttur.



Şekil 2. Sistem yapısı

4.3.1 Ofis-Araştırma-Alt sistemi

Yeni sistem Müşteri-Anketi'nden potansiyel müşterilerle ilgili bilgi sağlamak için kullanılan *Ofis-Araştırma-Alt-Sistemi* ile başlar.

Elde edilen bilgi müşterilerin çalışan sayısı, müşteri sayısı, *Ofis* tipi gibi faktörleri tanımlar. Elde edilen bu faktörler her şirket için Skorlama Modelinde skorlanır.

4.3.2 Yeni-Müşteri-Kazanım-Alt sistemi

İkinci olarak, Yeni-Müşteri-Kazanım-Alt sistemi'nde, presellerlar Müşteri-Kazanım-Paneli'ni kontrol eder, en yüksek skorlu potansiyel müşteriye ve o müşteriye önerilecek ürün paketini belirler. Sonrasında preseller bu potansiyel müşteriye kazanmak için belirlenen ürün paketi önerileriyle bu müşteriye gider ve sonucu Müşteri-Kazanım-Paneli'ne girer.

4.3.3 Varılan-Müşteri-Rutu-Alt sistemi

Sistemin üçüncü kısmında, presellerların günlük rutü, Müşteri-Kontrol paneli aracılığıyla devam etmektedir. Presellerlar, müşterilerin segmentasyonu için Müşteri-Kontrol-Paneli'ni kontrol ederler. Günlük müşteri ziyaretleri gerçekleştikten sonra da her müşteri için gerçekleştirdiği satış miktarlarını Müşteri-Kontrol-Paneli'ne girerler. Bu sistemde presellerlar müşteri ziyaretlerine her gün mevcut devam edecektir.

5. Modeller

5.1 Skorlama modeli

Skorlama modeli, kıyaslanması istenen *Ofis* müşterilerinin, sahip olunan bilgiler ışığında puanlanmasıdır (Scoring Models, 2007). Projemizde, potansiyel *Ofis* müşterilerinin skorlanması ve bu skorlar doğrultusunda satış potansiyellerine göre sıralanması amaçlanmıştır. Bu model, Müşteri-Anketi ve Tüketici-Anketi sonuçlarından beslenen bir modeldir.

İlk olarak, skorlama modeli için tüm faktörlerin bağımsız olduğu varsayılmıştır. Model Minitab'ta doğrulandıktan sonra, her bir faktör arasındaki korelasyonlar belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, bağımlı ve bağımsız değişkenler tespit edilmiştir (Ek 3).

5.1.1 Skorlama modelinin geliştirilmesi

Skorlama Modeli'nin geliştirilebilmesi için aşağıdaki basamaklar izlendi:

Adım 1: Faktörlerin seçilmesi

Adım 2: Faktörler arasındaki korelasyonların belirlenmesi ve birbirleri arasında korelasyonu olan faktörlerin çıkartılması

Adım 3: Farklı modellerin denenmesi, faktörlerden $p > 0.1$ olanların belirgin derecede önemli olmadığı gerekçesiyle elenmesi

Adım 4: Düzeltilmiş R² e bakarak en iyi modele karar verilmesi: Minitab'ta uygulanan regresyon analizi sonrasında, satış

fonksiyonundaki her bir faktöre ait katsayılar belirlendi ve bu katsayılar faktörlere ait skorlar olarak tanımlandı (Ek 4).

Böylece, skor değişkenleri şu şekilde oluştu:

K_i = i faktörünün regresyon analizinden sonra elde edilen skoru

S_{ij} = i faktörünün j müşterisi için, anketlere göre belirlenmiş skoru

Her bir müşterinin satış skoru şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Satış Skoru} = \sum_{i=1}^{10} (K_i * S_{ij}) \quad j = [1, \infty)$$

$$\text{Satış Skoru} = 29,7 + 0,0069 S_{1j} + 0,231 S_{2j} - 0,00879 S_{3j} - 10,6 S_{4j}$$

5.1.2 Skorlama modelinin çözümü

Skorlama modelinin regresyon çözümü Ek 5'te yer almaktadır.

5.1.3 Skorlama modeliyle ilgili alternatiflerin değerlendirilmesi

Bir alternatif olarak, günlük ortalama ziyaretçi sayısını, çalışanların ortalama maaşını ve bir vardiya süresinde çalışan işçi sayısını bağımlı faktörler olarak seçebilir ve bu faktörleri eleyerek güncellenmiş veri üzerine regresyon analizi uygulayabiliriz.

Ancak aylık ortalama tüketimleri belirten faktörleri bir araya getirmek daha zor olduğu için o faktörlerin elenmesi uygun görülmüştür.

5.2 Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli

Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli, müşterilere değişik ürünleri ayrı ayrı almak yerine, bir ürün paketi halinde aynı anda almaları durumunda onlara daha uygun fiyatlar sunarak satış miktarını artırmak, böylelikle karı maksimize etmek amacıyla oluşturulmuştur. Ürün paketleri oluşturmanın müşteriler için avantajı, ürünleri tek tek almaktan daha uygun fiyata satın almaları iken, CCİ için avantajı bu ürünleri daha uygun fiyata almak isteyen müşteri sayısının artmasıyla ürün satışlarının yükselmesidir (Monroe 1990).

Ürün seçme ve fiyatlandırma modeli Ek 7'te yer almaktadır ve aşağıdaki aşamaları izlemektedir:

- Oluşturulan ürün paketinin karlı olup olmadığını belirlemekte,
- Karlı ürün paketlerinin muhtemel fiyatlandırma alternatiflerini değerlendirmekte,
- Fiyatlandırma alternatifleri arasından en karlı fiyatı bulmakta,
- Hangi müşteri tipine hangi ürün paketinin sunulması gerektiğine karar vermektedir.

Müşteri tipleri ve ürün paketlerine, tüketicilerin isteklerini belirleyen Tüketici-Anketi'ne göre karar verilmiştir.

Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli Hanson ve Martin'in paketleme stratejisinden (1990) geliştirilmiştir.

5.2.1 Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modelinin geliştirilmesi

Anket sonuçları doğrultusunda benzer tercihleri olan müşteriler kendi aralarında gruplanarak sekiz farklı müşteri tipi elde edilmiştir. Bu

müşteri tipleri; plazalar, mağazalar, iş şubeleri, kuaförler, 50'nin altında çalışana sahip fabrikalar, 50'nin üstünde çalışana sahip fabrikalar, ziyaretçi yoğunluklu ofisler ve resmi kurumlardır. Müşteri tipleriyle beraber dokuz adet farklı ürün paketi oluşturulmuştur. Ürün paketleri oluşturulurken izlenen yol şöyledir: Öncelikle anket sonuçlarına bakılarak müşteri tiplerine göre gruplama yapılmıştır. Sonra ise müşterilerin ihtiyaç ve gereksinimlerine bakılarak yoğun olarak tercih edilen ürünler listelenmiştir. Ürün paketlerinde yer alan ürünlerin miktarları ise anket sonuçlarından elde edilen müşteri tiplerinde yer alan tüm müşterilerin ortalama tüketim miktarları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bu miktarlardan yola çıkılarak müşterilerin ürün paketleri için varılan talep değerleri elde edilmiştir.

Modeldeki parametrelerden biri olan algı fiyatı (Hanson ve Martin 1990) şu şekilde belirlenmiştir: Müşteri-Anketi sonuçlarına bakılarak farklı müşteri tiplerinin belirli ürün paketlerine verebilecekleri maksimum fiyat değerleri 1-5 arasında puanlanmıştır. Bir müşterinin en fazla istediği pakete beş puan verilmiş ve bu paketin içinde yer alan ürünlerin toplam market fiyatı 1,05 ile çarpılmıştır. Bu müşterinin en az talep gösterebileceği pakete ise bir puan verilmiş ve bu paketin içinde yer alan ürünlerin toplam market fiyatı 0,95 ile çarpılmıştır. Ara taleplerde kalan paketlerin fiyatları ise yine aynı mantıkla uygun sayılarla çarpılarak elde edilmiştir.

5.2.2 Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modelinin çözümü

Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli Xpress-IVE ile çözülmüştür. İlk olarak belirlenen ürün paket tipleri dokuz adettir. Ürün paketi fiyatlandırma matematiksel modelinin verdiği sonuca göre altı tip ürün paketi belirlemenin daha karlı olduğu saptanmıştır. Tüm sonuçlar çıkarıldığında, her müşteri tipine göre bir ürün paketi ve paket fiyatı belirlenmiştir. Detaylı sonuçlar Ek 6'de yer almaktadır.

6. Duyarlılık Analizi

Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli sonuçlarının analizinden sonra CCI'nin uygulaması için farklı seçenekler çıkarılmıştır. Ürün paketi sabit ücreti, algı fiyatı ve fiyat değeri puan değerleri üzerinde değişiklikler yaparak müşteri tiplerine sunulacak olan ürün paketi seçeneklerin gösterdiği değişiklikler incelendi. Yapılan duyarlılık analizi sonuçları Ek 8'de sunulmuştur.

7. Uygulama

Preseller, yeni tanımlanan görevlerinden biri olan müşteri kazanımı için Müşteri-Kazanımı-Panelli'ne girer. Bu panelle potansiyel müşterilerin en büyük alım gücüne ve satış skoruna sahip olan *Ofis* müşterisini, ürün paket fiyatlandırma matematiksel modelinin verdiği müşteri tipi ve paket eşleştirmesi ve paketin belirlenen optimum fiyatı ile kazanmaya çalışacaktır. Kazanılan müşteriler, Müşteri-Kazanımı-

Panelli'nden çıkar ve Müşteri-Kontrol-Panelli'ne girer. Aynı preseller bir yandan da tanımlanan diğer görevlerini yerine getirerek mevcut müşteri ziyaretine yeni eklenen müşteriler ile birlikte devam edecektir.

8. Genel Değerlendirme

8.1 Projenin firmaya getirmesi beklenen katkılar

Ofis satış kanalı kurulmadan önce CCI'de toplam 168 *Ofis* müşterisi bulunmaktaydı ve bu müşterilere diğer satış kanalları aracılığıyla ulaşılmaktaydı. *Ofis* satış kanalının açılması ile birlikte *Ofis* müşterilerinin ihtiyaç ve gereksinimleri sadece bu kanal aracılığıyla sağlanmaya başlanmıştır.

Yeni sistemde yer alan müşteri kazanımı paneli sayesinde hizmet verilen *Ofis* müşterisi sayısında artış beklenmektedir. Farklı sektörlerde yapılan araştırmalara göre bir şirkette yeni bir satış kanalının açılması ile birlikte girilen pazarın ortalama olarak %5'ine hakimiyet sağlanması beklenmektedir. CCI'nin daha önceden ATO'dan elde ettiği *Ofis* müşterileri bilgilerine göre pazarda potansiyel olarak yaklaşık 5000 müşteri bulunmaktadır. Bu demektir ki, *Ofis* satış kanalının açılması ile birlikte CCI'nin bu pazarda ilk aşamada yaklaşık 250 müşteriye ulaşması beklenmektedir. Geliştirilen yeni sistemde müşteriler önem sıralarına göre dizilmiş ve bu müşterilere hangi ürün paketi ve paket fiyatlarıyla gidileceği bilgisini veren model geliştirilmiştir. Böylece potansiyel müşteriye gitmeden önce müşterinin ürün tercihi ve ürün paketine vereceği fiyat önceden tahmin edildiğinden dolayı bu müşterinin kazanılması kolay olacaktır.

Modelimizden elde ettiğimiz veriye göre her müşteriden aylık yaklaşık olarak 236 TL'lik kar elde edildiği görülmüştür. Tüm bu sayılar, ürün maliyet bilgilerinin market fiyatlarının %20 altında olduğu varsayılarak uygulanmıştır ve tüm uygulamalarda kullanılan değerler hipotetiktir. Bu demektir ki, yeni sistemin uygulamaya konulması ile birlikte CCI'nin *Ofis* satış kanalındaki ilk aşamada ulaşılacak 250 müşteriden elde edeceği aylık kar miktarı yaklaşık 59.000TL olacaktır. *Ofis* satış kanalı açılmadan önce CCI'nin bu pazardaki karının 19.340 TL olduğu düşünülürse, kanalın açılması ile birlikte toplam karda %205,1'lik bir artış beklenmektedir. Bu artış, yeni bir pazara giriş yapan güçlü bir şirket için öngörülebilecek bir değerdir. Bu değer sağlanması ve geliştirilmesi öngörülen yeni sistemin uygulamaya geçirilmesi ile gerçekleşebilecektir.

Projenin tüm basamaklarında CCI ile birlikte hareket edildiğinden ve onların onayı doğrultusunda ileri aşamalara geçildiğinden dolayı projenin CCI tarafından uygulanabilir özellik taşıdığı görülmektedir.

8.2 İleriye dönük güncelleme/geliştirme konularında öneriler

Anketlerin devamlılığın sağlanması ile birlikte ürün paketlerine karar verirken başka kriterler de göz önünde bulundurulabilir. Örneğin

sadece müşteri tipine göre karar vermek yerine, *Ofis*'te çalışan müşterilerin yaş ortalaması ve cinsiyetleri müşteriye sunulacak ürün paket tiplerinin belirlenmesinde birer kriter olabilir.

Zaman geçtikçe CCI'nin ürün portföyünün genişlemesiyle birlikte bu ürünler de anketlere dahil edilerek ve müşterilerin ürün tercihleri tekrar göz önünde bulundurularak ürün paket tiplerinde güncellemeler yapılabilir.

KAYNAKÇA

Coca Cola İçecek.

<http://www.cci.com.tr/tr/> Son Erişim Tarihi: Aralık 23, 2009.

Hanson W., Martin R. Kipp.1990. "Optimal Bundle Pricing".
Management Science.Informs,U.S.A. 155-174.

Monroe, Kent B.1990. "Pricing: Making Profitable Decisions".
McGraw-Hill,United State of America.

Peter C Kiessler. Kasım 1, 2006. "Probability and Statistics for
Engineers and Scientists". The American Statistician.343-343.

Phipps Polly A., Butabi Shail J., Chun Young I.1995. "Research on
Establishment- Survey Questionnaire Design". Journal of Business
& Economic Statistics Vol. 13. American Statistical Association.
337-346.

Pierce B., Winter H.1996. "Pure vs. Mixed Commodity Bundling".
Industrial Organization,

[http://www.springerlink.com/content/vk4q823j19351534/fulltext.p
df](http://www.springerlink.com/content/vk4q823j19351534/fulltext.pdf) Son Erişim Tarihi: Ocak 5, 2010.

"Seasonality".The Coca Cola Company,

<http://www.thecoca->

[colacompany.com/citizenship/pdf/10k_12_19.pdf](http://www.thecoca-company.com/citizenship/pdf/10k_12_19.pdf) Son Erişim
Tarihi: Ocak 1,2009.,

"Tea-Turkey".2009.Euromonitor International.

www.euromonitor.com/ Son Erişim Tarihi: Aralık 11,2009.

The Coca Cola Company Database. Aralık 2,2009.

"What is a scoring Model".2007.

<http://www.scoringmodels.com/> Son Erişim Tarihi: Ocak 3, 2010.

EKLER

Ek 1. Tüketici Anketi

Ad/Soyadı: _____
Yaş: _____ Tel: _____

TÜKETİCİ ANKETİ 2009

- İşyerinizde hangi içecekleri tükettiyorsunuz?
 Çay Damacana Su Bpet Şişe Su Merve Suyu
 Kola Diğer Gazlı İçecekler Enerji İçeceği Diğer:
- Ziyaretçiler genelde hangi ürünleri tükettiyorsunuz?
 Çay Damacana Su Bpet Şişe Su Merve Suyu
 Kola Diğer Gazlı İçecekler Enerji İçeceği Diğer:
- İşyerinizde hangi ürünlerin bulunmasını istersiniz?
 Çay Damacana Su Bpet Şişe Su Merve Suyu
 Kola Diğer Gazlı İçecekler Enerji İçeceği Diğer: ...
- İşyerinizde hangi çay markasını tükettiyorsunuz?
 Lipton Şekür Doğadan Diğer:

Neden? _____

Ort Fiyat Kalite Bilinirlik Diğer:

5. İşyerinizde hangi su markasını tükettiyorsunuz?
 Damla Pinar Ertili Diğer:

Neden? _____

Ort Fiyat Kalite Bilinirlik Diğer:

6. İşyerinizin ücretsiz olarak size sunduğu bir soğuk içeceği para verip alacak olsanız hangi ürünleri tercih edersiniz?
 Bpet Şişe Su Kola Merve Suyu Şekür Doğadan Enerji İçeceği
 Ort Fiyat Kalite Bilinirlik Diğer:

7. İşyerinizin ücretsiz olarak size sunduğu bir sıcak içeceği para verip alacak olsanız hangi ürünleri tercih edersiniz?
 Merve Çay Doğuk Çay Diğer:

8. Bitti ve meyve çayları arasında hangilerini tercih ediyorsunuz?
 Nane Limon Papatya Diğer:

Neden? _____

Ort Fiyat Kalite Bilinirlik Diğer:

9. "Gizli Bahçe" size hangi çay markasını seçti? Doğadan Şekür Diğer:

Doğuş Diğer:

Ek 2. Müşteri Anketi

İşletme Adı: _____ Tel: _____
Adres: Yeditepe Köyü
MÜŞTERİ ANKETİ 2009

1. İşyerinizde kaç çalsan vardır? _____
Kaçını:

2. İşyerinizde günlük ortalama kaç ziyaretçi geliyor?
Etek:

1-5
 5-10
 10-25
 25-50
 50-100

3. Çalsanlarımızın ortalama gelir seviyesi nedir?
 100 TL den fazla
 500 TL den az
 500-1000 TL
 1000-2500 TL
 2500-5000 TL
 5000 TL den fazla

4. İşyerinizdeki mesai saatleri nasıldır?
Yarıyıl çalsma sistemi uygulanıyorsa belirtiniz:
 Evet Yok Saat:

5. İşyerinizde ayık yalnsık çay tükettin mi hadardır?
 Evet Hayır

6. İşyerinizde ayık yalnsık su tükettin mi hadardır? (damacana)
 Evet Hayır

7. İşyerinizin içinde veya yalnsıkta kahve, market, b de vb bulunuyor mu?
 Evet Hayır

8. İşyerinizde çay öğe to ulunuyor mu?
 Evet Hayır

9. İşyerinizdeki çalsanlarımızın yaş ortalaması nedir?
 20 altı
 20-25
 25-30
 30-40
 40-50
 50 üstü

10. Çay, damacana ve meyve çayları bireysel fiyatlarımdan daha uygun şekilde paket halinde size ulaştıracak olsa bu paketi satın almak ister miydiniz?
 Kesbille evet Hayır

Ek 3. Bağımsız ve bağımlı faktörler

Bağımsız Faktörler:	
1.	Bir vardiyada çalışan işçi sayısı: Müşterileri tüketim oranlarına göre skorlamak istediğimizden, ürünleri tüketen işçi sayısı skorlanması gereken bir faktördür.
2.	Günlük ortalama ziyaretçi sayısı: Ürünleri tüketen ziyaretçi sayısı skorlanması gereken bir faktördür.
3.	Çalışanların ortalama geliri: Bu faktör, çalışanların otomat makinelerinden ürün alacak kadar kazanıp kazanmadıklarını belirlemek için skorlandı.
4.	İşyerinde bir çay ocağı olup olmama durumu: Eğer işyerinde çay ocağı varsa, bu çay ocağı CCI'ye daha fazla çay satışı potansiyeli sağlar.
5.	İşyerinin bünyesinde bir kantin olup olmama durumu: Eğer işyerinin kantini varsa, bu kantin CCI'ye ekstra satış potansiyeli sağlar.
6.	Aylık tüketilen siyah çay miktarı
7.	Aylık tüketilen bitki çayı miktarı
8.	Aylık tüketilen damacana su miktarı

Bağımlı Faktörler:	
9.	Satış skoru: CCI'nin bir müşteriye olan toplam satış miktarı (Aynı SKU cinsinden)

Ek 4. Anket sonuçlarına göre faktörlerin skorlanması

<ul style="list-style-type: none">Kardinal faktörlerin skorları doğrudan anketlerden elde edilen değerlere eşittir (örneğin, bir <i>Ofis</i> müşterisinde çalışan sayısı 50 ise, bir shiftte çalışan işçi sayısı faktörünün skoru 50'dir).
<ul style="list-style-type: none">Ordinal faktörler için anket sonuçlarından elde edilen değerlere göre belirli değer aralıkları oluşturulmuştur. Örneğin, günlük ziyaretçi sayını elde etmek için, 1-5, 5-10, 10-25, 25-50, 50-100, ve 100 üstü aralığında bulunan değerleri sırasıyla Skor 1, Skor 2, Skor 3, Skor 4, Skor 5, ve Skor 6 olarak tanımladık.
<ul style="list-style-type: none">Üst veya alt limitleri olmayan aralıklar için üst veya alt limitler tanımladık. Örneğin, "100 üstü" aralığı için, üst limit olarak 300 değerini tanımladık ve böylelikle bu aralık 100-300 haline gelmiş oldu.
<ul style="list-style-type: none">Bu düzenlemelere göre, bir ordinal faktörün skorlanması şu şekilde gerçekleştirildi: Skor= (Üst limit – Alt limit) / 2 (Örneğin Skor 5= (100 – 50) / 2= 25). (Formül 1)
<ul style="list-style-type: none">Basitleştirilmiş skorları elde etmek için, Formül 1'e göre hesapladığımız skorları, en küçük skor değerine bölerek sadeleştirdik. Örneğin, "Ziyaretçi sayısı" faktörü için elde ettiğimiz Skor 1, Skor 2, Skor 3, Skor 4, Skor 5, Skor 6 değerleri sırasıyla 2, 2.5, 7.5, 12.5, 25, ve 50'dir. Her bir skoru 2'ye bölerek, basitleştirilmiş skorlar olarak sırasıyla 1, 1.25, 3.75, 6.25, 12.5, ve 50 değerlerini elde ettik. <p>"Bir küme içerisinde yer alıp almama" gibi Evet/Hayır değerlerine sahip olan faktörler için, 'Evet' cevabına sahip olanlara '1', 'Hayır' cevabına sahip olanlara ise '0' değerlerini atadık.</p>

Ek 5. Skorlama modeli-final regresyon analizi

Regression Analysis: Sales Score versus S1j; S2j; S3j; S4j

The regression equation is

$$\text{Sales Score} = 29,7 + 0,0069 S1j + 0,231 S2j - 0,00879 S3j - 10,6 S4j$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	29,7	15,08	2,21	0,033
S1j	0,0069	0,01110	0,87	0,097
S2j	0,2312	0,05327	4,20	0,000
S3j	0,00879	0,01522	1,20	0,023
S4j	10,6 S4j	0,04098	3,23	0,076

S = 24,2736 R-Sq = 51,3% R-Sq(adj) = 41,7%

Ek 6. Ürün paketi model sonucu

MÜŞTERİ TIPLERİ	ÜRÜN PAKET TIPLERİ	ÜRÜN PAKET FİYATLARI
Plazalar, Ziyaretçi Yoğunluklu Ofisler, Resmi Kurumlar	Paket 1 2 Paket Demlik(100lük) Çay,6 Damacana Su,1 Koli(24lük) Kola,6 Paket(20lük) Bitki Çayı,2 Koli(24lük-Karton kutu) Cappy	133,28TL
	Paket 2 2 Paket Demlik(100lük)Çay,6 Damacana Su,1 Koli(24lük) Kola	84,00 TL
İş Şubeleri	Paket 3 1 Paket Demlik(100)Çay,5 Damacana Su, Paket(20lük) Bitki Çayı, 1 Koli(24lük-250ml şişe)Kola	111,38 TL
Kuaförler	Paket 4 3 Damacana Su, 1 Koli(24 lük250ml şişe) Kola, 1 Koli(24lük-Karton kutu)Cappy	66,78 TL
Fabrikalar -50	Paket 5 3 Paket Demlik(100) Çay,1 Damacana Su, 1 Paket(20lük) Bitki Çayı	31,79 TL
Fabrikalar +50	Paket 6 1 Paket Demlik(100) Çay,3 Damacana Su	26,25 TL

Ek 7. Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli

Tablo 1: Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli parametreleri

Parametreler	
D_{ij}	i müşteri tipinin j ürün paketi için talep miktarı
C_j	Her bir j ürün paketini oluşturmanın değişken maliyeti
R_{ij}	i müşteri tipinin j ürün paketini satın almak için vermeye razı olduğu en yüksek fiyat
F	Ürün paketlemenin sabit maliyeti

Tablo 2: Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli değişkenleri

Değişkenler	
P_j	Ürün paketi j'ye atanan fiyat değeri
Y_j	Ürün paketi j'nin karlı olup olmadığını gösteren iki değerli (0-1) değişken
X_{ij}	Ürün paketi j'nin müşteri tipi i'ye sunulması kararını veren iki değerli (0-1) değişken
U_{ij}	U _{ij} = P _j *X _{ij} , modeli lineer hale getirmek için ihtiyaç duyulmuştur.

Ürün paketi seçme ve fiyatlandırma modeli

$$\text{Max} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M D_{ij} * U_{ij} - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M C_j * D_{ij} * X_{ij} - \sum_{j=1}^M F * Y_j \quad (0)$$

s.t

$$X_{ij} \leq Y_j \quad i = 1..N \quad j = 1..M \quad (1)$$

$$U_{ij} \leq M * X_{ij} \quad i = 1..N \quad j = 1..M \quad (2)$$

$$U_{ij} \leq P_j + M * (1 - X_{ij}) \quad i = 1..N \quad j = 1..M \quad (3)$$

$$P_j \leq R_{ij} * X_{ij} + M * (1 - X_{ij}) \quad i = 1..N \quad j = 1..M \quad (4)$$

$$X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + X_{i4} + X_{i7} + X_{i8} + X_{i9} \leq 1 \quad i = 1..N \quad (5)$$

$$X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + X_{i4} + X_{i5} + X_{i6} + X_{i7} + X_{i8} + X_{i9} \leq 1 \quad i = 1..N \quad (6)$$

$$X_{i1} + X_{i2} + X_{i4} + X_{i5} \leq 1 \quad i = 1..N \quad (7)$$

$$X_{i1} + X_{i4} + X_{i7} + X_{i9} \leq 1 \quad i = 1..N \quad (8)$$

$$X_{i1} + X_{i3} + X_{i5} + X_{i6} + X_{i9} \leq 1 \quad i = 1..N \quad (9)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad i = 1..N \quad j = 1..M \quad (10)$$

$$Y_j \in \{0,1\} \quad j = 1..M \quad (11)$$

$$U_{ij} \geq 0 \quad i = 1..N \quad j = 1..M \quad (12)$$

$$P_j \geq 0 \quad j = 1..M \quad (13)$$

Ek 8. Duyarlılık analizi

Sabit fiyat değişimleriyle ürün paketlerinin karlılık durumunda değişiklikler izlenmiştir. Sabit fiyatın çok artması durumunda karlı ürün paketlerinin azalacağı görülmüştür.

F=30	F=60	F=300
Profit: 3887.74 X(1,1):1 X(2,2):1 X(3,4):1 X(4,5):1 X(5,7):1 X(6,8):1 X(7,1):1 X(8,1):1 Y(1):1 Y(2):1 Y(4):1 Y(5):1 Y(7):1 Y(8):1 P(1):133.28 P(2):84 P(4):111.384 P(5):66.78 P(7):31.794 P(8):26.25	Profit: 1754.82 X(1,1):1 X(2,2):1 X(3,1):1 X(4,5):1 X(6,2):1 X(7,1):1 X(8,1):1 Y(1):1 Y(2):1 Y(5):1 P(1):133.28 P(2):80 P(5):66.78	Profit: 1272.7 X(1,1):1 X(2,1):1 X(3,1):1 X(7,1):1 X(8,1):1 Y(1):1 P(1):133.28

Puanlama aralığı 1-5 yerine 1-3 yapılarak elde edilen algı fiyatları ile model çözüldüğünde, karlılık durumu çok fazla değişiklik göstermese bile, müşterilere sunulan ürün paketleri sayısında azalma olmuştur.

3'lü puanlama aralığı (1.05-0.95)

Profit: 1928.53 X(1,1):1 X(2,2):1 X(3,4):1 X(4,5):1 X(5,4):1 X(6,8):1 X(7,4):1 X(8,4):1	Y(1):1 Y(2):1 Y(4):1 Y(5):1 Y(8):1 P(1):139.944 P(2):84 P(4):106.08 P(5):66.78 P(8):26.25
--	--

Algı fiyatları belirlenirken kullanılan katsayılar değiştirilmiş ve bu değişimin karlı ürün paketleri kararlarını değiştirip değiştirmediği gözlenmek istenmiştir. Algı fiyatı katsayılarının ürün paketi karlılık durumunu pek etkilemediği görülmüştür. Bu, ürün paketlerinin karlılık durumunun küçük algı fiyat değişimleriyle etkilenmeyeceğini göstermiş ve sunulan ürün paketlerinin oluşturulabileceği güvenini artırmıştır.

1.10-0.90	1.08-0.92	1.05-0.95
Profit: 2208.82 X(1,1):1 X(2,2):1 X(3,4):1 X(4,5):1 X(5,7):1 X(6,8):1 X(7,9):1 X(8,9):1 Y(1):1 Y(2):1 Y(4):1 Y(5):1 Y(7):1 Y(8):1 Y(9):1 P(1):146.608 P(2):88 P(4):116.688 P(5):69.96 P(7):33.308 P(8):27.5 P(9):74.738	Profit: 2062.74 X(1,1):1 X(2,2):1 X(3,4):1 X(4,5):1 X(5,7):1 X(6,8):1 X(7,9):1 X(8,9):1 Y(2):1 Y(4):1 Y(5):1 Y(7):1 Y(8):1 Y(9):1 P(1):143.942 P(2):86.4 P(4):114.566 P(5):68.688 P(7):32.7024 P(8):27 P(9):74.0064	Profit: 3887.74 X(1,1):1 X(2,2):1 X(3,4):1 X(4,5):1 X(5,7):1 X(6,8):1 X(7,1):1 X(8,1):1 Y(1):1 Y(2):1 Y(4):1 Y(5):1 Y(7):1 Y(8):1 Y(9):1 P(1):133.28 P(2):84 P(4):111.384 P(5):66.78 P(7):31.794 P(8):26.25

CCI-Ankara için Talep Toplama Sistemi Tasarımı

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.

Proje Ekibi

Şeyma Anasoy
Semiha Kara
Oğuz Koçer
Simge Kökten
Gülce Simge Taşkın
Eren Yılmaz

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Tansel Taysı, Coca-Cola İçecek A.Ş.
Satış Geliştirme Şefi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Bahar Yetiş-Kara, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

CCI Satış ile müşteriler arasında bir ara yüz oluşturan ön satış elemanları sabah ve akşam ofise gelmektedir. Harcanan bu zaman müşteri ilişkilerinin azalmasına, dolayısıyla CCI'nin satış sistemindeki verimliliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca araç yakıt ve ofis giderlerini artırmakta, ön satış elemanlarının yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu projenin amacı, CCI Ankara için yeni bir "Talep Toplama Sistemi" oluşturmaktır. Sistem, ön satış elemanlarının günlük iş akış süreçlerini yenilemiş ve talep toplama ağını yeniden oluşturmuştur. Ayrıca, ön satış elemanlarının motivasyonlarının artırılması amacıyla yıllık aktivite plan takvimi düzenlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda firmaya önerilen sistem şu an uygulanmakta olup giderlerde ofiste ortalama %30, araçta %25, personel servislerinde ise %60 oranında azalma olduğu saptanmıştır. Ön satış elemanlarının sayısı 84'ten 70'e düşürülmüş olup, müşteri başına harcanan zaman artırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ön satış elemanı, talep toplama sistemi, iş paketleri, rotalama, sezgisel

1.Şirket Tanıtımı

10 farklı ülkede toplam 20 fabrikası bulunan *Coca-Cola İçecek A.Ş (CCI)*, Türkiye, Pakistan, Orta Asya ve Orta Doğu'yu kapsayan bir coğrafyada faaliyet göstermektedir. CCI, "*The Coca-Cola Company*" markalı ürünlerin üretimi, şişelenmesi, satışı ve dağıtımından sorumlu olup, uluslararası *Coca-Cola* sisteminde satış hacmine göre altıncı sırada yer almaktadır. Hisselerinin İstanbul Menkul Kıymetler Borsası 'nda da işlem gördüğü CCI, halka açık bir yapıya sahiptir. En büyük hissedarları; Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş. The Coca-Cola Export Corporation ve Özgörkey Holding A.Ş.'dir.

Türkiye genelinde Çorlu, Ankara, Mersin, Bursa, İzmir, Köyceğiz, Elazığ ve Sakarya'da olmak üzere sekiz fabrika, İstanbul, İzmir ve Ankara'daki üç ana satış bölgesi ve 10.000'in üzerinde çalışanıyla faaliyetini sürdürmektedir. 335 milyonu aşan tüketici kitlesine gazlı içeceklerin yanı sıra meyve suyu, su, enerji içecekleri, çay gibi gazsız içecek kategorisinde de hizmet vermektedir. Kalite, satış hacmi ve karlılık oranlarını göz önünde bulundurarak seçkin bir şirket olmayı kendisine amaç edinmiş CCI'nin 2009 yılı itibariyle, toplam üretim kapasitesi 700 milyon ve toplam satış hacmi 500 milyon ünite kasadır. CCI, *Coca-Cola*'nın Avrupa'da dört, dünyada ise 13. en büyük pazarıdır.

CCI satışını tek bir merkezden değil farklı bölgelerdeki satış merkezlerinden yürütmeyi hedeflemiştir. Buna göre CCI İzmir, Antalya, Bursa, Avrupa, Asya, Ege, Trakya, Mersin, Doğu, Karadeniz, Ankara ve Orta Anadolu olmak üzere 12 bölgede satış merkezi kurmuştur. Projemizi gerçekleştirdiğimiz CCI satış merkezi ise Ankara bölgesine ait olan *CCI Ankara Satış ve Dağıtım Merkezi*'dir.

2.Proje Tanımı ve Sistem Analizi

CCI Ankara'da satış ve dağıtım süreçleri bayilerle birlikte yürütülmektedir. Ankara'da kullanılan "Ankara Hibrit" satış sisteminde CCI, sipariş alma, tanzim-teşhir, depolama, müşteri ilişkileri, piyasa uygulamaları ve pazar-iş geliştirme süreçlerinden sorumludur.

Ankara'da kanal bazlı satış sistemi uygulanmaktadır. Kanallar müşteri kategorisine göre *Zincir Mağazalar*, *Geleneksel* ve *Yerinde Tüketim* olmak üzere üçe ayrılmaktadır. *Zincir Mağazalar* kanalı hipermarketleri, süpermarketleri ve perakende zincirlerini; *Geleneksel* kanal bakkalları, kuruyemişçileri ve sanayi bölgelerini; *Yerinde Tüketim* kanalı ise kebabçıları, üniversiteleri, cafe ve barları, liseleri, benzinlikleri, alışveriş merkezlerini ve Kızılay bölgesini kapsamaktadır.

CCI Ankara'da önce müşteri talepleri toplanmakta, ertesi gün satış yapılan müşterilere siparişleri teslim edilmektedir. *Zincir Mağazalarda* siparişler genel olarak *bölge satış şefleri (SD)* tarafından alınmakta, müşteri için gerekli diğer işlemleri yapmak üzere ayrıca *tanzim-teşhir*

elemanları (MIT) çalışmaktadır. Geleneksel ve Yerinde Tüketim kanallarında ise sipariş alma, piyasa uygulamaları ve tanzim-teşhir gibi işlemler ön satış elemanları (pre-seller) tarafından yapılırken, bölge satış şefleri müşteri ilişkilerini geliştirmekle, müşteriler ile CCİ arasındaki anlaşmaları değerlendirmekle ve bölgelerindeki ön satış elemanlarının kontrolünü sağlamakla yükümlüdür.

Mevcut sistemde, ön satış elemanları günlük rotalarına CCİ Ankara'da başlamakta, rotalarını tamamladıktan sonra ise CCİ Ankara'ya geri dönmektedirler. Ön satış elemanlarının izlemekte olduğu iş akışı sebebiyle *CCİ Ankara Satış ve Dağıtım Merkezi*, mevcut satış sistemi için bir iyileştirme çalışmasına ihtiyaç duymaktadır. Bunun üzerine "*Home Sweet Home*" adlı projeyi Ağustos 2009'da başlatmıştır. Bu proje *Bilkent Üniversitesi* proje ekibi ile beraber yürütülmektedir.

"*Home Sweet Home*" projesinin amacı ön satış elemanlarının CCİ Ankara'ya uğramadan ya da az sayıda uğramalarını sağlayarak talep toplama süreçlerini gerçekleştirmelerini sağlamaktır. Böylece ofiste harcanan süre sahaya ve müşteriye aktarılacaktır. Ancak amaçlanan sistemin gerçekleştirilebilmesi için ön satış elemanlarının ofisteki iş akışlarının evden ya da sahadan yapılabilir olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, ön satış elemanlarının gün sonunda iş yerleri yerine evlerine dönmeleri CCİ araçlarının takibi için bir metot gerektirmektedir. Firma tüm bu nedenlerden ötürü ofis işlerinin elektronik ortama taşınmasına, satış sürecinin teknolojik donanım ve çeşitli yazılımlarla desteklenmesine, ofis süreçlerinin aktarılmasına ve yeni iş akışlarının çıkarılmasına ihtiyaç duymaktadır.

Evlerinden müşteriye gitmeleri hedeflenen ön satış elemanlarının ofiste harcadıkları zaman, müşteri başına geçirilen zamana ve ön satış elemanı başına hizmet verilen müşteri sayısına aktarılacaktır. Bu kapsamda, *CCİ Ankara* müşteri kümelemesi ve her bir ön satış elemanı için haftalık rotalama yapılacaktır.

CCİ Ankara Satış ve Dağıtım karlılığın yanı sıra ön satış elemanlarının çalışma ve yaşam koşullarını da önemsemektedir. Yapılan gözlemler sonucunda ön satış elemanlarının sabah ve akşam ofiste bulunmalarının aslında motivasyonlarını artırdığı saptanmıştır. Firma bu nedenden ötürü değişen sistemin satış elemanları üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için çeşitli motivasyon çalışmalarına ihtiyaç duymaktadır.

Sonuç olarak proje kapsamı, ön satış elemanlarının günlük iş akış süreçlerinin yenilenmesi, motivasyon artırıcı çalışmalar ve talep toplama ağının yeniden oluşturulması şeklinde üç kısma ayrılmıştır.

3.Ön Satış Elemanlarının Günlük İş Akış Süreçlerinin Yenilenmesi

Geleneksel ve Yerinde Tüketim kanallarında toplam 84 ön satış elemanı ve 19 bölge satış şefi bulunmaktadır.

Satış sistemi, her bir kanala atanmış ön satış elemanları tarafından başlatılmaktadır. Ön satış elemanları günlük rotalarında bulunan müşterilerden siparişlerini almakta, el terminallerindeki *BASIS* isimli sisteme girmekte ve rotalarını tamamladıktan sonra alınan siparişleri ofisteki bilgisayar sisteminde kontrol etmektedirler. Sisteme kayıtlı bulunan siparişler faturalandırıldıktan sonra sevkiyat bölümüne gönderilmektedir. Ürünlerin yüklenmesi siparişlerin alındığı gece müşterilerin buldukları konumlara göre yapılmaktadır. Satışın son aşamasında, tahsilât işlemi bazı müşteriler için CCI tarafından yapılırken, bazı müşteriler için ise bayi tarafından yapılmaktadır.

Ön satış elemanlarının günlük rotalarında yapılan zaman etütleri sonucunda bir iş gününün sadece %40'ının müşterilere ayrılabilirdiği, %15-20'sinin ise ofiste geçtiği saptanmıştır (Ek 1).

Ofiste geçirilen zamanı oluşturan temel unsurlar şunlardır;

- Ön satış temsilcilerinin yapması gereken evrak işleri ve bu evraklar için gereken fazla sayıdaki imzayı kendilerinin toplaması,
- Yetersiz bilgisayar sayısından dolayı ön satış temsilcilerinin bilgisayarlar için sıra beklemek zorunda kalması,
- Siparişlerin el terminallerinden sisteme aktarılmasının uzun sürmesi

Ofiste harcanan süreyi azaltmak için ise, CCI Ankara'nın da isteği doğrultusunda ön satış temsilcilerinin ofise haftada sadece bir gün gelmesini sağlayacak özelliklere sahip, alınan siparişleri güvenle sisteme aktarabilecek el terminalleri araştırılmış, araçların takibi için gerekli sistemler üzerinde durulmuş ve ofisteki iş görevlerinin dağılımı üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

3.1.Önerilen yöntem

Satış sisteminde istenen verimliliğe ulaşabilmek için izlenmesi gereken yaklaşımın ön satış elemanlarının mevcut iş tanımlarını değiştirerek ofiste duyulan ihtiyaçlarını mümkün olduğunca azaltmak olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu yaklaşımın uygulanabilmesi için şu şekilde çözüm önerileri getirilmiştir:

- Ofis için yeni iş paketlerinin oluşturulması
 - İş paketleri gruplandırıldıktan sonra toplam 26 olan iş paketi sayısı 11'e düşürülmüştür (Ek 2). Her bir iş paketinin işleyişi için alternatif çözümler sunulmuştur.
- Ön satış elemanlarının ofiste yapmakla yükümlü olduğu görevlerin gün boyunca ofiste bulunacak kişilere aktarılması,
 - Ofiste fatura işlemlerinden, satış destek raporlarının hazırlanmasından, müşteri ilişkilerinden, dağıtım ve el

terminalleri ile ilgili faaliyetlerin yürütülmesinden sorumlu olan satış destek elemanının iş süreçleri yenilenmiştir. Buna göre, satış destek elemanı, ön satış elemanının ofiste yapılması zorunlu olan işlerini üstlenmiştir.(Ek 3.1) Bunun sonucunda ise mevcut satış destek elemanı sayısı artırılmıştır.

- Ön satış elemanlarının yeni sistemdeki iş akışları ise oluşturulan modelde (Ek 3.2) görülebilir.
- El terminallerinin yazılım özelliklerinin değiştirilmesi,
 - Onaylama süreci için gerekli olan formların akışı değiştirilmiştir. El terminallerinin alt yapısına eklenmiş olan formlar sahada ön satış elemanları tarafından doldurulduktan sonra satış destek elemanına gönderilmekte; diğerleri ise gerekli bilgilerin ön satış elemanları tarafından aktarılmasıyla satış destek elemanları tarafından doldurulmaktadır. (Ek 4)
 - Sağlanacak olan internet bağlantısıyla *ön satış elemanı- satış destek elemanı* ve *satış şefleri* arasındaki iletişim e-posta yoluyla gerçekleştirilebilmektedir.

3.2.Sonuç analizi ve uygulama

Şirket yetkilileriyle yapılan toplantıda getirilen üç ayrı çözüm önerisinin de uygulanmasına karar verilmiştir. Belirlenen çözüm önerilerinin pilot uygulamalarına Aralık ayında geçilmiştir. Bu doğrultuda, yeni sistemde günlük stok raporlarının gönderilmesi, siparişlerin güncellenmesi veya eklemelerin yapılması, müşteri kaydının ve satış bilgilerinin güncellenmesi, elden faturaların kesilmesi veya fatura değişimi, gerekli formların düzenlenmesi ve onaylanması ile makinelerin kurulumu ve web ekranında atamaların yapılması gibi işlemler satış destek elemanlarına gelen taleplerin temelini oluşturmaktadır.

CCİ Ankara'nın yeni sisteme geçişi aşamalı olarak gerçekleşmektedir. Pilot uygulamanın yapıldığı tarihte altı adet ön satış elemanı evlerinden doğrudan rotalarına çıkarken, bu sayı kademeli olarak artırılmış olup günümüzde bütün ön satış elemanları tarafından uygulanan bir sistem halini almıştır. Yapılan ilk pilot uygulamalarda yeni sistemde stok miktarlarının görülmemesi, müşteri bilgilerinin eksik ya da hatalı görülmesi ve ürün bilgilerinin eksik okunması gibi el terminallerinden kaynaklanan problemlerin olduğu saptanmıştır. Belirlenen bu problemlerin firmaya bildirilmesiyle birlikte çeşitli çalışmalar sonucunda ortaya çıkan problemlerin birçoğu çözülmüş ve sistem tamamıyla uygulanabilir hale getirilmiştir. Sistemin maliyet analizleri sonucunda elde edilen çıktılar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Maliyet Analizi Çıktıları

Yeni Sistemdeki Tasarruf Değişkenleri	Değişkenlerin Azalma Yüzdesi	Yeni Sistemde Harcamalardaki Artış Değişkenleri
Satış Temsilcisi	% 17	GPS Tedarik Maliyeti
Araç Kirası	% 17	GPS Kullanımı
Yakıt Sarfiyatı	% 8	Data Hattı Kullanımı
Personel Servisi	% 60	Malzeme Transferi
Ofis Giderleri	% 30	Satış Destek Elemanı
Toplam Gelir (TL)	740.000	
Toplam Gider (TL)	100.000	
Kar (TL)	640.000	

Yapılan maliyet analizi sonucunda yeni sistemin firmaya toplam kazancının 640.000 TL olacağı saptanmıştır. Yeni durumda bir ön satış elemanı ortalama 30-35 müşteriye gezebilmektedir. Bunun sonucunda ön satış elemanlarının mevcut müşteri sayıları günlük rotaları için yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda CCI Ankara'nın geleneksel kanal müşterilerini optimum bir şekilde ön satış elemanlarına atayacak yeni bir kümeleme ve rotalama sistemi tasarlanmıştır.

4. Talep Toplama Ağının İyileştirilmesi

Ön satış elemanlarının yeni sistemde evlerinden doğrudan müşteriye gitmeleri, daha önce çalışma zamanlarının %30'unu yolda kaybeden ön satış elemanlarının müşteriye ayırabilecekleri zamanı artırmıştır. Tasarruf edilen bu zaman, ön satış elemanı başına düşen müşteri sayısını da arttırmaktadır. Talep toplama sisteminde meydana gelen bu değişiklikler ön satış elemanlarının izledikleri rotaların tam verimle çalışmamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, yeni bir rotalama modülü geliştirilmiştir. Bu modül, CCI'nin veritabanından aldığı bilgilerle ön satış elemanlarının günlük rotalarını gerekli olduğu zamanlarda güncellemek amacıyla oluşturulmuştur.

4.1. Rotalama için Kullanılan Algoritma

Tasarlanmış sisteme göre ön satış elemanları günlük rotalarına evlerinden başlayacaklardır. Bu nedenle model çoklu depolu olarak belirlenmiştir. Ayrıca ön satış elemanlarının gün içindeki çalışma saatleri, pazartesi günü ofise gidildiği için toplam sekiz saat diğer günlerde ise toplam dokuz saattir, bu da modele bir zaman kısıdı getirmektedir. Problem her hafta aynı gün aynı müşterilere servis edileceğini göz önünde bulundurup periyodik araç rotalama modeli olarak gözükmektedir. Bu nedenle *Periyodik Araç Rotalama Problemi*

ve *Servis Seçimli Periyodik Araç Rotalama Problemi* incelenmiştir. (Coene,Arnout and Spieksma; 2008; Francis, Smilowitz and Tzur; 2006) Ancak müşteri verilerinin haftalık değişkenliği ve şirketin problemi her hafta değişen verilerle çözme talebi göz önünde bulundurulduğunda çözüm aşamasında problem zaman kısıtlı çoklu depolu araç rotalama problemi olarak ele alınmıştır. Sistem için gereken IP modeli genel Lou ve Shi tarafından tanımlanan problemden esinlenilmiştir. Modeldeki depo ve araç kısıtlamaları kaldırılmış ve günlük zaman kısıtı olan pazartesi sekiz saat ve diğer günlerde dokuz saat kısıtı modele eklenmiştir. IP modeli küçük örnekler için test edilmiştir, CCİ satış sistemi ise yaklaşık 15.000 müşteri ve 82 ön satış elemandan oluşmaktadır. Veri sayısının büyüklüğünden ötürü bu model CCİ sistemine tam bir uyum gösteremeyecektir. Bu nedenle, sezgisel modeller araştırılmış, yapılandırma sezgisel modeli için üç algoritma incelenmiştir. (Larson and Odonoy; 1981; Ghiani, Laporte and Musmanno; 2004) Araştırılan algoritmalar içinden problemin tanımına en uygun ve en çok kazanç getireceği düşünülen Ghiani, Laporte and Musmanno, 2004 ait *En Yakın Komşu Algoritması* seçilmiştir. Bu seçim yapılırken problemin kanal bazlı yapıda çalıştığı ve diğer modellerin daha çok zaman alırken problemin kısıtları içinde aynı sonuca ulaşacağı göz önünde bulundurulmuştur. Model sezgisel olduğu için en iyi sonuca ulaşamayabilir ve lokal optimumda tıkanabilir. Bunu önlemek için ise iki tane iyileştirme sezgisel modeli araştırılmıştır. (Polacek, Hartl and Doerner; 2004; Ho and Haugland; 2004; Zhang, Yun and Moon; 2009; Ghiani, Laporte and Musmanno; 2004).Bu modeller içinden Polacek, Hartl and Doerner, (2004) ait *Değişken Komşu Arama Algoritması* esas alınarak içinde 2-opt arama fonksiyonu kullanılmış ve rotalar iyileştirilmiştir.

Program bir ağ oluşturulması ve bu ağın iyileştirilmesi olmak üzere iki aşamada çalışmaktadır. İlk aşamada, modelin kısıtları göz önüne alınarak müşterilerin atanması kendilerine en yakın ön satış elemanına yapılmaktadır. Bir ön satış elemanının günlük çalışma saati dolduğunda yeni bir ön satış elemanı devreye girmekte ve müşterilerin hepsi ziyaret edilinceye kadar sistem çalışmaktadır. İkinci aşamada ise bir ön satış elemanının günlük rotasına bakılmakta ve kendi içinde iyileştirme olanakları aranmaktadır. Tüm bunlar için 2-opt sezgisel modelinden yararlanılmakta, iki müşterinin ziyaret edilme sırası değiştirildiğinde sistemde kazanç oluyorsa bu iki müşterinin rota sırası değiştirilmektedir. Programın algoritması Ek 5’de incelenmektedir.

4.2.Sonuç analizi ve uygulama

Program, girdilerine göre CCİ bazlı ve Model bazlı olmak üzere iki türlü çalışmaktadır. CCİ bazlı programda, müşteri listesi, müşteri frekans bilgileri ve müşteriler arası uzaklık matrisi programa

sunulmaktadır. Frekans bilgisi, her bir müşterinin haftanın hangi günlerinde ziyaret edileceğini belirlemek açısından önemlidir. Müşteri listesi, müşteri numaralarını ve müşterilerin hangi alt kanalda bulunduğunu içermektedir. Model bazlı programın CCİ bazlı programdan farkı müşterilerin hangi gün ziyaret edileceği bilgisinin program tarafından belirlenmesidir. Müşterilerin haftada talep ettikleri ziyaret sayısı müşteri matrisinde bulunmaktadır. Model bazlı programın girdileri yalnızca müşteri listesinden ve uzaklık matrisinden oluşmaktadır. Müşterilerin ziyaret edilme süreleri sabittir ve yeni iş akış süreçleri göz önünde bulundurularak ve yapılan gözlemler ışığında 11 dakika olarak baz alınmıştır.

CCİ'dan alınan veri 15.000 müşterinin adreslerini, ziyaret sıklıklarını ve hangi kanal altında olduklarını göstermektedir. Bu veri müşteriler arası uzaklık matrisi için gerekli detayı sağlayamadığı için ve müşterilerin ziyaret günleri bilgisi yetersiz olduğu için program gerçek zamanlı bir deneme için çalıştırılmamıştır. Bunun yerine gerçek durumun bir benzetme olarak *Cold Drink* kanalındaki 3040 müşteri için ve onların bilinen ziyaret sıklıkları ve alt kanalları için bir deneme yapılmıştır. Uzaklık matrisi Ankara yol ağındaki satış noktaları bulunamadığından hesaplanamamış, kuş uçuşu mesafeler de gerçekçi sonuçlar vermeyeceği için harita kullanılmamıştır. Bunun yerine yapılan gözlemler ışığında hesaplanan yolculuk sürelerinin dağılımı esas alınmış ve 1-15 dakika arasında tekdüze dağılım ile uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Model bazlı sistem ile çalıştırıldığında her ön satış elemanı ortalama 30-35 müşteri gezmektedir. Pazartesi günü 1 saat ofise gidildiği için toplam süre olan 420 dakikanın en az 408 dakikası kullanılmakta çoğunlukla 419 dakika çalışılmaktadır. Diğer günlerde 480 dakika üzerinden çoğunlukla 470 dakika ve üstünde çalışılmaktadır. Program verilecek her müşteri verisi ve uzaklık bilgisi için sonuç verebildiği ve istenildiği zaman kullanılabilirdiği için gereksinimleri karşılamaktadır.(Ek 6)

5.Motivasyon Çalışması

Gerek ön satış elemanlarıyla yapılan görüşmelerde gerekse ön satış elemanlarının ofiste şeflerle gerçekleştirdikleri toplantılarda önemle üzerinde durulan nokta takım ruhunun önemi ve bunun CCİ Ankara'nın satışlarına olan yansımasıdır. Şeflerin, sabah yaptıkları toplantılarda, ön satış elemanlarının günlük satış hedeflerini belirlemesi ve sonucunda hak edilecek ödülleri duyurması ön satış elemanları arasında rekabet yarattığı gibi iletişimi de sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, çalışanlar arasında gerçekleştirilen aktiviteler, ön satış elemanlarının CCİ Ankara'ya olan bağlılığını ve aidiyetlik duygusunu artırmaktadır. Ancak yapılan tüm bu açıklamalar ışığında, ön satış elemanlarının ofiste haftada yalnızca bir gün bulunacak olmaları

çalışanların motivasyonlarının azalabileceği endişesini yaratmaktadır. Ön satış elemanlarının var olan bağlılığını sürdürebilmek ve hedeflenen satış oranlarına ulaşabilmek için çeşitli motivasyon çalışmaları yapılmıştır.

5.1. Önerilen aktivite planı

CCİ Ankara için ön satış elemanlarının hayat standartlarının artırılması ve sosyal hayatları ile iş hayatları arasındaki dengenin sağlanması önemli bir unsurdur. Bu sebeple yapılacak olan motivasyon çalışmalarının bu doğrultuda belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, CCİ Ankara'nın şirket içinde ve dışında yapılacak olan aktivitelere tahsis edebileceği bütçenin kararlaştırılması yapılan aktivite planının uygulanabilir olması açısından önemlidir. Tüm bunların doğrultusunda, ön satış elemanlarının motivasyonunu ve bağlılığını artıracak düşünülen programlar gün ve ay bazında yıllık aktivite plan takviminde yer almaktadır. Yıllık takvimden örnekler Ek 7' de görülebilir. Motivasyon artırıcı çalışmalarda göz önünde bulundurulacak faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Bölge satış şefleriyle ön satış elemanları arasındaki iletişimin öğle yemekleriyle desteklenmesi,
 - Akşam yemekleri ve kutlamalarla ön satış elemanlarının arkadaşlık bağlarının geliştirilmesi,
 - Çalışanlar arasında yapılacak olan turnuvaların ve yarışmaların haftalık ve aylık yoğunluğunun belirlenmesi,
 - Ön satış elemanlarının kişisel gelişimine ve yaratıcılığına katkıda bulunacak eğitim ve seminerlerin verilmesi,
 - Ön satış elemanlarının tercih seçeneklerini ve katılım imkânlarını artırmak için CCİ Ankara'dan bağımsız işletilen kurslarda özel indirimlerin uygulanması,
 - Şehir dışına yapılacak olan tur ve tatil imkânlarının sunulması,
- Çıkarılan aktivite plan takviminin ön satış elemanları tarafından teşvik edici olduğu tespit edilmiş ve geçerliliğinin doğrulanması için firmaya sunulmasına karar verilmiştir.

5.2 Sonuç analizi ve uygulama

Çıkarılan aktivite planının CCİ Ankara'ya uygulanabilir olup olmadığının değerlendirilmesi amacıyla insan kaynakları uzmanı Boray Altan ile iletişime geçilmiştir. Yapılan görüşmede, CCİ Ankara'nın ön satış elemanlarını bir değer olarak nitelendirdiği, bunun için yapılan harcamaların gider olarak değil, uzun vadeli bir yatırım planı olarak düşünülmesi gerektiği saptanmıştır. CCİ, ön satış elemanlarının iş ve sosyal yaşam dengesini kurmak amacıyla şirket içinde ve dışında bugüne kadar çeşitli aktiviteler düzenlemiştir. Bu aktivitelerin devamını sağlamak da insan kaynaklarının en önemli amaçlarından biridir. Bütün

bu sebeplerden ötürü, Boray Altan'a sunulan yıllık aktivite plan takvimi CCI tarafından uygulanabilir bulunmuştur.

6.Genel Değerlendirme

Mevcut talep toplama sistemindeki problem, ön satış elemanlarının ofis ve yolda geçirdikleri zamanın fazla olması sebebiyle CCI Ankara Satış sistemindeki verimin beklenenden düşük, ofis ve yol giderlerinin ise beklenenden yüksek olmasıdır. Önerilen çözüm yöntemleriyle ön satış elemanları ve araç sayısında %17 oranında azalma, yakıt sarfiyatında %8, personel servisinde %60 ve ofis giderlerinde %30 oranında azalma beklenmektedir. Yatırımların ardından yıllık 640.000 TL kazanç hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra, kullandıkları el terminallerinin yazılımının değiştirilmesiyle ön satış elemanlarının ofisteki iş akışları satış destek elemanlarına aktarılmış, böylece ofis içerisindeki düzen değişmiş, yeni sistemin kazandırdığı zaman ile ön satış elemanları müşteri başına harcadıkları zamanı artırmışlardır.

Ön satış elemanlarının günlük iş akış süreçlerinin yenilenmesi ve kazanılan zaman sebebiyle ön satış elemanlarının günlük rotalarındaki müşteri sayıları yetersiz kalmıştır. Bu da mevcut talep toplama ağının iyileştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Firmanın yeni talep toplama ağını oluşturacak sistem için ek bir yatırımda bulunmasına gerek görülmemektedir. Müşteri listesi, müşteri frekans bilgileri ve müşteriler arası uzaklık matrisi programa sunulduktan sonra, ön satış elemanları için verimliliği optimuma yakın bir rota elde edilmektedir. Ancak elimizdeki veri müşteriler arası uzaklık bilgisini sağlayamadığından gerçek zamanlı bir deneme için çalıştırılamamıştır. Gerekli veri elde edildiğinde program yeni müşteri rotalarını her sabah oluşturacaktır. Projenin son kısmında ise haftada bir gün CCI Ankara'ya gelecek olan ön satış elemanlarının şirket bağlılığını ve aidiyetlik duygusunu azaltabilecek faktörleri ortadan kaldırmak hedeflenmiş, motivasyonlarını artıracak yöntemler üzerinde durulmuştur. Bunun için oluşturulan yıllık aktivite planı CCI Satış ve Dağıtım Merkezi tarafından uygun bulunmuş, şirket bağlılığını ve çalışan mutluluğunu artırılacağı düşünülmüştür.

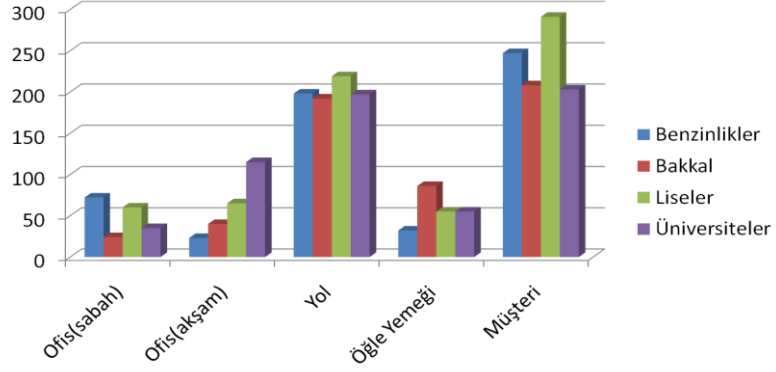
Getirilen öneriler CCI Ankara için uygulanabilir bulunmuş olup ön satış elemanlarının tamamı kademeli olarak yeni sisteme geçirilmiştir. Talep toplama sistemi için gerekli verinin sağlanması ardından verimliliği artırması hedeflenen yeni müşteri rotaları oluşturulabilecektir.

KAYNAKÇA

- Coene,S., Arnout, A. and Spieksma, F. (2008). “The Periodic Vehicle Routing Problem: A Case Study” , Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1368749>
- Francis, P., Smilowitz, K. and Tzur, M. (2006). “The Period Vehicle Routing Problem with Service Choice”, *Transportation Science* 40, 439-454
- Ghiani, G., Laporte, G. and Musmanno, R. (2004). “Introduction to Logistics Systems Planning and Control”, John Wiley and Sons Ltd, England
- Ho, S.C. and Haugland, D. (2004). “A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries”, *Computers and Operations Research* 31, 1947-1964
- Larson, R.C. and Odoni, A.R. (1981)“ Urban Operations Research” Prentice-Hall, USA
- Lou, S.Z. and Shi. Z.K. (2006) “A New Method for Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows”, *Proceedings of the Fifth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Dalian*
- Polacek, M., Hartl, R.F. and Doerner, K. (2004). “A Variable Neighborhood Search for the Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows” *Journal of Heuristics* 10, 613-627, The Netherlands
- Zhang, R., Yun, W.Y. and Moon, I. (2009). “A Reactive Tabu Search Algorithm for the Multi-depot Container Truck Transportation Problem”, *Transportation Research Part E* 45, 904-914

EKLER

Ek 1.

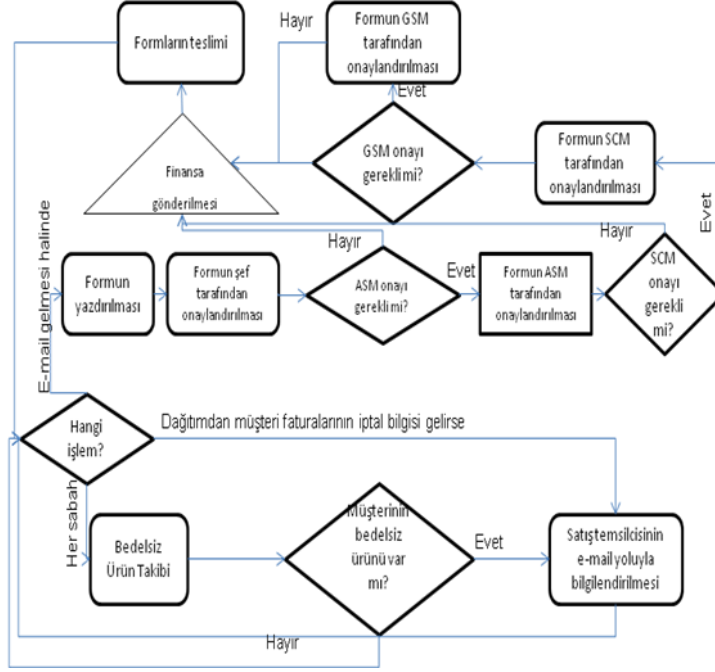


Şekil 1. İş zaman grafiği

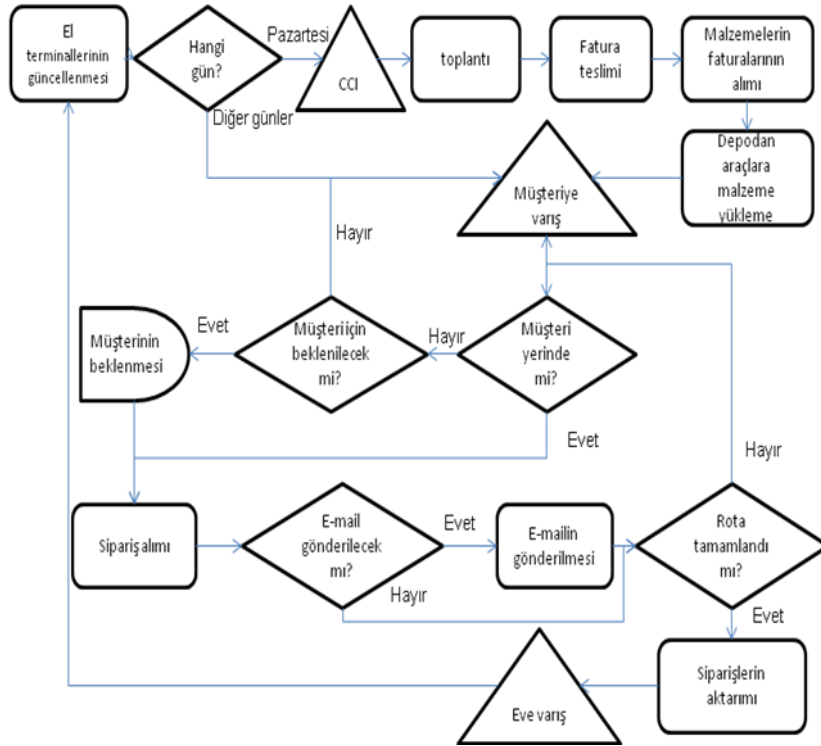
Ek 2. 26'dan 11'e Düşürülen İş Paketleri

Satış-Promosyon Incentive Paylaşımı	Satış-Promosyon Incentive Paylaşımı
Palm Güncellenmesi Aktarımı	El Terminallerinin Güncellenmesi
Stok Kontrolü	Müşteri İstek Şikâyetleri
Akşam Sipariş Aktarımı	Promosyon Malzemesi ve Ekipman Yönetimi
Müşteri İstek Şikâyetleri	Promosyon Kapaklarının Teslimi
Promosyon Malzemesi Talebi	Hasarlı Ürün ve Stand İdeleri
Pop Malzemelerin Çıkışı	Bedelsiz Ürünler
Faturalı Reklam Malzeme Çıkışı	İptal Faturaları ve Fatura Kontrolü
İrsaliye ile Malzeme Çıkışı	Tahsilât
Promosyon Malzeme Faturaların Şirkete Teslimi	Yeni Müşteri Kaydı
Ekipman Talep Formu	Red Ölçüm Takibi
Promosyon Kapaklarının Teslimi	
Hasarlı Ürün İdeleri	
Piyasadan Stant İdeleri	
Taviz Hesaplaması	
Taviz Sipariş Formunun Doldurulması	
Faturalara Kod Müdahalesi	
Fatura Değişim	
İptal Faturaların Kontrolü	
İptal Faturaların Güncellenmesi	
Tahsilâtların Vezneye Yatırılması	
Supress Formunun Hazırlanması	
Yeni Müşteri Kaydı	
Red Ölçüm Takibi	

Ek 3.1. Satış Destek Elemanı İş Akış Modeli



Ek 3.2. Ön Satış Elemanının Günlük İş Akış Modeli



Ek 4 Kullanılan Eski ve Yeni Formlar

Ek 4.1 Eski Promosyon ve Malzeme İstek Formu

PROMOSYON AMAÇLI ÜRÜN VE MALZEME İSTEK FORMU

FORMU DÜZENLEYEN									
AD SOYAD			İMZA		TARİH			VERİLECEK MİKTAR / VERİLİŞ SEBEBİ	
SİRA NO	YUK NO	BASIS NO	MÜŞTERİ	ÜRÜN/MALZEME	KOD	BİRİM	RAKAM	YAZI	PROMOSYON EMNET
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

DNAY			
AD SOYAD	SATIŞ SEFİ	İSİM	SATIŞ MÜDÜRÜ
TARİH:			

SAI FORM1*
Rev:1

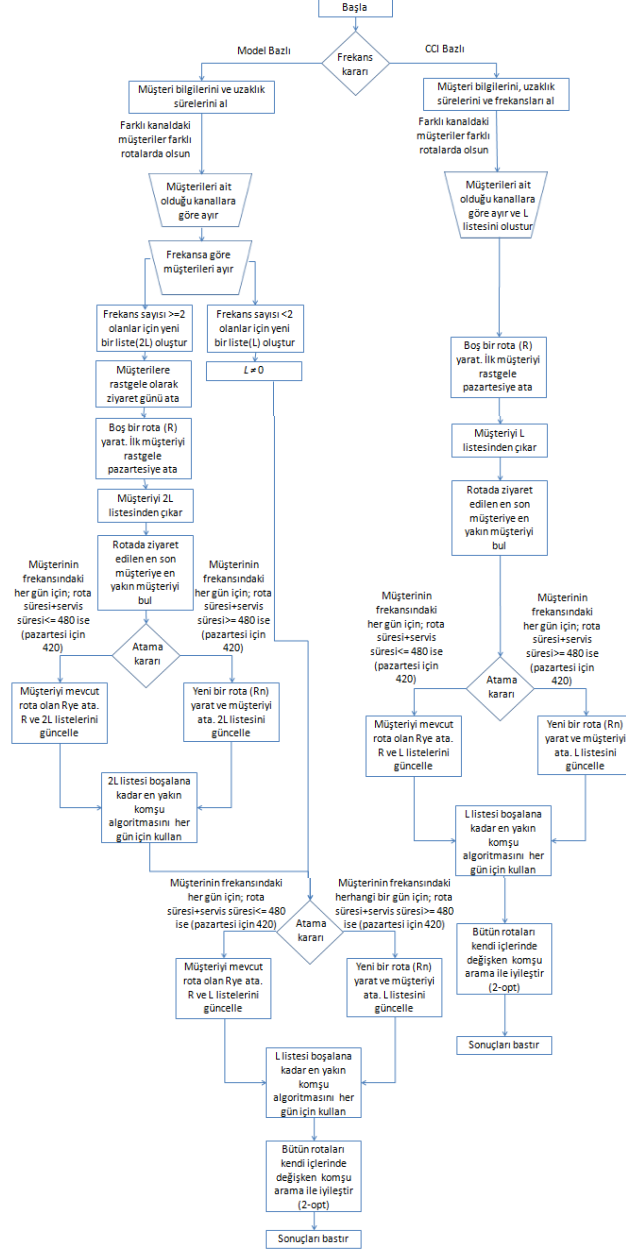
Ek 4.2 Yeni Promosyon ve Malzeme İstek Formu

bMobile Satış Destek Elemanı Satış Destek Elemanı [Bilgi](#) [Gözet](#) [Ek Ekle](#) [Çık](#)

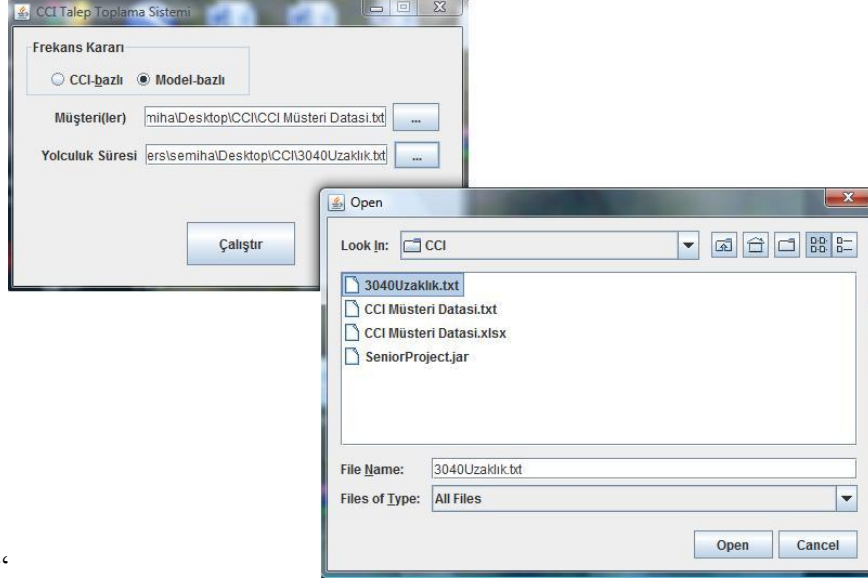
<p>GİRİŞ Admin</p> <p>Alınan Yönlü</p> <p>Merchandizing</p> <p>Satış Kontrol</p> <p>Profits</p>	<p>Müşteri Talebi Detay</p> <p>Müşteri Adı</p> <p>Talep Formu</p> <p>Oluklama Tarihi</p> <p>Mobil Kullananı</p> <p>Durum</p> <p>İstek Formu</p> <p>Ürün Kodu</p> <p>Var. Miktar-Rakam</p> <p>Var. Miktar-Faq</p> <p>Verile. Sebebi</p> <p>BYA No</p> <p>SGS Onay</p> <p>ASMA Onay</p> <p>Birim</p> <p>SCM</p> <p>VUK NO</p> <p>Verile. Sebabi Açıklama</p>	<p>1/2/2009</p> <p>TEKAS CAFE</p> <p>Promo. Kodu: Promosyon</p> <p>220450</p> <p>37 0345 03AN H FZ BIRAKILAN</p> <p>Oraya Bekliyor</p> <p>0x0 2009</p> <p>7</p> <p>9x8</p> <p>PROMOSYON</p> <p>0x0</p> <p>04</p> <p>602396 gurep</p>
--	--	---

http://184.86.12.67:9080/bMobile/processCustomerRequest.do 23.04.2010

Ek 5. Program Algoritması



Ek 6. Oluşturulan Talep Toplama Sisteminin Görüntüsü



“

Deneme *Cold Drink* kanalındaki 3040 müşteri için gerçek frekans sıklıkları verisi göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Müşterilerin hangi gün servis talep ettikleri bilinmediğinden model bazlı karar alınmıştır.

Ek 7. Mart ayı için Aktivite Plan Takvimi

March 2011

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
1		2	3	4	5	6
		Eğitim Seminerleri İk. Günü				
7	8	9	10	11	12	13
	8 Mart Dünya Kadınlar Günü Yemeği			Akşam Yemeği		
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
						27 Mart Dünya Tiyatrolar Günü Tiyatro Etkinliği
28	29	30	31			

Evsel Atık Toplama ve Depolama İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı

Çankaya Belediyesi

Proje Ekibi

Defne Aşkar
Abdülkadir Öngün
Murat Özkan
Nazlı Şenyüz
Ayşegül Uzun

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Kurum Danışmanı

Şenol Genç, Çankaya Belediyesi, Temizlik İşleri, Müdür Yardımcısı

Akademik Danışman

Doç.Dr. Emre Alper Yıldırım, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Mevcut sistem analizi sonucunda problem iki başlık altında toplanmıştır. Bunlardan birincisi evsel atık toplama rotalarının optimizasyonu, ikincisi de konteyner yerleştirme problemidir. Birinci problem için kapasiteli yol rotalama algoritmalarından birisi olan Yol Tarama sezgiselini kullanan *RotaPlanlama* adında bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. *RotaPlanlama* programı ile Maltepe ve Yenışehir bölgelerinde yeni çöp rotaları iki farklı zaman aralığı için elde edilmiştir. İlk zaman diliminde Maltepe’de ortalama %35, Yenışehir’de ortalama %50 mesafe azalması sağlayacağı gözlemlenmiştir. İkinci zaman diliminde ise kullanılan çöp toplama araçları sayısında %60 azalma sağlanmıştır. Diğer problem için ise iki amaç fonksiyonuna karşılık gelen matematiksel modellerin en iyi çözümleri elde edilmiştir. Sonuçlar mevcut durumla karşılaştırıldığında, bir bireyin katettiği en uzun mesafede %55.94, toplam kat edilen ağırlıklı mesafede %37.38 daha iyi sonuçlar bulunduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Katı atık toplama, katı atık depolama, kapasiteli yol rotalama problemi(CARP), Yol Tarama sezgiseli, kapasiteli p-medyan problemi, kapasiteli p-merkez problemi, konteyner yerleştirme.

1. Kurum Tanıtımı

Çankaya, 2009 yılı ilçe nüfus verilerine göre gündüz iki milyon, gece sekiz yüz bine yakın nüfusuyla Ankara'nın en kalabalık yerleşik nüfusuna sahip ilçesidir. Bünyesinde birçok okul, üniversite, iş merkezi ve yaşam alanı bulunduran ilçenin Ankara'nın yüzü niteliğine sahip olduğu kabul edilmektedir. Çankaya, sadece Ankara'nın değil Türkiye'nin en göz önünde olan ilçelerinden biridir.

Çankaya Belediyesi, halkın memnuniyetini temel alan değerleriyle yıllardır Çankaya halkına hizmet vermektedir. Çankaya Belediyesi'nin en önemli birimlerinden biri olan Temizlik İşleri, toplam 45 araç ve 377 çalışanıyla Çankaya halkına temiz bir yaşam alanı sağlamaktadır. Temizlik İşleri Birimi, halkın memnuniyetini artırmak ve daha iyi hizmet verebilmek adına evsel atık yönetimine büyük önem vermekte ve bunu geliştirmek adına çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışmalar neticesinde, atıkların yerde kalma süresinin en aza indirilmesiyle daha temiz bir Çankaya hedeflenmekte ve çöp toplama maliyetinin azaltılması düşünülmektedir.

2. Proje Tanımı

Çankaya Belediyesi beş ana bölgeye ayrılmaktadır. Bu bölgelerden Maltepe ve Yenişehir bölgelerini kapsayan MIA'daki (Merkezi İş Alanı) atık toplama işlemi 4 Ekim 2009 tarihinden itibaren taşeron firmadan alınmış ve Çankaya Belediyesi tarafından yürütülmeye başlanmıştır. Çankaya Belediyesinin amacı, Çankaya'nın en yoğun ve göz önünde olan bu iki bölgesinde çöp toplama işlemini kendi iş gücüyle ve daha kaliteli bir şekilde gerçekleştirip halkın memnuniyetini artırmaktır.

Çankaya Belediyesi MIA'da çöp toplama işlemini gerçekleştirirken bazı sorunlarla karşılaştıklarını bildirmiştir. Bu bölgede mevcut araç rotalarının bilimsel bir yöntem kullanılmadan belirlenmiş olması ve çöplerin yol kenarlarında birikmesini engelleyecek yeterli bir depolama sistemi bulunmaması belirtilen başlıca iki sorundur. Bu doğrultuda, Çankaya Belediyesi hizmet kalitesini ve halkın memnuniyetini artırırken, çöp toplama maliyetini de en aza indireyecek yeni bir evsel atık toplama ve depolama ağı tasarımına ihtiyaç duymaktadır. Oluşturulacak evsel atık toplama sistemi sayesinde, bilimsel bir rotalama yöntemi kullanılarak daha kısa mesafeli rotalar elde edilebileceği, buna bağlı olarak işçi ve mazot maliyetlerinin azaltılabileceği öngörülmektedir. Bu evsel atık toplama ağının atıkların yerde kalma süresini de en aza indirecek şekilde tasarlanması beklenmektedir. Bu doğrultuda proje kapsamında çöp toplama araçlarının izlediği MIA'daki evsel atık toplama rotalarının optimizasyonu için bir karar destek sistemi oluşturulması uygun

görülmüştür. Proje kapsamına yalnızca evsel atık toplama ağı dâhil edilmiş, diğer atık türlerinin toplanma ağı göz önüne alınmamıştır.

MIA'da yeterli bir depolama sistemi olmaması, çöplerin yol kenarında birikmesine yol açmakta, biriken çöpler görüntü ve çevre kirliliğine neden olmakta ve halkın sağlığını tehdit etmektedir. Bununla birlikte çöp torbalarından dışarı taşan atıklar kaldırımların zarar görmesine neden olmaktadır. Oluşturulacak evsel atık depolama sistemi sayesinde çöplerin kamufle edilmesi öngörülmektedir. Bu proje kapsamına, Mebusevler bölgesine yer üstü konteynerleri yerleştirmek için bir karar destek sistemi tasarlanması dahil edilmiştir.

3. Mevcut Sistem Analizi

Mevcut çöp toplama sisteminde, bölgede çöp konteyneri kullanılmadığı için çöp poşetleri yol kenarlarında biriktirilmekte ve araçlar biriken bölgelerdeki çöpleri toplamaktadır. Mevcut sistemde çöp toplama işlemini gerçekleştiren on adet araç bulunmaktadır. Bunlardan dört tanesi Yenişehir, altı tanesi ise Maltepe bölgesine atanmış durumdadırlar. Yenişehir bölgesindeki araçlardan bir tanesi 20 m³'lük, üç tanesi 13 m³'lüktür. Maltepe bölgesinde ise iki adet 20 m³'lük, üç adet 13 m³'lük, bir adet 8 m³'lük araç bulunmaktadır. Her bir araç için ise belirlenmiş bir rota bulunmaktadır. Araçlar kendilerine atanmış rotalar üzerinde mesai saatleri olan 20:00 ile 04:00 arasında çöp toplama işlemini gerçekleştirmektedir. Her bir araçta biri şoför olmak üzere toplam dört işçi çalışmakta, farklı araç kapasiteleri için bu sayı değişkenlik göstermemektedir. Şoför dışındaki üç işçi çöp toplama noktalarındaki atık torbalarını aracın arkasında depo görevi gören bölüme atmaktadırlar.

Tüm araçlar Temizlik İşleri Müdürlüğü'ndeki park yerinden çıkıp, araçlarda çalışan işçileri almak üzere bölgelerdeki dinlenme tesislerine gitmektedirler. Dinlenme tesisinden işçileri alan araçlar rotalarına başlamaktadırlar. Rotalarında devam eden araçlar kapasitelerini doldurduklarında işçileri her bölge için belirlenmiş dinlenme tesisine bırakıp, toplanılan çöpleri boşaltmak üzere Mamak Çöplüğü'ne gitmektedirler. Araçlar Mamak Çöplüğü'nden dönüşte, dinlenme tesislerinden işçileri alıp rotalarına kaldıkları yerden devam etmektedirler. Araçlar rotalarını tamamladıktan sonra dinlenme tesislerine gidip işçileri bırakıp, Mamak Çöplüğü'ne toplanılan çöpleri boşaltmaktadırlar. Son olarak şoförler Temizlik İşleri Müdürlüğü'ndeki park yerine dönüp araçları bırakmaktadırlar.

4.2. Önerilen Yöntem

4.2.1. Sezgisel yöntem

Yapılan literatür taraması sonucunda mevcut sistemi en doğru şekilde simgeleyen matematiksel modelin Golden and Wong (1981) tarafından ortaya çıkarılan Kapasiteli Yol Rotalama Problemi (KYRP)

olduğu görülmektedir. Ancak KYRP'nin sezgisel çözüm yöntemlerinin uygulamasının zor olduğu belirtilmektedir ve KYRP'ne literatürde benzer problemi olan Kapasiteli Araç Rotalama Problemi (KARP)'ne göre daha az sezgisel çözüm yöntemi geliştirildiği bilinmektedir. Geçmişte KYRP'ni KARP'ne dönüştürmek üzerine makaleler yazılmıştır (Maniezzo V. ve Roffilli M., 2008), (Pearn vd., 1987). Bu dönüşümlerden faydalanarak KYRP'ni KARP'ne benzeten ve KARP'ni sezgisel yöntemler kullanarak çözüp sonuç bulan makaleler bulunmaktadır (Aydın H. vd., 2008). Aydın H. vd. (2008) makalelerinde, sıkça kullanılan ve verimli olduğu bilinen KARP sezgiseli Clarke&Wright'ı kullanmıştır (Clarke G. ve Wright J.W., 1964). KYRP'ni çözmek için ise Clarke&Wright sezgiseli gibi ağırlıklı bir sezgisel olan Yol Tarama sezgiseli sıkça kullanılmaktadır. Clarke&Wright gibi Yol Tarama sezgiselinin hızlı ve iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir (Couthinho-Rodrigues vd., 1993). Her iki problem için daha karmaşık sezgisel yöntemler geliştirilmiştir, fakat bu sezgisel yöntemler çözüm değerine sağladıkları katkı ile işlem süresi arasındaki ödünleşim göze alındığında bu iki ağırlıklı sezgisel yöntemin geniş çizgelerde daha verimli oldukları bilinmektedir. KYRP'nin KARP'ye dönüştürülmesi değişkenlerin rahatlatılması veya sonsuz maliyetli kenarların kullanılması ile gerçekleştirilebilmektedir. Sonuçta ortaya çıkan KARP çizgesi daha büyük boyutlu olmaktadır, dolayısıyla işlem süresi artmaktadır. Buna ek olarak, bilinen KYRP'nin düzlemsel yapısı kaybolmakta ve çözüm kalitesi azalmaktadır. (Wohlk, 2008)

Bu araştırmalar neticesinde problemin KYRP'nin modifiye edilmiş Yol Tarama sezgiseli (Golden vd., 1983) kullanılarak çözülmesi uygun görülmüştür. Çankaya Belediyesi farklı kapasiteli araçlara sahip olduğundan dolayı Yol Tarama sezgiseli basit bir varsayım ile modifiye edilmiş, buna göre sezgisel kamyonları seçerken kapasiteleri büyükten küçüğe doğru sırayla seçmektedir. KYRP için ortaya konulmuş olan diğer sezgisel yöntemler arasından Yol Tarama sezgiselinin seçilmesinin nedeni Coutinho-Rodrigues vd.'nin (1993) sezgisellerin karşılaştırmalı çalışması sonucunda ortaya koyduğu sonuçlardır. Coutinho-Rodrigues vd.'ne göre Yol Tarama sezgiseli diğer sezgisel yöntemlerden daha hızlı sonuç vermektedir, daha az bellek kullanmaktadır ve iyi sonuç vermektedir; test edilen problemlerde alt sınırın ortalama %10 üzerinde sonuç vermektedir. (Santos vd.,2008) Yol tarama sezgiselinin algoritma adımları Ek 3'de verilmiştir.

Her iki bölgede günlük çöp toplama işlemi iki farklı zaman dilimine bölünmüş (20:00-00:00 ve 00:00-03:00) ve her durum için günlük iki rota elde edilmiştir. Araç rotaları bu zaman diliminin tamamını kullanma zorunda değildir. İlk bölge için ilk zaman dilimi (20:00-00:00) dört saat olmakla birlikte araçların rotaları dört saat

sürmek zorunda değildir, bu süre rota uzunluklarına bağlıdır. Günlük çöp toplama işleminin ikiye bölünmesinin nedeni mevcut araç kapasitelerinin toplam çöpü tek seferde kaldıramayacak olmalarıdır.

4.2.2. Verilerin işlenmesi

Yenişehir ve Maltepe bölgelerindeki, çöp birikme noktalarındaki çöp miktarlarının belirlenmesi ve araç rotalarının tespit edilmesi amacıyla tüm çöp araçlarının içinde rotalarının başlangıcından sonuna kadar gözlem yapılmıştır. İki bölgedeki her sokak ve caddede çöp birikme noktalarından çıkan çöp miktarları battal boy (70 lt) poşet cinsinden tespit edilmiştir. Verilerin farklılıklarının saptanması için bu gözlemler tekrar edilmiştir ve Yenişehir bölgesinde hafta içi (cuma hariç), hafta sonu (cuma, cumartesi) ve pazar günü çıkan çöp miktarının belirgin oranda farklılık gösterdiği ancak Maltepe bölgesinde küçük bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda, her cadde veya sokakta birçok çöp birikme noktası olduğu tespit edilmiştir. Tüm çöp birikme noktalarını göz önüne alındığında hem problem boyutunu fazlaca artıracakları hem de veri toplanması için gereken işgücünü büyük ölçüde artıracakları öngörülmüştür. Bu nedenle birkaç çöp birikme noktasını kapsayan ve çöp miktarı bu çöp birikme noktalarındaki çöp miktarlarının toplamı olan kesitler ve kesitlerin uç noktalarını oluşturan köşeler tanımlanmıştır. Kesit, bir caddenin diğer iki komşu cadde tarafından dikey olarak kesilmesi ile oluşan cadde parçasıdır. Köşe noktaların birleştirilmesiyle oluşan ve poşet cinsinden çöp miktarına sahip olan kesitlerden oluşan bir çizge elde edilmiştir. Bu kesitlerin uzunlukları geliştirilen *RotaPlanlama* adlı program sayesinde elde edilmiştir. *RotaPlanlama* programı harita üzerinde kesit uzunluklarını hesaplamak için o kesite ait köşe noktalarını girdi olarak almaktadır. Bu kesit uzunlukları hesaplanırken kuş uçuşu uzaklık kullanılmış, ancak kesit uzunlukları kısa olduğu için hata payının %5'i geçmediği gözlemlenmiştir. Bu şekilde çizgedeki bütün kesitler oluşturulduğunda kesit uzunluklarını kullanan Dijkstra algoritması tüm köşe noktaları için ayrı ayrı çalıştırılarak çizgedeki tüm köşe noktaları arasındaki uzaklıklar hesaplanmıştır. Dijkstra algoritması *RotaPlanlama* programı içerisinde çalışmakta ve bu uzaklıkları bir excel dosyasında matris olarak kaydetmektedir. Böylelikle modele girilebilecek bir “noktalar arası uzaklık” matrisi oluşturulmuştur.

4.3 RotaPlanlama

RotaPlanlama, Çankaya Belediyesi için gerçekleştirilen evsel atık toplama rotalarının optimizasyonu projesi için hazırlanmış bir programdır. (Ek 1) Geliştirilen karar destek sisteminin nasıl çalıştığını anlatan bir akış şeması Ek 6'da verilmiştir. Programın ana girdisi istenen bölgenin haritasıdır. Kullanıcı ilk olarak istenilen haritayı seçip programı çalıştırarak her aracın mevcut rotasını görebilir. Eğer farklı

bölgelerde de rota belirlenmek istenirse kullanıcı harita üzerinde yeni bir çizge oluşturarak programı çalıştırır ve bu çizge için araç rotaları elde edebilir. Kullanıcı arayüzü kullanırken her bir cadde ve sokaktan çıkan çöp miktarını ve araç kapasitelerini girip daha sonra üzerinde değişiklik yapabilir. Bu veriler daha önce belirtilen noktalar arası uzaklık matrisi ile birlikte bir Excel dosyasında tutulmaktadır. Excel dosyası oluşturulduktan sonra program çalıştırılır ve her bir çöp toplama aracının rotası harita üzerinde farklı renklerle belirtilmiş olarak görülebilir. *RotaPlanlama* programı çöp toplama noktalarına ulaşımı daha az maaliyetli hale getirmek amacıyla Yol Tarama sezgiselini kullanmaktadır. Bu sezgisel yöntem her araç için en kısa mesafeli rotaya yakın rotalar çıkartmaktadır.

4.4 Sonuç analizi ve uygulama

RotaPlanlama programı Yenişehir ve Maltepe bölgelerinde güzergahları belirlemek üzere çalıştırılmış ve elde edilen sonuçların tamamında kat edilen mesafe bakımından mevcut duruma göre iyileştirme sağlanmıştır. Mevcut durumdaki rota uzunluklarının Yol Tarama sezgiselinin oluşturduğu rotaların uzunluklarıyla gerçekçi olarak karşılaştırılabilmesi için, mevcut rota uzunlukları da *RotaPlanlama* programı kullanılarak hesaplanmıştır. *RotaPlanlama* programı Yenişehir bölgesinde üç farklı gün için çalıştırılmış ve farklı rotalar elde edilmiştir. Maltepe bölgesinde ise tek bir gün için *RotaPlanlama* programı çalıştırılmış ve tek bir güne ait rota elde edilmiştir.

Çıkan rotaların sürdürülebilir olması, herhangi bir beklenmedik aşırı çöp çıkması durumuna önlem almak için program kamyon kapasitelerinin %85'ini kullanmaktadır. Bunun yanısıra çöp çıkma miktarlarında kalıcı büyük bir değişim olursa *RotaPlanlama* programı yeni çöp çıkma miktarları girilerek Çankaya Belediyesi yetkililerince yeniden çalıştırılıp uygun rotalar elde edilebilecektir. Rotaların duyarlılığının ölçülmesi amacıyla belirli çöp çıkma miktarları büyük oranla artırılıp program çalıştırılmış ve rota farklılıkları gözlemlenmiştir. Her durumda makul rotalar elde edilmiştir. Bölgede çıkan toplam çöp miktarlarının toplam kamyon kapasitesini aştığı durumlarda ise kamyon kümesinde bulunan sanal kamyonlar kullanılmaktadır. Eğer çıkan sonuç sanal kamyon içeriyor ise yeni kamyon alımı veya iki yerine üç vardiyada rota oluşturulması düşünülmelidir. Fakat iki bölge için şuanki toplam çöp miktarları toplam kamyon kapasitesinin %60'ından daha azdır ve kısa vadede toplam çöp miktarlarının toplam kamyon kapasitelerini aşması beklenmemektedir.

RotaPlanlama programı iki bölgede her durum için belirlenen ve toplanan veriler ve kısıtlar göz önünde bulundurularak çalıştırılmış ve

alternatiflere göre farklılaşan iyileştirmeler gözlemlenmiştir. Bu iyileştirmeler Genel Değerlendirme bölümünde irdelenecektir.

5. Çöp Depolama Sistemi Tasarımı

5.1. Problem tanımı ve analiz

Çankaya Belediyesi ile yapılan görüşmeler sonucunda, Çankaya Belediyesi'nin Maltepe'ye bağlı Mebusevler bölgesinde verimli bir çöp depolama sistemi tasarlamak istedikleri öğrenilmiştir. Bu problem, Çankaya Belediyesi'nin evsel atıkları yer üstü konteynerleri kullanarak kamufle etmesini sağlayacak bir karar destek mekanizması oluşturmayı hedeflemektedir. Belediye yetkilileri kendi gözlemlerine dayanarak bu bölgeye yerleştirmek üzere yer üstü konteyner sayısı ve her bir konteynerin yerini belirlemişlerdir. Onların verileri doğrultusunda bizden beklenen, bu iki karar değişkeninin bilimsel metodlarla bulunması ve Belediye yetkililerinin bulduğu sonuçlara göre karşılaştırma yapılmasıdır. Çöp kamufle için kullanılacak konteynerler aynı zamanda birer depo görevi gördüğünden dolayı bu problem, çöpün yerde kalıp zemine verdiği zararın en aza indirilmesini, sokakların çöp torbalarından arındırılarak daha temiz olmasını ve halkın beklentilerinin karşılanmış olmasını içermektedir.

5.2. Önerilen yöntem

Yapılan literatür taramasında kapasiteli p-medyan ve kapasiteli p-merkez modellerinin mevcut sistemi temsil edebilecek modeller olduğu görülmüştür. Kapasiteli p-medyan problemi tesislerin önceden belirlenmiş aday bölgelere atanması ve belirli talepleri olan müşterilerin belirli kapasiteleri olan tesislere, her bir müşterinin tesislere kadar katettiği mesafelerin toplamının en aza indirilecek şekilde atanması olarak tanımlanmaktadır (Lorena, L.A.N. ve Senne, E.L.F. 2004). Kapasiteli p-merkez problemi ise tesislerin önceden belirlenmiş aday bölgelere atanması ve belli talepleri olan müşterilerin belli kapasiteleri olan tesislere, bir müşteri ile tesis arasındaki en uzak mesafeyi en aza indirecek şekilde atanması olarak tanımlanmaktadır (Özsoy, F.A. ve Pınar, M.Ç., 2006). Bu problemleri mevcut sisteme uyarlamak için bazı terimlerin kullanımını değiştirmemiz gerekmektedir. Mevcut sistemde tesisler çöp konteynerleridir. Müşteriler atıkları çöp konteynerlerine atmakla yükümlü bireyler, talepler ise bir bireyin çöp konteynerine atacağı çöp miktarıdır. Ayrıca çöp konteynerlerinin belirli bir kapasitesi olduğu için, iki modele de yer üstü konteynerlerinin buldukları yerde, en fazla kapasiteleri kadar çöp alabilecekleri kısıtı eklenmiştir. Çöp toplama sistemi için oluşturulan matematiksel modeller Ek 4'de verilmiştir.

Geliştirdiğimiz modelin girdileri çöp üretme noktalarında çıkan çöp miktarları ve yer üstü konteynerlerinin yerleşeceği aday noktalar ile çöp üretme noktaları arasındaki uzaklıklardır. Bu model iki farklı amaç

için geliştirilmiştir. Bunlardan ilki tüm bölge sakinlerinin alacağı toplam ağırlıklı mesafeyi(çöp miktarı*çöp üretme noktaları ile atanan konteyner noktaları arasındaki mesafe) en aza indirmek, diğeri ise bir çöp üretme noktasına ait maksimum ağırlıklı mesafeyi en aza indirmek olarak geliştirilmiştir. Farklı iki amaç fonksiyonu olan matematiksel modelleri çözmek için üç farklı alternatif belirlenmiştir. Üç alternatif, Çankaya Belediyesinin belirlemiş olduğu konteyner yerleri göze alınarak belirlenmiştir. İlk alternatif, Belediye'nin çöp konteyner yerleştirmeyi düşündüğü 33 noktayı aday nokta olarak alıp her bir noktaya en fazla 2 konteyner yerleştirme problemi. İkinci alternatif, aday nokta sayısı artırılarak oluşturulmuştur. Var olan aday konteyner noktaları arasındaki orta nokta yeni bir aday konteyner noktası olarak eklenmiş, böylece aday konteyner sayısı 72'ye çıkarılmıştır. Üçüncü alternatif ise, 72 aday konteyner yeri ile her bir aday konteyner konumuna en fazla iki konteyner yerleştirilmesi problemi.

Belirlenen üç alternatif ve iki farklı amaç fonksiyonu farklı iki çöp miktarı verisi kullanılarak çözülmüştür. Birinci veri için, gözlemlenen toplam çöp miktarının (poşet cinsinden) en yüksek olduğu gündeki çöp miktarları girdi olarak alınmıştır. İkincisi için de en kötü senaryo düşünülmüş, her bir çöp üretme noktasındaki çöp miktarının farklı günlerde gözlemlenen miktarların maksimum değeri alınmıştır.

Yapılan görüşmeler sonucunda Belediye yetkilileri kullanılabilecek konteyner sayısının 33 ile 37 arasında değişim göstermesi gerektiğini söylemişlerdir. Bir konteynerin kapasitesi 10 poşet olarak alınmıştır. Maksimum çöp miktarının çıktığı gün, poşet sayısı 329 olarak gözlenilmiş, maksimum konteyner sayısı 33-37 arasında değiştirilerek model yeniden çözülmüştür. En kötü senaryoya göre ise toplam çöp miktarı 348 poşet olarak gözlemlenmiş, dolayısıyla bu çöpü kaldırabilecek minimum çöp konteyner sayısı 35 olarak belirlenmiş, maksimum konteyner sayısı 35 - 37 arasında değiştirilerek modeller tekrar çözülmüştür. Bahsedilen tüm modeller, gözlemlenen verilerle Xpress-MP optimizasyon programı kullanarak çözülmüş ve optimal çözüm bulunmuştur. Alternatiflerin her birinin farklı sürelerde çözüm verdiği; bu çözüm süresi aralığının ise 10 dakika ile 3 saat 15 dakika arasında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

5.2.1. Verilerin İşlenmesi

Yer üstü konteynerlerin yerleştirilmesi düşünülen Mebusevler bölgesinde her bir apartmandan çıkan çöp miktarının poşet cinsinden tespiti için bölgede gözlem yapılmıştır. Verilerin doğruluğundan emin olmak için hafta içi ve hafta sonu bu gözlemler tekrarlanmıştır. Bu gözlem doğrultusunda, her bir cadde ve sokaktaki bütün apartmanlar bir çöp üretme noktası olarak düşünülmüş, bu noktalardan çıkan çöp miktarları bir Excel dosyasında toplanmıştır. Buna ek olarak; her çöp

üretim noktasının belirlenen olası konteyner yerlerine olan uzaklıkları Google Earth yardımıyla hesaplanmış ve modele girilebilecek bir “çöp üretim noktası-konteyner arası uzaklık” matrisi oluşturulmuştur.

5.3.Sonuç analizi ve uygulama

Xpress-Mp optimizasyon programı kullanılarak, çöp konteyner sayısı, her bir çöp konteynerinin hangi aday noktalara yerleşmesi gerektiği ve hangi çöp üretim noktasının hangi konteynere çöp atması gerektiği bilimsel methodlarla bulunmuştur. Ortaya çıkan sonuçlar, tüm bölge sakinlerinin alacağı toplam ağırlıklı mesafeyi (çöp miktarı*çöp üretim noktaları ile atanan konteyner noktaları arasındaki mesafe) en aza indirme amacını taşıyan modelin, maksimum ağırlıklı mesafeye sahip çöp üretim noktasının ağırlıklı mesafesini en aza indirme amacı taşıyan modelden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Tablo 1 ve 2’de değişik çöp miktarı girdileri için, tüm bölge sakinlerinin alacağı toplam ağırlıklı mesafeyi en aza indirme amacını taşıyan modelin sonuçlarıyla mevcut sistem değeri karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. En çok çöp miktarı günü girdisine göre yapılan iyileştirmeler

	Kullanılan konteyner sayısı	Toplam ağırlıklı mesafe (torba*m)	Alınan en büyük mesafe (m)
Mevcut Durum	33	10310,9	150,97
Yeni Durum	33	6456,21	66,52
Yüzdesel Fark		37,38% azalma	55,93% azalma

Tablo 2. En kötü senaryo göz önüne alındığında yapılan iyileştirmeler

	Kullanılan konteyner sayısı	Toplam ağırlıklı mesafe (torba*m)	Alınan en büyük mesafe (m)
Mevcut Durum	33	10310,9	150,97
Yeni Durum	33	6456,21	66,52
Yüzdesel Fark		37,38% azalma	55,93% azalma

Maksimum konteyner sayısının değiştirilmesiyle elde edilen senaryo analizlerinin sonucu Ek 5’de verilmiştir.

6. Genel Değerlendirme

Evsel atık toplama rotalarının optimizasyonu için problem, harcanan mazot ve zamanın verimsiz kullanılmasından ve zamansız çöp çıkışından dolayı belirli bir düzene oturtulamayan rotalama sürecinin yüksek maliyetli olması olarak tanımlanmıştır. Önerilen sezgisel yöntem sonucunda, farklı alternatifler göz önünde bulundurularak, bir plan dahilinde ilerleyen düzenli ve verimli rotalar elde edilmesini sağlayan “*RotaPlanlama*” programı hazırlanmıştır. Bu program sayesinde elde edilen rotalar mevcut rotalarla Ek 2’te karşılaştırılmış, tüm araçların mevcut rota uzunlukları ve Yol Tarama sezgiseli sayesinde bulunan rota uzunlukları belirtilmiştir. Aynı zamanda, bir bölgedeki tüm rotaların toplam uzunluklarında yapılan iyileştirme yüzde olarak verilmiştir. Program 20:00-00:00 arası rotalarda Maltepe bölgesinde %35 (Ek 2.1), Yenışehir bölgesinde %50 civarında (Ek 2.4) mesafe iyileştirmesi yapmaktadır. 00:00-03:00 arası ise Maltepe ve Yenışehir bölgelerinde araçların aldıkları mesafelerde elde ortalama %15 (Ek 2.2, Ek 2.5) civarında iyileştirme sağlanmıştır. Elde edilen rotalar daha kısa mesafeli olduğu için çöp toplama süresi azalmış, dolayısıyla çöplerin yerde kalma süresi de azalmıştır. Çöplerin yerde daha az kalması ile beraber halkın memnuniyetinin arttırılacağı ve çevreye verilen zararın azaltılacağı öngörülmüştür. Bu iyileştirmeler yıllık maliyeti Maltepe bölgesinde 39.332,20 TL (Ek 2.3), Yenışehir bölgesinde 45.897,17 TL (Ek 2.6) azaltmıştır. 00:00-03:00 arasında mesafe bakımından yeterli iyileştirilme yapılamamasına rağmen Maltepe bölgesinde gece onikiden sonra rotaya çıkan araç sayısı altıdan ikiye, Yenışehir bölgesinde de dört araçtan iki araca düşmüştür. Bu iki bölgede, gece onikiden sonra çöp toplama işlemi için gerekli işgücü % 60 azaltılmıştır. Çankaya Belediyesi’nin isteğine bağlı olarak, azalan işgücü için yeni görev tanımları yapılabilir, böylece Çankaya Belediyesi’nin sunduğu hizmet arttırılabilir.

Evsel atık depolama süreçleri için problem, Mebusevler bölgesine yerleştirilecek konteyner sayısının belirlenmesi ve bu konteynerlerin bölgede nerelere yerleştirileceğine karar verilmesiyle, çöpün yerde kalıp zemine verdiği zararın en aza indirilmesini, sokakların çöp torbalarından arındırılarak daha temiz olmasını ve halkın beklentilerinin karşılanmış olmasını içermektedir. Önerilen matematiksel model çözümleri, mevcut sistemde bir bireyin kat ettiği en uzun mesafe göz önüne alındığında %55.94, toplam kat edilen ağırlıklı mesafe göz önüne alındığında %37.38 daha iyi sonuç üretmektedir.

Bütün çalışmalar sonucunda Çankaya Belediyesi Evsel Atık Toplama ve Depolama İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı projesi kapsamında gerçekleştirilen iyileştirme önerileri Çankaya Belediyesi’ne sunulmuştur. Sunulan öneriler, farklı alternatifler için test edilmiştir

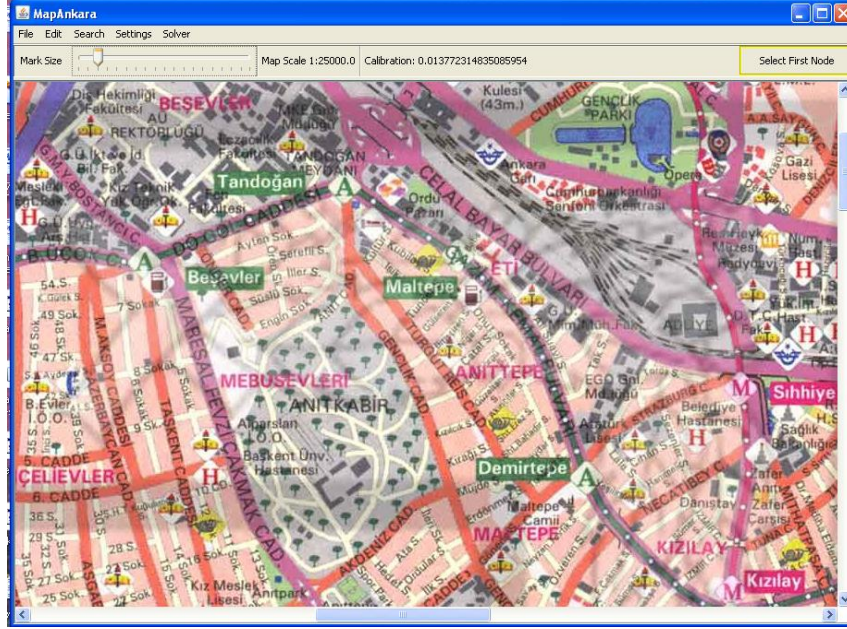
ve iki bölüm için de yapılacak iyileştirmelerin Çankaya Belediyesi' ne maliyet azaltma ve halkın memnuniyeti baz alındığında fayda sağlaması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Aydın H., Başoğlu D., Demirel M., Güleç A., Palaoğlu E., Şimşek A. ve Yetiş Kara B. (2008). “Evsel atık toplama ağı tasarımı ve geri kazanım süreçlerinin iyileştirilmesi.” *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 19 (3), 2-16.
- Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). “Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points” *Operations Research*, 12, 568-581.
- Coutinho-Rodrigues, J., Rodrigues, N. and Climato, J., 1993. “Solving an urban routing problem using heuristics – a successful case study.” *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science*, 33 (1-2), 19-32.
- Golden, B.L. ve Wong, R.T. (1981). “Capacitated arc routing problems.” *Networks*, 11, 305-315.
- Golden, B.L., DeArmon, J. ve Baker, E.K. (1983). “Computational experiments with algorithms for a class of routing problems.” *Computers and Operations Research* 10 (1), 47-59.
- Lorena L.A.N. ve Senne E.L.F. (2004). “A column generation approach to capacitated p-median problems.” *Computers and Operations Research* 31 (6), 863-876.
- Maniezzo V. ve Roffilli M. (2008). “Algorithms for Large Directed Capacitated Arc Routing Problem Instances.” *Studies in Computational Intelligence*, 158, 259-274.
- Özsoy, F.A. ve Pınar, M.Ç. (2006). “An exact algorithm for the capacitated vertex p-center problem.” *Computers and Operations Research* 33 (5), 1420-1436.
- Pearn, W.-L., Assad, A. ve Golden, B.L. (1987). “Transforming arc routing into node routing problems.” *Computers and Operations Research*, 14 (4), 285-288.
- Santos, L., Coutinho-Rodrigues, J. ve Current J.R. (2008). “Implementing a multi-vehicle multi-route spatial decision support system for efficient trash collection in Portugal” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42 (6), 922-934.
- Wohlk (2008). “A Decade of Capacitated Arc Routing Problem” *Operations Research/Computer Science Interfaces Series*, 43, 29-48.

EKLER

Ek 1. “RotaPlanlama” programı



Ek 2. Çöp toplama araçlarının rotalarında yapılan iyileştirmeler

Ek 2.1. Maltepe Bölgesi 20.00-00.00 saat aralığında yapılan iyileştirmeler

Kat edilen mesafe (metre)	Mevcut Durum	RotaPlanlama Programı Sonucu	İyileştirme
20m3'lük araç	26464.1	11454.2	
20m3'lük araç	16710.18	11262.3	
13m3'lük araç	51476.4	12398.3	
13m3'lük araç	20349.75	19961.8	
13m3'lük araç	10013.62	13918.5	
8m3'lük araç	8622.02	17842.3	
Toplam kat edilen mesafe	133636.07	86837.4	35.01%

Ek 2.2. Maltepe Bölgesi 00.00-03.00 saat aralığında yapılan iyileştirmeler

Kat edilen mesafe (metre)	Mevcut Durum	RotaPlanlama Programı Sonucu	İyileştirme
20m3'lük araç	16248.33	37387.6	
20m3'lük araç	15446.68988	35249.1	
13m3'lük araç	10780.58		
13m3'lük araç	8522.723743		
13m3'lük araç	10303.72		
8m3'lük araç	20724.89		
Toplam kat edilen mesafe	82026.93362	72636.7	11.44%

Ek 2.3. Maltepe Bölgesi maliyet (TL) iyileştirmesi

Maltepe	
20:00-00:00 arası iyileştirme	46798,67
00:00-03:00 arası iyileştirme	9390,2
Toplam iyileştirme	56188,87
Yıllık maliyet iyileştirmesi:	39.332,20 TL

Ek 2.4. Yenişehir Bölgesi 20.00-00.00 saat aralığında yapılan iyileştirmeler

Kat edilen mesafe (metre)	Mevcut Durum	Hafta içi	İyileştirme	Hafta sonu	İyileştirme	Pazar	İyileştirme
20 m ³ 'lük araç	68831.09	6152.7		11262.9		12616.9	
13m ³ 'lük araç	12437.29	19415.9		11352		22447.5	
13m ³ 'lük araç	14995	18698.8		15581.2		15802.7	
13m ³ 'lük araç	12832.57	7044.9		15587.9			
Toplam kat edilen mesafe	109095.95	51312.3	52.96%	53783.6	50.70%	50867.1	53.37%

Ek 2.5. Yenişehir Bölgesi 00.00-03.00 saat aralığında yapılan iyileştirmeler

Kat edilen mesafe(metre)	Mevcut Durum	Hafta içi	İyileştirme	Hafta sonu	İyileştirme	Pazar	İyileştirme
20m ³ 'lük araç	34335.6	24961.6		27492.7		26487.1	
13m ³ 'lük araç	7627.049	26174.2		25299.4		24023.2	
13m ³ 'lük araç	13338.97						
13m ³ 'lük araç	4658.58						
Toplam kat edilen mesafe	59960.199	51135.8	14.71%	52792.1	11.95%	50510.3	15.76%

Ek 2.6. Yenişehir Bölgesi maliyet (TL) iyileştirmesi

Yenişehir	Hafta içi	Hafta sonu	Pazar	Yıllık ortalama iyileştirme
20:00-00:00 arası iyileştirme	57783,65	55312,35	58128,85	
00:00-03:00 arası iyileştirme	8824,39	7168,09	9449,89	
Toplam iyileştirme	66608,04	62480,44	67578,74	
Yıllık maliyet iyileştirmesi:	46.625,62 TL	43.736,30 TL	47.305,11 TL	45.897,17 TL

Ek 3. Yol Tarama algoritmasının adımları

Çöp miktarları olan kesitler, köşeler arası uzaklıklar ve araç kapasiteleri sezgiselin girdileridir.

1. İlk olarak boş rota oluşturulur ve rotanın başlangıç köşesi depo olarak atanır. Her iterasyonda mevcut köşeden gidilecek diğer köşe seçilir. İki köşe arası bir kesit olarak tanımlanmıştır.
2. Çöp yükleri bu kesitlere atanmıştır.
3. Mevcut köşenin tek bir komşusu varsa ona gider ve oluşan kesiti rotaya ekler, birden çok komşusu varsa gidilecek köşe beş kritere göre seçilir;
 - o Depoya en uzak mesafeli noktaya git
 - o Depoya en kısa mesafeli noktaya git
 - o Çöp miktarı/kat edilen mesafeyi en büyüten noktaya git

- Çöp miktarı/katedilen mesafeti en küçülten noktaya git
 - Aracın kapasitesi yarıdan fazla ise depoya en yakın mesafeli noktaya git, aracın kapasitesi yarıdan az ise depoya en uzak mesafeli noktaya git.
4. Bu beş kriterden biri her iterasyonda eşit olasılıkla seçilir. Bu işlem çöp toplama aracının kapasitesi dolana kadar devam eder.
 5. Çöp toplama aracının kapasitesi dolduğunda bulunduğu noktadan depoya olan en kısa yolu bulup o yoldan depoya döner ve rota tamamlanmış olur.
 6. Rota oluşturma işlemi çöp miktarı olan tüm kesitler bir rotaya atanana kadar devam eder.

Rotalara atanan araçlar atanırken büyükten küçüğe doğru seçilirler. (Oluşturulan ilk boş rota en yüksek kapasiteli araçtır. Bir sonra oluşturulan rota ikinci en yüksek kapasiteli araca atanır.)

Ek 4. Çöp depolama sistemi için oluşturulan matematiksel modeller

Kümeler:

$V = \{1,2,\dots,n\}$: çöp üretme noktaları kümesi

$L = \{1,2,\dots,m\}$: aday konteyner yerleştirme

Parametreler:

h_i : Her bir çöp üretme noktasındaki çöp miktarı, $i \in V$, (kg.)

d_{ij} : Çöp üretme noktaları ile konteynerlerin yerleştirebileceği aday konteyner yerleri arasındaki mesafe, $i \in V, j \in L$, (m.)

q_j : Yer üstü konteynerlerinin kapasitesi (çöp torbası cinsinden)

p : Kullanabilecek yer üstü konteyner sayısı

Karar Değişkenleri:

Eğer çöp üretme noktası (i) çöpünü belirlenmiş aday yer altı konteynerinin bulunduğu konuma götürüldüyse $x_{ij} = 1$, eğer götürmediyse $x_{ij} = 0$.

Eğer yer üstü konteyneri j aday noktasına konulduysa $z_j = 1$, eğer konulmadıysa $z_j = 0$.

<u>1. Toplam ağırlıklı mesafeyi en aza indirmeye yönelik geliştirilen model</u>	<u>2. Bir bireyin aldığı maksimum ağırlıklı mesafeyi en aza indirmeye yönelik geliştirilen model</u>
$\min \sum_i \sum_j d_{ij} * x_{ij} * h_i$ $\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i$ $\sum_i x_{ij} * h_i \leq q_j * z_j \quad \forall j$ $\sum_j z_j = p$ $x_{ij}, z_j \in \{0, 1\}$	$\min M$ $\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i$ $\sum_i x_{ij} * h_i \leq q_j * z_j \quad \forall j$ $\sum_j z_j = p$ $\sum_i \sum_j d_{ij} * x_{ij} * h_i \leq (M)$ $x_{ij}, z_j \in \{0, 1\}$

Ek 5. Çöp depolama sisteminde yapılan iyileştirmeler

Mevcut durum:

Toplam ağırlıklı mesafe- TAM (torba*m) = 10310,9

Alınan en büyük uzaklık-AEBU (m)= 150,97

Ek 5.1. Günlük çöp poşet sayısı= 329 poşet

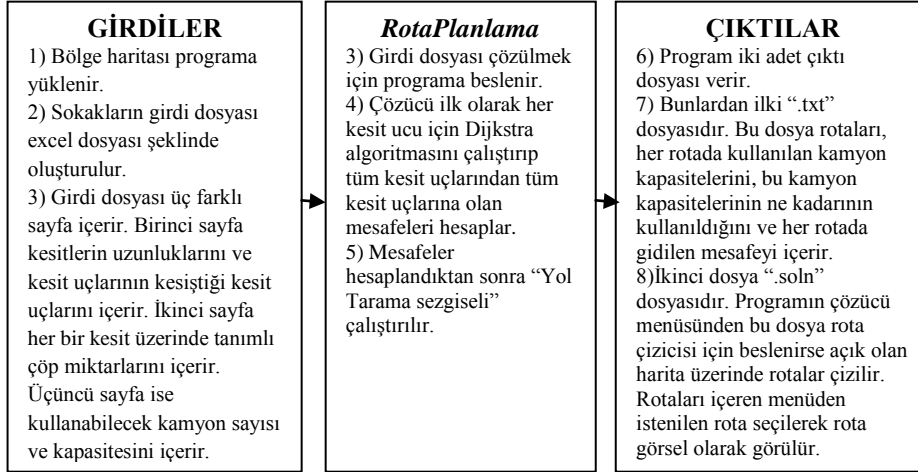
Konteyner Sayısı	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37
	TAM	AEBU	TAM	AEBU	TAM	AEBU	TAM	AEBU	TAM	AEBU
Alternatif 1	8563	92,16	8369	92,16	8233	92,2	8142	92,2	8068	89
Alternatif 2	6456	66,52	6051	66,25	5764	66,3	5595	66,3	5433	66
Alternatif 3	6456	66,52	6051	66,25	5764	66,3	5595	66,3	5433	66
Yüzdesel Fark(*)	37,38	55,94	41,3	56,12	44,1	56,1	45,7	56,1	47,31	56

Ek 5.2. Günlük çöp poşet sayısı= 348 poşet

Konteyner Sayısı	35	35	36	36	37	37
	TAM	EBU	TAM	EBU	TAM	EBU
Alternatif 1	9069,22	92,16	8832,69	88,59	8708,82	88,59
Alternatif 2	6528,35	66,25	6192,54	66,25	5976,71	66,25
Alternatif 3	6528,35	66,25	6192,54	66,25	5976,71	66,25
Yüzdesel Fark(*)	36,68496	56,11711	39,94181	56,11711	42,03503	56,11711

(*) Yüzdesel fark hesaplanırken mevcut durumun en iyi sonuç veren alternatife göre yüzdesel farkı alınmıştır.

Ek 6. Geliştirilen karar destek sisteminin akış şeması



Şikâyet Yönetim Sistemi Tasarımı

Çankaya Belediyesi

Proje Ekibi

Nur Muhammed Akbulut

Çağın Ararat

Irmak Aydınol

Elif Keten

Zeynep Sarı

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Kurum Danışmanı

Deran Atabey, Çankaya Belediyesi,

Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Müdür Yardımcısı

Akademik Danışman

Prof. İhsan Sabuncuoğlu, Bilkent Üniversitesi,

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu proje Çankaya Belediyesi'nin mevcut Şikâyet Toplama ve Değerlendirme Sistemi'ni iyileştirmeyi ve belediyenin vatandaş ilişkilerini daha etkili bir biçimde yönetmesi için yeni bir şikâyet yönetim sistemi kurmayı amaçlar. Öncelikle, mevcut durum incelendi ve problem tanımlandı. Sonra, önerilen sistemin kavramsal modeli oluşturuldu. Sistemin önlemler almasını sağlamak ve vatandaş memnuniyetini artırmak için tahmin algoritmalarından yararlanıldı. Uygulama aşamasında kavramsal modeli temel alan ve tahmin algoritmalarını koşturan bir yazılım geliştirildi. Bu yazılımı kullanacak işletmen sayısı, geliştirilen benzetim modeliyle belirlendi.

Anahtar Sözcükler: Çankaya Belediyesi, vatandaş memnuniyeti, şikâyet yönetim sistemi, tahmin algoritması, benzetim modeli.

1. Çankaya Belediyesi

Çankaya, 800.000 vatandaşın ikâmet ettiği, Ankara'nın en büyük ilçesidir. Çankaya'da 10 üniversite, TBMM, büyükelçilikler, devlet kurumları ve bakanlıklar bulunmaktadır. İlçenin bu özelliklerinden dolayı, Çankaya Belediyesi'nden yüksek nitelikli hizmet beklenmektedir.

Çankaya Belediyesi'nin ana binası Kızılay'da bulunmaktadır. Belediyede 2716 çalışan ve çeşitli hizmetlerden sorumlu 25 müdürlük vardır. Evlendirme, imar, ruhsat ve denetim, vergi ödeme, sağlık, zabıta, çevre, temizlik, fen işleri, eğitim etkinlikleri ve kültürel etkinlikler belediyenin hizmet verdiği başlıca alanlardır.

2. Projenin Tanımı

Çankaya Belediyesi'ne gelen şikâyetleri toplamak ve değerlendirmek için kullanılan mevcut sistem, rapor boyunca "Şikâyet Toplama ve Değerlendirme Sistemi" olarak adlandırılacaktır. Çözüm Merkezi, Halkla İlişkiler ve 25 müdürlük olmak üzere sistem üç ana bölümden oluşmaktadır (Ek 1).

Çankaya Belediyesi, vatandaş memnuniyetini artırmak üzere Şikâyet Toplama ve Değerlendirme Sistemi'ni iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Projede bu sistemin eksikliklerini gidermek için şikâyet toplama ve değerlendirme süreçleri yeniden tasarlanmıştır.

2.1 Projenin kapsamı

1. Proje, yalnızca şikâyet yönetim süreçlerini göz önünde tutmaktadır. Belediye hizmetlerindeki süreçlerin iyileştirilmesi projenin kapsamı dışındadır.
2. Projede geliştirilen kavramsal model ve algoritmalar, bir yazılım aracılığıyla uygulamaya geçirilmiştir.
3. Şikâyet Toplama ve Değerlendirme Sistemi'nin gözlemlendiği birimler, Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü, Sosyal Yardım İşleri Müdürlüğü, Çözüm Merkezi ve Halkla İlişkiler Birimi'dir.

3. Analiz

3.1 Mevcut işleyiş

Vatandaşların belediyeye şikâyetlerini ulaştırabileceği altı yol vardır. Vatandaşlar, telefon ile Çözüm Merkezi'ne ulaşma (1), doğrudan Çözüm Merkezi'ne gitme (2), mahalle muhtarlarına gitme (3) (Muhtarlar düzenli aralıklarla belediyeye iletişime geçmektedir.), Halkla İlişkiler'e e-posta gönderme (4), dilekçe yazma (5) ve doğrudan ilgili müdürlüklere başvurma (6) yollarını kullanabilirler.

Şikâyetler yukarıdaki kanallarla toplandıktan sonra Çözüm Merkezi, Halkla İlişkiler ve ilgili müdürlüklerde değerlendirilir.

Çözüm Merkezi yukarıda belirtilen 1., 2. ve 3. yollarla gelen şikâyetleri toplayan birimdir. Çözüm Merkezi'nde; gelen şikâyetler, iş başvuruları ve muhtarlarla ilgilenen altı çalışan vardır. Bu birimde aylık

ortalama 5000 telefon görüşmesi, 3500 yüz yüze görüşme ve 100 muhtar görüşmesi yapılmaktadır. Fakat, şikâyet bildirmek amacıyla gelen telefon çağrısı, yüz yüze görüşme ve muhtar görüşmesi sayıları sırasıyla 823, 200 ve 100'dür (aylık toplam 1123). Çözüm Merkezi'nde, çalışanların şikâyetleri kaydettiği mevcut bir yazılım vardır. Yazılımdaki formda vatandaş ve şikâyet bilgileri yer almaktadır. Şikâyet kaydedildikten sonra, bu form ilgili müdürlüğe gönderilir. Bir ayda gelen 1123 şikâyetten 367'si (toplam şikâyetlerin %33'ü) yazılıma kaydedilmektedir.

Halkla İlişkiler, 4. ve 5. yollarla gelen şikâyetleri toplayan birimdir. Birimde şikâyetlerden sorumlu bir çalışan vardır. E-postalar için MS Outlook Express kullanılır ve dilekçeler ise birime yazılı olarak ulaşır. Çalışan, her şikâyetin ilgili olduğu müdürlüğü belirleyip müdürlüğe e-postaları iletir veya dilekçeleri gönderir.

Çözüm Merkezi'ne ve Halkla İlişkiler'e gelen şikâyetler, müdürlüklere gönderilir. Ayrıca şikâyetler, vatandaşlar tarafından müdürlüklere telefon, dilekçe veya yüz yüze görüşme yolları ile de ulaştırılabilir (6. yol).

Bir şikâyet bir müdürlük tarafından alındığı zaman, şikâyeti alan çalışan şikâyetin çıktısını müdürüne sunar. Müdür şikâyet ile ilgili eyleme geçilip geçilmeyeceğine karar verir. Eğer bir eyleme geçilecekse müdür, ekibi belirler ve iş emri verir. Emir yerine getirildikten sonra eylemin sonucu müdürlüğe rapor edilir. Daha sonra, vatandaş şikâyetin sonucu hakkında bilgilendirilir. Eğer şikâyet Halkla İlişkiler'e ve müdürlüklere iletildiyse, vatandaş şikâyetin sonucu hakkında ekip veya müdürlük tarafından bilgilendirilir. Eğer şikâyet Çözüm Merkezi'ne geldiyse, vatandaş şikâyetin sonucu hakkında ekip, müdürlük veya Çözüm Merkezi tarafından bilgilendirilir. Eğer, müdür eyleme geçilmeyeceğine karar verirse müdürlükler

1. 1., 2. veya 3. yollarla gelen şikâyetin sonucunu ya vatandaşa ya da Çözüm Merkezi'ne
2. 4. veya 5. yollarla gelen şikâyetin sonucunu hem vatandaşa hem de Halkla İlişkiler'e
3. 6. yolla gelen şikâyetin sonucunu vatandaşa bildirir.

3.2 Şikâyetler ve belirtiler

Şikâyet Toplama ve Değerlendirme Sistemi'nin analizi boyunca aşağıdaki gözlemler yapılmıştır. Belediye ile yapılan gizlilik anlaşması gereği sayılar sembollerle ifade edilmiştir.

1. Çözüm Merkezi, Halkla İlişkiler ve müdürlükler bağımsız hareket ettiği için Şikâyet Toplama ve Değerlendirme Sistemi, merkezi bir sistem değildir. Halkla İlişkiler'de, Çözüm Merkezi'ndeki yazılım olmadığı için şikâyetler ortak bir veritabanında toplanmamaktadır.

2. Çözüm Merkezi'ne şikâyetler dışında iş başvuruları da gelmektedir. Görüşmelerin yalnızca %A'sı şikâyetlidir.
3. Şikâyetlerin %A'sı Çözüm Merkezi'ne, %B'si Halkla İlişkiler'e ve %C'si müdürlüklere gelmektedir. Çözüm Merkezi ve Halkla İlişkiler şikâyetleri almaktan sorumlu olmalarına rağmen şikâyetlerin az bir bölümü bu birimlere gelmektedir.
4. Çözüm Merkezi'ne gelen şikâyetlerin yalnızca %A'sı yazılıma kaydedilmektedir.
5. Çözüm Merkezi'ne ve Halkla İlişkiler'e gelen şikâyetlerin sonuçlarının vatandaşa geribildirme oranları sırasıyla %A ve %B'dir. Müdürlüklerin vatandaşa geribildirim oranı tahmini olarak en az %C, en çok %D olarak bulunmuştur. Genel geribildirim oranı ise en az %E, en çok %F olarak hesaplanmıştır. Bu oranların düşük olmasının nedeni, müdürlüklerdeki çalışanların vatandaşa geribildirimde bulunup bulunmadığının takip edilmemesi ve bu aşamanın aksamasıdır. Ayrıca 4. maddeden dolayı, yazılıma kaydedilmeyen şikâyetlerle ilgili geribildirim aşaması gerçekleşmemektedir.
6. Şikâyet verileri incelendiğinde vatandaşa sonucu bildirilen şikâyetlerin geribildirim süresi yaklaşık A gündür ve belediye bu süreyi azaltmak istemektedir.
7. Çözüm Merkezi ve Halkla İlişkiler'deki çalışanlardan yararlanma oranları hesaplanarak sırasıyla %B ve %C olarak bulunmuştur.
8. Çözüm Merkezi'ne gelen şikâyetler ortalama A saat sonra, Halkla İlişkiler'e gelen şikâyetler ortalama B saat sonra ilgili müdürlüğe ulaşmaktadır. Bu gecikmenin nedeni, şikâyetlerin Çözüm Merkezi ve Halkla İlişkiler'e ulaştıktan sonra buradaki çalışanlar tarafından bekletilmesidir. Ayrıca, müdürlüklerdeki çalışanların şikâyet takibi dışında sorumlulukları olduğundan gelen şikâyetlerin müdüre gönderilmesi gecikmektedir. Belediye tarafından, şikâyetin belediyedeki işlem süresini azaltmak için, şikâyet ilgili müdürlüğe ulaşana kadar geçen süre azaltılmak istenmektedir.
9. Belediye vatandaşların şikâyetlerinin çözümünden memnun olup olmadıklarını anlamak için vatandaştan bu konuda geribildirim istemektedir; ancak mevcut sistemde böyle bir özellik yoktur.

Şikâyet Toplama ve Değerlendirme Sisteminin kullanım oranı ve etkinliği ile vatandaş memnuniyetini anlayabilmek için belediyenin desteğiyle bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket Kızılay, Tunalı Hilmi Caddesi ve Bahçelievler'de 5-6 Kasım 2009 tarihinde yapılmıştır. Çankaya'nın nüfusu göz önüne alınarak ve güven aralığı %95 olarak belirlenerek örneklem büyüklüğü 384 olarak hesaplanmıştır.

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Sistem mimarisi

Aşağıda tanımlanan Şikâyet Yönetim Sistemi aracılığıyla vatandaşlara geribildirim oranının %100 olması, şikâyet kayıplarının şikâyetler ortak bir veritabanına kaydedilerek engellenmesi, belediye yönetimine vatandaş memnuniyeti ve şikâyet yönetimi hakkında düzenli raporların verilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışanlarından yararlanma oranı düşük olan Halkla İlişkiler, Çözüm Merkezi'yle birleştirilerek çalışanlardan yararlanma oranının artırılması amaçlanmıştır. Bunun yanında, belediye tarafından, şikâyetlerin birimlerdeki bekleme süresinin %25 oranında azaltılması hedeflenmiştir.

4.1.1 Önerilen sistemin tanımı

Şikâyet Yönetim Sistemi (ŞYS), Çankaya Çözüm Merkezi, müdürlükler, belediye üst yönetimi ve vatandaşlardan oluşmaktadır. ŞYS'deki süreçler, EVİMSoft (Etkili Vatandaş İlişkileri Merkezi Yazılımı) adı verilen bir yazılım ile yürütülür. ŞYS'nin kavramsal modeli, sistem içinde düzeyler belirlenerek açıklanmıştır. Bütünleşik sistem Düzey 1 olarak tanımlanmış olup süreçler Düzey 1'in altında tanımlanmıştır. Bu düzeyler ve aralarındaki etkileşimlere ait şekiller Ek 2'de gösterilmiştir.

Vatandaşlar şikâyetlerini Çankaya Belediyesi'ne farklı şikâyet kanalları kullanarak iletirler. Bu şikâyetler, Düzey 1.1 olarak tanımlanan şikâyet sürecinde Çözüm Merkezi tarafından alınır ve yazılıma kaydedilir. Çözüm Merkezi şikâyetleri kaydettikten sonra, ilgili müdürlük şikâyetin ayrıntılarını görür ve şikâyet ile ilgili eyleme geçilip geçilmeyeceğine karar verir. Vatandaş, şikâyetinin çözülüp çözülmemeyeceği ve çözülecekse tahmini çözüm süresi hakkında derhal bilgilendirilir. Buradaki şikâyet değerlendirme ve ilk geribildirim süreci Düzey 1.2 olarak tanımlanmıştır. Çözümle sonuçlanan şikâyetler için Çözüm Merkezi vatandaşa sonuçla ilgili son geribildirimde bulunur. Aynı zamanda, vatandaşlara bu çözümden memnun kalıp kalmadıkları sorulur. Son geribildirim süreci ve vatandaş memnuniyeti ölçümü süreci Düzey 1.3 olarak tanımlanmıştır. Vatandaşlar şikâyet numaralarını kullanarak istediklerinde şikâyetlerinin durumunu öğrenebilirler. Şikâyet takip etme süreci Düzey 1.4 olarak tanımlanmıştır. Çözüm Merkezi belirli dönemlerde, gelen şikâyetlerin raporlarını hazırlamaktan sorumludur ve belediye üst yönetimi bu raporları değerlendirir. Raporlama süreci Düzey 1.5 olarak tanımlanmıştır.

4.1.2 Düzey 1.1'in ayrıntılı tanımı: Vatandaşın şikâyet etmesi

Şikâyetler telefon, dilekçe, e-posta, muhtarlıklar, yüz yüze görüşmeler, internet üzerinden şikâyet formları, kâğıt formlar ve müdürlükler kanallarıyla toplanır. Tüm şikâyetler ŞYS'ye kaydedilir ve vatandaşa bir şikâyet numarası verilir.

Burada, muhtarlar aracılığıyla ve dilekçe yoluyla gelen şikâyetler, toplam şikâyetlerin %A gibi az bir oranını oluşturmaktadır. Ayrıca, şikâyet dilekçeleri belediyeye ulaştıkları anda Çözüm Merkezi'ne iletilir ve muhtarlara gelen şikâyetler haftalık görüşmeler sırasında alınır. Dolayısıyla, bu iki yolla gelen şikâyetlerin Çözüm Merkezi'ne ulaşana kadar geçen bekleme süresi göz ardı edilebilir.

4.1.3 Düzey 1.2'nin ayrıntılı tanımı: Şikâyet değerlendirme ve ilk geribildirim

Çözüm Merkezi çalışanları gelen şikâyetleri ŞYS ile ilgili müdürlüklere iletir. Müdürlüklerdeki şikâyetlerden sorumlu çalışan şikâyeti ilgili müdüre bildirir. Eğer müdür şikâyet hakkında bir eyleme geçilmesine karar verirse müdürlükteki ekip, şikâyeti çözmek üzere görevlendirilir. Müdürlükteki çalışan, Çözüm Merkezi'ni şikâyetin çözülebilir olduğuna ilişkin bilgilendirir. Ayrıca bu çalışan, vatandaşa ilk geribildirimde bulunarak tahmini çözüm süresini bildirir. Eğer müdür şikâyet hakkında bir eyleme geçilmemesine karar verirse, müdürlükteki çalışan bu durumun nedenini EVİMSoft aracılığıyla Çözüm Merkezi'ne bildirir ve vatandaşa geribildirimde bulunur.

4.1.4 Düzey 1.3'ün ayrıntılı tanımı: Son geribildirim ve vatandaş memnuniyetinin öğrenilmesi

Şikâyetlerden sorumlu çalışan, müdürlükteki ekipten çözüm içeriğini alır ve vatandaşa bildirir. Vatandaşa çözüm hakkındaki memnuniyeti sorulur. Eğer vatandaş çözümden memnunsa, süreç tamamlanır. Vatandaş memnun olmadığında ikinci çözüm süreci başlar. Müdürlükteki çalışan, ilgili müdürü vatandaşın memnuniyetsizliği ve beklentisi hakkında bilgilendirir. Ardından müdür problemi çözmek üzere ekibi tekrar görevlendirir. Daha sonra, vatandaşa ikinci çözüm hakkında geribildirim verilir. Müdürlüğün gerekli eylemleri gerçekleştirdiği öngörülerek ikinci çözümden sonra süreç sonlanır.

4.1.5 Düzey 1.4'ün ayrıntılı tanımı: Şikâyet takibi

Vatandaşlar şikâyet numaralarını kullanarak belediyenin internet sayfasından şikâyet durumlarını takip edebilirler. Vatandaşlar aynı zamanda şikâyet durumlarını Çözüm Merkezi çalışanlarından veya müdürlüklerdeki çalışanlardan öğrenebilirler. Çalışanlar şikâyet yönetim veritabanını kullanarak şikâyetin durumunu vatandaşa bildirirler.

4.1.6 Düzey 1.5'in ayrıntılı tanımı: Raporlama

ŞYS'de raporlamanın amacı belediye yönetiminin ŞYS'nin işleyişini izleyebilmesini sağlamaktır. Raporlar, şikâyetlerin ortalama bekleme ve işlem süreleri, mahallelere göre şikâyet yoğunluğu haritası, ikinci çözüm süreci gerektiren şikâyetlerin sayısı ve çözümden memnun kalan vatandaşların sayısı gibi bilgiler içermektedir. Çözüm Merkezi'ndeki çalışanlar belirli aralıklarla oluşturdukları raporları

belediye yönetimine sunarlar. Yönetim, bu raporları değerlendirerek gerekli önlemleri alır.

4.1.7 Önerilen şikâyet yönetimi yazılımının (EVİMSoft) ayrıntılı açıklaması

Önerilen şikâyet yönetimi yazılımı “Etkili Vatandaş İlişkileri Merkezi Yazılımı” (EVİMSoft) olarak adlandırılmıştır. Yazılım, şikâyet kütüphanesi, çözüm kütüphanesi ve vatandaş bilgilerini içeren bir veritabanına sahiptir. EVİMSoft’un mimarisi Ek 3’te ayrıntılarıyla görülebilir. Aynı zamanda, EVİMSoft’ta “şikâyetler için geri dönüş süresi tahmin algoritması” ve “şikâyet sayısı tahmin algoritması” bulunmaktadır. Yazılımın Çözüm Merkezi çalışanları ve müdürlüklerde şikâyetlerle ilgilenen çalışanlar tarafından kullanılan arayüzleri vardır. Belediyenin internet sitesinde “online form” olarak vatandaşların da görebileceği bir arayüz daha vardır. EVİMSoft, raporlama ve haritalama süreçlerinde de kullanılır. Kısaca yazılım, bütün şikâyet yönetim süreçlerini otomatik olarak gerçekleştirir.

Şikâyet etme sürecinde, tüm şikâyet yolları EVİMSoft’a yönlendirilir. Vatandaşlar “online form” dışındaki yollardan birini tercih ettiklerinde Çözüm Merkezi çalışanı EVİMSoft’taki şikâyet kayıt formuna gerekli bilgileri kaydeder ve EVİMSoft’un otomatik olarak oluşturduğu şikâyet numarası vatandaşa bildirilir. EVİMSoft müdürlüklerde de bulunur ve müdürlüklerdeki çalışanlar da yazılımı kullanır. Ancak, müdürlüklerdeki çalışanlar şikâyetleri kaydetmek istediğinde Çözüm Merkezi çalışanlarından farklı olarak internet sayfasındaki “online form”u doldurarak kayıt işlemini gerçekleştirir. Vatandaşlar veya müdürlüklerdeki çalışanlar “online form” kullandıklarında, oluşturulan form otomatik olarak EVİMSoft’a ulaşır ve veritabanına kaydedilir.

Şikâyet değerlendirme ve ilk geribildirim sürecinde de EVİMSoft kullanılır. Yazılımın içerisinde bulunan “şikâyetler için geri dönüş süresi tahmin algoritması” şikâyet EVİMSoft’a kaydedildikten hemen sonra beklenen çözüme ulaşma süresini hesaplar. Ayrıca EVİMSoft’un vatandaşlara şikâyetleri hakkında son geribildirim verme özelliği vardır. Şikâyet bir çözüme ulaştığında çözüm EVİMSoft veritabanına kaydedilir.

Şikâyet takip sistemi EVİMSoft aracılığı ile yönetilir. EVİMSoft’un şikâyetlerin, çözümlerin ve vatandaş bilgilerinin (iletişim bilgileri, şikâyet numarası gibi) kayıtlı olduğu bir veritabanı vardır. Vatandaşlar şikâyet numaralarını kullanarak belediyenin internet sitesinden şikâyetlerinin durumunu görebilirler. EVİMSoft, şikâyet numarası ile eşleşen şikâyet durumunu vatandaşa bildirir.

EVİMSoft’un raporlama mekanizması da vardır. Yazılımın müdürlüklerde bulunan arayüzleri aracılığıyla müdürlükler EVİMSoft

tarafından oluşturulan raporları takip edebilir. Raporlama sürecinde “şikâyet sayısı tahmin algoritması” koşturulur. Bu algoritma ile konularına göre, tahmin edilen şikâyet sayıları görülebilir. EVİMSoft’un bir diğer özelliği ise şikâyet yoğunluğunu bölgelere göre gösteren haritalar oluşturmaktır. Müdürlük çalışanı veya Çözüm Merkezi çalışanı EVİMSoft’a gerekli komutu verdiği yazılım istenen haritayı oluşturur.

4.2 Modellerin ayrıntılı tanımı

4.2.1 Benzetim modeli

Çözüm Merkezi’nde ve müdürlüklerde gerekli çalışan sayısını belirlemek için bir benzetim modeli geliştirildi. Şikâyet varışları arası hızların ve çalışanların işgörü hızlarının dağılımları Arena yazılımının Input Analyzer paketi kullanılarak bulundu. Dağılımlar kullanılarak oluşturulan benzetim modeli Arena yazılımında koşturuldu.

Şikâyetlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ve çalışanlardan yararlanma oranı değişik senaryoları değerlendirmek için başarımlar ölçütleri olarak kullanıldı. Çözüm Merkezi için elde edilen sonuçlar Ek 4’te görülebilir. Tabloda görüldüğü üzere çalışan sayısı altı olarak alındığında başarımlar ölçütleri açısından en iyi sonuç alınmaktadır.

Müdürlüklerde gerekli çalışan sayıları, söz konusu müdürlüğe aylık gelen şikâyetlerin ortalama sayısı göz önüne alınarak karşılaştırıldı. Benzetim modeli kullanılarak elde edilen sonuçlara göre aylık şikâyet sayıları 900’e kadar olan müdürlükler için bir çalışanın, 900’ü aşan müdürlükler için iki çalışanın gerekli olduğuna karar verildi.

4.2.2 Şikâyetler için geri dönüş süresi tahmin algoritması

ŞYS’de vatandaşlar, şikâyetleri EVİMSoft’a kaydedildikten sonra tahmini çözüm süresi hakkında bilgilendirilirler. Bir şikâyet için gerekli çözüm süresinin iki bileşeni vardır: şikâyet ekibe ulaşana kadar geçen bekleme süresi ve ekip şikâyetle ilgilenirken geçen işlem süresi. Çözüm süresini tahmin etme problemi, teknik yazında yer alan imalat sistemleri için akış zamanını tahmin etme problemiyle benzeşiktir. Teknik yazında, Baykasoğlu vd. (2008) tarafından geliştirilen modeldeki varsayımların buradaki problem için de geçerli olduğu belirlenmiştir. İşlem süresi, ekip tarafından gerçekleştirilen işlerin toplam süresine eşit olduğundan ve bir ekip tarafından değerlendirilen şikâyetler benzer niteliklere sahip olduğundan bir şikâyet için gerekli işlem süresinin tahmini, önceki şikâyetlerin işlem sürelerinin ortalaması alınarak yapılabilir. Öte yandan, bekleme sürelerinin dağılımı yüksek değişkenlik gösterdiği için burada bir tahmin yöntemi olan ADRES (Uyarlanabilir Yanıt Oranı ile Üstel Düzleme) şu değişikliklerle birlikte uygulanmıştır: Elde edilen tahmin değerlerinden bazıları gerçek bekleme süresinin altında olacağı için önceden elde edilmiş bu tür yanılı tahminlerin karesel yanılı toplamının karekökü ADRES

yönteminin verdiği tahmini bekleme süresine eklenir. Bu değişiklik aracılığıyla bekleme süresinin gerçek değerinin altındaki tahminlerin oranının algoritma için gerçekleştirdiğimiz sınavlarda azaldığı görülmüştür. Algoritmanın işlem adımları Çankaya Belediyesi'nde bulunmaktadır.

4.2.3 Şikâyet sayısı tahmin algoritması

ŞYS'de, vatandaşlardan bir konuyla ilgili bir sonraki ay boyunca gelecek şikâyetlerin sayısı tahmin edilir. Burada kullanılan tahmin algoritmasında, önceki aylara ait şikâyet sayıları giriş verisi olarak kullanılır. Her konuyla ilgili şikâyetlerin genel davranışı (kararlı, eğimli, mevsimsel) bilinmediği ve değişebileceği için dört temel tahmin yöntemi aynı anda kullanılmış ve en düşük karesel yanılğı toplamını veren yöntemin sonucu seçilmiştir. Ayrıntıları Makrimonis vd. (1998) tarafından açıklanmış olan bu yöntemler, hareketli ortalamalar, üstel düzleme, Holt yöntemi ve Winter yöntemidir. Ayrıca, her bir yöntemde kullanılacak parametreler, şu sezgisel yöntemle seçilmiştir: Bir parametre için kullanılabilir alt ve üst sınırlar sabitlenir ve tahmin yöntemi her bir sınır için uygulanır. Bu sınırlardan daha düşük karesel yanılğı toplamını veren sınır seçilir ve iki sınırın ortalaması için tahmin yöntemi tekrar uygulanır. Elde edilen iki sonuç karşılaştırılarak karesel yanılğı toplamı düşük olan tahmin seçilir. Bu işlemler üç kez yinelenir ve tahmin yönteminde kullanılacak parametre, en düşük karesel yanılğı toplamını verecek biçimde seçilmiş olur. Dört yöntem de bu yolla uygulanarak en düşük karesel yanılğı toplamını veren tahmin değeri elde edilir ve bu sayı bir sonraki ay gelecek şikâyetlerin tahmini sayısı olarak kaydedilir. Algoritmanın işlem adımları Çankaya Belediyesi'nde bulunmaktadır.

4.3 Yöntembilim seçenekleri

Yeni bir yazılımın oluşturulması yerine önceden kullanılan yazılımın geliştirilmesi düşünülmüş; ancak, var olan yazılımın sahibi olan firma bu yazılımla ilgili çalışmalarını sonlandırdığı için yazılımın kaynak kodlarına ulaşamamıştır. Bu nedenle yeni bir yazılımın oluşturulması öngörülmüştür.

Şikâyetler için geri dönüş süresi tahmin algoritmasında ADRES yönteminin yanında teknik yazında yer alan başka tahmin algoritmaları da değerlendirilmiştir. Baykasoğlu vd. (2008) tarafından yapılan karşılaştırmalarda, ADRES yönteminin diğer algoritmalarından daha az yanılğıyla sonuç verdiği görülmüş ve ADRES yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Şikâyet sayısı tahmin algoritmasında kullanılan dört yöntem ek olarak doğrusal regresyon çözümlemesinin kullanımı da dikkate alınmıştır. Yapılan sınavlarda bu yöntemle Holt yönteminin benzer sonuçlar verdiği anlaşılmış ve kodlama kolaylığı nedeniyle Holt yöntemi seçilmiştir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1 Algoritmaların Sınanması

Şikâyetler için geri dönüş süresi algoritması, rassal işlem ve bekleme süresi verileri oluşturularak MS Excel programında koşturulmuştur. Burada, ADRES yönteminin değişikliğe uğramamış biçimiyle tahminler elde edilmiş, bu tahminlere ait yanlış terimlerinin ortalamalarının sıfıra yakın olduğu ve terimlerin Gauss dağılımı izlediği saptanmıştır. Değişiklik uygulandıktan sonra yapılan çözümlemede ise yanlış terimlerinin Gauss dağılımı izlediği, ancak tahmini değerlere eklenen güvenlik önzamanından dolayı yanlış terimlerinin ortalamasının pozitif bir değer olduğu gözlemlenmiştir.

Şikâyet sayısı tahmin algoritması ise Nisan – Eylül 2009 dönemine ait şikâyet sayıları kullanılarak MS Excel programında koşturulmuştur. Buradan elde edilen tahminler, Minitab 15 istatistik yazılımında aynı verilerle elde edilen tahminlerle karşılaştırılmış ve algoritma doğrulanmıştır.

5.2 EVİMSoft yazılımının kodlanması ve kurulması

Kavramsal model ve algoritmalar temel alınarak geliştirilen EVİMSoft yazılımının kodlanması için Çankaya Belediyesi tarafından ihale başlatılmış ve X firması ihaleyi almıştır. Kavramsal modeldeki temel ilişkilerden yararlanılarak bir varlık-ilişki modeli hazırlanmış ve bu model yazılımdaki veritabanı yapısının oluşturulmasında kullanılmıştır. Kodlama sürecinde yapılan görüşmelerde kodların kavramsal modele uygunluğu denetlenerek gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Kodlama sona erdiğinde örnek şikâyet verileriyle yazılımın işlerliğinin sınanması planlanmaktadır. Kodlama ve sınam aşamasının 20 Mayıs 2010'da bitmesi beklenmektedir ve bu tarihten sonra yazılım, belediye birimlerinde kullanılmaya başlanacaktır.

5.3 Duyarlılık çözümlemesi

Benzetim modelinin koşturulmasından elde edilen sonuçlara göre, aylık gelen şikâyetlerin ortalama sayısı 900'den az olan müdürlüklerde bir çalışan, 900'den fazla olanlarda iki çalışanın yeterli olacağı öngörülmektedir (Ek 13). Nisan – Eylül 2009 dönemindeki şikâyet verileri incelendiğinde bir müdürlük için aylık ortalama şikâyet sayısının 450 olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, EVİMSoft'un kullanılacağı müdürlüklerde bir çalışanın yeterli olacağı öngörülmektedir. Öte yandan, uzun dönemde bir müdürlüğün aylık şikâyet sayısı 900'ü aşarsa, şikâyetlerin bekleme süresi artacak ve müdürlük şikâyet yönetimi açısından yetersiz kalacaktır. Böyle bir durumda belediye, ilgili müdürlükte yeni bir çalışan görevlendirilmelidir. Benzer biçimde, bir müdürlüğün aylık şikâyet sayısı 100'ün altına düşerse çalışanlardan yararlanma oranı %12'den az

olacaktır ve bu durumda birden fazla müdürlükte tek çalışan görevlendirilerek insan kaynağı verimli kullanılmalıdır.

6. Uygulama Planı

Tasarlanan sistemin uzun vadede ve etkin bir biçimde çalışmasını sağlamak için Çankaya Belediyesi ile bir uygulama planı çıkarılmıştır. EVİMSoft yazılımını kullanacak çalışan sayısı benzetim modeli kullanılarak Çözüm Merkezi'nde altı ve her müdürlükte bir personel olarak belirlenmiştir. Belediyede yer alan 25 müdürlük arasında şikâyetlerin geldiği dokuz müdürlük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak Çözüm Merkezi'nde altı çalışan, dokuz müdürlükte de birer çalışan görev yapmaktadır.

Çankaya Belediyesi ile yazılımı kodlayan firma arasındaki ihalenin geç sonuçlanmasından dolayı, kodlama aşamasının 20 Mayıs 2010'da bitmesi beklenmektedir. Bu tarihe kadar belediye, görevlendirdiği çalışanlara bazı eğitimler vermeyi hedeflemiştir. Öncelikle, 29-30 Nisan 2010'da, Çözüm Merkezi ve müdürlüklerdeki çalışanlara halkla ilişkiler ve genel belediyecilik eğitimi verilmiştir. Yazılımın aşama aşama kodlanarak yüklenmesi öngörüldüğü için, çalışanlara verilen yazılım eğitimi aşamalardan oluşmaktadır. Ancak, uygulama başladıktan sonra çalışanların yazılım kullanımı ve sistemin işleyişiyle ilgili uyum sorunları olabilir ve bu da ŞYS'nin işleyişini aksatacaktır. Böyle bir durumu engellemek üzere, uygulamanın ilk altı ayı sırasında yazılım eğitimlerine devam edilecektir.

Çankaya Belediyesi, ŞYS'yi vatandaşlara tanıtmayı da hedeflemektedir. Bunun için gerekli olan pazarlama iletişim çalışmalarının çalışanların eğitimleriyle eşzamanlı olarak sürdürülmesi planlanmıştır.

Çankaya Belediyesi'nin uzun vadeli vatandaş memnuniyetini sağlayabilmesi için geliştirilen sistemin yanı sıra belediye ekiplerinde de vatandaş memnuniyeti bilincinin artırılması istenmektedir. Bu nedenle Mayıs ayının son haftasında, müdürlere ŞYS'nin yararlarının ayrıntılarıyla anlatılması ve müdürlerin, ekiplerini bu konuda bilinçlendirmeye davet etmesi hedeflenmiştir.

ŞYS'nin anahtar başarımlar ölçütleri olan geribildirim oranı ve toplam bekleme süresine göre değerlendirilmesi için uygulamanın kalıcı duruma ulaşması beklenmektedir. Değerlendirme için öngörülen tarih uygulama başlangıcından altı ay sonrası olan Aralık 2010'dur.

7. Genel Değerlendirme

Bu proje sonunda Çankaya Belediyesi, Çankayalı vatandaşların memnuniyetini artırmaya yönelik etkili bir şikâyet yönetim sistemine sahip olmayı beklemektedir. Projenin önerdiği şikâyet yönetim sistemiyle belediye, vatandaşlardan gelen şikâyetlerin toplanma, değerlendirilme, vatandaşların şikâyet hakkında geribildirimi ve

belediyenin Şikâyet yönetimini denetimi süreçlerinde iyileşme hedeflemektedir. Geliştirilen yazılım, Çözüm Merkezi ve müdürlük çalışanlarının yazılımı etkin bir biçimde kullanması halinde, Çankaya Belediyesi'nin projemizden beklentilerini karşılamaktadır.

Projede geliştirilen Şikâyet Yönetim Sistemi, belediyeye kurulan yazılımın kullanımı ile uygulamaya geçecektir. Bu nedenle proje sonrasında öngörülen güncellemeler ve geliştirmeler, yazılım üzerine yapılacak eklentiler ile gerçekleştirilebilir. Bu eklentiler firmanın yeni kurulan yazılıma yapacağı kodlamalarla mümkündür. Bunun yanında, Çankaya Belediyesi önümüzdeki yıllarda e-belediyecilik sistemine geçmeyi planlamaktadır. Projede önerdiğimiz sistem, e-belediyecilik çalışmalarının Şikâyet yönetimi konusunda bir ön hazırlığını oluşturacak niteliktedir.

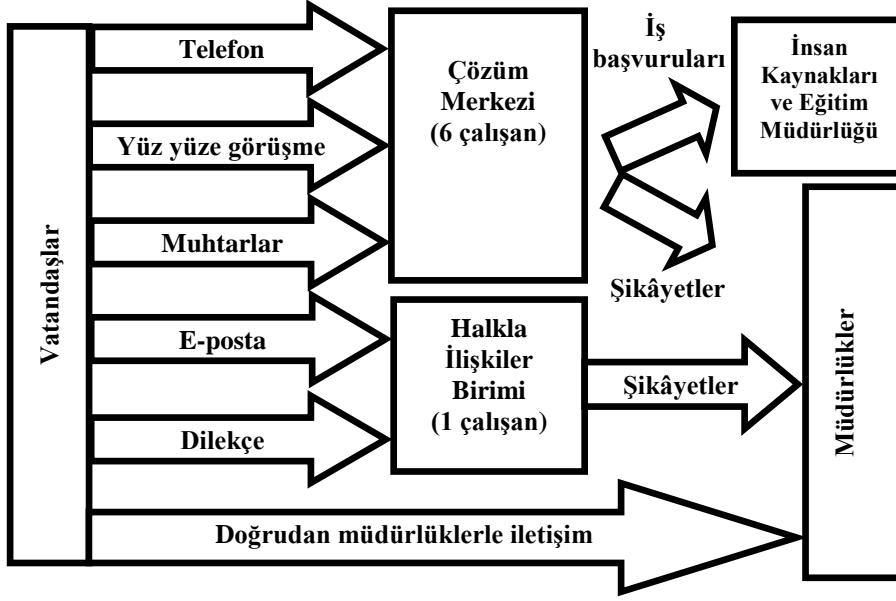
KAYNAKÇA

Baykasoğlu, A., Gken, M., Unutmaz Z., 2007. “New approaches to due date assignment in job shops”, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep.

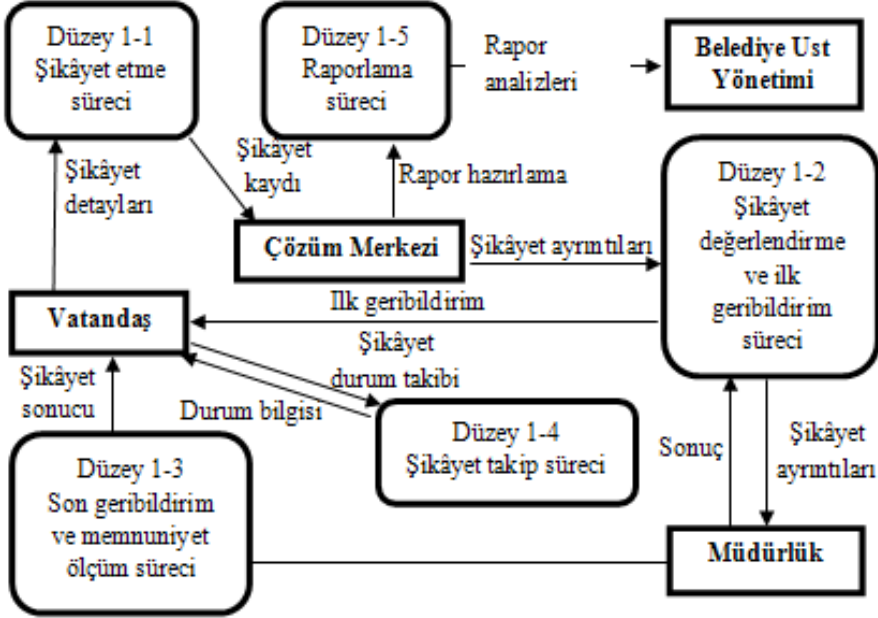
Makridakis S., Wheelwright S., Hyndman R., 1998, “Forecasting Methods and Applications”, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chapter 4, 220-300.

EKLER

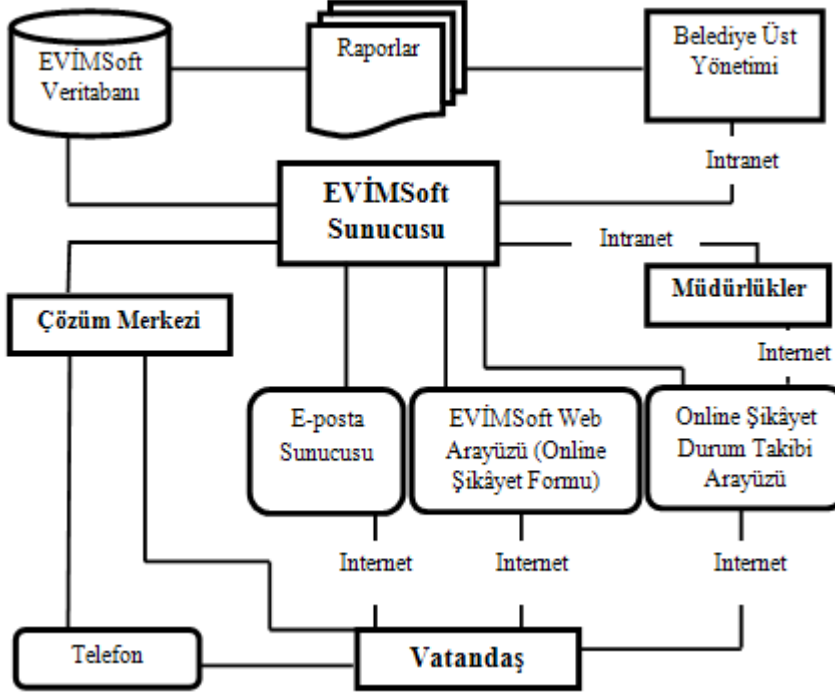
Ek 1. Mevcut sistem öğelerinin şematik gösterimi



Ek 2. Düzey 1: Öğeleri ve temel süreçleriyle genel sistem bakış



Ek 3. EVİMSoft'un mimarisi



Ek 4. Çözüm Merkezi'nde farklı çalışan sayıları için senaryolar

Çalışan Sayısı	Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (dk)	Çalışandan Yararlanma Oranı
4	59.4	0.79
5	11.4	0.64
6	9	0.53

Proje Bazlı Depo Yönetim Sistemi Tasarımı

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.

Proje Ekibi

Sera Aybar
Z.Çiğdem Baytaç
Gözde Önder
Duygu Sarı
Yiğit B. Sünneli

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Nur Kılınç, FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. Malzeme Müdürü
Figen Bozkurt, FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. Malzeme Şefi

Akademik Danışmanlar

Prof. Dr.Barbaros Tansel, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Doç. Dr. Hande Yaman, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

FNSS, üç yıllık planlanan projeler için ambarında depolanacak malzemelere, bir yerleşim planı ve sistematığı oluşturulmasını beklemektedir. Problem tanımı depolanacak malzemelerin ambara sığmaması ve nakliyat tarihinin teslim tarihinden sonra olmasıdır. Proje kapsamında performans ölçütleri: malzemelerin ambara sığması, çalışanların iş güvenliği ve performansı, malzemelerin toplanma süresi ve ambardaki rafların doluluk oranıdır. Bu performans ölçütleri göz önünde bulundurularak tüm malzemeler büyük ve küçük olmak üzere iki gruba ayrılmış ve kendi içlerinde sınıflandırılmıştır. Küçük parçalar için hangi tip kutularda depolanacakları, büyük parçalar içinse kaç adet palette depolanacakları bilgileri tespit edilmiştir. Bunlara göre yazılan formüller ve kodlarla gerekli olan kutu ve raf sayıları hesaplanmıştır. Üç yıllık plana göre hazırlanan projenin ileride de çalışması için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Ambar, ambar yerleşim planı, benzetim, malzeme sınıflandırması, kapasite bulunması

1. Firma Tanımı

FNSS Nurol Holding ve BAE Systems ortaklığı ile 1986 yılında kurulmuştur. Türk Silahlı Kuvvetleri ve Müttefik Silahlı Kuvvetlerinin kullanımı için *gereken* paletli ve tekerlekli zırhlı muharebe araçları ile silahlı sistemlerinin tasarım ve üretimini gerçekleştirir. FNSS daha çok Suudi Arabistan ve Malezya için çalışır. Bu ülkeler için üretilen tank, zırhlı araç ve silah sistemlerinin nakliyesi elverişli olmadığından, ürünlerin ana montajları bu ülkelerde gerçekleşir. FNSS bu ürünler için yarı mamulleri üretir, hem yurtdışından hem de taşeron firmalardan temin ettiği parçalarla ürettiği yarı mamullerini depolar.

FNSS'in üretim sistemi düzenli bir talebe dayalı değildir, proje bazlı çalışan bir firmadır. Projenin ihtiyaçlarına göre, FNSS taşeron firmalara ve yurtdışına parçaların siparişini verir, üretilecek parçaların da üretimini tamamlar. Gönderilecek parçalar kitle halinde gönderilmek üzere paketlenir.

2. Sistem Tanımı

FNSS'deki işlem akışının temelini her proje için gerekli olan ham madde ve yarı mamullerin ilgili ülkelere nakliyatı oluşturduğundan, ambar bölümü şirket içindeki birçok departmanla ilişki içindedir. Bu nedenle FNSS ambarı şirket için çok önemlidir.

FNSS göndereceği yarı mamulleri ve ham maddeleri üç ambarda depolar. Bunlar Açık Ambar, Kapalı Ambar ve Kimyasal Ambar'dır. Kimyasal ambardaki parçalar parlama noktalarına göre üç farklı bölmede depolanır. Ürünler öncelikli olarak kapalı ambara yerleştirilir. Açık ambarda ise kapalı ambara sığmayan, boyut olarak genellikle daha büyük ve paslanmaya dayanıklı olan alüminyum parçalar depolanır. Açık ambara yerleştirilecek parçalardan, yağış ve rutubet gibi dış etkenlerden etkilenebilen parçalar naylonla paketlenerek raflara konulur.

3. Problem Tanımı ve Kapsamı

Ambar şirket içinde önemli bir yere sahip olmasına rağmen, düzenli bir sistematığe sahip değildir. Depolanması gereken malzemeler ambara sığmadığından, başka firmalara ait ambar kiralamak ya da firma içindeki diğer departmanlara ait alanları kullanmak gibi ek maliyete neden olan yöntemlere başvurulur. Bu problemlere ek olarak, gönderilmesi gereken malzemelerin teslim tarihinde müşteriye ulaştırılmama durumu olabilir. Bu duruma neden olan unsurlar; talepleri zamanında alamadığı için satınalma departmanı, istenen talepleri zamanında göndermediği için tedarikçi firmalar, talepleri zamanında vermediği için müşteri, yerleştirme ve toplama işlemleri uzun sürdüğü için ambar olarak sayılabilir.

Proje kapsamı içinde; müşteri, satınalma departmanı ve tedarikçi firmalara müdahale edilemediği için sadece ambar bulunur. FNSS

bünyesinde üç tip ambar bulunduğu halde kapalı ambar haricindeki ambarlar proje kapsamı dışında bırakılmıştır.

4. Sistem Analizi

Proje kapsamındaki kapalı ambarın alanı 4624 m²'dir. Ambar içindeki ofisler tüm alandan çıkartıldığında, depolama alanı 3189 m²'dir.

Ambarda iki tip raf bulunur: küçük parçalar (vida, somun, vb. malzemeler) için raflar ve büyük parçalar için raflar. Küçük parça rafları 908 tanedir. Küçük parçalar bu raflarda boyutlarına göre değişen dört tip kutuda depolanır. Büyük parça raflarıysa 799 tanedir. Bir büyük parça rafı üç palet içerir; yani 2397 tane palet vardır. Malzemelerin paletlere yerleştirilmesi rastgele yapıldığından, kullanılan alanın verimliliği çok azdır.

Ambar içinde yerleştirme ve toplama işlemi olmak üzere iki ana işlem bulunur.

Yerleştirme işlemi tek bir çalışan tarafından yapılır. Ambara gelen malzeme tedarikçiden ya da hammadde sağlayan firmadan temin edilmesinden bağımsız olarak aynı yerleştirme işlemine tabi tutulur. Kamyonlar ambara ulaştıktan ve boşaltma işlemini tamamladıktan sonra gelen malzemeler sayılır ve Kalite Kontrol Departmanı tarafından kalite testlerine tabi tutulur. Bu testleri geçemeyen malzemeler kırmızı kart olarak geldiği firmaya geri gönderilir, geçenler ise yeşil kart olarak yerleştirilmeyi beklemek üzere Geçici Depolama Alanı'na konulur. Eş zamanlı olarak yeşil kartlı malzeme için üzerinde parça numarası, projesi, miktarı ve yerleştirileceği lokasyon bilgisi yazan bir etiket basılır. Etiketdeki lokasyon bilgisi eğer parça daha önceden ambarda bulunduyorsa eski lokasyonunu içerir. Eğer yeni bir parçaysa herhangi bir lokasyon bilgisi içermez. Yerleştirme işleminden sorumlu çalışan, ilgili malzemeyi üzerindeki etikete göre lokasyonuna yerleştirir, ancak eğer etikette lokasyon bilgisi yoksa çalışan kendi deneyimlerine dayanarak parçayı rastgele boş bir rafa koyar ve yeni lokasyonunu sisteme kaydeder.

Toplama işlemi ise müşteriye gidecekler ve taşıyon firmalara gidecekler olmak üzere ikiye ayrılır. Her ikisi için de Üretim Planlama Departmanı tarafından teslim tarihine ve projesine göre parça numaralarının ve miktarlarının bulunduğu toplama listeleri hazırlanır. Müşteriye gidecek malzemeler iki kişi tarafından bir elleçleme aracıyla yapılır. Toplama bittikten sonra müşteriye gidecek olan malzemeler özel sandıklara konularak paketlenir. Taşıyon firmalara gidecek olan malzemeler ise bir kişi tarafından toplanır ve gerekli olduğunda çalışanlar merdiven kullanır. Bu malzemelerin paketlenmesi ise karton kutularla ya da naylon poşetlerle yapılır.

Mevcut merdivenler çalışanların küçük parça raflarının üst katlarına ulaşmasını zorlaştırdığından, genelde 10 katlı olan bu rafların üstteki üç rafı boştur. Bu durum boyut olarak küçük malzemelerin küçük parça rafları yerine büyük parça raflarına yerleştirilerek, büyük parçalar için yeterli depolama rafının kalmamasına neden olur.

5. Proje Hedefleri ve Performans Ölçütleri

FNSS, belirli olan üç yıllık proje planı için bünyesinde depolanacak malzemelere bir yerleşim planı ve sistematigi beklemektedir. Bu planı yaparken alınan performans ölçütleri ambar içindeki toplama işlemi süresi, çalışanların iş güvenliği ve performansı, kullanılan rafların doluluk oranı ve ambara sığabilme olarak belirlenmiştir.

Şirket, olası ani bir değişikliğe adapte olabilmek için, rastgele bir zamanda ambarın durumunu görebilmeyi beklemektedir. Ayrıca belirli bir sistematik olabilmesi adına mevcut gruplandırmalardan farklı parça gruplandırması istemektedir. Bunlara ek olarak da şirket, ambarın verimliliğini artırmaya yönelik her türlü araç ve yerleşim düzeni değişikliğine kısıtlama getirmemiştir.

6. Önerilen Yöntem

FNSS'in üç yıl için planlanan projelerine ait; ambarda bulunan malzemelerin, gelecek malzemelerin ve teslim edilecek malzemelerin bilgisi ERP sisteminde kayıtlıdır. Mevcut ambar düzeni göz önünde bulundurulduğunda, bu malzemeler için depolama alanı yeterli değildir. Bunun en önemli nedeni ambar içinde firmayı memnun edecek bir sistematigin olmamasıdır. Bu sistematigi sağlayabilmek adına, FNSS bünyesinde bulunan tüm malzemeler depolanacakları raf tipine göre ikiye ayrılmıştır. Küçük parça raflarına yerleştirilebilen malzemeler "Küçük Parçalar", büyük parça raflarına yerleştirilebilen malzemeler ise "Büyük Parçalar" olarak adlandırılmıştır. Bu ayrımı yapabilmek için hem ambar çalışanlarına danışılmış hem de ambar içinde sürekli gözlem yapılmıştır.

Projeye bu iki tip malzeme ve raf sistemini baz alan iki ana koldan devam edilmiştir.

6.1 Küçük parçalar

6.1.1 Alternatif merdiven önerisi

Küçük parça raflarının sayısı 908'dir ve bu rafların kullanım oranı %70'tir. Bu oranının %100 çıkmamasının nedeni ise küçük parça raflarının en üstteki üç tanesinin ulaşım zorluğu nedeniyle kullanılamamasıdır. Mevcut klasik demir merdivenler, çalışanın hem parçayı manuel olarak taşıyıp hem de merdiveni tırmanmasına elverişli değildir. Küçük parça raflarını tam verimle kullanabilmek için çalışanların iş güvenliğini ve performansını ölçüt olarak üst raflara ulaşımı sağlayan alternatif merdivenler araştırılmıştır. Yapılan piyasa

araştırması sonunda, 4,5 metre yüksekliğe kadar çıkabilen, hem dikey hem de yatay ekseninde hareket edebilen akülü araç en uygun merdiven olarak belirlenmiştir (Ek 1). Bu yeni merdiven sayesinde çalışanlar platform üzerinde fiziksel efor sarf etmeden, sadece bir düğmeye basarak parçayla birlikte istedikleri raflara ulaşabilirler.

6.1.2 Küçük parçaların sınıflandırılması

Şirket malzemeleri küçük parça raflarına yerleştirebilmek için farklı boyutlarda kutular kullanır. Bu kutular boyutlarına göre en küçüğü bir en büyüğü dört olacak şekilde isimlere sahiptir. Aynı zamanda küçük parçalar her ne kadar vida, somun gibi boyut olarak küçük de olsalar, kendi içlerinde ebat ve miktar açısından farklılık gösterirler. Proje kapsamında her küçük parça çeşidi için hangi kutunun atanması gerektiği yerinde gözlemler yapılarak ve mühendislik çizimlerine bakılarak belirlenmiştir. Boyutlarına ait bilgi olmayan ve yerinde gözlemi mümkün olmayan malzemeler içinse miktarları baz alan bir varsayımda bulunulmuştur. Bu varsayımı yapmak için her bir kutu tipine ortalama kaç tane parça sığabildiği hesaplanmış ve çıkan değerleri o kutu tipi için alt ve üst sınır kabul eden bir formül MS Excel programında yazılarak kutu tipi ataması yapılmıştır.

Sistem analizi sırasında küçük parçaların büyük parça raflarına depolandığı görülmüştür. Bu küçük parçaların büyük parça raflarının ne kadarını kapladığını bulabilmek için kutu tipi atamasından yararlanılmıştır. Her bir kutu tipinin bir palete kaç tane konulduğu hesaplanmıştır. Büyük parça raflarındaki küçük parçaları bulabilmek için tüm küçük parçaların lokasyonuna bakılmış ve tüm kutu tiplerinin toplamda kaç palet kapladığı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre küçük parçaların ambar içindeki büyük parça raflarının %44'ünü işgal ettiği belirlenmiştir.

Küçük parçalar için hangi kutu tipinden kaç tane gerektiği hesaplanmıştır. Aynı parça cinsini depolamak için eğer ikiden fazla kutu gerekiyorsa, o malzemelerin miktarca fazla olduğundan küçük parça raflarını işgal ederek rafların verimli kullanılmasını engellediği gözlenmiştir. Hesaplar ve gözlemler sonucu bu malzemelerin büyük parça raflarına yerleştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Yapılan hesapların sonucu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Her bir kutu tipi için gerekli olan kutu sayısı

Kutu Tipi	Gerekli Kutu Sayısı
1	6562
2	1834
3	737
4	127

Tüm bu kutu tipleri ve gerekli kutu sayıları belirlendikten sonra, ambar içinde kaç adet küçük parça rafının olması gerektiğini bulabilmek için, bir rafa her bir kutu tipinden kaç adet konulabileceği bulunmuştur (bu bilgiler Tablo 2’de verilmiştir).

Tablo 2. Bir rafta bulunabilen kutu tipi sayısı

Kutu Tipi	Raftaki Kutu Sayısı
1	14
2	5
3	4
4	3

Bu bilgiler doğrultusunda gerekli olan toplam küçük parça rafi sayısı 1224’tür.

Firmanın küçük parçalar için gerekli olan her bir kutu tipinin sayısını ve bunlar için gerekli olan toplam raf sayısını istediği herhangi bir zamanda bulabilmesini sağlayan kod MS Excel programında Makro olarak yazılmıştır (Ek 2).

6.1.3 Önerilen yerleşim planı

Mevcut küçük parça rafi 908 iken istediğimiz miktar mevcut olanın üstünde olduğundan ek olarak 316 tane rafa ihtiyaç vardır. Yeni gelecek raflar için ambarda kayıp alana neden olmayacak şekilde bir yerleşim planı geliştirilmiştir.

Küçük parçalar için yer atamaları parça tiplerine göre sınıflandırılarak yapılmıştır. Bu sınıflar; vidalar, somunlar, pullar, elektrikli, diğerleri ve Proje 1’dir. Tek bir sınıfın proje bazlı yapılmasının nedeni, bu projenin hem özgün olması hem de nakliyesi en çok yapılan proje olmasıdır.

6.2 Büyük parçalar

6.2.1 Büyük parçaların sınıflandırılması ve yerleşim planı

Büyük parçaların sınıflandırılması yapılırken performans ölçütü olarak toplama işlemi sırasında geçen süre esas alınmıştır. Yeni yerleşim planı önerileri, toplama işlemi süreleri baz alınarak incelenmiştir. Bu yerleşim önerileri; malzemelerin parça kodlarına göre artan sırayla yerleştirilmesi, malzemelerin atama modeline göre ambara giriş çıkış sıklığı fazla olan malzemenin kapıya en yakın yere yerleştirilmesi ve son olarak malzemelerin ait oldukları projelere göre yerleştirilmesidir. Toplama işleminin süresini performans ölçütü alan bir benzetim modeli oluşturulmuştur (Ek 3). Benzetim modeli kurulurken

veriler deterministik bir şekilde sisteme girilmiştir. Deterministik benzetim modeli iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde toplama listeleri çıkmakta, ikinci bölümde ise çalışan toplama listesindeki parçaları toplamaktadır. Birinci kısımda çıkan toplama listesi ikinci kısımda çalışan toplama işlemini bitirene kadar beklemektedir. Toplama süresi, toplama listesindeki parça çeşidi sayısına bağlı olarak normal dağılım norm(30, 93) kullanılarak hesaplanmıştır.

Benzetim modelinden performans ölçütleri doğrultusunda elde edilen en iyi sonuç, malzemelerin projelerine göre sınıflandırılarak yerleştirilmesidir. Bu sonuç beklenen bir sonuçtur; çünkü toplama listeleri proje bazlı hazırlanır.

Büyük parçalar projelerine göre yerleştirileceğinden sınıflandırması da yine projelerine göre yapılmıştır. Şu anda yoğun bir şekilde nakliyesi yapılan üç adet proje vardır: Proje 1, Proje 2 ve Proje 3. Sınıflandırma yapılırken bu üç ana proje ve bu projelerin ikili ve üçlü kombinasyonları alınarak hazırlanan dört adet ortak parçalar sınıfı oluşturulmuştur. Bu ortak parça sınıfları ise; Proje 1&2, Proje 1&3, Proje 2&3 ve Proje 1&2&3 olarak adlandırılmıştır. Üç projeye de ait olmayan, daha önceki projelerden artan parçalar “Diğerleri”; nakliyesi az yapılan projelere ait parçalar ise “Diğerleri 2” olarak sınıflandırılmıştır. Bu işlemler sonucunda büyük parçalar için dokuz adet sınıf oluşturulmuştur.

6.2.2 Büyük parçalar için gerekli olan palet sayısının hesaplanması

Firmanın ERP sisteminde, büyük parçaların boyutları ve ağırlıklarıyla ilgili yeterli bilgi yoktur. Bu nedenle de gerekli olan depolama alanı hesaplamasını yapabilmek için gözlemi mümkün olan parçalar yerinde incelenmiştir. Her bir parça için bir palette kaç tane depolanabileceğini belirten sabit kesir ataması yapılmıştır. Bu atamayı yapabilmek için ambarda gözlemler yapılarak veri toplanmıştır. Elde edilen veriden her bir büyük parça sınıfına dağılım çıkarabilmek için ARENA programının “Input Analyser” modülü kullanılmıştır.

ERP sisteminde her parça için ambarda bulunan miktar, hangi tarihte ne kadar geleceği ve hangi tarihte ne kadar gönderileceği bilgisi mevcuttur. MS Excel programında her sınıf için ayrı bir sayfa yapılmıştır. Nisan 2010 başlangıç periyodu olarak belirlenerek, üç yıl için her ayın bir periyot olduğu ve her sınıf ve periyot için ambarda bulunacağı öngörülen net miktarın hesaplandığı yeni bir veri hazırlanmıştır. Bu net miktarlarla ARENA programı kullanarak bulunan dağılımından elde edilen katsayılar çarpılarak toplamda ihtiyacımız olan kapasite her periyot için hesaplanmış ve yer ataması yapılmıştır.

Özgün bir proje olan Proje 1’in içerdiği parçalar boyut ve miktar olarak çok büyük olduğundan, ambar içinde depolanması mevcut sistemde mümkün değildir. Bu durumda FNSS’in diğer departmanlarına

ait, kalite koşullarına uygun olmayan çadır alanı kullanılır. Bu parçaların içinde büyük tekerlekler vardır. Tekerlekler için hem kalite koşullarını sağlayabilmek hem de depolama işlemini ambar bünyesine alabilmek için ambar binasının hemen yanına prefabrik bir ek ambar yapılması önerilmiştir. Bu ek ambarın içine tekerlekleri rahatça depolayabilmek için alternatif iki düzenek tasarlanmıştır (Ek 4).

7. Sonuçlar

7.1 Benzetim modeli

Benzetim modeli sonucunda önerilen sistemin, toplama listesi sayısı performans ölçütü olarak alındığında FNSS'e olan katkıları aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

- Sadece akülü merdiven alınır, merdivenlerin ilerleme hızı ortalama 1.5km/sa iken önerilen cihazların hızı 3 km/sa'dir. Taşıma zamanı bu zaman aralıklarına göre oranlanarak değiştirildiğinde ve benzetim modeli üç sene için çalıştırıldığında toplanan toplama listesi sayısında %8 artış görülmüştür.
- Sadece büyük parçalar proje bazlı yerleştirildiğinde, toplama işlemi sırasındaki toplam kat edilen yol %60 azalmıştır. Bu da toplanan toplama listesi sayısında %14'lük bir artış sağlamıştır.
- Hem ambar düzenlenip hem akülü merdiven alındığında, kat edilen yolun %60 azaldığı ve aynı zamanda çalışanın ortalama hızının arttığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, toplanan toplama listesi sayısı %22 artmıştır.

7.2 Büyük parçaların yerleştirilmesi

Büyük parçalar projelerine göre sınıflandırılmıştır. Her bir sınıf için numune parçalar alınmış ve gözlem sonucu bu parçalardan bir palete kaç tane depolanabileceği bulunmuştur. Bulunan değerlerden dağılımlar çıkartılmıştır. Bu dağılımlara göre de katsayılar hesaplanmış ve katsayıların ambardaki mevcut palet sayısına oranından her bir sınıfın ihtiyacı olan gerçek sayıya ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda her sınıf için ambar içinde yer ataması yapılmıştır. Böylelikle ambara hem bir düzen getirilmiş hem de toplama işleminin çok daha kısa sürede yapılması sağlanmıştır. Bunlara ek olarak toplamda büyük parça raflarında 859 adet palet kazancı sağlanmıştır.

Tablo 3. Küçük parça sınıfları için gereken kutu ve raf sayıları

	Kutu Tipi Küçük Parça Sınıfı	1	2	3	4
Kutu Sayısı	VIDA	1656	1128	316	376
Raf Sayısı		119	226	64	76
Kutu Sayısı	PUL	525	138	62	121
Raf Sayısı		38	28	13	25
Kutu Sayısı	ELEKTRİKLİ	241	31	9	62
Raf Sayısı		18	7	2	13
Kutu Sayısı	SYHK	2845	290	215	455
Raf Sayısı		204	58	43	91
Kutu Sayısı	SOMUN	420	157	53	51
Raf Sayısı		30	32	11	11
Kutu Sayısı	DİĞERLERİ	875	90	82	81
Raf Sayısı		63	18	17	17

7.3 Küçük parçaların yerleştirilmesi

Başlangıçta %70 dolu olan küçük parça raflarının, büyük parça rafında bulunan bütün küçük parçaların küçük parça raflarına yerleştirilmesiyle %100 dolmuş ve 316 tane ek küçük parça rafının alınması önerilmiştir. Böylelikle büyük parça raflarında %44'lük bir yer kazancı sağlanmıştır. Bunlara ek olarak, her bir küçük parça sınıfı için her kutu tipinden kaç tane gerektiği ve kaç raf kaplayacağı Tablo 3'te verilmiştir. Küçük parçalar için yapılan yerleşim planı FNSS'e verilmiş ve bu yerleşim planı uygulanmaya başlanmıştır.

7.4 Akülü merdiven

Önerilen akülü merdivenler sayesinde çalışanların hem daha güvenli hem de daha az efor harcayarak çalışabilecekleri saptanmıştır. Önerilen merdivenin çalışanlar için en uygun merdiven olduğuna karar veren FNSS, bu merdivenlerin alımı için ilgili firmayla görüşmüş ve alım sürecini başlatmıştır.

8. İleriye Dönük Güncelleme ve Geliştirme Konusunda Öneriler

- FNSS'in proje planı üç yıllık olduğundan, projemiz bu üç yıl için bir yerleşim planı içerir. Önerdiğimiz bu planın üç yıl sonunda da kullanılabilmesi için bizim gözlem yaparak bulduğumuz küçük parçaların hangi kutu tipine konulacağı ve büyük parçaların palet üzerinde ne kadar yer kaplayacağı verilerinin FNSS'in ERP sisteminde bulunması gerekir. Bu verilerin de parçalar ambara girdiğinde basılan etiketlerde bulunması gerekir. Gelecek her yeni parça için bu veriler sisteme girilirse, yeni proje geldiğinde yazılmış olan MS Excel Makro kodu sayesinde hem yeni gelen

proje için hem de mevcut projeler için ne kadar depolama alanı gerektiği hesaplanabilir. Yapılan hesaplara göre de ambarın yerleşim planında gerekli değişiklikler yapılabilir.

- Proje 1 için önerilen ek prefabrik ambar, üç yıllık plana göre yapıldığında, içinde tekerlek depolamak için bir düzenek bulundurur; ancak bu düzenek Proje 1 bittiğinde çıkartılarak başka büyük parçaların depolanmasında kullanılabilir.

EKLER

Ek 1. Önerilen Akülü Merdiven

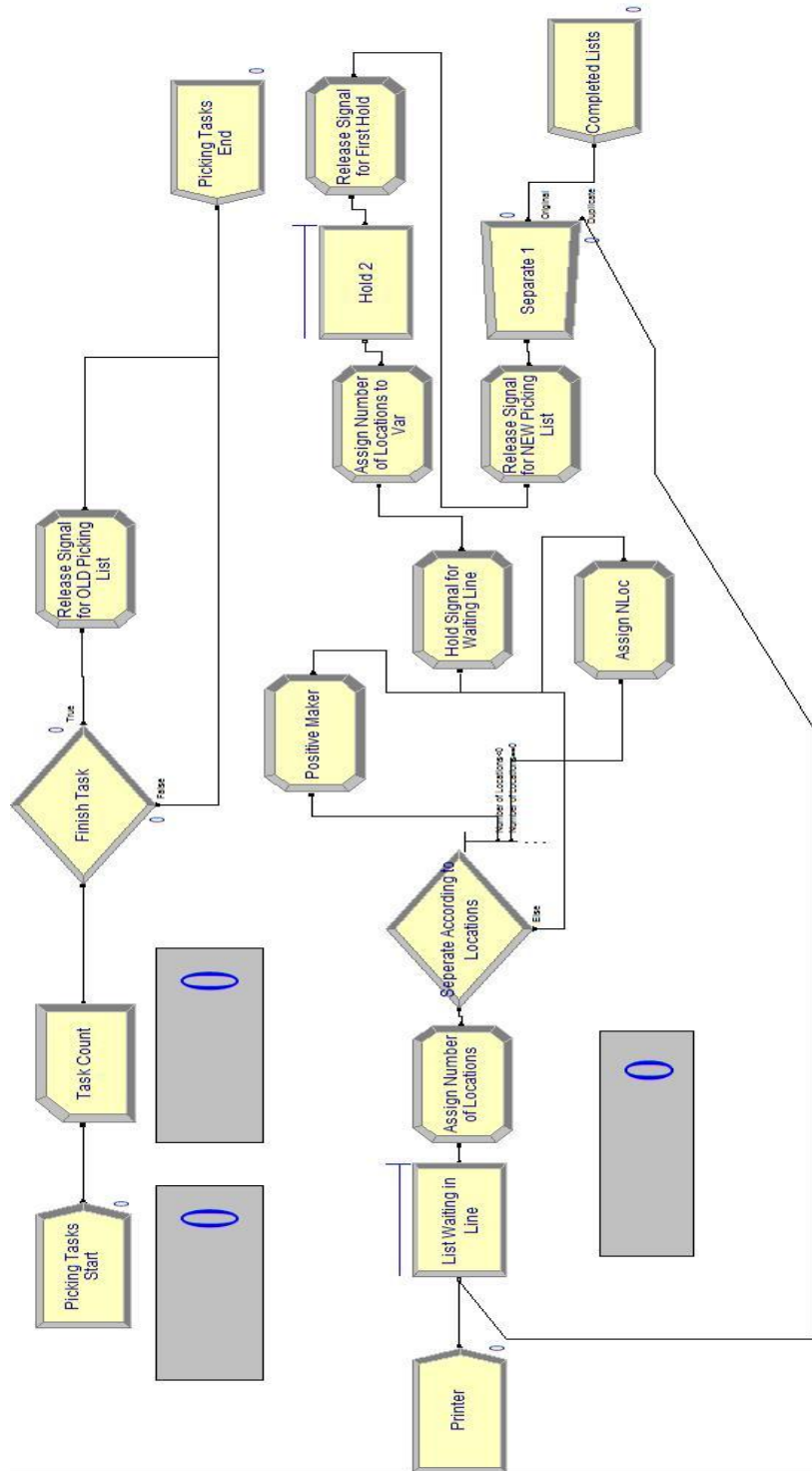


- Çağsan Merdiven – Uzakdoğu Yapımı
- Akülü – Tek Direkli – 300 kg
- 3.5 m çalışma yüksekliği
- 3 km/h
- 90 gün teslimat süresi
- 42 cm taban yüksekliği
- 1.55 x 0.7 m

Ek 2. Küçük Parçalar İçin Yazılan Makro Kodu

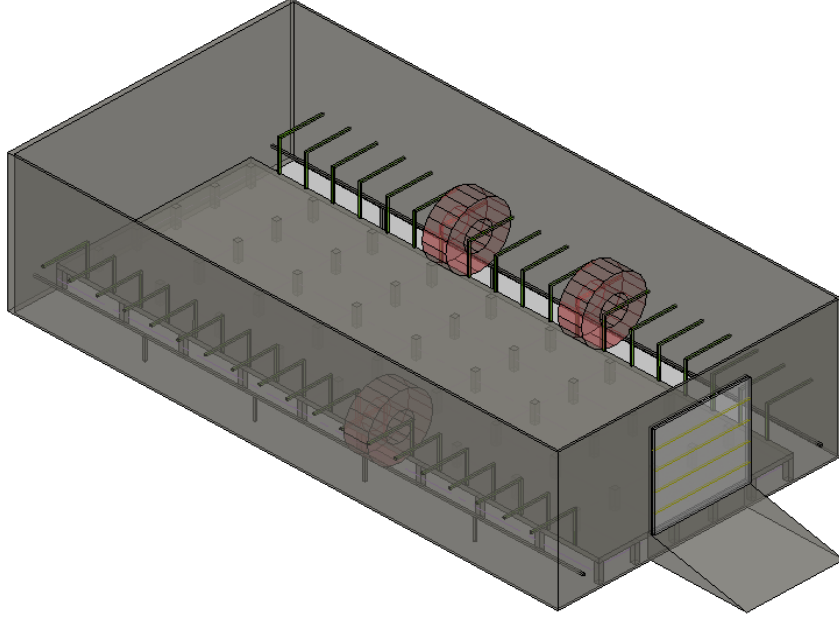
```
Sub CapacityKucukler()  
' CapacityKucukler Macro  
' Keyboard Shortcut: Ctrl+k  
j = 4  
capacity1 = 0  
capacity2 = 0  
capacity3 = 0  
capacity4 = 0  
For i = 2 To 20000  
    If Cells(i, j).Value = 1 Then  
        capacity1 = capacity1 + Cells(i, 12).Value  
    End If  
    If Cells(i, j).Value = 2 Then  
        capacity2 = capacity2 + Cells(i, 12).Value  
    End If  
    If Cells(i, j).Value = 3 Then  
        capacity3 = capacity3 + Cells(i, 12).Value  
    End If  
    If Cells(i, j).Value = 4 Then  
        If Cells(i, 12) <= 2 Then  
            capacity4k = capacity4k + Cells(i, 12).Value  
        Else  
            capacity4b = capacity4b + Cells(i, 12).Value  
        End If  
    End If  
Next i  
Cells(2, 15).Value = capacity1  
Cells(3, 15).Value = capacity2  
Cells(4, 15).Value = capacity3  
Cells(5, 15).Value = capacity4k  
End Sub  
Ek 4 Önerilen Yerleşim Planı
```

Ek 3. Benzetim Modeli

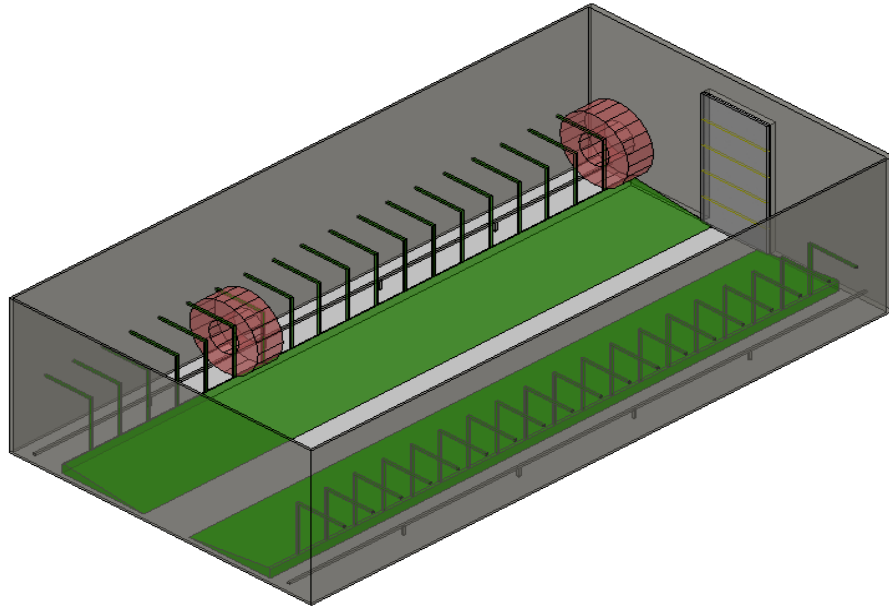


Ek 4. Ek Ambar Dizaynı

a) Tasarım 1



b) Tasarım 2



Craiova Fabrikası için Malzeme Toplama Sistemi Tasarımı

Ford Otosan

Proje Ekibi

Özgür Utku DURAN
Talat KASIMOĞLU
Melis SARIBAY
Umut TÜRELİ
Duygu UÇAN
Başak ZİLELİ

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Haluk Aşar, Ford Otosan Kocaeli Fabrikası,
Tedarik Zinciri Yönetimi Şefi
Zeynep Karagenç, Ford Otosan Kocaeli Fabrikası,
Tedarik Zinciri Yönetimi Proje Mühendisi
Özlem Demir, Ford Otosan Kocaeli Fabrikası,
Tedarik Zinciri Yönetimi Proje Mühendisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Osman ALP, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu proje ile Ford Craiova Fabrikası'na Gebze konsolidasyon merkezinden gönderilecek paketlerin tedarikçilerden toplanmasını en uygun şekilde belirlemeye çalışan bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Bu malzeme toplama sistemi heterojen filolu rota oluşturma algoritması, ayrık dağıtım gözetim rota iyileştirme algoritması ve araç atama ve rota çizelgeleme algoritmaları tarafından yürütülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Önce kümeleme sonra rotalama, heterojen filolu rota oluşturma, benzetimli tavlama, 1-opt iyileştirme sezgisel algoritması.

1. Şirket Tanıtımı

3 Ekim 1997 tarihinde, dünyaca bilinen otomobil üreticisi Ford ve Koç Grubu'nun önemli gücü olan Otosan, Ford Otosan adı altında birleştirilmiştir. Günümüzde Ford Otosan'ın modern otomotiv tesisleri, yüksek teknolojiye sahip makineler ve ekipmanlarla donatılmıştır. Bu tesisler, parçaların üretimlerinden otomobil montajı ve sevkiyatına kadar kapsamlı üretim kabiliyeti sağlamaktadır.

Ford Otosan Kocaeli Fabrikası Nisan 2001'de üretime başlamıştır. Tesis 1,6 milyon m² lik alana sahip olup, tesisin içinde pres atölyeleri ve ana montaj hattı gibi üretim alanları bulunmaktadır.

2. Proje Tanımı

Tam kapasite ile çalışmakta olan Kocaeli fabrikasında yeni modellere yer açılması sebebi ile Kısa Şasi Van Transit Connect modelinin üretimi Romanya'daki Craiova Fabrikasına taşınmıştır.

Craiova fabrikasında üretime 2009 yılında başlanmış ve Eylül 2009 tarihinde ilk ürünler pazara sunulmuştur. Bu üretim sadece pilot olup, seri üretime Mayıs 2010'da başlanması planlanmaktadır. Fabrikanın yıllık üretim kapasitesi 11.000, yıllık satış miktarı ise 7000-18.000 olarak öngörülmektedir. Craiova fabrikasında Transit Connect üretimi belli bir düzene geçinceye kadar, fabrikanın üretim hattının talep ettiği parçalardan bir kısmı, Marmara Bölgesi'nde bulunan Türk tedarikçilerden karşılanmaya devam edecektir. Toplam sayısı 98 olan Türk tedarikçiler Craiova fabrikası için 1200 civarında parça üretmektedir. Bu parçalar dünya çapında tanınan bir lojistik şirketi olan DHL ortaklığıyla Gebze konsolidasyon merkezinde toplanmakta ve buradan Craiova fabrikasına gönderilmektedir.

Proje başlangıcında Ford Otosan yerel tedarikçilerden tedarik edilecek parçaların Craiova fabrikasına gönderilmesi için üçüncü parti lojistik firmalarıyla görüşme ve ihale aşamasındaydı. Ford Otosan bu lojistik firmalarının fiyatlandırma politikasını anlamak, kendilerine verilen fiyatlarla karşılaştırabilmek ve ileride kullanabilmek için bir malzeme toplama sistemine ihtiyaç duymaktadır.

2.1 Semptomlar ve şikayetler

- Parçaların sevkiyatının hangi sıklıkta ve hangi zamanda yapılacağı kararlarının ve taşıma araçlarının rotalarının belirlenmesinde optimizasyona dayanan modeller kullanılmamaktadır.
- Taşıma araçları, kimi zaman hacimsel olarak tam verimle taşıma yapamamaktadır.
- Geri lojistik operasyonları optimizasyona dayalı modeller ile planlanmamaktadır.

2.2 Problem tanımı ve proje kapsamı

Bütün semptomlar; Craiova fabrikası için gereken parçaların uygun maliyetli olacak şekilde, boş paketlerin geri lojistik operasyonları

da göz önünde bulundurularak tedarikçilerden toplanmasını ve Gebze konsolidasyon merkezine ulaştırılmasını sağlayacak bir malzeme toplama sistemine ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Parçaların Gebze konsolidasyon merkezinden Craiova fabrikasına taşınması ve parçaların nakliye araçları içerisindeki konumlarının belirlenmesine ilişkin konular proje kapsamı dışında bırakılmıştır.

3. Mevcut Sistemin Analizi

Mevcut sistem yaklaşık 100 tedarikçiden oluşmakta ve bu tedarikçilerden Craiova fabrikası için 1200 civarında parça tedarik edilmektedir. Ford Otosan malzeme toplama operasyonlarını günlük olarak planlamakta ve tedarikçilerden toplanan parçalar konsolidasyon merkezine altı tanesi standart tip paket olmak üzere 100'ü aşkın farklı tür paket içinde taşınmaktadır. Paketlere yerleştirilmiş parçalar Gebze konsolidasyon merkezine, kamyonet, kamyon ve tır olmak üzere üç çeşit taşıma aracıyla ulaştırılmaktadır. Bu taşıma araçlarının kapasitesi söz konusu olduğunda, ulaşım araçlarının toplam ağırlığı ve araç hacmi olmak üzere iki önemli faktör göze çarpmaktadır. Fakat Türk tedarikçilerden sağlanan parçalar motor gibi ağırlık olarak fazla olan parçalar olmadığından, ağırlık kısıtı problem için bağlayıcı olmamaktadır.

Gebze konsolidasyon merkezi sadece tedarikçilerden gelen parçaların değil, aynı zamanda Craiova'dan gelen özel tip boş paketlerin toplanmasından da sorumludur. Standart tipteki paketler direkt olarak Gebze'ye ulaşmamaktadır. Gebze'ye ulaştırılan boş paketler buradan tedarikçilere dağıtılmaktadır. Taşıma araçlarındaki boş paketlerin toplam hacmi, bazı paketlerin katlanabilme özelliğinden dolayı toplam dolu paket hacmine oranla azalmaktadır. Ford Otosan mevcut durumda boş paketlerin tedarikçilere geri dağıtımını, tedarikçilerden parça temini sırasında gerçekleştirmektedir.

4. Önerilen Yöntem

4.1 Sistemin amacı

Projenin öncelikli hedefi rota optimizasyonu ve gerekli kararların maliyeti en aza indirgenecek şekilde alınmasını sağlayan bir karar destek sistemi içeren malzeme toplama sistemi tasarlamaktadır. Malzeme toplama sistemi toplam alınan mesafe, kullanılan toplam araç sayısı, araç doluluk oranı ve toplam taşıma maliyetleri gibi performans ölçütlerini dikkate alan taşıma rotalarını belirlemelidir.

4.2 Sistemin mimarisi

4.2.1 Sistemin parçaları

Sistemi oluşturan parçalar tedarikçiler, taşıma araçları, karayolları, lojistik firmaları, malzeme yükleme/boşaltma işlemi, geri dağıtım operasyonu, Gebze konsolidasyon merkezi, Craiova Fabrikası, karar

destek sistemini oluşturan arayüz, veri tabanı, model ve algoritmalarıdır (Ek 1).

4.2.2 Sistemin girdileri

Malzeme, tedarikçi, paket ve araç bilgileri sistemin temel girdilerini oluşturmaktadır.

- Malzeme bilgileri
 - Malzemenin haftalık talebi
 - Malzemenin hangi paket tipi ile taşındığı
- Araç bilgileri
 - Araç tipleri
 - Araç kapasiteleri (en, boy, yükseklik)
 - Araç kullanım maliyetleri (araç başına sabit maliyet ve kilometre başına mazot maliyeti)
- Paket bilgileri
 - Paket hacmi (en, boy, yükseklik)
 - Her bir paket için o pakette taşınabilecek malzeme miktarı
- Tedarikçi bilgileri
 - Tedarikçi koordinatları
 - Tedarik ettiği parça bilgisi

4.2.3 Sistemin çıktıları

Bir malzemenin ne tür araçla hangi güzergah kullanılarak Gebze konsolidasyon merkezine ulaştırılacağı ve hangi rota içinde yer aldığı, hangi günler, hangi saat aralığında o malzemeyi tedarik eden tedarikçiye uğranılacağı ve hangi miktarda malzeme toplanacağı ve tüm malzemelerin toplanması için gereken araç adet ve tipleri sistemin temel çıktılarıdır.

5. Geliştirilen Modeller

Model ve algoritmalar, malzeme toplama sisteminin alt sistemi olan karar destek sisteminin bir parçasıdır. Veri tabanında bulunan bilgiler model ve algoritmalar için gerekli girdileri oluşturmaktadır. Model ve algoritmaların çıktıları ise arayüz ile kullanıcıya aktarılmaktadır.

Karar destek sisteminin firmaya analitik ve sistematik yöntemlere dayanan kararları alabilmesi için biri matematiksel model olmak üzere dört adet algoritma geliştirilmiştir. Matematiksel model daha az sayıda parça kümesi için en iyi çözümü vermekte olup, parça sayısı 50'yi geçen büyük boyutlu problemler için makul zaman diliminde çözülememektedir. Bu nedenle problemin en uygun çözümüne yaklaşılmasını sağlayan; birbiriyle bağlantılı üç adet algoritma geliştirilmiştir. Heterojen filolu rota oluşturma algoritması problem için bir başlangıç çözümü oluşturmakta ve bu çözüm iyileştirilmek üzere ayrık dağıtım gözetim rota iyileştirme algoritmasına aktarılmaktadır. Son olarak, araç atama ve zaman çizelgeleme algoritmasıyla, her rotaya

uğrayacak araçlar, rotanın ziyaret edilme saati ve malzeme toplama sisteminde kullanılmak üzere her bir araç tipinden kaçar adet gerektiği belirlenmektedir.

5.1 Matematiksel model

Malzeme toplama sistemi için geliştirilmeye çalışılan ilk yöntem, sistemin tüm bileşenlerini ve kısıtlarını içeren bir matematiksel model oluşturmaktır. Bu matematiksel modelin temelinde önce kümeleme sonra rotalama mantığı kullanılmıştır. Modelde izlenen yöntem, kümeleme yöntemiyle tedarikçileri kümelere ayırtırmak ve her kümenin araç tipini bulmak, ardından Gezgin Satıcı Problemi'nden yararlanarak bulunan her küme için en kısa mesafeli rotayı belirlemektir. Matematiksel model sırasında sistemde toplanacak her bir parça bilgisi ayrı ayrı tutulmuştur. Böylece aynı tedarikçiden alınan parçaların toplanması sırasında, tedarikçiden alınan diğer parçalardan bağımsız olarak toplama yapılabilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan matematiksel modelin doğruluğunu kanıtlamak için yapılan denemelerde, farklı sayıda parça kullanılmıştır. Burada amaç, GAMS ile kodlanan matematiksel modelin farklı parça sayılarına göre çalışma süresinin değişip değişmediğini gözlemlemektir. Parça sayısının beş olduğu denemede program saniyeler içerisinde sonlanırken, parça sayısının 20 olduğu durumda programın sonlanma süresi 16 dakika 40 saniye olmuştur. Son olarak 50 farklı parça bilgisi kullanılarak yapılan denemede program üç saati aşan sürede çözüm vermiştir. Tüm bu denemeler, programın sonlanma zamanı ile sistemde toplanan parça sayısı arasında doğrusal olmayan bir ilişki bulunduğunu kanıtlamaktadır. Böylece, Ford Craiova Fabrikası için Türkiye'deki yerel tedarikçilerden toplanması gereken 1200 farklı parça sayısı düşünüldüğünde, matematiksel modelin firmanın yararlanabileceği kadar kısa zaman diliminde çözüm veremeyeceği öngörülmüştür. Bu nedenle sistem tasarımı için matematiksel model kullanmak yerine, sezgisel algoritma geliştirme yoluna gidilmiştir.

5.2 Heterojen filolu rota oluşturma algoritması

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda, mevcut sisteme uygun heterojen filolu rota oluşturma algoritmasının Prins (2002) tarafından oluşturulduğu görülmüştür. Bu algoritmayla; sistemde kullanılacak rotalar, her rota için araç tipi, araçların doluluğu ve tedarikçilerden toplanacak parçaların çeşidi ve paket adedi bulunmaktadır. Algoritmanın temelinde, tedarikçilerin aynı rotaya atanmasının kazancına dayalı Clarke&Wright sezgisel algoritması bulunmaktadır (Clarke vd., 1964). Tedarikçilerin ayrı ayrı rotalara atanması yerine birleştirilerek aynı rotaya atanmalarının alınan toplam yol üzerinden sisteme yaptığı kazanç büyükten küçüğe sıralanır. Clarke&Wright

sezgisel algoritması bu sıralamayı kullanarak, araçların aynı rotaya atanmasının önceliğini belirler (Clarke vd., 1964).

Algoritmanın JAVA programı kullanılarak kodlanması sırasında, matematiksel modelde kullanılan yöntemden farklı olarak parçalar ayrı ayrı tutulmamış, endeksler aracılığıyla tedarikçi bilgileri tutulmuştur. Sistemde taşınan yaklaşık 1200 parça yerine 98 tedarikçinin bilgilerinin tutulması, JAVA programının daha hızlı bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Tedarikçi bilgileri, tedarikçiden sağlanan her bir parçanın ait olduğu paketin hacmi ve bu parçanın paket cinsinden haftalık toplam talebi şeklinde sisteme yansıtılmaktadır. Sistemde toplanacak her parça için, parçanın içinde taşındığı paketin m³ cinsinden sabit hacmi ve paket cinsinden haftalık toplam talep hesaplanarak MS EXCEL dosyası aracılığıyla programda kullanılmıştır. Buna ek olarak, tedarikçilerin birbirlerine ve Gebze konsolidasyon merkezine olan en kısa mesafeleri, CBS (Coğrafik Bilgi Sistemi) programlarından biri olan ARCMAP aracılığıyla bulunmuş ve MS EXCEL dosyası halinde kaydedilerek programa yansıtılmıştır. ARCMAP örneği Ek 2’de görülebilir.

JAVA programı ile sisteme uygulanan heterojen filolu rota oluşturma algoritmasında, toplam paket hacmi en büyük kapasiteli taşıma aracı olan tır hacmini (90 m³) geçen parçaları sağlayan tedarikçiler için ön uygulama yapılmasının gerektiği görülmüştür. Bu tedarikçilere tır gönderilmesi her durumda zorunlu olacağı için, tır gönderildikten sonra tedarikçilerde kalan toplam paket hacmi sisteme dahil edilerek algoritma yenilenmiştir. Bunun yanı sıra, Ford Otosan tarafından yapılan geri bildirimler sonucu, oluşturulan bir rotaya ait aracın rotanın tüm tedarikçilerine uğrayarak malzeme toplaması ve ardından Gebze konsolidasyon merkezine dönmesi işleminin 16 saati geçmemesi sağlanmıştır. Araçların rotalar üzerinde harcadıkları süre, her bir araç türünün ortalama hızı üzerinden hesaplanmaktadır. Ayrıca, tedarikçilerde harcanan yükleme ve boşaltma işlemleri için sabit bir saatlik duraksamalar, toplam işlem süresine eklenmektedir (Ek 3).

Yenilenen heterojen filolu rota oluşturma algoritmasının JAVA programı aracılığıyla sisteme uygulanması sonrasında, elde edilen rotalarda taşınan toplam hacme göre farklı tür araç atanması yapılmaktadır. Rota hacmi 40-90 m³ arası olanlar için tır, 15-40 m³ arası olanlar için kamyon ve 15 m³’ten küçük olanlar içinse kamyonet atanmaktadır. Bu atamalar sırasında ayrık dağıtım yapılmamakta, tedarikçiden alınan parçalar ya tamamı rotada taşınacak ya da tamamı rota dışında kalacak şekilde değerlendirilmektedir.

5.3 Ayrık dağıtımı gözetilen rota iyileştirme algoritması

JAVA programında çözülen heterojen filolu rota oluşturma algoritması sonrasında rotalar, bu rotalara ait araç tipleri ve rotayı

oluşturan tedarikçilerden alınacak parçaların çeşidi ve paket adetleri bulunmuştur. Ancak algoritma sonrası çıkan bu sonuç, sistem için öncül bir çözüm oluşturmaktadır. Yani heterojen filolu rota oluşturma algoritması sonucundan elde edilen sonuç, sistem için maliyeti en aza indiren bir çözüm sunmayabilir. Elde edilen çözümde kullanılan araç sayısını en aza indirmek ve bunun sonucunda araç doluluğunu artırmak için, bu çözümün geliştirilmesi gerektiği görülmüştür. Böylelikle malzeme toplama sisteminin maliyetinin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Bu geliştirme aşamasında, ayrık dağıtımı gözeten rota iyileştirme algoritması kullanılmıştır. Ayrık dağıtımı gözeten rota iyileştirme algoritması temelinde benzetimli tavlama (Simulated Annealing) algoritması ve 1-opt iyileştirme sezgisel yöntemi bulunmaktadır (Rabbani vd., 2005). Benzetimli tavlama algoritması ve 1-opt iyileştirme sezgisel yöntemi JAVA programında kodlanarak sistemde kullanılmıştır. Benzetimli tavlama algoritmasında asıl amaç bulunan öncül çözüm üzerinden farklı rota kombinasyonları oluşturmak, bu rotaların sistemde kullanılan maliyet fonksiyonu aracılığıyla maliyetlerini hesaplamak ve son olarak da alternatif rotaları maliyetleri üzerinden karşılaştırarak öncül çözümü iyileştirmektir. Karşılaştırmalarda kullanılan maliyet fonksiyonu temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Bunların ilki sistemde kullanılan tır, kamyon ve kamyonet tarafından gerçekleştirilen seferlerin sayısını bu araçların sabit sefer başına kullanım maliyetiyle çarparak bulduğumuz sabit araç kullanım maliyetidir. İkincisi ise sistemde kullanılan tır, kamyon ve kamyonetin aldığı mesafenin bu araçlara ait mazot kullanım maliyetiyle çarparak bulduğumuz değişken maliyettir. Sabit ve değişken maliyetin toplanmasıyla elde edilen sistemin toplam maliyeti, rotaların karşılaştırılması aşamasında iyileştirme sağlanıp sağlanmadığını göstermektedir (Ek 4).

1-opt iyileştirme sezgisel algoritmasında ise amaç sistemde kullanılan araçların doluluğunu artırmak ve bunun sonucunda araç sayısını en aza indirmektir. 1-opt iyileştirmesi, tedarikçilerin atandıkları başlangıç rotası dışındaki rotalara atanmasının mümkün olup olmadığını ve eğer mümkünse bu değişikliğin sisteme getirisinin ne olacağını gözeterek rotalar arası tedarikçi değişiklikleri yapmaktadır. Bu aşamada, heterojen filolu rota oluşturma algoritmasında kullanılmayan ayrık dağıtım ilkeleri 1-opt iyileştirme sezgisel algoritmasında kullanılmıştır. Kısaca, bir tedarikçiden toplanan herhangi bir parçanın bir kısım hacmi bir rotada, kalan hacmi ise farklı bir rotada taşınabilmektedir. Ayrıca, rotalara atanan araç türleri farklı olsa dahi, tedarikçilerin başka rotalara atanması sırasında işlemler toplam m³ hacim üzerinden yapılmış, araç türlerinin farklılığı dikkate alınmamıştır. Böylece tedarikçiler yeni rotalarda, başlangıç çözümünden farklı araç

türlerine de atanabilmektedir. Tüm bu ek özellikler sisteme iyileştirme açısından esneklik kazandırmıştır.

5.4 Araç atama ve zaman çizelgeleme algoritması

Sırasıyla kullanılan heterojen filolu rota oluşturma algoritması ve ayrık dağıtımı gözeten iyileştirme algoritması sonrasında, bulunan başlangıç çözümü yardımıyla rotalar arası değişiklikler yapılarak sistemin toplam maliyeti en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Bu da sistemde kullanılan araçların doluluğunun artırılması ve dolayısıyla kullanılan araç sayısının azaltılmasıyla mümkündür. Ancak, algoritmalar sonucu JAVA programından MS EXCEL aracılığıyla ulaşılan rota bilgileri yapılan toplam iş bakımından bilgi sunmaktadır. Yani sistem çıktısı olarak elde edilen araç sayısı sistemde kullanması gereken araç sayısını değil, sistemde bu araçlara kaçar kez ihtiyaç duyulacağını gösterir. Eğer gün içerisinde zaman problemi ortaya çıkmazsa bir rotaya atanan araç, o rotaya ait taşıma işlemi bittiğinde kendi cinsine ait bir aracın atandığı yeni bir rotanın malzeme toplamasına başlayabilir. Bu gözlem, algoritmalar sonucu elde edilen araç sayısı bilgisinin kullanılması gereken araç sayısını değil, sistemde kaç araçlık iş yapılması gerektiğini göstermektedir.

Aynı tür aracın farklı rotalara farklı zaman dilimlerinde atanabilmesi nedeniyle, çözülen algoritmalara ek olarak araç atama ve zaman çizelgeleme algoritmasının gerekliliği anlaşılmıştır. Bunun sonucunda, geliştirilen algoritmayla her bir aracın 24 saatlik beş iş günü boyunca kullanım süresini maksimum artırmak amaçlanmıştır.

Her bir araca atanan rotaların belirlenmesiyle, araç atama algoritması tamamlanmış, ancak araçların hangi saatlerde hangi rotalara gideceğine dair günlük plan çıkarılması gerekliliği görülmüştür. Bu problem de son aşama olan zaman çizelgeleme algoritmasıyla çözülmüştür. Araç atama algoritmasında kullanılan ve rotaların toplam işlem uzunluklarına göre sıralandıkları liste takip edilerek, araçlara pazartesi gününden başlayarak rotaları çizelgelenmiştir. Her bir rotanın işlem zamanı bilindiğinden, bir aracın günün herhangi bir saatinde hangi tedarikçide olduğu veya hangi tedarikçiler arasında yol aldığı tam olarak bulunmaktadır. Kısaca, her bir aracın hangi saatlerde hangi rotaya gideceği bilgisi zaman çizelgeleme algoritması sonucu elde edilmektedir.

Tüm bu işlemler sonucu kullanıcıya EXCEL dosyaları aracılığıyla araç atama ve zaman çizelgeleme raporları, rota bilgileri ve ARCMAP üzerinde rotaya ait harita bilgisi görsel olarak sunulmaktadır. Algoritmaların çalışma mantığı Ek 5'te görülebilir.

6. Geri Lojistik Operasyonları

Proje kapsamı içinde yer alan geri lojistik operasyonları, karşılaştırma olanağı sağlamak amacıyla sisteme iki farklı şekilde dahil

edilmiştir. Kullanıcı isteğine bağlı olarak geri lojistik operasyonları hem tedarikçilerden malzeme toplayan araçlarla yapılabilenkte, hem de görevi boş paketleri tedarikçilere dağıtmak olan ayrı bir araç filosu ile gerçekleştirilebilmektedir. Kullanıcı geri lojistik operasyonları için ayrı bir araç filosu kullanmak istediğinde, sezgisel algoritmaların çalışma yöntemleri aynı kalmakta, tek değişiklik algoritmaların kullandığı girdilerin bilgilerinde olmaktadır. Bu da kullanıcıya, geri lojistik operasyonlarının sistemin mevcut malzeme toplama sistemi için kullandığı araçlarla veya ayrı bir araç filosuyla yapmasının maliyet olarak farkını göstermektedir.

7. Sistem Performansı ve Test

Malzeme toplama sistemi için geliştirilen heterojen filolu rota oluşturma algoritması, ayrık dağıtım gözetin rota iyileştirme algoritması ve araç atama ve rota çizelgeleme algoritmaları tarafından mevcut haftalık veriler ve parametrelerle çözülmesi sonucu ortaya çıkan sonuç Tablo 1’de görülmektedir. Önerilen sistemin haftalık toplam maliyeti 156.131,634 TL’dir.

Tablo 1. Önerilen karar destek sisteminin çıktıları

	Katedilen Toplam Mesafe(km)	Toplam Araç Sayısı			Ortalama Araç Doluluk Oranı(%)	Toplam Süre (saat)	Toplam Rota Sayısı
		Tır	Kamyon	Kamyonet			
Önerilen Sistem	62441,73	30	1	1	95,90579	2376,202	400

Geliştirilen karar destek sistemi, kullanıcıya sadece Tablo 1’de görülen genel malzeme toplama bilgilerini değil, sistemde kullanılan her bir aracın yaptığı tüm seferlere ait detaylı bilgileri de sunmaktadır. Ek 6’da görüldüğü gibi, belirli bir aracın belirli bir seferinde sırasıyla uğradığı tedarikçi bilgileri, tedarikçiden toplanan parçalar, parçalara ait paket adet bilgileri, tedarikçide ve tedarikçiler arasında yolda geçirilen toplam zaman bilgileri sistem çıktısı olarak kullanıcıya sunulmaktadır.

8. Duyarlılık Analizi

Sezgisel algoritmaların gelecekte gerçekleşecek çeşitli durumlara göre nasıl değişeceğini görebilmek için farklı durumlar göz önünde bulundurularak duyarlılık analizleri yapılmıştır. Araç sayısındaki olası bir kısıt durumunda tasarladığımız sistemin tepkisini görebilmek amacıyla araç kiralama ücretleri üzerinde duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kısıt durumunda araç kiralama ücretleri artabileceği varsayımı düşünülerek sistemde kiralama ücretleri normal değerinin üç katına çıkarılmıştır. Yapılan analizler sonucunda toplam maliyetin %44,6 oranında arttığı ve kullanılan toplam araç sayısının %62,5 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

9. Senaryo Analizleri ve İleriye Dönük Güncelleme Önerileri

Sistemin farklı senaryolar altında incelenmesi için problemin temel yaklaşımlarında olası değişikliklerin çözümü nasıl etkileyeceği göz önüne alınmıştır. Craiova fabrikası için geliştirilen malzeme toplama sisteminin temel varsayımı, sistemde kullanılan taşıma araçları sayısında bir kısıt bulunmamasıdır. Bu varsayım nedeniyle firmanın ulaşabileceği araç sayısında bir kısıt olması durumunda, tasarlanan karar destek sistemi problemin çözümünde yetersiz kalacaktır. Bu nedenle, firmanın ulaşabileceği araç sayısında herhangi bir kısıt bulunmaması, karar destek sisteminin uygulanabilirliği açısından son derece önemlidir. Bu noktada şirket danışmanlarından alınan bilgiler, firmanın istediği sayıda araca ulaşabileceğini göstermektedir. Bu da karar destek sisteminin mevcut duruma uygun çalıştığını göstermektedir. Şirketin karar destek sisteminden bir diğer beklentisi, bir tedarikçiden alınan parçaların farklı taşıma araçlarıyla toplanabilme esnekliğinin sisteme dahil edilmesidir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu esneklik *ayrık dağıtım gözetin rota iyileştirme algoritması* ile sisteme dahil edilmiştir. Fakat, bir parçanın farklı araçlarla taşınmaması istenirse, karar destek sistemi bu ihtiyaca cevap veremeyecektir.

Öte yandan, karar destek sisteminin kullandığı tüm parametrelerin MS EXCEL dosyaları aracılığıyla kullanıcı kontrolünde değiştirilebiliyor olması, sisteme farklı senaryolar altında çalışabilme yetisi kazandırmaktadır. İlerleyen senelerde Craiova fabrikasına malzeme gönderen Türk tedarikçilerin yerini Avrupalı tedarikçilere bırakacak olması, tedarikçilerin sistemden çıkarılabilme özelliğinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, kullanıcı kontrolünde tedarikçilerin eklenip çıkarılabileceği, parça talep miktarlarının, mazot maliyetlerinin, araç kiralama bedelleri ve tedarikçi koordinatlarının değiştirilebileceği bu sistem, firmanın günün değişen koşullarına uyum sağlamasını kolaylaştırmaktadır.

KAYNAKÇA

Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points", Operations Research, 12 (4), 568-581.

Ford Otosan 2009. Tarihçe,

http://www.fordotosan.com.tr/fordotosan/?pg_id=10.5. Son

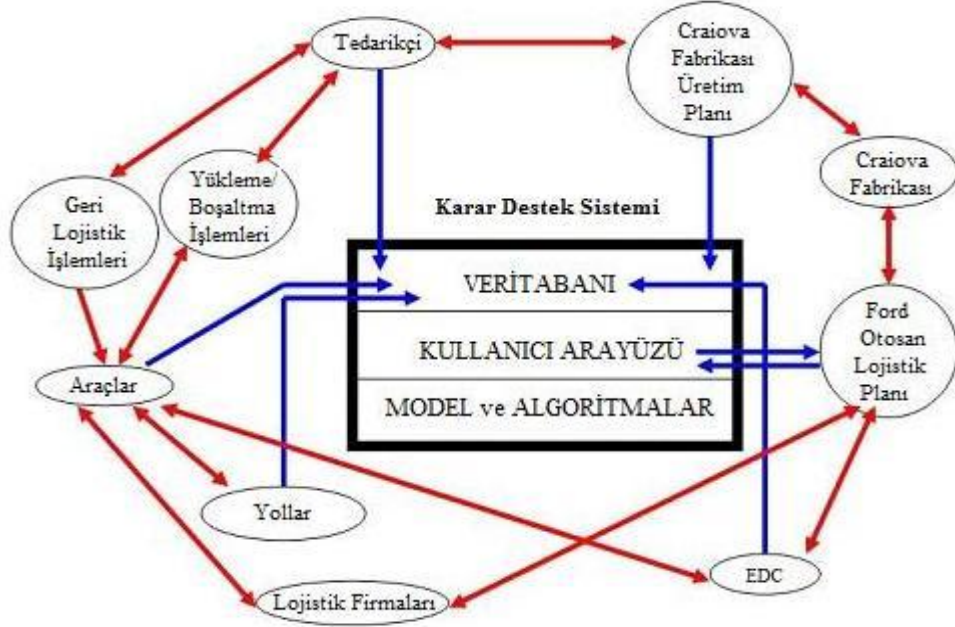
erişim tarihi: 1 Kasım 2009.

Prins, C. (2002). "Efficient heuristics for the heterogeneous fleet multitrip VRP with applications to a large-scale real case", Journal of Mathematical Modeling and Algorithms, 1, 135-150.

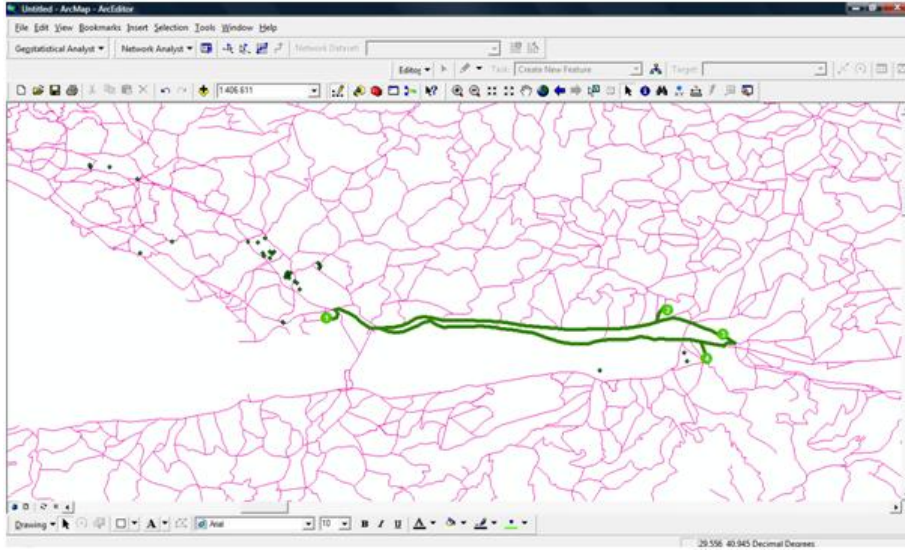
Rabbani, M., Tavakkoli-Moghaddama, R., Safaeib, N., Kah, M.M.O. (2005). "A new capacitated vehicle routing problem with split service for minimizing fleet cost by simulated annealing", Journal of the Franklin Institute, 344 (2007) 406-425.

EKLER

Ek 1. Malzeme toplama sistemi



Ek 2. ARCMAP örneği



Ek 3. Heterojen filolu rota oluşturma algoritması

n is the number of trips
 E_p is the sequence of clients in the trip p
 L_p is the total package collected in trip p in terms of volume
 $L(i)$ is the matrix that holds the packages collected from node i in terms of volume
 C_v is the capacity of the vehicle type v
 T_p is the total duration of trip p

S_{ij} is the saving of merging node i and j
 d_{ij} is the distance between node i and j
 SM_{ij} is the matrix that holds S_{ij}
 D_i : Demand of node i in terms of volume

DO pre-process

IF ($D_i \geq 90$)

ASSIGN heavy truck to node i

$D_i = D_i - 90$

END IF

INITIALIZE v to zero

INITIALIZE L_p to zero

FOR all i not equal to j **DO**

 Define route $(i,0)$ and $(0,j)$ and (i,j)

 Define $S_{ij} = d_{ji} - d_{ij} + d_{ji}$

 Put S_{ij} into SM_{ij}

 Sort SM_{ij} in a decreasing way

END FOR

FOR all i **DO**

 Define route $(0,i,0)$

END FOR

WHILE ($T_p \leq 16$)

FOR all S_{ij} in SM_{ij} **DO**

FOR first value of SM_{ij} **DO**

 First try to assign heavy trucks to all nodes

WHILE ($90 \geq L_p$)

IF the route $(0,j)$ and $(i,0)$ are defined

 DELETE $(0,j)$ and $(i,0)$ from SM_{ij}

 CREATE (i,j)

 ADD $L(i)$ and $L(j)$ into L_p

 ADD (i,j) into E_p

END IF

END WHILE

END FOR

END FOR

END WHILE

FOR all L_p

IF $L_p > 40$ and $L_p \leq 90$ assign k as megatruck

IF $L_p > 15$ and $L_p \leq 40$ assign k as transporter

ELSE assign k as middle-sized truck

END FOR

Ek 4. Ayrık dağıtımı gözeten rota iyileştirme algoritması

T_0 is the initial temperature

EL is the number of the accepted solution in each temperature for achieving the equilibrium

MTT is the maximum number of consecutive temperature trails

r is the counter for number of consecutive temperature trails, where Tr is equal to temperature in iteration r

X is a feasible solution

n is the counter for the number of the accepted solution in each temperature

a is the rate of decreasing temperature (cooling schedule)

$C(X)$ is the value of the objective function in terms of X

$C(X)$ = Number of vehicles * fixed rent price + Total distance * gas price per km

$r = 0, X^{best} = \emptyset$

$X^{best} = X^0$

DO (Out Side loop)

$n = 0$

DO (In Side loop)

Select an operator (1-Opt) and execute on X^n ($X^n \xrightarrow{\text{Operator}} X^{new}$).

$\Delta C = C(X^{new}) - C(X^n)$

IF $\Delta C < 0$ Then $X^{best} = X^{new}$ and set $n = n + 1$ and $X^n = X^{new}$

ELSE

Generate $y \rightarrow U(0,1)$ randomly and Set $z = EXP(-\Delta C/Tr)$

IF $y < z$ **THEN** $n = n + 1$ and $X^n = X^{new}$

END IF

LOOP WHILE ($n < EL$)

$r = r + 1$

$Tr = Tr - 1 - \alpha * Tr - 1$

LOOP WHILE ($r < MTT$ and $Tr > 0$)

Print X^{best}

1-OPT İyileştirme Algoritması

NC_v is null capacity of vehicle v in the current solution.

SELECT node j and vehicles $v1$ and $v2$ at random, where $NC_{v1} > 0$ and node j is served by vehicle $v2$

IF $D_j \leq NC_{v1}$

ADD D_j to vehicle $v1$

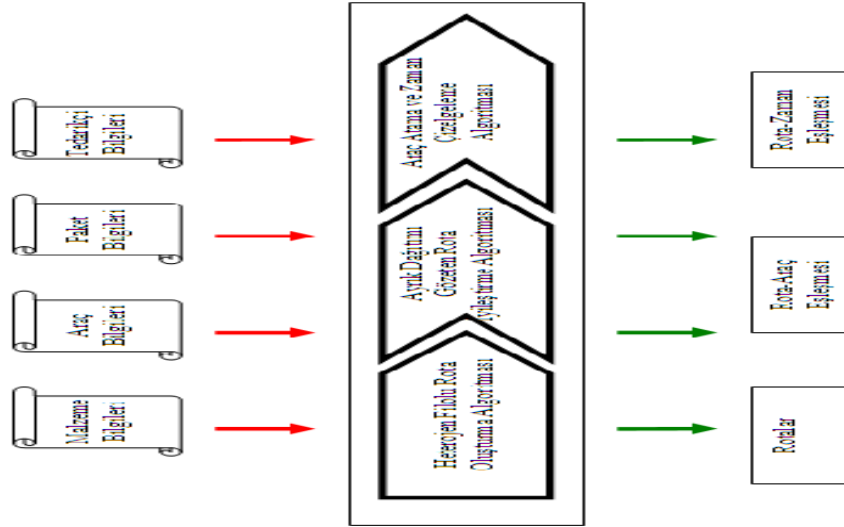
ELSE

DO split the packages of node j

ADD D_j to vehicle $v1$ as much as it can take

END IF

Ek.5. Algoritmaların çalışma mantığı



Ek 6. Ayrıntılı sefer bilgisi

Sefer #8 Tedarikçi Kodu	Araç #3 Varış Zamanı	Kalkış Zamanı	Parça Kodu	Paket Kodu	Paket Sayısı	Paket Boyutu
Gebze	0	0				
AS4ZA	4,003	5,003	9T16A21511AA	FLC1210	76	1,176
AS3ZB	10,86275	11,86275	2T1H19062AA	KLT3215	1	0,6
Gebze	13,76275	14,76275				

Hasta Danışmanlığı Süreci için Kapasite Kaynak Planlaması

Ankara Güven Hastanesi

Proje Ekibi

Ece Bilgin
Suzan Duygu Çoker
Denizcan Dedeoğlu
Aslı Özen
Burak Tunçbilek
Okan Yener

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Mehmet Emin Erginöz, Güven Hastanesi, İnsan Kaynakları Müdürü
Mehmet Gürbüz, Güven Hastanesi, Hasta Hizmetleri Müdürü
Levent Galip Yeşil, Güven Hastanesi, Eğitim ve Geliştirme Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. M. Murat Fadiloğlu, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ankara Güven Hastanesi'nde hasta danışmanları, poliklinik aktivitelerinin yönetiminde önemli rol oynarlar. Hastane, her saat aralığında her bankodaki hasta danışmanı sayısının en verimli seviyede olmasını sağlayacak bir programa ihtiyaç duymaktadır. Fakat öncelikle bankolarda eşit iş dağılımı olması için branşların bir sisteme göre bankolara atanmasını sağlayacak bir programa gereksinim vardır. Bu projenin amacı, yeni branş kümeleri ve her hasta danışmanı için bir çalışma çizelgesi oluşturan bir sistem kurmaktır. Sistemimiz iki kısımdan oluşmaktadır: İlk kısım sezgisel algoritma ve onu temsil eden bir C# Kodu, ikincisi ise sistemi rassal ortamda göstermek için kullanılan benzetim modelidir. Önerilen sistemle, bir yandan hasta memnuniyetini arttırırken diğer yandan da hasta danışmanlarının Güven Hastanesi'ne olan maliyetini düşürmeyi planlıyoruz.

Anahtar Sözcükler: Eleman Atama, Vardiya Planlama, Kapasite Kullanımı.

1. Firma Tanıtımı

Türkiye'nin lider hastanelerinden olan Ankara Güven Hastanesi, Küçükkel ailesi tarafından 1974 yılında kurulmuştur. Bugün Güven Hastanesi hem özel hastalara hem de Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) hastalarına hizmet vermektedir. Özel hastalar kendi ödemelerini kendileri yapan hastalar ve özel sağlık sigortası olan hastalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Hastane üç binadan oluşmaktadır. Bu binalar A, B ve D olarak adlandırılmıştır. A binasında özel hastaların yatan hasta ve polinik işlemleri yapılırken, B ve D binasında SGK'lı hastalara hizmet verilmektedir.

2. Projenin Tanımı

Güven Hastanesi'nde hastalar poliklinik hastaları ve yatan hastalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu projede yalnızca poliklinik hastaları dikkate alınmıştır. Poliklinik hastalarının hastaneye girişlerinden çıkışlarına kadar olan süreçte hasta danışmanları kritik bir rol oynamaktadır. Hasta danışmanlarının bu süreçteki görevleri hastaların randevu alma, kayıt işlemlerinin başlangıcı ve sonlandırılması, muayene, tanı, tedavi süreçlerinde yönlendirilmesi ve takip aşamalarının yönetilmesidir.

Bu proje, hasta danışmanı insan kaynağını optimal seviyede kullanacak, geliştirilmeye açık bir kaynak planlaması sistemi kurmayı amaçlamaktadır.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

Güven Hastanesi Özel Hasta Poliklinikleri'nin mevcut sisteminde 12 banko, 39 branş ve 22 hasta danışmanı bulunmaktadır. Bankolar hasta danışmanları tarafından yönetilmektedir. Hastaların Güven Hastanesi'nde geçirdikleri poliklinik süreçleri ve hasta danışmanlarının bu süreçlerde devreye girdiği aşamalar ekte gösterilmiştir. Hasta danışmanları her gün dört çeşit hasta grubundan gelen taleple ilgilenmektedir:

- Randevulu hastalar.
- Randevusuz hastalar: Sayıları oldukça fazla olan bu grup hastaların oluşturduğu talep de göz önüne alınmak zorundadır.
- Bankoda bulunan branşların hastası olup, başka bir branşa tetkik için gönderilip geri dönen hastalar ve kontrol hastaları. Hastaların bankolar arası geçiş oranları Ek 1'de görülebilir.
- Randevu almak veya soru sormak için telefonla arayan hastalar. Bu telefonların cevaplanması hasta danışmanlarının görev tanımında yer almamakla birlikte, günlük yaptığı işler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bir telefon görüşmesinin aldığı süre az olsa da gelen telefon sayısının çok fazla olmasından dolayı telefonların cevaplanması işlemi önemli bir zaman almakta, bu

nedenle hasta danışmanlarının karşılaştığı talep düşünülürken göz ardı edilememektedir. Hasta danışmanlarının cevapladığı telefon sayıları ekte bulunabilir.

Hasta danışmanlarının, yukarıda belirtilen hasta gruplarından gelen talebi karşılayacak şekilde bankolara atanması amaçlanmaktadır. Ancak mevcut sistemde hasta danışmanlarının bankolara atanmasında belirli bir yöntem izlenmemektedir. Aynı şekilde branşların bankolara atanmasında da belli bir yöntem izlenmemiş, sadece fiziksel kısıtlamalar göz önüne alınmıştır. Branşların mevcut sistemde hangi bankolarda buldukları ektedir (Ek 1).

3.2 Şikayet ve belirtiler

Şirketten alınan şikayet ve belirtiler aşağıda verilmiştir;

- Hastanede saatlere göre hasta yoğunluğuna bakılmaksızın, bütün bankolarda, her saatte aynı sayıda hasta danışmanı çalışmaktadır. Özellikle saat 09:00'dan öğle saatlerine kadar polikliniklerde hasta yoğunluğu maksimum seviyededir. Öte yandan, randevular saat 16:00'dan sonra seyrekleşmektedir. Bu durum hasta danışmanlarının iş yükünün 09:00-16:00 arasında zaman zaman çok ağır olmasına, 16:00 sonrasında ise boş vakit geçirmelerine yol açmaktadır. Bunun yanı sıra, hasta yoğunluğu branş bazında da farklılık göstermektedir. Sonuç olarak, bazı zaman aralıkları ve branşlarda hasta danışmanlarının iş yükleri karşılayamayacakları kadar çok artmakta, bazı zaman aralıkları ve branşlarda ise hasta danışmanlarının iş yükü çok azalmaktadır.
- Randevu vermek için asıl departman çağrı merkezidir; ancak randevuların %35'i hasta danışmanları tarafından verilmektedir; bu da iş tanımlarında olmamasına karşın hasta danışmanlarına gereksiz işyükü getirmektedir.
- Hastaların doğru yönlendirilmemesinden dolayı hasta danışmanları randevusuz hastalarla da ilgilenmek zorunda kalmaktadır.

4. Önerilen Yöntem

4.1 Genel yaklaşım

4.1.1 Sistemin amacı

Bu projenin amacı, hasta danışmanlarının verimliliğini ölçüp, analiz edip, hasta danışmanlarının poliklinik süreci boyunca en verimli değerlendirmelerini sağlamaktır. Hasta danışmanlarının görevi çok önemli olduğundan, sistemin tümünü göz önünde bulundurup hem verimliliği ve dolayısıyla hasta memnuniyetini artırıp hem de maliyeti düşürmek amaçlanmıştır. Sistem, büyük resmin, yani Güven Hastanesi poliklinik sisteminin bir parçası olduğu unutulmadan geliştirilmiştir. Bu süreçte, sistemin bileşenlerini ve birbirleriyle etkileşimlerini incelenmiştir.

4.1.2 Sistemin bileşenleri

Sistem birbirinden bağımsız ancak etkileşim halinde olan girdiler ve çıktılardan oluşmaktadır.(Ek 2)

Girdiler;

1. Güven Hastanesi Poliklinik Sistemi
2. Güven Hastanesi Poliklinikleri SWOT Analizi
3. Ortalama servis süresini bulmak amacıyla yapılan zaman etüdü ve analizi(Ek 3)
4. Bankolara gelen ortalama taleplerin analizi(Ek 4)

Çıktılar;

5. Her saat aralığı ve banko için optimal sayıda hasta danışmanı bulmak için matematiksel model(Ek 5)
6. Alfa katsayısını bulmak için kurulan benzetim modeli
7. Branşları kümelemek için sezgisel algoritma.
8. Branşları kümelemek ve optimal sayıda hasta danışmanı bulmak için C# kodu.
9. Hasta Danışmanı Günlük Çalışma Çizelgesi için C# Kodu
10. Hasta danışmanı sayısını bulmak için benzetim modeli

Her saat aralığı ve banko için eniyi sayıda hasta danışmanı bulan matematiksel modelde, bankoya atanan toplam hasta danışmanı kapasitesinin karşılayabileceği talebin, bankoya gelen toplam talepten fazla olması sağlanmaktadır. Ancak bu modelde kullanılan talep bilgisi, saatlik talep verisinin ortalaması alınarak bulunmuştur. Alfa katsayısı bu ortalama talep sayısının daha gerçekçi bir hale getirilmesi için kullanılmıştır. Alfa katsayısı ile daha rassal bir ortam sağlanmaktadır. Bu katsayı poliklinik sisteminin pilot bir bölgesinin simülasyon modelinin kurulmasıyla bulunmaktadır.

Optimal sayıda hasta danışmanı bulan matematiksel model ve branşları kümelemek için kurulan sezgisel algoritma bir C# koduna dönüştürülmüş ve kullanıcı ara yüzü oluşturulmuştur. C# kodu sonuç olarak branşları fiziksel ve kurumsal kısıtlamalara göre kümelemekte ve her bankoda her saat aralığında çalışması gereken hasta danışmanı sayısını bulmaktadır.

C# kodunun sonuç olarak verdiği branş kümeleri ve optimal sayıda hasta danışmanı sayısı, hasta danışmanı bulmak için kurulan benzetim modelinin temelini oluşturmaktadır. Belli varsayımlara göre kurulan modellerin sonuçları benzetim modelinde daha değişken bir ortamda gözlemlenerek, daha gerçekçi sonuçlar bulunmaktadır.

4.2 Geliştirilen modeller ve sistem algoritması

4.2.1 Alfayı bulmak için benzetim modeli

Alfa katsayısı, ortalama talebi gerçek talebe yaklaştırarak, modeli daha doğru bir hale getirmektedir. Matematiksel ve sezgisel modeli oluşturmak ve kullanılan ortalama hasta sayısı yüzünden az

sayıda hasta danışmanı atamamak için bir katsayıya ihtiyaç vardır. Bu sayıyı bulabilmek için Arena'da basit bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu model bir banko ve bir branş içermektedir, iki saat boyunca çalıştırılmıştır. Modelde, kuyrukta bekleyen ortalama hasta sayısını bire eşitleyecek alfa sayısını bulmak için, hasta danışmanı sayısı değiştirilmiş, hasta danışmanı sayısının farklı değerlerinde alfa ve kuyrukta bekleyen hasta sayısı incelenmiştir. Amaca hasta danışmanı sayısı bir olduğu durumda alfa sayısı 1.28 iken ulaşılmıştır. Hasta danışmanı sayısını iki ve üç olarak atayınca alfa değerleri sırasıyla 2.6 ve 3.9 olmuştur. Dolayısıyla, birden fazla hasta danışmanı atamak, gerçekdışı alfa değerlerine, dolayısıyla sezgisel algoritmanın girdisi olarak anlamsız büyüklükte talep kullanımına neden olacaktır. Alfa, bir tampon kapasite rolü görerek, modeli talepteki değişimlere karşı korumaktadır.

4.2.2 Sezgisel algoritma ve C # kodu

Branş Kümeleme:

Hastanenin mevcut poliklinik sisteminde, branşlar bankolara belli bir düzene göre atanmamıştır. Kurulan sistemde öncelikle bankoların talepleri eşitlenecek şekilde dağıtılmak üzere bir heuristic modeli kuruldu. Bu modelde, branşlar saatlik talep dağılımlarına göre bir sıralamaya dizilmiş ve her bankoya gelen saatlik talep birbirine en yakın olacak şekilde bir algoritma kullanılmıştır.

Bu kümeleme yapılırken hastanenin fiziksel ve kurumsal kısıtlamaları da göz önüne alınmıştır. Her bankonun sahip olduğu ve branşların ihtiyaç duyduğu oda sayısı da dikkate alınmıştır. Ayrıca, birbirinden ayrılamayacak branşlar ve yerinden ayrılamayacak branşlar göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar; Kadın Doğum branşı tek başına bir bankoda bulunmalı ve yerinden oynamamalıdır. Pediatri branşları bir arada bulunmalı ve ayrı bir bankoda olmalıdır. Radyoloji ve Nükleer Tıp branşları birarada olmalı ve yerinden oynamamalıdır. Kan Bankosu tek başına olmalı ve yerinden oynamamalıdır. Göğüs Hastalıkları, Göz branşları, Üroloji branşı yerinden oynamamalıdır. Kardiyoloji ve Çocuk Kardiyoloji branşları, KBB, Nöroloji ve Beyin Cerrahisi branşları, Gastroentoloji, Gastroentolojik Cerrahi ve Ortopedi branşları bir arada bulunmalıdır.

Kısıtlamalar, algoritmanın içine katıldığında banko talepleri tam olarak eşitlenememektedir. Ancak, sabit kalması gereken branşlar çıkarıldığında, algoritma kullanılarak, optimal duruma en yakın kümeleme sistemi oluşturulmuştur.

Optimal Hasta Danışmanı Sayısının Bulunması:

Optimal hasta danışmanı sayısı bulmak için geliştirilen matematiksel modeli çözdürmek için C # programlama dilinde bir kod yazılmıştır. Bu kodlama, modeli bir eniyileme yazılımı gibi

çözdüremese de optimal sonuca en yakın çözümü verecek şekilde tasarlandı. Matematiksel model, bir saat içinde gereken sürede servis verilemeyen en fazla sayıda hastayı göz önüne alarak hasta danışmanı sayısının minimize edilmesi üzerine kuruldu (Ek 5). C # kodu da aynı kısıtlamayı göz önünde bulundurarak hasta danışmanı sayısını hasta talebine göre yeterli seviyeye ulaşana kadar artırmayı amaçladı. C # kodunun yaptığı işlemler sırasıyla aşağıdaki gibidir:

1. Branş kümeleme algoritmasından alınan sonucu ve kullanıcının koyduğu hasta talebi ve telefon talebini içeren Excel dosyalarını kullanarak hangi branşın hangi bankoda olduğunu ve buna göre her bankoya bir gündeki 12 saat diliminin her birinde olan talebi saptar.
2. Belirli bir bankoda belirli bir saatteki hasta danışmanı sayısı, bankodaki hasta danışmanı sayısı gereken sürede servis verilemeyen hasta sayısına karşılık gelen hasta danışmanı sayısından büyük olana ve servis verilemeyen hasta sayısı belirlenen üst sınırdan düşük olana kadar bir döngünün içinde bir artırılır. Döngü her banko ve her saat aralığı için tekrarlanır. Bu döngüde sırasıyla şu işlemler yapılır:
 - a. Söz konusu bankodaki hasta danışmanı sayısı bir artırılır.
 - b. Servis verilemeyen hasta sayısı, belli bir bankoya belli bir saatte olan toplam talepten o bankoda o anda bulunan hasta danışmanı sayısının servis verebildiği hasta sayısı çıkarılarak bulunur. Bankoya olan toplam talep, bankoya o saatte olan hasta talebi, bankolar arası hasta geçişleri, ayrıca bankoya o saatte gelen telefon sayısına karşılık gelen hasta sayısı toplanarak bulunur.
 - c. Yukarıda belirtilen koşullar sağlanana kadar döngü aynı işlemleri yapmaya devam eder.

Matematiksel modeldeki amaç fonksiyonu hasta danışmanı sayısı ve hasta danışmanı sayısının eksikliğinden kaynaklanan sakıncayı en aza indirmektir. Bu algoritma, hasta danışmanı sayısını birer birer artırarak ve atanmış hasta danışmanı sayısının servis verilemeyen hasta sayısına karşılık gelen hasta danışmanı sayısından büyük olmasını sağlayarak bu amaca yakın bir sonuca ulaşmaktadır. Matematiksel modelin ekte görülen kısıtlarından (1), (2) ve (3) döngünün içinde sağlanmaktadır. Sonuç olarak C # kodu 12 saat dilimi için her bankoda bulunması gereken hasta danışmanı sayısını vermektedir.

Vardiya Planlama:

C# kullanılarak yazılan programın son adımı normal mesai ve fazla mesai saatlerinde çalışması gereken her hasta danışmanı için günlük çalışma çizelgesi çıkarmaktır. Bunun için bir önceki bölümün

sonucunda bulunan her bankoda her saat için gereken hasta danışmanı sayısını kullanır. Bu bölümde sırasıyla şu işlemler yapılır:

1. Bankolarda bulunması gereken hasta danışmanı sayısı normal mesai saatlerinde (günün ilk sekiz saati) ve fazla mesai saatlerinde gereken olarak ikiye ayırır.
2. Hastanedeki toplam hasta danışmanı sayısı günlük mesai saatleri içinde değişmemektedir. Bu kısıt hastane yönetimi tarafından konulmuştur. Bu kısıttan ötürü, önceki bölümde bulunan her bankoda her saat için gerekli hasta danışmanı sayısından yola çıkılarak gün içinde çalışması gereken hasta danışmanı sayısının bulunması gerekmektedir. Bu sayının bulunması için, her saat için gerekli toplam hasta danışmanı sayısı bulunduktan sonra şu üç seçenekten biri uygulanabilir:
 - a. En az toplam hasta danışmanı sayısını kullanmak
 - b. En fazla toplam hasta danışmanı sayısını kullanmak
 - c. Ortalama hasta danışmanı sayısını kullanmakBu seçeneklerin üçü de toplam hasta danışmanı sayısının eniyiden sapmasına neden olmaktadır. Bu durumda, üç seçenek de değerlendirilerek en az sapmayla sonuçlananın kullanılmasına karar verilmiştir. Bu sonucu veren uygulama da ortalama hasta danışmanı sayısının kullanılmasıdır. Bu sayı da belirtilen aralıkta her banko için gerekli hasta danışmanı sayısının toplanıp toplam banko sayısına bölünmesiyle bulunur.
3. Fazla mesai ve normal mesai saatlerinde çalışacak hasta danışmanı sayısı bulunurken göz önüne alınan koşullar aynıdır. Bu durumda, normal mesai saatlerinde çalışacak hasta danışmanı sayısını bulmak için kullanılan yöntem fazla mesai saatleri, yani son dört saat dilimi için tekrarlanır.
4. Normal mesai ve fazla mesai saatleri için bulunan ortalama hasta danışmanı sayısı kadar çizelge oluşturulur. Bu çizelgelerde eğer hasta danışmanı belli bir saatte belli bir bankoda çalışıyorsa bir, çalışmıyorsa sıfır olarak görülür. Hasta danışmanlarının çizelgeleri iki aşamada oluşturulur:
 - a. Her saat diliminde hangi bankoda en fazla hasta danışmanına ihtiyaç duyulduğu hesaplanır. Buna göre ilk önce, belirli bir saat diliminde en fazla hasta danışmanına ihtiyaç duyulan bankonun o saat dilimi için ihtiyacını karşılayacak şekilde hasta danışmanları atanır.
 - b. Her saat dilimi için geriye kalan henüz bir bankoya atanmamış hasta danışmanları diğer bankoların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde bankolara atanır.

Sonuç olarak, normal mesai ve fazla mesai için çalışması gereken hasta danışmanı sayısı ve bu hasta danışmalarının hangi bankoda hangi

saatte çalıştıklarını gösteren çizelgeler elde edilir. Bütün bu işlemler ortalamalara dayanılarak yapıldığından sonuçta bir hasta danışmanın günlük çizelgesi boş, yani tüm bankolar için tüm saat aralıkları “0” (sıfır) olarak görülebilir. Bu hasta danışmanını çalıştırmak ve ihtiyaç halinde kullanmak ya da hiç çalıştırmamak kurumun kararıdır. Programın verdiği sonuçtan örnek bir kısım ekte görülebilir (Ek 6).

4.2.3 Benzetim

C# kodundan elde ettiğimiz sonuçları hem görselleştirmek hem de karar destek sisteminin sonucunda daha net sonuçlar elde etmek amacıyla Arena programında bir benzetim modeli kurulmuştur. Bu model, sürecin daha iyi gözlemlenmesini ve takip edilmesini sağlamaktadır. Benzetim modeli, belirleyici varsayımlarımızın sayısını azaltmamıza ve daha gerçekçi sayılar, değişkenler kullanmamıza olanak sağlamaktadır. Örneğin, randevusuz gelen hastaların gelme zamanları, aldıkları servis süreleri değişkenlik göstermektedir ve benzetim modeli bu süreleri uygun dağılımlarla gerçeğe uygun bir şekilde atamaktadır. Kısacası, benzetim modelimiz eniyi hasta danışmanı sayısını bulmak için geliştirilen işlemsel süreçlerin yanı sıra; sistemi rassal ortama uydurmak, hesaplanan eniyi hasta danışmanı sayılarını kontrol etmek, olası sonuçları ve senaryoları önceden kontrol edebilmek ve sistemin genel resmini en iyi şekilde görüntüleyebilmektir. Oluşturulan benzetim modelleri iki aşamada incelenebilir.

İlk benzetim modeli, proje öncesi hastanedeki genel durumu görmemizi sağlayan modeldir. Ek 7 Şekil 1’de de randevulu ve randevusuz hastaların giriş süreçlerini görülebilir. Bu modelde hastanenin hali hazırda uyguladığı politikalar, hasta danışmanı sayıları, banko-branş birleştirmeleri kullanılmıştır. Benzetim modelinin girdisi olan; tedavi, tetkik, telefon konuşması, kayıt ve çıkış işlemlerinin süreleri hastanede yapılan gözlemler ve zaman etütleriyle ulaşılmıştır. Eniyileme çalışması yapılan bankolardaki hasta danışmanlarını meşgul eden üç tip hasta vardır. Bunlar; randevulu hastalar, randevusuz hastalar ve telefonla arayan hastalardır.

Randevulu hastaların gelişlerini benzetim modeline uyarlayabilmek amacıyla randevular, bankoya bağlı doktor sayıları göz önüne alınarak yarım saatlik aralıklara bölünmüştür. Bu randevuların doluluk ihtimalleri de geçmiş verilerden yararlanılarak benzetim modeline girdi olarak eklenmiştir. Randevusuz hastalar, yine hastaneden alınan veriler göz önünde bulundurularak rastgele gelmektedirler; fakat randevulu hastalara muayenede öncelik verilmektedir. Hastanın karşılama süreci tamamlandıktan sonra, muayeneye alınan hastaların tetkiğe girip girmeyeceği model tarafından sorgulanmaktadır. Tetkiği önceden yaptıran ya da yaptırmamasına gerek olmayan hastalar, çıkış işlemlerini yapmaları için tekrar aynı bankoda işlemlerini

tamamlamaktadır. Tetkik yaptırması gereken hastalar ise Ek 1’de görülen oranlarda Banko 10’a (Radyoloji) veya Banko 12’ye (Kan Bankası) uğramaktadır. Aynı zamanda bankolara gün içinde gelen telefonlar da dikkate alınmıştır ve bu telefonların da bankodaki hasta danışmanını meşgul etmeleri sağlanmıştır. (Ek 7 Şekil 2)

İkinci benzetim modelinde ise C# programı ile elde edilen branş kümeleri ve bankolardaki hasta danışmanı sayıları kullanılmıştır. Hastaların ve telefonların gelme sıklıkları ise önceki modelle aynıdır. Bu model ilk modelden farklı olarak mevcut durumun ne kadar iyileştirildiğini, hastaların ortalama, en fazla ve en az bekleme sürelerini genel hatlarıyla görmemizi sağlamaktadır.

Daha detaylı olarak incelemek gerekirse, C# programı’nın çıktısı olan branş kümeleri (hangi bankoda hangi branşların olacağı) ve bankolardaki hasta danışmanı sayıları, 2. benzetim modelinin girdisi olmuştur. Bu doğrultuda C# programında elde edilen eniyi hasta danışmanı sayısının rassal ortamda nasıl sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. C# programının çıktıları benzetim modelinde uyguladığında görülmüştür ki; ilk anda çıktılar modeldeki rassal ortamla bir uyum içinde değildir. Hastaların bekleme ve servis alma süreleri temel alınarak, hasta danışmanı sayılarında değişiklikler yapılmış ve sözü geçen sürelerdeki değişiklikler tespit edilmiştir. Bu değişiklikleri yaparken temel hedef “darboğaz” olan bankoyu bulmak, bekleme sürelerini fiziksel kısıtlara sadık kalarak mümkün olduğunca kısaltmaktır. Bu, verimliliği en az olan bankodan “darboğaz” bankoya hasta danışmanı aktararak ve bazı bankolara ilave hasta danışmanı atanarak sağlanmıştır (Ek 7 Şekil 3). Bu çalışmalarda yapılan değişikliklerin küçük değişiklikler olması ve bekleme sürelerinin gözardı edilebilir olması üzerine C# programının verdiği sonuçların son kararı vermeyi oldukça kolaylaştırdığına karar verilmiştir. Böylece, C# programından alınan sonuçların hastane kısıtlarıyla çelişmediğini ve diğer olası çözümler arasında en uygun olduğunu görülmüştür.

4.2.4 Duyarlılık ve senaryo analizi

Duyarlılık analizinde, modelin sağlam ve değişikliklere uyum sağlayacak şekilde tasarlandığından emin olmak amaçlandı. Bunun için bazı değişkenlerin sayısal değerleri değiştirilip sistemin bu değişikliklere yanıtı gözlemlendi. İncelenen değişkenler bir hastayı bekletmenin hastaneye maliyeti, doğruluk katsayısı, bir hasta danışmanının saatlik servis oranı, hastaların bankolara geri dönüş miktarı ve maksimum bekletilen hasta sayısıdır. Bunların yanı sıra, gelen talebin bir anda beklenmedik bir şekilde artması durumunda modelin buna karşılık verip veremeyeceği de incelendi.

Bu incelemeler, modelin değişiklikleri dayanıklı olduğunu gösterdi. Bir hastayı bekletmenin hastaneye maliyeti artırıldığında,

beklenen üzere bu maliyeti azaltmak amacıyla hasta danışmanı sayısı arttı. Doğruluk katsayısı artırıldığında beklenen üzere hasta danışmanı sayısı arttı. Bir hasta danışmanının saatlik servis oranı artırıldığında ise hasta danışmanı sayısında bir düşüş gözlemlendi. Hastaların bankolara geri dönüş yüzdesi artırıldığında hasta danışmanı sayısı arttı. Bekletilebilen maksimum hasta sayısı artırıldığında hasta danışmanı sayısı azaldı. Buna ek olarak, talep sayısı birden beklenilmeyen bir ölçüde arttığında, sistem hasta danışmanı sayısını arttırarak yanıt vermekte sorun çıkarmadı.

Senaryo analizinde ise modele getirilen kısıtlamaların olmadığı üç farklı senaryo incelendi. Bütün senaryolarda Kadın Hastalıkları ve Doğum branşı tek başına ve şu anki bankosunda sabit; Pediatri branşları da hepsi birlikte tek bir bankoda olmak üzere şu anki bankolarında sabit olarak düşünülmüştür.

Senaryo 1:

Banko ve branşlar için gereken oda sayıları göz önüne alınmadan program tekrar çalıştırıldı. Aynı zamanda, bazı branşların bazı bankolarda sabit kalması koşulu da düşünülmüştür. Birlikte olması gereken branşlar yine birlikte tutuldu.

Senaryo 2:

Senaryo 1’de olduğu gibi bazı branşların bazı bankolarda sabit kalması koşulu düşünülmüştür. Farklı olarak banko ve branşlar için gereken oda sayıları göz önüne alındı, ancak birlikte olması gereken branşlar göz önüne alınmadı.

Senaryo 3:

Senaryo 1 ve 2’de değinilen kısıtlamaların hiçbirini göz önüne alınmadan program çalıştırıldı.

Farklı senaryolarda daha az kısıtlamayla birlikte eniyi hasta danışmanı sayısının farklı olduğu gözlemlendi. Bu da fiziksel ve kurumsal kısıtlamaların, hasta danışmanı insan kaynağının kullanım seviyesinin optimal sayıdan uzaklaştırdığını gösterdi.

5. Uygulama

5.1 Sistemin uygulanması için gerekli altyapı

Hasta danışmanlarında yeni düzenlemeye sahip olabilmek için geliştirilen JAVA kodlarını buna bağlı C# programını çalıştırmak için fazladan bir program alınmasına gerek yoktur. Hastane personeli yazılan arayüzü her bilgisayarda kolayca kullanabilir. Benzetim modelinin çalışması için ARENA programını lisanslı çalıştırabilen bir bilgisayar gerekmektedir.

5.2 Uygulama planı

Geçmiş yılların randevulu ve randevusuz hastaların talep miktarları incelenmiş, bu verilerden elde edilerek C# arayüzüyle birlikte herhangi bir bilgisayarda kolaylıkla çalıştırılabilmektedir. Şu an için

birçok farklı senaryo değişikliği ve duyarlılık analizlerinden başarıyla geçmiştir ve uygulamaya hazırdır. Hastanenin onayı üzerine gerekli program (Arena) şirketteki bilgisayarlara yüklenecektir. Hastanenin bilgi işlem müdürlüğünde çalışmakta olan elemanlar için bir kılavuz yazılacak ve gerekli eğitimler verilecektir, bu sayede şirket yazılımı kolayca kullanabilecek üzerinde ileride değişiklikler yapabilecektir. İleride talep, doktor sayısı ve ücretlendirmede oluşabilecek değişiklikler C# kodunun arayüzü yeniden çalıştırılarak ve benzetim modeli üzerinde gerekli değişiklikler yapılarak kolayca güncellenebilir. Hasta Danışmanları da oluşan yeni sistemle ilgili bilgilendirilecek ve yeni vardiya planlarına nasıl uyum sağlayacaklarıyla ilgili eğitimler alacaklardır.

6. Genel Değerlendirme

6.1 Projenin şirkete katkıları

Hasta danışmanlarının herhangi bir karar destek sistemine dayanılmadan atandığı hastane için böyle bir sistem kurularak hasta danışmanı sayısı azaltılmıştır. Önceki sistemde 22 hasta danışmanı çalıştırılırken uygulanan yeni program ve yeni banko oluşumları sayesinde hasta danışmanı sayısı 17'ye düşürülmüş, %23 oranında verimlilik artışı sağlanmıştır. Banko ve branşların yeniden şekillendirilmesinde öne çıkan bütün kısıtlayıcı etkenler göz önüne alınmış, bu şekilde uygulanabilir, gerçeğe mümkün olduğunca yakın sonuçlar elde edilmiştir. Güven Hastanesi bu proje sayesinde farklı branşlara olan talepleri göz önüne alarak hasta danışmanı kapasite kaynak planlamasını en verimli şekilde karşılayabilecektir.

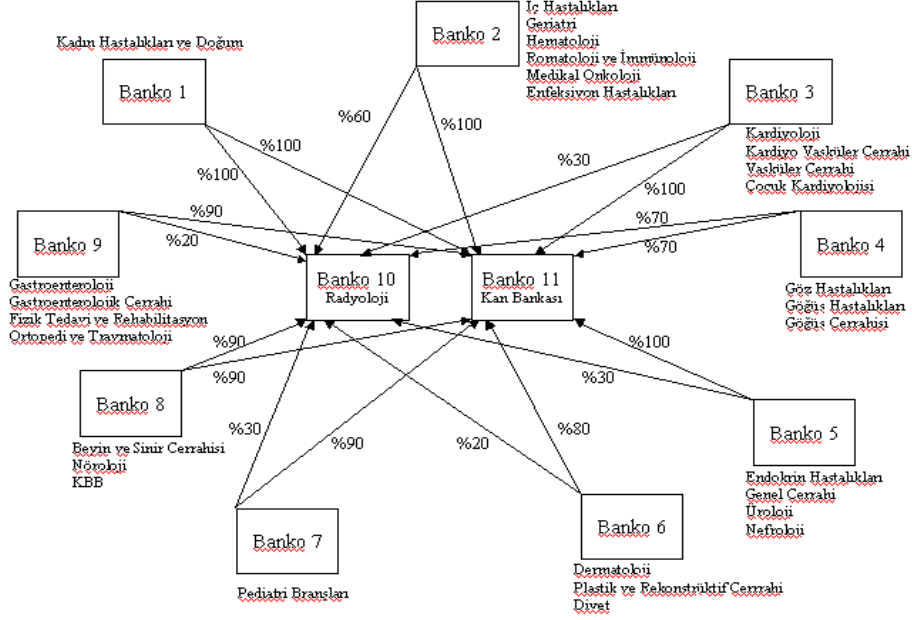
6.2 İleriye dönük güncelleme/ geliştirme olanakları

Geliştirilen kapasite kaynak ve vardiya planlaması sistemi kullanıma hazır durumdadır. Program, şu anki sistem için çalıştırılmış, bankolara atanacak branş kümeleri ve her hasta danışmanı için bir vardiya planı bulunmuştur. Sistemin dinamik yapısı sayesinde, ileride açılacak yeni bir banko ya da hastaneye katılacak yeni bir branş olması durumunda program yeniden çalıştırılarak yeni vardiya planları ve branş kümeleri bulunabilecektir. Kurduğumuz sistemin daha rahat güncellenebilmesi adına bu sene yaz stajını Güven Hastanesi'nde yapacak Bilkent Üniversitesini öğrencileriyle temasa geçilip sistem hakkında bilgilendirme yapılmıştır.

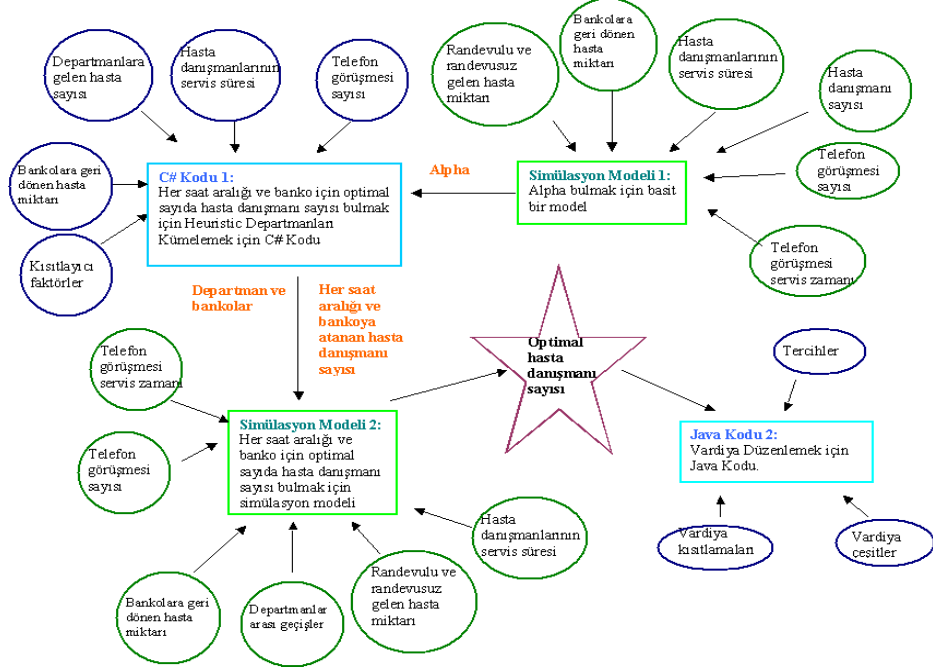
Güven Hastanesi, gerekli geliştirmeler ve modelde yapılacak çeşitli değişikliklerle bu sistemi farklı disiplinler için kullanabilecektir. Hasta danışmanları için uyguladığımız bu sistem; doktor, hemşire ve diğer hastane personellerine kolaylıkla uygulanabilecek şekilde tasarlanmıştır.

EKLER

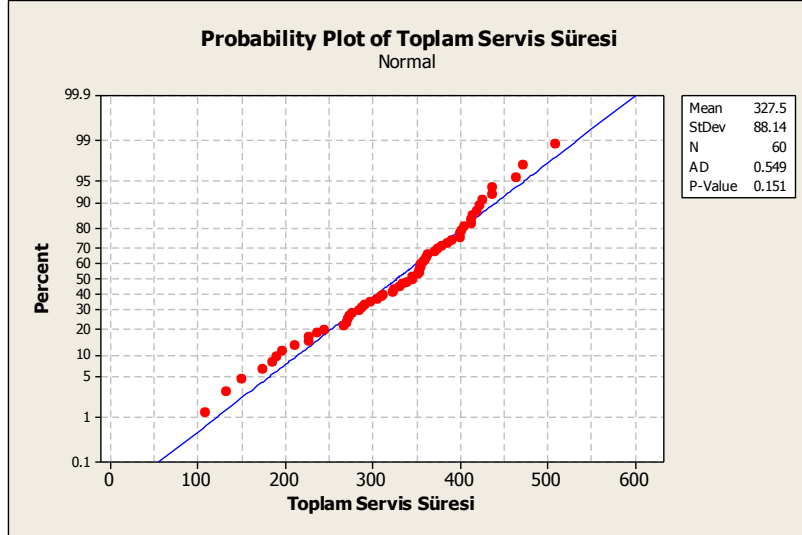
Ek 1. Bankolar arası geçiş oranları



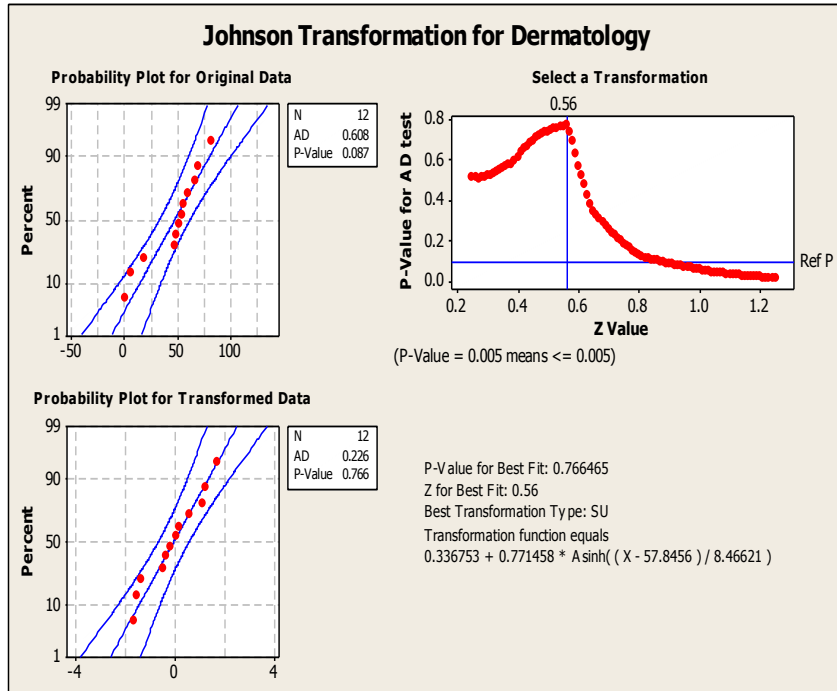
Ek 2. Modeller, girdiler ve ıktılar



Ek 3. Hasta danışmanı görev süresinin girdi analizi



Ek 4. Bankalara gelen ortalama taleplerin girdi analizi(Örnek Banko: Dermatoloji)



Ek 5. Hasta danışmanı sayısı bulmak için matematiksel model

Kümeler:

B: bankolar $\{1, \dots, b\}$

T: saat dilimleri $\{1, \dots, t\}$

K: branşlar $\{1, \dots, k\}$

Parametreler:

D_{tk} : branş k'ye t saat diliminde olan hasta talebi

C_{tk} : branş k'ye t saat diliminde gelen telefon sayısı

P: branş k'ye t saat diliminde dönen hasta sayısı yüzdesi

β : bir hasta danışmanın servis verilebildiği hasta sayısı (saatlik)

α : doğruluk katsayısı (ortalama hasta talebini gerçek talebe yaklaştırmak için)

$a_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{eğer branş k banko i'de bulunuyorsa} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$

Karar değişkenleri:

X_{it} : t saat diliminde i bankosuna atanan hasta danışmanı sayısı

Y_{it} : t saat diliminde i bankosunda gereken sürede servis verilemeyen hasta sayısı

Amaç fonksiyonu:

Enküçült $\sum \sum X_{it} + 1.2 * Y_{it} / \beta$

- Amaç fonksiyonun işlevi, her saat diliminde her bankoya atanan hasta danışmanı sayısını ve belirli bir saat diliminde hasta danışmanı eksikliğinden kaynaklanan sakıncayı en aza indirmektir. Amaç fonksiyonun ikinci kısmında, sözkonusu sakınca "1.2" katsayısıyla ifade edilmiştir. Bu sakınca ölçüsü talebe göre yeterli sayıda hasta danışmanı atamak ve atmamak arasındaki değiş tokuşu ölçmek için kullanılmıştır. Gerekli sürede servis alamayan hasta sayısına karşılık gelen hasta danışmanı sayısı, bu sayıyı β 'ya bölerek bulunmuştur. Böylece amaç fonksiyonundaki bütün terimlerin aynı birimlerde olması sağlanmıştır.

Kısıtlamalar::

$\sum a_{ik} * [D_{tk} + 0.2 * C_{tk} + p * D_{tk}] * \alpha - X_{it} * \beta \leq Y_{it} \forall i, t$ (1)

- Bu kısıt iki karar değişkenini birbirine bağlar.

$Y_{it} \leq 5 \forall i, t$ (2)

- Bu kısıt, gereken sürede servis alamayan hasta sayısının 5'ten fazla olmamasını sağlar.

$X_{it} \geq 1 \forall i, t$ (3)

- Bu kısıt, her bankoya en az bir hasta danışmanının atanmasını sağlar.

X_{it} is integer, $Y_{it} \geq 0$ (4)

- X_{it} hasta danışmanı sayısını ifade ettiğinden tam sayı olması gerekmektedir. Y_{it} ise değiş tokuşu gösteren bir işaret olduğundan ve sonuçta kullanılmadığından real sayı olması ve sıfırdan büyük olması yeterlidir.

Ek 6. C# kodunun sonuçlar

Patient Advisor Optimizer - Team 4

Brans - Talep Exceli: C:\Asif\Değışebilenler.xls
 Telefon Görüşmesi Exceli: C:\Asif\Telefon.xls
 Sabit Branşlar Exceli: C:\Asif\Sabitler.xls
 Bankolar Oda Sayısı: 7-8-12-7-11
 Saat Sayısı: 12 Branş Sayısı: 16 Banko Sayısı: 5 Sabit Banko Sayısı: 4

8 Saat İçin Çalışması Gereken Hasta Dağılımı Sayısı Ortalama 15
 Fazla Mesai Yapması Gereken Hasta Dağılımı Sayısı: 6

1 Numaralı Hasta Dağılımı Günüklük Çalışma Çizelgesi:

	1	2	3	4	5	6	7	8
11	1	1	1	1	1	1	1	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	0	0	0

2 Numaralı Hasta Dağılımı Günüklük Çalışma Çizelgesi:

	1	2	3	4	5	6	7	8
11	0	0	1	1	0	0	1	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	0	0	0

3 Numaralı Hasta Dağılımı Günüklük Çalışma Çizelgesi:

	1	2	3	4	5	6	7	8
11	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	1	0	1	0	0	0
31	1	1	0	0	1	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	0	0	0

Patient Advisor Optimizer - Team 4

Brans - Talep Exceli: C:\Asif\Değışebilenler.xls
 Telefon Görüşmesi Exceli: C:\Asif\Telefon.xls
 Sabit Branşlar Exceli: C:\Asif\Sabitler.xls
 Bankolar Oda Sayısı: 7-8-12-7-11
 Saat Sayısı: 12 Branş Sayısı: 16 Banko Sayısı: 5 Sabit Banko Sayısı: 4

1 Numaralı Hasta Dağılımı Fazla Mesai Günüklük Çalışma Çizelgesi:

	9	10	11	12
11	1	1	1	1
21	0	0	0	0
31	0	0	0	0
41	0	0	0	0
51	0	0	0	0
61	0	0	0	0
71	0	0	0	0
81	0	0	0	0
91	0	0	0	0

2 Numaralı Hasta Dağılımı Fazla Mesai Günüklük Çalışma Çizelgesi:

	9	10	11	12
11	0	0	0	0
21	1	1	1	1
31	0	0	0	0
41	0	0	0	0
51	0	0	0	0
61	0	0	0	0
71	0	0	0	0
81	0	0	0	0
91	0	0	0	0

3 Numaralı Hasta Dağılımı Fazla Mesai Günüklük Çalışma Çizelgesi:

	9	10	11	12
11	0	0	0	0
21	1	1	1	1
31	0	0	0	0
41	0	0	0	0
51	0	0	0	0
61	0	0	0	0
71	0	0	0	0
81	0	0	0	0
91	0	0	0	0

4 Numaralı Hasta Dağılımı Fazla Mesai Günüklük Çalışma Çizelgesi:

	9	10	11	12
11	0	0	0	0
21	0	0	0	0
31	0	0	0	0
41	0	0	0	0
51	0	0	0	0
61	0	0	0	0
71	0	0	0	0
81	0	0	0	0
91	0	0	0	0

Patient Advisor Optimizer - Team 4

Brans - Talep Exceli: C:\Asif\Değışebilenler.xls
 Telefon Görüşmesi Exceli: C:\Asif\Telefon.xls
 Sabit Branşlar Exceli: C:\Asif\Sabitler.xls
 Bankolar Oda Sayısı: 7-8-12-7-11
 Saat Sayısı: 12 Branş Sayısı: 16 Banko Sayısı: 5 Sabit Banko Sayısı: 4

Brans - Banko Çizelgesi:

Banko No 1: DIYET
 FIZIK TEDAVI VE REHABILITASYON - A BLOK
 GENEL CERRAHI

Banko No 2: ENFEKSİYON HASTALIKLARI
 GERIATRI
 MEDİKAL ONKOLOJİ
 ROMATOLOJİ VE İMMUNOLOJİ
 İÇ HASTALIKLARI

Banko No 3: Beyin ve Sinir Cerrahisi + Nöroloji + KBB+Odyoloji
 HEMATOLOJİ

Banko No 4: DERMATOLOJİ
 NEFROLOJİ
 ÜROLOJİ

Banko No 5: Kardiyoloji+Çocuk Kardiyoloji+Damar Cerrahisi+Kardiyovasküler+Anjiyo
 ENDOKRİN VE METABOLİZMA HASTALIKLARI

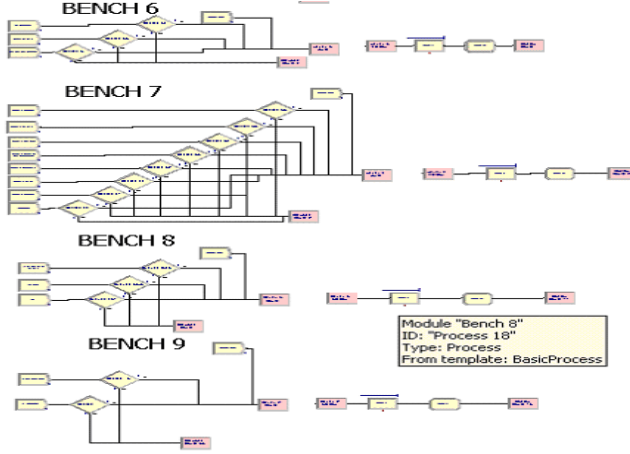
Banko No 6: Kadın Doğum

Banko No 7: Pediatri

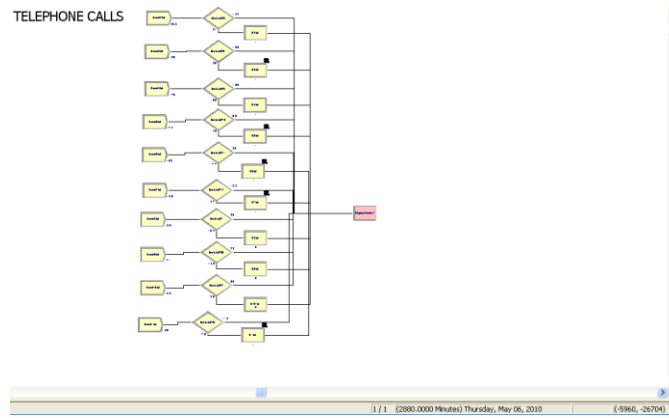
Banko No 8: Göz Hastalıkları+Göğüs Cerrahisi+Göğüs Hastalıkları

Banko No 9: Gastroenteroloji+Ortopedi ve Travmatoloji

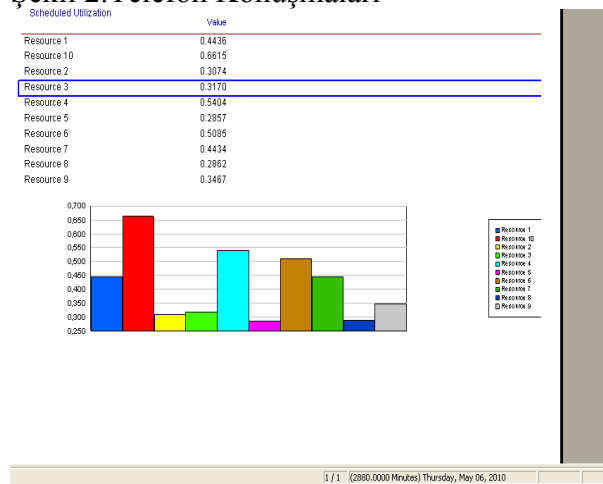
Ek 7. Benzetim modeli ekran görüntüleri



Şekil 1.Genel görünümünden bir kesit



Şekil 2.Telefon Konuşmaları



Şekil 3.Hasta danışmanlarının verimlilik oranları

Toptancılarda Satın Alma ve Envanter Yönetimi İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı

Intel Türkiye

Proje Ekibi

Sercan Altun

Türker Bilgin

Pelin Diren

Emre Kara

Çağatay Özcan

Ayhan Şebin

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Orhan Gencil, Intel Türkiye,

Anadolu Kanal Yöneticisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Alper Şen, Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Intel'in tedarik zincirinde önemli bir yer tutan toptancılar, karlılıklarını devam ettirmekte problemlerle karşılaşmaktadır. Toptancıların satın alma ve envanter yönetimi kararlarında bilimsel yöntem ve metotlardan faydalanmamaları, onların yüksek envanter maliyetlerine ve riske maruz kalmalarına sebep olmaktadır. Intel'in diğer toptancıları için de pilot çalışma niteliğinde olan bu projenin amacı, toptancılarda satın alma ve envanter yönetimi için karar destek sistemi tasarlayarak, onların envanterlerini risk, maliyet ve zaman açısından daha etkili yönetmelerini sağlamaktır.

Anahtar Sözcükler: Periyodik envanter yönetimi, (s, S) politikası, (T, R) politikası, teşvik primi analizi

1. Şirket Tanıtımı

Intel, iletişim ve bilişim sektörüne ileri düzeyde teknoloji çözümleri sağlayan, dünyanın önde gelen yarı iletken çip üreticilerinden birisidir. Intel'in ürünlerinin arasında mikro işlemci, çip, anakart, flashbellek ve cep telefonu için üretilmiş işlemci bulunmaktadır. Bunlara ek olarak Intel, ağ ve iletişim teknolojileri ve bilgisayar işletim sistemlerinin temel yapı taşlarını oluşturan ürünlerin üreticisidir.

Bu projenin pilot uygulaması için seçilen Sebil Bilgisayar ise Intel'in tedarik zincirinde önemli bir yere sahip olan toptancılardan bir tanesidir. Ankara'da binlerce aktif kurumsal müşterisi olan bilişim teknolojileri endüstrisinin önde gelen firmalarından biri olan Sebil Bilgisayar, CPU, anakart, hoparlör gibi bilgisayar araçlarını barındıran 4200 SKU ve 52 personeliyle, yılda 80 milyon TL ciro elde etmektedir.

2. Projenin Tanımı

Intel'in ürünleri, uluslararası PC markaları aracılığı ile bitmiş ürün olarak, distribütörleri aracılığı ile ise ara ürün olarak iki kanaldan tedarik zincirine girer. Tedarik zincirinin ikinci basamağında ürünler toptancılara (örneğin Sebil Bilgisayar) ve yerel PC markalarına (örneğin Casper ve Acer) ulaştırılır. Ürünler son kullanıcıya, perakende zincirleri (örneğin Teknosa) ve yerel bilgisayar satıcıları aracılığıyla ulaşır. (Ek 1)

Toptancılar, Intel'in toplam satışının yaklaşık %50'sini gerçekleştirmesi, sayısı 10.000'i geçen bağımsız perakendecilere kredi ve ürün tedariki desteği vererek risk tamponu görevi üstlenmesi, stok seviyelerinin indirilmesini mümkün kılacak şekilde lojistik destek vermesi, geniş bir coğrafyadaki son kullanıcıya ürün ulaştırılmasını mümkün kılacak alt yapıyı oluşturması sebebiyle hem Intel'in hem de bilişim sektörü tedarik zincirinin en önemli parçalarından biridir.

Geliştirilen sistem, toptancıların satın alma, envanter ve satış verilerinin yönetildiği yazılım ile entegre bir şekilde çalışarak, uygun talep tahmini metotlarını kullanarak hazırlanan esnek satın alma politikalarıyla ve teknik analiz yöntemleri ile envanter yönetimi ve satın almanın çok daha doğru ve hızlı şekilde yönetilmesi sağlanacaktır.

Projenin pilot uygulaması Sebil Bilgisayar üzerinde gerçekleştirildikten sonra diğer toptancılarda da hayata geçirilecektir.

3. Analiz

3.1 Toptancılarda mevcut satın alma sistemi analizi

Aracı firmalar, bilişim sektörü tedarik zincirinin en önemli parçalarından biridir. Satın alma operasyonunu etkileyen en önemli faktörler alınan ürünün fiyatı, kalitesi, kar marjı, envanter dönüş hızı olarak tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak, dönemlik hedefler, distribütörler tarafından verilen teşvikler, ürün fiyatında gözlenen dalgalanmalar, kredi limitleri ve ödeme periyotları da karar verilirken göz önünde bulundurulacak faktörlerdir.

Sebil Bilgisayar'da satın alma aktivitelerinden sorumlu dört ürün müdürü bulunmaktadır. Her ürün müdürü yaklaşık 10 kadar ürün grubundan sorumludur. Standart bir iş gününde iki ürün grubunun stok seviyeleri kontrol edilir. Bu işlem gerçekleştirildikten sonra ürün müdürleri son iki ayın verilerinin toplamını sekize bölerek sonraki haftanın satışlarını tahmin etmeye çalışır.

Bunun yanı sıra verilerde normalin dışında satışların gerçekleştiği de göz önünde bulundurulur. Alış fiyatı değişimlerinin anlık değişme zamanlarında bir kereye mahsus alınan kararlar alım işlemlerinde kritik bir öneme sahiptir. Benzer şekilde çeyrek sonlarında da yoğun olarak anlık kararlar verilmektedir.

Lojistik masrafları üründen ürüne, kategoriden kategoriye değişkenlik göstermektedir. Hacim olarak geniş olan ürünlerde lojistik maliyeti distribütör tarafından karşılanmaktadır.

ABC analizi sonucunda cironun %85'inin ürün gruplarının %20'si tarafından oluşturulduğu görülmektedir. Hızlı tüketilen ve maliyetleri görece yüksek olan işlemci ve anakartlar A grubundaki en önemli ürün kategorileridir. B grubunda ise dizüstü bilgisayarlar, kasa ve monitör gibi yavaş satılan ürünler bulunmaktadır. Son olarak, çok nadir satılan yedek parçalar ve eski model ürünler C grubunu oluşturmaktadır.

3.2 Karşılaşılan semptomlar ve şikayetler

Son yıllarda ekonomik kriz, değişen pazar şartları ve kötü yönetimler nedeniyle birçok bilgisayar ürünleri perakendecisi iflas etmiştir. Bunun en önemli nedenlerinin başında envanterin doğru yönetilememesi gelmektedir.

Pilot çalışma yapmakta olduğumuz Sebil Bilgisayar'da, satış tahminleri teknik analizlere dayalı değil, basit hesaplamalar sonucunda yapılmaktadır. Örneğin, sonraki haftanın satış tahminlerine son iki ayın haftalık satışlarının ortalaması üzerinden karar verilmektedir. Bu yöntem, pazar eğilimlerinin ve mevsimlik değişikliklerin izlenememesine ve tahmin hatalarına yol açmaktadır.

Sebil'in aktif olarak alıp sattığı 4200 farklı ürün bulunmaktadır. Zaman kısıtından dolayı, satın alma departmanı bu kadar çok ürünün talebini günlük olarak kontrol edememektedir. Bu durum pazardaki değişikliklere cevap verme süresini uzatmakta, personelin katma değerli işlere ayırdığı zamanı önemli ölçüde düşürmektedir.

Kritik ürünlerin ortalama envanter dönüş hızı 10 gündür. Bu seviyedeki bir dönüş hızında envanter maliyetleri, rekabetçiliği düşürmekte ve ortalama envanter değerleri riskli seviyelere ulaşabilmektedir.

Bazı ürünlerde, üreticinin veya tedarikçinin firmaya vereceği teşvik primini etkileyen, çeyreklik satış hedefleri bulunmaktadır. Sebil ve benzeri diğer toptancılar hedefleri tutturabilmek için, her çeyreğin

sonunda satın almalarına hız vermektedirler. Bu durum firmaların, bir sonraki çeyreğe gereğinden fazla miktarda stokla girmelerine neden olmaktadır.

3.3 Problemin tanımı

Problem, Intel'in toptancılarına, envanterlerini minimum risk ve masrafla yönetmelerini sağlayacak karar destek sistemini geliştirmek olarak tanımlanmıştır. Bu amaçla geliştirilecek karar destek sistemi pazar eğilimlerini, zaman ve iş gücü kısıtlarını göz önünde bulundurarak, kritik ürünler için envanter sipariş politikasını belirlemenin yanı sıra süreçleri standart, hızlı ve etkin bir yapıya kavuşturacaktır.

3.4 Literatür taraması

Tasarlanan sistemin farklı parçaları için farklı kaynaklardan araştırmalar yapılmıştır. Envanter politikalarının seçiminde farklı politikalar incelenmiş ve mevcut toptancı sistemlerine en uygun olanların (s,S) politikası (Veinott, 1965) ve (T,R) politikası (Chiang ve Gutierrez, 1999) olduğu belirlenmiştir. Kontrol dışı verilerin elenmesi için kullanılan bilimsel metot Scheaffer ve McClave (1995)'ten yararlanılarak geliştirilmiştir. Farklı envanter politikaları ve farklı dağılımlar için geliştirilen çözüm algoritmaları kullanılmıştır (Nahmias, 2009). Ramasesh (2009), geliştirilen teşvik primi analizi modülünde önemli fayda sağlamıştır.

4. Geliştirilen Yöntem

4.1 Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

4.1.1 Talep tahmini

Geçmiş satış verilerini iyi analiz edip doğru talep tahmini yapmak satın alma politikaları için büyük önem arz etmektedir. Önerilen sistem içerisindeki talep tahmini modülü dört farklı talep tahmin metodu içermektedir ve bu dört metot otomatik olarak geçmiş satış verilerini kullanıp ilgili ürünün istenilen gün sayısı kadar talep tahminini yapacak şekilde Java'da kodlanmıştır. Kullanılan yöntemler ve özellikleri aşağıdaki gibidir:

1. Hareketli Ortalama: Genellikle belli bir ortalama etrafında seyreden ürün satış verileri için etkilidir.
2. Üstel Düzleme: Son verilen siparişlerin daha fazla ağırlığa sahip olduğu durumlarda etkilidir.
3. Holt Metodu: Satışlarda pozitif ya da negatif bir eğilim varsa bu durumu yakalayarak etkili sonuçlar verir.
4. Winter Metodu: Sezonallığın geçerli olduğu satış verileri için etkili talep tahminleri yapar.

Her tahminden önce Üstel Düzleme ve Holt Metodu için gereken parametreler 0.01 ile 0.99 arasında sırayla denenir. Hareketli ortalamada ise 1 günden 10 güne kadar geriye bakma miktarı aynı şekilde test edilir. Testlerin sonucunda hata miktarlarının karelerinin ortalaması en küçük olan parametreler seçilir. Java programlama dili sayesinde bu işlem milisaniyelerde gerçekleştirilir. Talep tahmini için kullanılacak geçmiş veri aralığı, sapma ile doğru orantılı olacak şekilde hesaplanır. Güven aralığı %98 olacak şekilde geriye gidilerek kullanılacak veriler SQL sayesinde sistemden çekilir.

Optimize edilmiş parametreler üzerinden dört metot da çalıştırılır ve en az hata oranına (MSE) sahip metot tercih edilerek o metodun yaptığı talep tahminleri satın alma politikası hesaplamalarında kullanılır. Nokta tahminler kullanılarak (T,R) politikası için optimum değerler hesaplanmaktadır. Ayrıca, (s,S) politikasında uzun dönemli zaman aralıkları için talep tahmini yapılmaktadır

Talep tahmini modülü içerisindeki önemli bir kısım, kontrol dışı verilerin elenmesidir. Ham satış verisi talep tahmini metotlarına sokulmadan önce, farklı nedenlerden ötürü normal satışın dışında seyreden satış verileri, doğru bir talep tahmini yapmak için (\bar{X} , MR) grafik metoduyla elenir.

4.1.2 Envanter ve satın alma politikaları

Geliştirilen satın alma sistemi bütün toptancıların farklı satın alma özelliklerine ve kısıtlarına uyabilmesi açısından oldukça esnek olarak hazırlanmıştır. Satın alma sistemi iki farklı politikadan oluşmaktadır. Birinci politika, sabit sipariş verme maliyeti olan ürünler için geliştirilen (s,S) politikası, ikinci politika ise belirtilen servis seviyesi ve sipariş verme sıklığını parametre olarak alıp doğru bir satın alma sistemi öneren (T,R) politikasıdır.

Bu iki politika hesaplamalarında talep tahminleri girdisinin yanı sıra satış verisi-dağılım eşlemesi önemli bir yer tutar. Kontrol dışı olanların elendiği satış verileri normal ve geometrik olmak üzere iki farklı dağılıma eşlenir. (Bu iki dağılım tipi pilot uygulamanın yapıldığı Sebil Bilgisayar'ın satış verileri analiz edilerek belirlenmiştir.) Herhangi bir ürünün satış verileri bu iki dağılıma eşlenir, "uyum iyiliği" metodu kullanılarak hangi dağılıma daha iyi eşlendiği belirlenir ve veri-dağılım eşlemesinden elde edilen parametreler envanter politikası hesabında kullanılır.

1. (s,S) Politikası: Sipariş verme maliyetinin etkin bir şekilde hesaplanabildiği ürünler için kullanılır. Sipariş verme maliyeti ile elde tutma maliyeti arasındaki ödünleşmeye göre uygun (s,S) değerleri verir. Envanter seviyesi s'ye düştüğünde verilecek sipariş ile envanter seviyesini S'ye çekmeyi öngörür. (s,S)

değerleri, yinelemeli hesaplanan (Q,R) politikası yaklaşımıyla hesaplanmıştır. (Ek 2) İki farklı dağılım için de çözüm algoritmaları geliştirilmiştir. (Ek 3-4) Periyodik olarak gün sonlarında envanter kontrolleri yapılır ve kritik stok seviyesinin altındaki ürünler için ne kadar sipariş verileceği belirlenir.

2. (T,R) Politikası: Sipariş verme maliyetinin olmadığı ya da doğru bir şekilde hesaplanmasının zor olduğu toptancılar ve ürünleri için esnek bir sistem sunmak amacıyla geliştirilmiştir. Servis seviyesini ve talep tahminlerini göz önünde bulundurarak stok dışı kalma sayısını istenilen servis seviyesi düzeyinde tutacak şekilde her bir ürün için R değeri verir. (s,S) politikasına göre daha esnek bir sistemdir. Her günün sonunda ürünün envanter seviyesini kontrol etmeyi gerektirmez. Toptancıların bünyesinde bulundurduğu satın alma görevlilerinin zaman kısıtlarına göre belirleyecekleri sipariş verme sıklığı parametresi T ve belirlenen servis seviyesi için veri-dağılım eşleşmesi ve talep tahmin metotları kullanılarak her T günde bir R envanter seviyesine kadar sipariş vermeyi öngörür. (Ek 5) Normal dağılım için de çözüm algoritması geliştirilmiştir. (Ek 6)

T değeri, periyodik envanter sipariş süresini vermektedir. Proje kapsamında şirket kaynakları göz önüne alınarak yapılan değerlendirmede, T değişkeni 1 ile 10 arasında farklı değerler için denenmiş ve optimum T ve R değerleri hesaplanmıştır. Ancak, Intel ve Sebil Bilgisayar tarafından, şirketin personel seviyesinde değişikliğe gidilmeyecek değerler için politikaların geliştirilmesini talep etmiştir. Personel sayısı, ürün kalem ve kategori sayısı, sipariş başına harcanan zaman ve geliştirilen karar destek sisteminin getireceği zaman tasarrufları analiz edildiğinde ortalama T değeri minimum üç olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle ikinci aşamada, T değeri aralığı üç ve üçten büyük değerler için hesaplanmıştır. Ayrıca, farklı toptancıların farklı dinamiklere sahip olduğu ve sektörün değişken yapısı düşünüldüğünde (T,R) politikasında uygulanan iki aşamalı yaklaşımın en doğru yöntem olduğu düşünülmektedir.

4.1.3 Teşvik primi analizi

Teşvik primi analizi, satın alma politikalarından bağımsız çalışan bir modüldür. Bu sektördeki toptancıların istekleri göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Mali yılın çeyrek sonlarında distribütörler toptancılara, belli ürün grupları için normal alımlarının dışında ekstra alımlar yaptıklarında her ürün için ürün başına farklı miktarlarda teşvik primleri

önermektedirler. Bu teşvik primlerinin fizibilite analizi toptancılar tarafından etkili bir şekilde yapılamadığı için toptancılar zarara uğramakta ya da belli bir kar fırsatından yararlanamamaktadırlar.

Algoritmamız, kotaya ulaşılması için gerekli sipariş miktarını karı maksimize edecek şekilde ürün kalemlerine dağıtmaya yarar. Kar maksimizasyonu, ürünlerin envanter hızı, envanter maliyetleri ve teşvik miktarları göz önünde bulundurularak yapılır. Algoritma sonucunda, gerekli sipariş miktarının ürün bazında en iyi dağılımı verilir. Karın negatif çıkması, kotayı doldurmak için fazla envanter tutmanın tercih edilmemesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Teşvik primi analizi için öncelikle doğrusal programlama modeli geliştirilmiş, model GAMS'te kodlanarak CPLEX'le çözülmüştür. (Ek 7) Programla entegrasyonun sağlanması için “tümünü deneme” metodu ile envanter tutma maliyeti ve ürün karlılığı arasındaki ödünleşmeyi göz önünde bulundurularak Java'da kodlanmıştır. Sonucunda doğrusal programlama modeliyle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

4.2 Sistem mimarisi

Geliştirilen sistemin tüm modülleri Java'da kodlanmış ve kullanıcı dostu bir ara yüz hazırlanmıştır. (Ek 8) Hazırlanan programın adı Cockpit'tir. Doğabilecek kullanıcı hatalarını en aza indirmek için mümkün olduğunca program-veritabanı eşlemesi kurulmuş ve gerekli verileri toptancıların veritabanından SQL ile rahatlıkla çekilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Programın, toptancıların kullandıkları ERP programları ve veritabanları ile entegre bir şekilde çalışması hedeflenmiştir.

Programın uygulandığı toptancılar için öncelikle onların özelliklerine uygun envanter politikası tespit edilir ya da farklı ürünler için farklı envanter politikaları tercih edilebilir. Sürecin hızlı işlemesi açısından bu kararın programın kullanılmaya başlamasından önce verilmesi gerekmektedir. Pilot uygulamanın yapıldığı Sebil Bilgisayar ile yapılan görüşmeler sonucunda (T,R) politikasının kullanılmasına karar verilmiştir.

Program kullanıcıya, satın alması yapılacak tek bir ürüne, (s,S) politikasıyla belirlenen kritik stok seviyesi altındaki ürünlere ya da bir ürün grubunun tamamına ulaşabilme olanağını sunar. (Ek 9) Kullanıcı ihtiyacına göre bunlardan birini tercih eder ve toptancıya özgü önceden belirlenmiş parametreler (servis seviyesi, faiz oranı, sipariş verme sıklığı, vb.) kullanıcı karşısına getirilir. (Ek 10) Kullanıcı, var olan parametreleri değiştirmeden işlem yapabildiği gibi bunlara müdahalede de bulunabilir. Bu aşamadan sonra “hesapla” düğmesine basılır ve geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri başlığı altında anlatılan metotlar sırasıyla çalışarak en doğru değerleri kullanıcıya raporlar. (Ek 11) Talep tahmini aşamasında program kullanıcıya talep tahmin

değerlerini kendi öngörüsüne göre değiştirebileceği bir seçenek sunar. Programın hesapladığı değerler ile talep tahmin değerlerini kendi girme seçeneği kullanıcıya bırakılmıştır.

Teşvik primi modülünü kullanmak isteyen kullanıcıya, gerekli parametreler yine veri tabanından çekilerek gösterilir. Bu parametreler ile devam etme ya da parametreleri değiştirme kararı kullanıcıya aittir. Teşvik primi kotasını ve hangi ürünler için teşvik aldığını seçen kullanıcı, “hesapla” butonuna basar ve teşviği almanın doğru bir karar olup olmadığını ve teşviği almak mantıklı ise hangi üründen ne kadar alacağını ekranda görür. Satın alma ve teşvik primi analizi süreçlerinin süreç akışı Ek 12’te gösterilmektedir.

5. Mevcut Sistem ile Önerilen Sistemin Karşılaştırılması

Geliştirilen karar destek sistemi toptancılara iki somut fayda sağlamaktadır. Bu faydalar işletmeyi daha az sermaye ile döndürerek riski azaltıp karlılığı artırmak ve doğru satın alma politikalarının kullanılması yoluyla ürünlerin toplam envanter maliyetlerini en aza indirmektir.

Proje kapsamında tasarlanmış olan karar destek sisteminin en önemli özelliği, envanter süresini aşağı çekerek işletme sermayesi devir gün sayısının kısaltılmasını sağlamaktır. Örneğin, pilot çalışmanın gerçekleştirildiği Sebil Bilgisayar’da mevcut insan kaynağı kısıtıyla 10 günde bir sipariş verilmektedir. Geliştirilen modellerin gerçek verilere uygulanması sonucunda ortalama sipariş süresinin üç güne yakınsadığı gözlemlenmiştir. Şirket danışmanları ile görüş alışverişi sonucunda, standart bir periyodik satın alma sürecinin şirket dinamiklerine en uygun olacağına karar kılınmıştır. Karar destek sistemi zaman tasarrufunu maksimize edecek şekilde tasarlanmıştır. Diğer bir ifade ile ortalama envanter süresi 10 günden üç güne indirilmiştir.

Tablo 1. Mevcut sistem ile önerilen sistem karşılaştırması.

	Mevcut Sistem	Önerilen Sistem
Envanter Süresi	10 gün	3 gün
Satış Vadesi	45 gün	45 gün
Alım Vadesi	(30 gün)	(30 gün)
İşletme Sermayesi Devir Gün Sayısı	25 gün	25 gün
İşletme Sermayesi Yıllık Devir Sayısı	14 kere	20 kere
Devir Başına Yatırılan Para	3,5 Trilyon TL	2,5 Trilyon TL

Yukarıda görüldüğü üzere envanter süresinin üç güne indirilmesiyle devir başına yatırılan para 3,5 Trilyon TL'den 2,5 Trilyon TL'ye düşürülmüştür. İşletmenin 1 Trilyon TL daha az sermaye ile döndürülebilmesi, Sebil Bilgisayar'ın finansal sorunlarla karşılaşma riskini azaltmaktadır. Ayrıca, buradaki tasarrufun başka alanlarda yatırım olarak değerlendirilmesi şirketin karlılığına pozitif etki edecektir.

Bunun yanında, seçilen ürünlerde yapılan karşılaştırmalar sonucunda, doğru satın alma politikalarının kullanılmasının envanter seviyesini ve maliyetini büyük ölçüde aşağı çektiği gözlenmektedir.

Tablo 2. Intel E5300 CPU'ları envanter maliyetlerinin karşılaştırılması.

	Mevcut Sistem	Önerilen Sistem	Kazanç %
Envanter Maliyeti (TL)	186	121	35%
Ortalama Envanter Miktarı (Adet)	61	40	35%

Örneğin, Tablo 2'den anlaşılacağı üzere, Intel E5300 CPU'larının Eylül-kasım arasındaki üç aylık verileri baz alındığında, önerilen sistem mevcut sisteme göre envanter maliyetini ve ortalama envanter miktarını yüzde 35 düşürmektedir. Bu ürünün cirosu diğer ürünlere oranlanarak dışdeğerleme yapıldığında, toplamda 70.000 TL kazanç sağlanmaktadır. Stok dışı kalma oranı da, kullanıcının belirlediği servis seviyesi değerlerinde kalmaktadır.

Sonuç olarak iş sermayesi tasarrufunun yıllık faiz gelirinden gelen 130.000 TL ve toplam envanter maliyeti tasarrufundan gelen 70.000 TL ile toplamda 200.000 TL kazanç elde edilmektedir. Bu tasarruf Sebil Bilgisayar'ın toplam karının yüzde 10'una tekabül etmektedir. Bu tasarruf bütün Intel toptancıları bünyesinde düşünüldüğünde, elektronik ürün perakendecileri için büyük bir kar artışı potansiyeli bulunduğu görülmektedir.

6. Uygulama Planı

Proje sürecinde modellerimiz geliştirilmiş, kodlamalar tamamlanmış ara yüz tasarlanmış durumdadır. Bu aşamalarda Java programlama dili, SQL veritabanı uygulamaları ve Flash grafik ve ara yüz geliştirme uygulamaları kullanılmıştır. Geliştirilen karar destek sistemi gerçek verilere uygulanmış ve sonuçlar analiz edilerek 14 Nisan 2010 tarihinde Intel ve Sebil Bilgisayar yöneticileri ile paylaşılmıştır.

Pilot çalışmayı gerçekleştirdiğimiz Sebil Bilgisayar projede geline aşamayı büyük beğeni ile karşılamış ve bilgi işlem departmanını proje ekibimizin hizmetine vererek en kısa zamanda uygulamaya geçilmesini talep etmiştir. Intel, geliştirdiğimiz karar destek sistemini

bütün toptancılarına dağıtmakta son derece kararlı olup, Sebil Bilgisayar'daki test sürecinin sonucu beklemektedir.

Sebil Bilgisayar'ın ERP sistemiyle çalışması planlanan, Cockpit sisteminin Sebil Bilgisayara entegrasyonuna 10 Mayıs 2010 tarihinde başlanacak olup bir hafta içerisinde test sürecinin başlatılması planlanmaktadır. Bu süreçte firmanın bilgi işlem departmanı ile koordine şekilde çalışılacak ve geribildirimler sonucunda yazılım üzerinde son muhtemel geliştirmeler gerçekleştirilecektir.

Projenin uygulamaya geçmesi üç aşamada gerçekleşecektir. İlk aşamada, sabit fiyatlı ürünler için otomatik sipariş sistemine geçilecektir. CockPit yazılımı, bir ürün için bir saniye kadar kısa bir sürede sonuç verebilecek şekilde kodlanmıştır. İkinci aşamada, yazılım, ürün kalemleri için değil ürün grupları için uygulanacaktır. Uygulamanın son aşamasında, kritik ürün kalemleri de sürece dahil edilecektir.

7. Genel Değerlendirme

7.1 Projenin firmaya getireceği katkılar

Cockpit karar destek sisteminin Intel toptancılarına entegre edilmesi küçük ve ortak ölçekli bu firmaların satın alma süreçlerini bilimsel bir yaklaşımla gerçekleştirmelerini sağlayacaktır.

Envanter dönüş hızının artmasıyla birlikte değişken envanter maliyetleri %35 oranında azalacaktır. Envanter taşıma riskinin kabul edilebilir seviyelere düşmesi ile beklenmedik durumlara karşı toptancıların dayanıklılığı artacaktır. Sermayenin yaklaşık %50 oranında daha fazla döndürülmesi gerekli iş sermayesini de aynı oranda azaltacaktır.

Cockpit sayesinde ürün başına düşen satın alma zamanı radikal oranlarda azalacaktır. Bu sayede satın alma sorumluları katma değeri yüksek olan araştırma, ağ kurma ve pazarlık işlemlerine daha fazla zaman ayırabilecek ve şirketin karlılığı önemli ölçüde artacaktır.

Intel, toptancılarının daha karlı ve rekabetçi yapılara kavuşmasıyla Türkiye'deki dağıtım kanalını rahatlatacaktır. Toptancılarda ürün siparişlerinin belirli bir düzen içinde gerçekleşmesi Intel'in envanter yapısını daha güçlü ve kontrollü kılacaktır. Envanter taşıma riskinin düşürülmesi sayesinde toptancıların iflas riski de azalacak ve Intel'in dağıtım kanalları daha sağlıklı bir şekilde işleyecektir.

7.2 İleriye dönük geliştirme olanakları

Intel toptancılarında satışlar, pazar şartlarından, rekabetten, promosyonlar ve fiyat değişimlerinden göz ardı edilemez şekilde etkilenmektedir. Satışlardaki bu değişimler satın alma politikalarının en etkili şekilde uygulanmasını olumsuz etkilemektedir. Satışların çeşitli pazar dinamiklerine olan duyarlılıklarını bilimsel yöntemlerle tahmin

etme amaçlı bir çalışma önerilen sistemin daha etkin bir şekilde işlemlerine olanak sağlayacaktır.

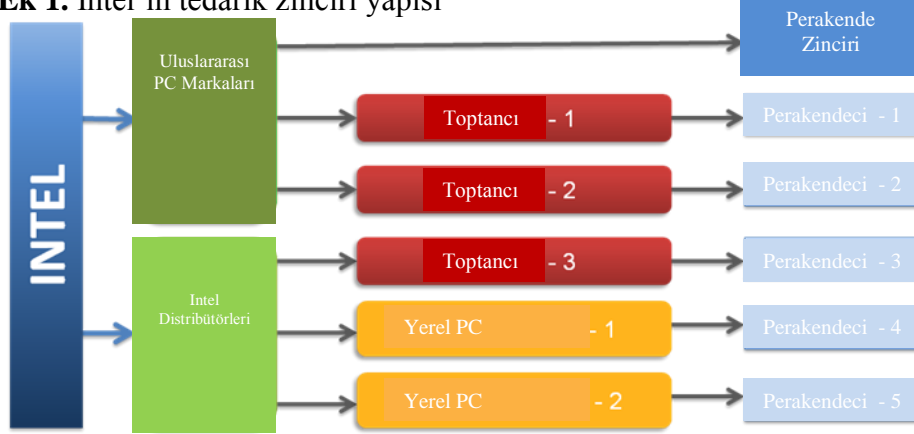
Cockpit yazılımı, pilot çalışmayı gerçekleştirdiğimiz Sebil Bilgisayar'da uygulamaya geçtikten sonra diğer Intel toptancılarına da hızla yaygınlaştırılmalıdır. Bu süreçte diğer toptancıların sahip oldukları farklı dinamikler de göz önüne alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- Chiang, C., Gutierrez, G. J. 1999. "A periodic review inventory system with two supply modes", *European Journal of Operations Research*, 94 (3), 527-547.
- Nahmias, S. (2009). *Production and Operations Analysis* 6th edition, McGraw Hill, Singapore.
- Ramasesh, R. V. 2009. "Lot-sizing decisions under limited-time price incentives: A review", *Omega* 38, 118-135.
- Scheaffer, Richard L., McClave, James T. (1995). *Probability and Statistics for Engineers*, Duxbury Press.
- Veinott, Arthur T., Wagner, Harvey M. 1965. "Computing Optimal (s,S) Inventory Policies", *Management Science* 11, 525-552.

EKLER

Ek 1. Intel'in tedarik zinciri yapısı



Ek 2. (s,S) politikasından (Q,R) politikasına yaklaşım

τ : Siparişin sabit ve pozitif teslimat süresi

λ : Beklenen yıllık sipariş talebi

K: Sipariş verme maliyeti

h: Ürün başına yıllık stok tutma maliyeti

p: Karşılammamış talep için ürün başına stok dışı kalma ceza maliyeti

β : Servis seviyesi

Maliyet Fonksiyonu: $ETC(R, Q) = h \left(\frac{Q}{2} + R - \lambda\tau \right) + \frac{\lambda K}{Q} + \frac{p\lambda n(R)}{Q}$

Denlem 1: $Q = \frac{n(R)}{1 - F(R)} + \sqrt{\frac{2\lambda K}{h} + \left(\frac{n(R)}{1 - F(R)} \right)^2}$

Denlem 2: $n(R) = (1 - \beta)Q$

Çözüm Basamakları:

1. $Q_0 = EOQ_0 = \sqrt{\frac{2K\lambda}{h}}$

2. Q'_0 kullanarak Denlem (2)'deki R'_0 'i çöz

3. $i = 1$

4. R'_{i-1} 'i kullanarak Denlem (1)'deki Q'_i 'i çöz

5. Q'_i kullanarak Denlem (2)'deki R'_i 'i çöz

Eğer $R_i = R_{i-1}$ ve $Q_i = Q_{i-1}$ (veya çok yakınsa), $R^* =$

6. R_i & $Q^* = Q_i$ ve dur

7. Aksi takdirde, $i = i + 1$ ve 4. basamağa git

Ek 3. Satış verilerinin normal dağılıma eşlenmesi durumundaki çözüm algoritması

2. ve 5. Basamak: R_i 'i bulma prosedürü

- $n(R_i) = (1 - \beta)Q_i$
- $L(z_i) = \frac{n(R_i)}{\sigma}$
- z_i 'i $L(z)$ tablosundan bul
- $1 - F(R_i)$ 'i bul
- $R_i = \sigma z_i + \mu$

Ek 4. Satış verilerinin geometrik dağılıma eşlenmesi durumundaki çözüm algoritması

2. ve 5. Basamak: R_i 'i bulma prosedürü

- $n(R_i) = (1 - \beta)Q_i$
- $R_i = \frac{\ln(pn(R_i))}{\ln(1-p)}$
- $1 - F(R_i) = (1 - p)^{R_i}$ i bul
 $F(R_i) = 1 - (1 - p)^{R_i}$

$$n(R_i) = \frac{(1 - p)^{R_i}}{p}$$

Ek 5. (T,R) politikası

- T: İnceleme periyodu
R: Sipariş verme noktası
 β : Servis seviyesi

$$\text{Denklem (X): } 1 - \frac{n(R)}{\sum_{i=1}^T \mu_i} = \beta$$

Ek 6. (T, R) Politikası: Satış verilerinin geometrik dağılıma eşlenmesi durumundaki çözüm algoritması

- Verilen periyod sayısına göre (n), noktasal tahminleri bul
- Denklem (X)'ten $n(S)$ 'i bul
- $\sigma = 1.25 * MAD * \sqrt{T}$
- $\mu = \sum_{i=1}^T D_i$
- Dağılım: $N(\mu, \sigma)$
- $L(z) = \frac{n(S)}{\sigma}$
- $L(z)$ tablosundan z 'yi bul
- $R = \sigma z + \mu$

Ek 7. Teşvik primi analiz modeli

Parametreler:

D_{ij} : Ürün i nin periyot j 'deki talebi $i = 1..n$ & $j = 1..T$

r_i : Ürün i başına verilen teşvik primi $i = 1..n$

h_i : Ürün i başına periyotluk envanter tutma maliyeti $i = 1..n$

K : Kategori için belirlenmiş teşvik primi kotası

Karar Değişkenleri:

X_i : Sipariş edilen toplam ürün i miktarı $i = 1..n$

I_{ij} : Periyot j 'de tutulan toplam ürün i miktarı

$i = 1..n$ & $j = 1..T$

Model:

$$\max \sum_{i=1}^n r_i X_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T h_i I_{ij}$$

s. t.

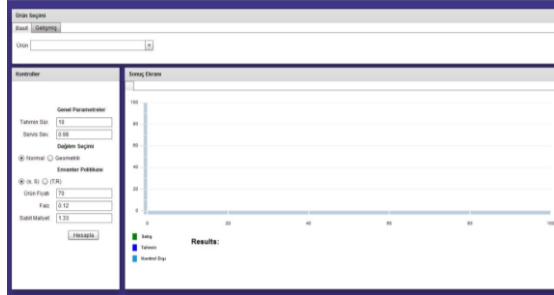
$$I_{i0} = X_i \quad i = 1..n$$

$$I_{ij} = I_{ij-1} - D_{ij} \quad i = 1..n \quad \& \quad j = 1..T$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = K$$

$$X_i, I_{ij} \geq 0 \quad i = 1..n \quad \& \quad j = 1..T$$

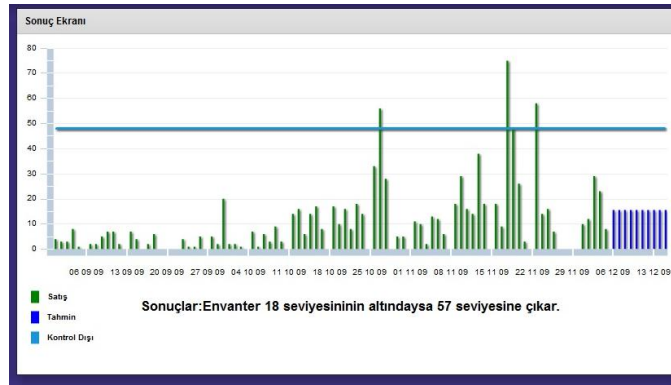
Ek 8. Kullanıcı ara yüzü (Genel görünüm)



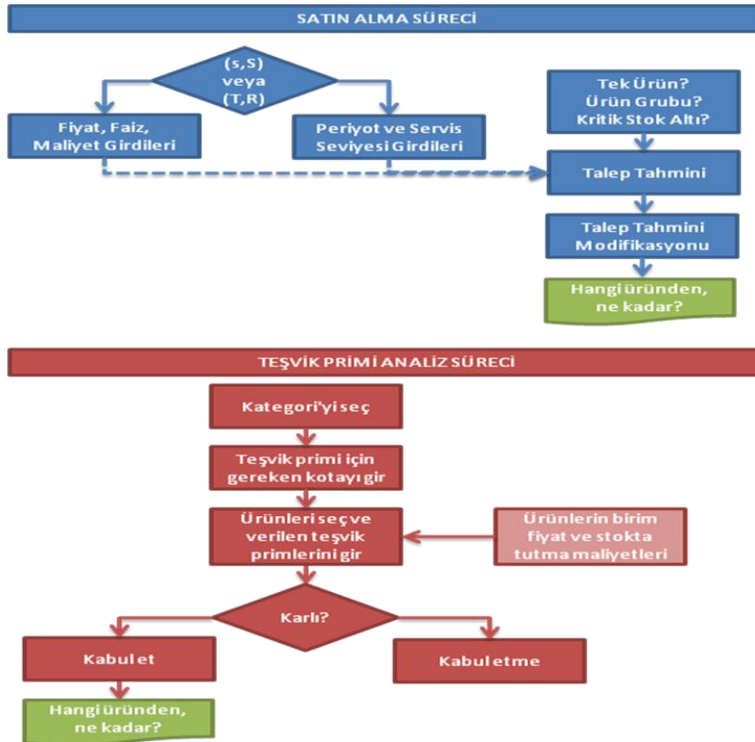
Ek 9. Kullanıcı ara yüzü (Filtreleme modu)

Ek 10. Kullanıcı ara yüzü (Parametreler)

Ek 11. Kullanıcı ara yüzü (Sonuç ekranı)



Ek 12. Süreç akış diyagramı



Kamil Koç Otobüs ve Mürettebat Atama ve Çizelgeleme Sistemi Tasarımı

Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.

Proje Ekibi

Alican Canoruç
Büşra Ergün
Emre Haliloğlu
Ahmet Yusuf Mercan
Tolga Şahin
Melek Şendil

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Erol Aydın, Kamil Koç Otobüsleri A.Ş., Finans Müdürü
Taner Sezer, Kamil Koç Otobüsleri A.Ş., İnsan Kaynakları Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Mustafa Ç. Pınar, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ulaşım sektörünün önde gelen isimlerinden Kamil Koç Otobüsleri A.Ş. otobüslerin ve mürettebatın belirlenmiş olan seferlere atamasını deneyime bağlı olarak yaptığı için yani sistematik bir yaklaşımları olmadığı için zorluklarla karşılaşmaktadır. Şirket var olan sistemden memnun değildir, çünkü sektörün dinamik atmosferine istenilen şekilde ve hızda cevap verememektedir. Bu proje otobüslerin ve mürettebatın belirlenmiş seferlere yapıcı ve geliştirici sezgisel modeller kullanarak, çalışma saatleri ve otobüslerin elde ettikleri karlar arası dengeyi de göz önünde bulundurarak atanmasını hedeflemektedir. Geliştirilen modeller Java programlama dili kullanılarak kodlanmıştır ve kullanıcı dostu bir arayüz tasarlanarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: JAVA, NetBeans, Otobüs, mürettebat, atama, matematiksel model, algoritma, sezgisel model, Kamil Koç

1. Şirket Tanımı

Kamil Koç Otobüsleri A.Ş. 1926 yılında Kamil Koç tarafından kuruldu. İlk olarak Ankara ve Bursa arasında faaliyet göstermeye başlayan firma sektöründe lider olarak 26 ilde hizmet vermeye devam etmektedir. Kamil Koç Otobüsleri A.Ş. 47,3 milyon dolar marka değerine sahip olup en büyük 500 özel teşebbüs içinde 257.143.468 TL'lik yıllık ciro ile 226. sıradadır. Şirket müşterilerine 3000 çalışanı ile 278 farklı noktada hizmet vererek yılda yaklaşık 8 milyon yolcu taşımaktadır. Her gün yaklaşık olarak 20.000 yolcu ile 320 otobüs tarafından 590 sefer yapılmakta ve 300.000 kilometre yol kat edilmektedir.

Kamil Koç, Bursa (genel merkez), Ankara, İstanbul ve İzmir olmak üzere dört ana noktadan 26 ilin hatlarını kapsayan operasyonlarını yürütmektedir. Kamil Koç'un ana odağını ise Ankara batısında kalan iller ve sahil yöreleri teşkil etmektedir. Kamil Koç her zaman sektörde standartları belirleyen kurum olmuştur. Örneğin, bir tarafta geniş tek kişilik koltuk kavramını piyasaya ilk tanıtan ve kaptanlarına düzenli sağlık kontrolü yaptıran ilk şirket Kamil Koç'tur.

2. Projenin Tanımı ve Analiz

2.1 Mevcut sistem analizi

Kamil Koç'ta atama/çizelgeleme işleri dört ana bölgedeki tecrübeli otogar müdürleri tarafından yapılmakta ve her müdür kendi bölgelerine bağlı otobüslerle ilgilenmektedirler. Şu andaki sistem üçe ayrılabilir. Bunlar kaptan, host ve otobüs atamalarıdır.

Kamil Koç Otobüsleri A.Ş yaklaşık olarak 70 öz mal otobüse sahiptir. Filonun geri kalanı sözleşmelidir ve bu otobüsler Kamil Koç ismiyle faaliyet gösterip, karlarının %30'unu şirkete vermektedirler. Bu sistem, farklı insanlar tarafından işletilen otobüsler arasında kar dengesinin sağlanması gerekliliğine neden olmaktadır.

Şirket genel olarak üç tip otobüs kullanmaktadır. Bunlar Travego, Setra ve Rahat Hat'tır. Seferler otobüs tiplerine göre sınıflandırılmakta dolayısıyla farklı tip otobüs atamaları birbirinden bağımsız olarak yapılmaktadır. Kamil Koç çizelgelemelerinde bir "rotasyon sistemi" kullanmaktadır. Aşağıda rahat hatlar için bu sistemin bir açıklaması bulunmaktadır.

Öncelikle bir "tablo" oluşturulmaktadır ve bu tabloda belirli bir günü kapsayacak şekilde sefer saatleri, kalkış ve varış yerleri gibi bilgiler bulunmaktadır. Genellikle bu tablolar 10-12 gün gibi bir süreyi kapsamaktadır. Bu tabloya otobüsler yerleştirilmekte, ertesi gün bir seferi tamamlayan otobüs, bir alt satıra inmek suretiyle gelecek bir sefere atanmış olmaktadır.

Bu tabloları oluştururken dikkat edilmesi gereken bir nokta, gün sayısının yedinin katları şeklinde olmamasıdır. Bunun sebebi, bir otobüsün her hafta aynı saatte, aynı seferi yapmasının önüne geçmektir.

Kaptan atanmaları çok daha basit bir şekilde yapılmaktadır. Her otobüse üç kaptan atanmaktadır ve her seferde bu üç kaptandan ikisi otobüste bulunmakta, diğeri ise evinde dinlenmektedir. Otobüs bir seferden merkezine dönünce kaptanlardan birisi istirahata geçmekte, dinlenmiş bulunan kaptan ise sefere çıkmaktadır.

Dikkat edilen nokta, üç kaptanın çalışma saatlerinin sınırlı olması nedeniyle, otobüslerin de haftalık çalışma saatlerinin sınırlandırılmış olmasıdır. Kanuni kısıtlara göre bir kaptan haftada 45 saat çalışabilmektedir. Bu da bir otobüsün haftada yaklaşık olarak 67,5 saat çalışmasına tekabül etmektedir.

Host çizelgelemesi ise otobüs ve kaptanlar atandıktan sonra yapılmakta ve hostlar kaptanlardan farklı olarak değişik otobüslerde çalışabilmektedirler. Çalışma saatlerindeki kanuni kısıtlar ise kaptanlara benzer olarak haftalık 45 saattir.

2.2.1 Şikâyetler

Mevcut sistem analizi sonrası belirlenen sorunsallar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Otobüslerin kalkış saatleri belirli olan turlara atanması dört merkezdeki deneyim sahibi kişiler tarafından yapılmaktadır; fakat bu standartları olan bir yöntemin geliştirilmemiş olduğunu göstermektedir.
- Otobüsler arasında tur güzergâhları ve çalışma saatleri nedeniyle bir karlılık dengesi kurulmasında zorluk yaşanmaktadır.
- Şirket otobüslerin yatar sürelerinin fazla olduğu konusunda endişe taşımaktadır.
- Otobüslere atanan kaptan ve hostların günlük çalışma saatlerinin değişken olması istenmeyen bir durum oluşturmakta ve bu durum personelin verimliliğini, hizmet kalitesini düşürmekte ve marka değerine zarar vermektedir.
- Şirket, personelin çalışma sürelerini yasal düzenlemelere uygun şekilde tutmak için zorluklar yaşamaktadır.

2.2 Problem tanımı

Taşımacılık sektörü rekabetin yüksek olduğu ve değişen koşullara en kısa zamanda uyum sağlanmasının esas alındığı bir sektör olduğu için, elle atama yöntemi otobüslerin ve hostların turlara atanmasını daha da karmaşık hale getirebilmektedir. Şirket yetkilileriyle yaptığımız görüşmeler ve gözlemler sonucunda el ile atama yöntemi analitik ve bilimsel yaklaşımlardan uzak olduğu için otobüslerin karlılıklarını dengeli dağıtılamamakta, personelin çalışma saatlerinde dengelyi sağlayamamakta, yasal kısıtlara uyumu zorlaştırmaktadır.

Bu temel faktörler göz önünde bulundurularak, problem “*Otobüs ve mürettebat atamasında sistematik bir yaklaşımın yani matematiksel veya sezgisel modellerin eksikliği*” olarak tanımlanabilir. Projenin amacı ise metodolojik bir otobüs ve mürettebat atama sistemi geliştirerek atama sonunda otobüslerin elde ettikleri karlılığın ve mürettebatın çalışma saatleri dengesinin sağlanması ve bu işlemlerin bir merkezden kontrol edilebilmesine olanak tanınması olarak belirtilebilir.

2.3 Yazın taraması

Problemimizi tanımladıktan sonra, problemimizin çözümünde izleyebileceğimiz yaklaşımlar bulmak amacıyla yazını araştırdık. Özellikle “*Transportation Science*” adlı dergiden ulaşım sektörünün problemleri ile ilgili pek çok makale ulaştık. Araştırmalarımızda kullandığımız anahtar kelimeler “*otobüs ve mürettebat çizelgeleme*”, “*araç atama*” gibi kavramlardı. Literatürde bu kavramlarla ilgili işlenen genel konular uçak filolarının veya toplu taşıma araçlarının çizelgelerinin çıkarılmasıydı. REXING ve BARNHART (2000), FERLAND ve MICHELON (1988), WATERS (1990), GERTSBACH ve GUREVICH (1977), HAASE, DESAULNIERS ve DESROSIERS (2001) gibi yazarların makalelerinden problemimize yaklaşım ile ilgili genel bir fikir edindik.

Otobüs ve mürettebat çizelgeleme problemlerinde genel olarak iki tür yaklaşımın var olduğu söylenebilir. Bunlardan ilki önce araçların çizelgelerinin oluşturulması ve ardından buna bağlı olarak mürettebatın çizelgesinin oluşturulmasıdır. İkinci yaklaşım ise araçların ve mürettebatın çizelgelerinin aynı anda çıkarılmasıdır ki bu problemin zorluk derecesini daha da artırmaktadır. Tüm bunları göz önünde tutarak biz problemimizde bu yaklaşımların bir bileşimini uyguladık. Mürettebatı, kaptan ve host olarak ikiye böldükten sonra otobüs ve kaptanları aynı anda çizelgelerken, bu işlemde sonra hostların atamasını gerçekleştirdik.

Literatürde bahsi geçen problemlerin; maliyetin minimize edilmesi, araç kullanımlarının birbirlerine yakınlaştırılması gibi birbirinden oldukça farklı amaç fonksiyonlarının olduğunu gördük. Bizim problemimizde ise amaç otobüs karlılıklarının birbirine yakınlaştırılmasıydı ve bu tip bir problem KUBIAK’ın “*Proportional Optimization and Fairness*” makalesinde ele alınmıştır.

Otobüs ve mürettebat çizelgelemesi oldukça büyük ölçekli bir problemdir. Dolayısıyla bu problemin çözümü sezgisel yöntemlere dayanmayı gerektirmektedir. Otobüs atama problemi için kurduğumuz matematiksel model 165.110.400 değişken içermekte ve mevcut çözüm yazılımları ile bir sonuç elde etmek imkansız görünmektedir. Dolayısıyla, problemin daha küçük problemlere bölünerek çözülmesi daha kullanışlı görünmektedir (FERLAND ve P. MICHELON, 1988).

3. Önerilen Yöntembilim

3.1 Yöntembilimin amacı

Sistemimiz otobüs, kaptan ve host çizelgeleme problemini ikiye bölerek çözmeyi amaçlamaktadır. Bu iki alt problem otobüs - kaptan ve host çizelgelemesi şeklindedir. Gerekli çizelgeler çıkartılırken otobüslerin karlılıklarının dengeli dağıtılmasına ve aynı zamanda kaptan ve hostların çalışma saatlerine riayet edilmesine dikkat edilmiştir. Host çizelgeleme alt probleminde ise benzer şekilde hostların çalışma saatlerinin dengeli dağıtılmasına dikkat edilmektedir.

3.2 Genel yaklaşım

Problemimizin çözümüne kavramsal model geliştirerek başladık. Daha sonra ikiye böldüğümüz problemin her bir alt problemi için birer matematiksel model geliştirdik. Bu modellerimizi CPLEX çözücü ile GAMS arayüzünü kullanarak küçük bir örnek için çözdük. Fakat gerçek problemimiz otobüs atamalarında 165.110.400 değişken içerdiği için matematiksel model alternatifinin çok kullanışlı olmadığını gördük. Bu sebeple sık kullanmaya uygun, çok daha büyük durumlar için, çok daha kısa sürede sonuçlar veren yapıcı ve geliştirici bir sezgisel yöntem geliştirdik. Bu sezgisel yöntemi JAVA programlama diliyle kodladık ve son kullanıcının her gün yararlanabileceği bir arayüz oluşturduk.

3.3 Geliştirilen sezgisel yöntem

Daha önce belirtildiği gibi bir otobüsün üç kaptanı bulunmakta ve bu kaptanlar aynı şehirde ikamet etmektedir. Sefer tipleri ise Travego, Rahat 32 ve Rahat 40 olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Geliştirilen sezgisel yöntemin şematik gösterimi Ek 1’de gösterilmektedir.

3.3.1 Yöntembilimin tasarımı

Otobüs (Rahat 32, Rahat 40 ve Travego) ile host atamaları arasında çok ciddi farklar bulunmamakta olup, fark oluşan yerlerde bunlar ayrıca belirtilmiştir. Tutarlı olmak adına örnekler genellikle Travego üzerinden verilmiştir. Ayrıca atamalar 15’er dakikalık süreçlerde kontrol edilmekte ve herhangi bir şekilde bu zamandan farklı bir sefer olduğunda bu değer en yakın çeyreğin katı zamana eşitlenmektedir (15.20 olan atamayı 15.15 gibi kabul etmekteyiz).

Sistemimiz dört kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar sırasıyla aşağıda belirtildiği gibidir:

1. *Bilgilerin Excel’den Okutulması:* Excel’deki bilgilerin programımıza aktarılması işlemidir. Üç kısma ayırabiliriz:
 - a. *Otobüslere/Hostlara Özel Bilgiler:* Bu kısımda otobüs plakaları/host isimleri, otobüslerin şehirleri (otobüsün kaptanlarının ikamet ettikleri yer)/hostların şehirleri, otobüslerin şu ana kadar elde etmiş oldukları karlar/hostların şu ana kadar toplam çalışma süreleri gibi bilgiler Excel

dosyalarında bulunmaktadır. Bu bilgileri otobüsler/hostlar listesi olarak da adlandırabiliriz.

- b. *Otobüslerin Program Başladığında Nerede Olduğunun Bulunması:* Bir önceki hafta otobüs/host atamalarının nereden nereye yapıldığı programımızı başlattığımız anda otobüslerin/hostların nerede bulduklarını bulmamız için önemlidir. Program başlatıldığında otobüsler/hostlar için üç farklı durumla karşılaşılabilir. Eğer otobüs/host önceki hafta hiç atanmamışsa, bu otobüs/host, seferlere yeni çıkacak bir otobüs/host olmuş olabilir ve başlangıç anında bu otobüsün/hostun kendi şehrinde olduğu varsayılmıştır. Ayrıca bir otobüs uzun zamandır tamirdeyse de bu durumla karşılaşılabilir. Eğer tamir henüz bitmişse bu otobüsün kendi şehrinde olduğu varsayımı yapılmıştır. Eğer uzun süre tamirde kalmaya devam edecekse bu durumda önümüzdeki hafta da bu otobüs kullanılmayacağı için otobüsler listesinden çıkarılması gerekmektedir. Eğer program başladığında otobüs/host yoldaysa otobüs/host varış noktasına ulaştığı saatten itibaren o şehirde hazır durumda bulunur. Eğer otobüs/host başlangıç anında herhangi bir şehirdeyse bulunduğu şehirde atanmaya hazırdır.
- c. *Atama Yapılacak Haftanın Bilgileri:* Bir hafta boyunca saat kaçta nereden nereye sefer olduğu, bu seferlerin süresi ve tahmini karlılıklarını(hostlar için tahmini karlılıklar bulunmamaktadır) içeren bilgilerdir.

2. *Otobüslerin/Hostların İlk Atamalarının Yapılması:* Otobüslerin/hostların başlangıç anındaki yerleri yukarıda anlatıldığı gibi bulduktan sonra önümüzdeki bir haftanın atamasına başlanılır. Bu atamayı da dört ana başlıkta inceleyebiliriz.

- a. Kendi şehrine dönecek otobüslerin/hostların ataması en öncelikli atama şeklidir. Eğer bir otobüs/host kendi şehrine dönebilecek pozisyondaysa (kendi şehrine sefer varsa) ilk olarak bu otobüsün/hostun ataması yapılır. Birden fazla otobüsün/hostun bu pozisyonda olduğu durumda ise, atamanın yapılacağı zamanda evinden uzakta geçirdiği süre fazla olan otobüsün/hostun kendi şehrine dönmesi sağlanır.
- b. Kendi şehirden başka şehirlere gidecek otobüslerin/hostların atanmasına şehrine dönebilecek otobüs/host sayısının yetersiz olduğu durumlarda başvurulur. Öncelik o zamana kadar en az çalışmış otobüsündür/hostundur. Otobüsün kendi şehirden atanabilmesi için atanacak kaptanların o haftalık çalışma

süreleriyle, memleketleri ve atanacakları şehrin arasındaki sürenin iki katının toplamı 70 saati aşmamalıdır. Host atamasındaysa atanacak hostun toplam çalışma süresiyle, memleketleri ve atanacakları şehrin arasındaki sürenin iki katının toplamı 70 saati aşmamalıdır.

- c. Kendi şehrine dönemeyen ve atama sırasında kendi şehrinde olmayan otobüs/host atamasına eğer bir ve iki numaralı atama çeşitleri yapılamamışsa son çare olarak başvurulur. Eğer bu otobüslerden/hostlardan da bulunamazsa bu durumda yetersiz otobüs/host uyarısı yapılır.
- d. Üç atama şeklinde de otobüslerin/hostların atanmaya tekrardan hazır hale gelinceye kadarki süreleri, sefer süresi+yarım saattir. Otobüslerin/hostların ilk atamalarının yapılması kısmının örneği için Ek 2'e bakabilirsiniz.
- e. Atama zamanında hiçbir yere atanmayan otobüsler/hostlar bir sonraki zamanda (15 dakika sonra) yine aynı şehirde atanmaya hazır bekler. Otobüslerin atanmasıyla ilgili küçük bir örneği ve yukarıdaki açıklamaların daha detaylandırılmış hallerini Ek 3'te bulabilirsiniz.

3. *Otobüslerin Karlılıklarının/Host Sürelerinin Birbirine Yaklaştırılması:* Bu kısımda host atamasının otobüs atamasından farkı hostların toplam sürelerinin birbirlerine yaklaştırılmasına çalışılırken, otobüslerde ise karlılık dengesinin gözetilmesidir. Yapılan işlemler host ve otobüs atamaları için aynıdır ve aşağıda sadece otobüs atamasına yer verilmiştir.

İlk aşamada otobüslerin seferlere atanması sağlanmıştır. Bu kısımda ise otobüslerin atandıkları seferleri değiştirerek daha iyi bir sonuca ulaşmaya çalışılmaktadır. Bu işlemde sadece aynı şehrin otobüslerinin seferleri yer değiştirilebilir ve böylece aynı şehrin otobüslerinin arasındaki karlılık dengesini sağlar. Öncelikle çeşitli zaman aralıkları seçilir. Örneğin, Pazartesi saat 18:00'den salı saat 18:00'e kadar bir aralığın seçildiği varsayılırsa ilk olarak ilk iki otobüs seçilir. Bu otobüsler aynı şehrin otobüsleriye işleme başlanır, farklı şehirlerdense başka iki otobüs seçilir. Seçilen otobüslerin aynı şehirden olduklarını varsayılırsa pazartesi 18:00'den salı 18:00'e kadar olan seferlerin değiştirilebilmesi için, iki otobüsün de pazartesi ve salı 18:00'de kendi şehirlerinde bulunmaları, seferler değiştirildiğinde karlılıklarının birbirlerine yaklaşması ve seferler değiştirildiğinde kaptanların haftalık çalışma saatlerinin 70'i geçmemesi gerekmektedir. Bu işlemin örneği Ek 3'te görülebilir.

4. *Otobüs/Host Atama Bilgilerinin Çıktı Olarak Alınması:* Yukarıdaki bütün bu işlemler yapıldıktan sonra

otobüslerin/hostların nereden nereye ne zaman atandığını, otobüslerin haftalık ve toplam karlarını/hostların haftalık ve toplam sürelerini ve atanamayan seferlerin listesi Excel'e yazdırılmıştır. Program çalıştırıldıktan sonraki çözümlerin Travego araçlar için olan kısmı Ek 4 ve Ek 5'te görülebilir.

3.3.2 Doğrulama

Otobüs ve hostlar için aynı işlemler geçerli olduğundan anlatım otobüsler üzerinden yapılmıştır. Model yukarıda belirtildiği şekilde kurulduktan sonra 30 otobüsün üç şehre altı saatlik bir zaman dilimi için atamasının yapılmasına çalışılmıştır. Bu küçük problemde çalıştığı görüldükten sonra bu sefer saat sayısı 168'e (bir hafta) çekilmiş ve yine mantıklı sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca, bu problemde otobüs sayısının bazı seferlere yetmediği görülmüş ve bu durumda programın "*Yetersiz Otobüs*" uyarısını başarıyla yerine getirdiği gözlemlenmiştir.

Bu küçük problemlerde programımızın başarıyla çalıştığı gözlemlendikten sonra, esas probleme geçilmiş ve başlangıçta kaptanların çalışma saatleri haftada 48 saatle kısıtlanmıştır. Bu kısıtla birçok sefere otobüs atanamadığı gözlenmiş ve Kamil Koç yetkilileriyle yapılan toplantıdan sonra aslında kendilerinin ek ücret vererek kaptanları haftada 70 saate kadar çalıştırdıkları öğrenilmiştir. Çalışma kısıtı 70 saat olarak değiştirildikten sonra programımız başarıyla çalışmış, atanamayan sefer sayısında büyük bir azalma görülmüştür.

4. Yöntembilimin Uygulanması

4.1 Çözüm yöntemi

Otobüslerin ilk atamalarının yapılması sürecinde çizelge sıfırdan oluşturulduğu için yukarıda belirtilen yapıcı sezgisel yöntemler uygulanmıştır. Otobüs karlılıklarının birbirlerine yakınlaştırılması sürecinde ise geliştirici sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Burada komşuluk yapıları kullanılmış olup, lokal araştırma yapılmıştır. Belirtilen zaman dilimindeki çizelgelerin değiştirilmesi için daha iyi bir sonuca ulaşmamız gerektiğinden lokal ilerleme baz alınmıştır.

4.2 Senaryo analizi

Bu kısımda öncelikle kaptan çalışma saatlerindeki değişikliğin atanamayan sefer sayılarına etkileri incelenmiştir. Bunlar 48, 60, 70 ve 75 saat için Travego tipi araçlarda uygulanmış olup haftalık çalışma saati kısıtının 48 saat olamayacağını anlaşılmış da bu senaryo analizini yapılması sonucunda gerçekleşmiştir.

Travego ve Rahat 32 tipi araçlar için çalışma saatleri 48, 60, 70 ve 75 ve 1000 yapıldığında seferlere atanamayan otobüs sayıları Ek 6'da görülebilir. Ayrıca çalışma saatleri 1000 yapıldığında otobüs atanamamış sefer olmaması beklenirken, bu tip seferlerin olduğu görülmektedir. Bunun temel sebepleri:

1. Otobüslerin merkez şehirlerini yani otobüs kaptanlarının tam olarak tespit edilememiş olması ve bu merkez şehirlerin tahmin edilmesi
2. Seferleri ve sefer saatlerini yazarken yapılan hatalar. (Excel'e elle yazıldığı için bu tip bir durumla karşılaşılması mümkündür. Uygulama aşamasında bilgilerin sistemden çekilmesi durumunda bu tip hatalar olmayacaktır.)

Ek olarak, programımız çalıştırılıp sonuçlara ulaşıldıktan sonra atamayı yapacak kişi tarafından sonuçlar çeşitli özel sebeplerden değiştirilebilir. Bu durumda, otobüslerin karlılıkları değişecek ve bu durum otobüsler arasındaki karlılık dengesine olumsuz etki edecektir. Bunun için başka bir program yazılmış olup verilen çizelge için otobüslerin karlılıklarını Excel dosyasına yazdırmaktadır. Bu program vasıtasıyla değişiklik yapacak kişi yapacağı değişikliğin performans göstergelerine etkilerini görüp değişiklik yapmaktan vazgeçecek ya da değişikliğin olumsuz etkilerine hazırlıklı olacaktır.

4.3 Koşturumun sonuçları

Ortaya çıkan sezgisel model NetBeans kullanılarak oluşturulan kullanıcı dostu arayüz vasıtasıyla JAVA programlama dili tabanında çalıştırıldıktan sonra otobüsler ve mürettebat için gelecek periyodun çizelgesi, karlılık/süreler elde edilmektedir. Bu sonuçlar incelendiğinde otobüs atamasının çıktılarında karlılıkların grup grup birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Bu grublamanın nedeni sezgisel modelin aynı şehre bağlı otobüslerin karlılıkları birbirine yaklaştırmaya çalışmasıdır. Böylece aynı bölgedeki otobüslerin karlılıkları arasındaki fark azaltılarak adaletli bir atama yapılmıştır.Host çalışma süreleri ise birbirlerine yaklaştırılırken günler arasında eşit dağıtılması sağlanarak çalışan memnuniyetine ve hizmet kalitesine ulaşılmaya çalışılmıştır.

5. Uygulama Planı

Projenin gerçekleşmesi sürecinde Kamil Koç çalışanlarıyla düzenli olarak temasta bulunulmuş ve sürekli bilgi akışıyla projenin sonucunda çıkacak olan sistemin Kamil Koç'un otobüs ve mürettebat atamaları sırasında karşılaştığı sorunların çözülmesi amaçlanmıştır. Kamil Koç yetkilileri ile yaptığımız görüşmeler sonucunda el ile yapılan atamanın hem çalışan sürelerinin dengelenmesini hem de otobüslerin elde ettikleri karların dengelenmesini zorlaştırdığı gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda bir önceki bölümde anlatılan yapıcı ve geliştirici sezgisel modeller geliştirilmiş ve operasyon sorumlularının ve Bilgi İşlem müdürünün geribildirimleri ile modellerin verimliliği artırılmıştır.

Projemizden elde edilen ürün NetBeans kullanılarak tasarlanmış arayüz ile geliştirilmiş olan mürettebat ve otobüs atama sezgisel modellerinin kullanımını sağlayan bir çizelgeleme sistemidir. Bu sistem girdileri olan ataması yapılacak seferleri, geçmiş periyotta otobüslerin

ve hostların hangi seferleri yaptığını, sefer düzenlenen şehirleri, kullanımındaki otobüsleri ve hostları Excel dosyalarından almakta ve çıktıları olan ataması yapılmış otobüs ve hostları da Excel dosyaları halinde kullanıcıya sunmaktadır. Bu sebeple sistem kullanıcılarının verileri öngörülen formatta saklamaları gerekmektedir.

Tasarlanmış arayüzde atamalar Host ve Otobüs olmak üzere ikiye ayrılır (Ek 7). Hangi atamanın yapılacağı seçildikten sonra arayüz ile algoritmaya girdi oluşturacak olan Excel veri dosyaları seçilir. Algoritma çalıştırılmadan önce çıktı oluşturacak dosyalar isimlendirilir (Ek 7). Algoritma çalıştırdıktan sonra çıktılar isimlendirilmiş dosyalarda görülür. Çizelgesi hazırlanmış periyot boyunca elle yapılan değişikliklerin kaydedilmesi gerekmektedir; çünkü bir sonraki dönem için girdi oluşturacak dosya güncel olmalıdır. Hostların bir periyottaki çalışma süreleri ve otobüslerin bir periyottaki karlılıkları her periyot sonunda kullanıcı tarafından toplam süreye ve karlılığa eklenerek güncelleme yapılmaktadır. Gelecek ve geçmiş haftaların karışmaması için numaralandırma sistemi kullanılması önerilmektedir. Geliştirilen sezgisel modeller ve arayüz sayesinde, atamalar sistematik bir yaklaşımla yapılır ve kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlanır. Tasarlanmış olan sistem Kamil Koç Bilgi İşlem Müdürü ile paylaşılarak uygulamanın mümkün olduğuna karar verilmiştir.

6. Genel Değerlendirme

6.1 Projenin firmaya getireceği beklenen katkılar

Projemiz ile şehirlerarası otobüs taşımacılığı sektörü incelenmiş olup, firmanın şikayetleri doğrultusunda otobüs ve mürettebat ataması için sistematik bir sezgisel model ve arayüzden oluşan bir "BATEM" adlı bir sistem geliştirilmiştir. Firma, yazılım tabanlı bu sistem sayesinde elle yapılan atamalarda karşılaşılan insan kaynaklı hatalardan kurtulmuş oldu ve şirket bu tip problemlere sistematik ve bütünsel yaklaşım gösterme yetisi kazandı. Ayrıca BATEM sayesinde şirketin programsal olarak teknik kapasitesi artırıldı. Bu programla birlikte dört bölgesel merkezde yapılan atamaların, genel merkezden kontrol edilmesine olanak sağlanarak atama işlemi bir anlamda merkezileştirildi, bu sayede atama işlemi standardize edildi ve bu işlemde tutarlılık sağlanmış oldu. Geliştirilmiş olan model sayesinde karlılıklarda ve çalışma sürelerinin dağılımında denge sağlanarak mürettebatın şikayetleri azaltıldı ve hizmet kalitesi korunarak müşteri gözündeki marka değerinin yükselmesi noktasında önemli bir adım atıldı. Bunlara ek olarak firma, yazılımın çıktıları sayesinde karlılığı ve çalışma saatlerini daha kolay takip edebilir ve ölçülebilir hale geldi.

6.2 İleriye dönük güncelleme / geliştirme konularında öneriler

Tasarlanan bu sistemde girdi oluşturan veri dosyalarının güncellenmesi, yeni verilerin var olan sistemden çekilmesi ve veri

dosyalarının seçilmesi gibi kullanıcı tarafından yapılan işlemler hata oluşumunu engellemek için dikkatle yapılması gerekmektedir. Bu gibi zorlukların azaltılması için gelecek planı olarak BATEM'in sisteme tam bütünleşmesi öngörülmektedir. Tam bütünleşme ile kullanıcıya işlem bırakmama, tüm verilerin veri tabanında tutulmasını sağlama ve istenilen bilgiye kolaylıkla ulaşma hedeflenmektedir.

Kamil Koç Otobüsleri A.Ş. 'nin var olan sistemi entegrasyona ve geliştirmeye açık olan Oracle Application Express (Oracle APEX) dir. Oracle APEX Oracle veritabanı için bir web uygulama geliştirme aracıdır. Az bir web tarayıcısı bilgisi ve sınırlı programlama bilgisiyle de olsa Oracle APEX kullanıcılarına hızlı ve güvenli bir şekilde profesyonel uygulamalar geliştirme imkanı sunar. Kamil Koç birçok uygulamasını, verilerin tutulması ve işlenmesini APEX üzerinden yaptığı için geliştirilmiş olan algoritmaların uygulama sunucusu üzerinden çalışması ya da web servis haline getirilmesi şirkete esneklik kazandıracaktır. BATEM, Bilgi İşlem Müdürü ile birlikte incelenmiş ve tam bütünleşmeye uygun olduğu anlaşılmıştır. Tam bütünleşme basamakları şu şekilde belirlenmiştir:

- Mürettebat atama ve Otobüs Atama algoritmaları web servis haline getirilecektir.
- Kamil Koç Oracle APEX üzerinden tüm veri tablolarının güncelleneceği formlar oluşturacak ve veri sağlanması web tabanlı hale getirilecektir.
- Kullanıcıların çizelgeleme için gerekli girdileri verecekleri wizardlar oluşturulur. Her iki algoritma için wizardlar yardımı ile 4 adımda gerekli veriler sağlanır ve 5.adımda çıktı alınır.
 - 1.adım: Otobüs ataması için otobüs tipinin seçilmesi
 - 2.adım: Şehirlerin seçilmesi
 - 3.adım: Seçilen otobüslerin yerlerinin tespiti için bir önceki seferlerinin tarihe göre seçilmesi
 - 4.adım: Yapılması planlanan seferlerin seçilmesi ve yeni tablo oluşturulması
 - 5.adım: ilk dört adımdan alınan ID ler kullanılarak arka plandaki tablolar algoritmaya girdi oluşturur, 4.adımda ileri butonuna basılarak web servis üzerinden algoritmanın çalışması sağlanır ve otobüslerin atanması gerçekleştirilir.
 6. adım: Planlanan seferler veri tabanına aktarılır, önceki tur için 3.adımda kullanılan dosya güncellenir. Kullanıcıdan doğabilecek sorunlar engellenir.

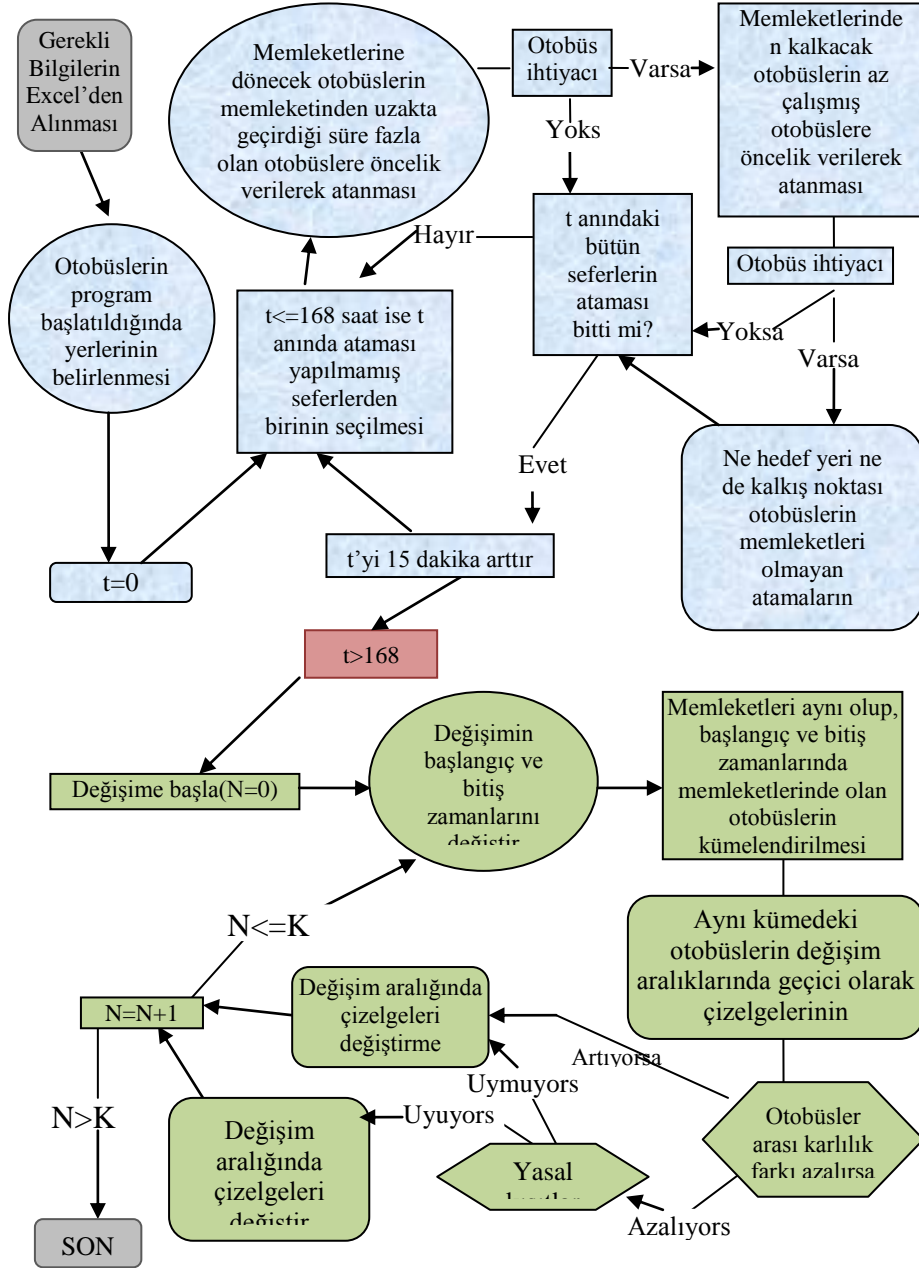
Tüm bu bütünleşme işlemleri sırasında CPU ve bellek kullanımını düşürecek, tıkanma noktası oluşumunu engelleyecek tasarım ve dönüşümler göz önünde bulundurulacaktır.

KAYNAKÇA

- Ferland, J. A., P. Michelon. 1988. "The Vehicle Scheduling Problem with Multiple Vehicle Types", J. Opt Res. Soc. Vol. 39(6), 577-583.
- Gertsbach, I. Y. Gurevich. 1977. "Constructing an Optimal Fleet for a Transportation Schedule". Transportation Science Vol. 11(1), 105-118.
- Haase, K., G. Desaulniers, J. Desrosiers. 2001. "Simultaneous Vehicle and Crew Scheduling in Urban Mass Transit Systems, Transportation Science Vol. 35(3), 286–303.
- Kamil Koç Otobüsleri A.Ş. <http://www.kamilkoc.com.tr>, 2010.
- Rexing, B. C. Barnhart, T. Kniker. 2000. "Airline Fleet Assignment with Time Windows", Transportation Science Vol. 34(1), 1-20.
- Waters, C. D. J. 1990. "Expert Systems for Vehicle Scheduling", The Journal of the Operational Research Society Vol. 41(6), 505-515.

EKLER

Ek 1. Sezgisel modelin şematik gösterimi



Ek 2. Otobüslerin ilk atanmalarıyla ilgili bir örnek

Herhangi bir anda A’da atanmaya hazır araçlarımız aşağıdaki tablodaki gibi olsun. O anda A’dan diğer şehirlere olan seferlerimiz A-B ve A-C olsun.

Otobüs No	Otobüsün Şehri	Toplam Süre	Şehrinden Uzak Geçirdiği Süre
01	A	20	0
02	A	0	0
03	B	30	10
04	B	20	9

Model ilk önce bu iki seferi süresine göre çoktan aza dizecektir. Daha uzun sefer olan seferin A-C olduğunu varsayalım. Bu durumda ilk olarak bu seferin ataması yapılacaktır.

Yukarıda anlatılanlara göre **A-C seferi**:

Atama 1: Bu atama şehrine dönecek otobüslere bakar ve evi C’de olan kaptan olmadığından Atama 2’ye geçilir.

Atama 2: Bu atama şehri A olan otobüsleri atar. Bakıldığında, ilk iki aracın A’lı oldukları görülmektedir. Toplam süresi az olan araç, yani 2.aracın atanır. Atama 3 (memleketi ne A ne C olan fakat o anda A da olan bir otobüsün atanması)’e bu durumda gerek kalmamıştır. A-C seferine otobüs ataması yapıldıktan sonra sırada **A-B seferi** vardır.

Atama1: Evi B olan otobüsler 3 ve 4 olduğundan bu iki araç arasında karar verilmesi gerekmektedir. Şehrinden uzak geçirdiği süre fazla olan 3’ün ataması yapılacaktır. Atama 2 ve Atama 3’e gerek kalmamıştır.

Atamalar yapıldıktan sonra 1 ve 4 numaralı araçlar A’da kalmışlardır.

Ek 3. Otobüslerin karlılıklarının birbirine yaklaştırılması

Toplam sekiz otobüsümüzün olduğunu ve bu otobüslerin bilgilerinin aşağıdaki gibi olduğunu varsayalım. Ayrıca değişim aralığı olarak 96-192 arasını seçtiğimizi düşünelim. 15’ er dakikalık zaman dilimlerinde baktığımız için 96 24.saate, 192 ise 48. saate karşılık gelmektedir.

Otobüs No	1	2	3	4	5	6	7	8
Memleket	A	A	A	B	B	C	C	C
Toplam Kar	5000	1400	3600	2000	2500	3200	3700	-1000
Aralıkta Kar	300	700	900	100	250	500	800	-400
96 daki yeri	B	A	A	C	B	C	C	C
192 deki yeri	A	A	C	B	B	C	C	C

İlk olarak otobüsler memleketlerine göre gruplandırılmıştır. Gruplar {1, 2, 3}(Memleketi A olanlar) , {4, 5}(Memleketi B olanlar) ve { 6, 7, 8}(Memleketi C olanlar) olur.

1, 2, 3 numaralı otobüslerin memleketlerinin A şehri olduğunu yukarıda da belirtilmiştir. Yalnız 1.otobüs değişimin başladığı anda B şehrinde olduğu için değişime giremiyor. (Binlerce değişim aralığı seçtiğimiz için bu otobüsün de değişime girdiği birçok yer oluyor). 3.otobüs de değişimin bittiği anda C şehrinde olduğu için

değişime girememektedir. Sadece 2. otobüs kaldığı için değişim yapabilmemiz bu değişim aralığı ve bu değerler için memleketi A olan otobüsler için mümkün olmamaktadır.

4 ve 5 numaralı otobüslerin memleketleri ise B şehri. 4. otobüs değişimin başladığı anda B şehrinde olduğu için değişime giremiyor. 5. otobüs değişim yapacak otobüs bulamadığı için memleketi B olan otobüsler için de değişiklik yapılamamış oluyor.

Memleketi C olan Otobüsler İçin Değiştirme: 6-7-8 numaralı otobüsler başlangıç ve bitiş zamanlarında C şehrinde olduklarından değişim yapıldıktan sonra tüm kısıtları sağlıyorsa ve otobüsler arasındaki kar farkı azalırsa değişim yapılır. Eğer değişimden sonra kısıtlara uyulmamış olunursa değişim yapılmamaktadır.

Değişim 1: İlk önce 6 ve 7 numaralı otobüslere bakarız. Değişim yapılırsa daha iyi bir sonuca ulaşılabilir, dolayısıyla eğer yasal kısıtlara uyulmama gibi bir durum söz konusu değilse değişim yapılır. Değişim yapıldıktan sonraki yeni durum ise şu şekildedir.

	6	7	8
Toplam Kar	3500	3400	-1000
Değişim Aralığındaki Kar	800	500	-400

Değişim 2: Sonrasında 6 ile 8 numaralı otobüslere bakılır. Değişim yapılırsa aradaki fark azalacağından değişimi yapılır. Yeni durum şu şekildedir.

	6	7	8
Toplam Kar	2300	3400	200
Değişim Aralığındaki Kar	-400	500	800

Değişim 3: Sonrasında 7 ile 6 numaralı otobüsleri değiştirilirse daha iyi bir sonuca ulaşıp ulaşılmayacağına bakılır. Daha iyi bir sonuca ulaşılacağından yine değişiklik yapılır. Yeni durum şu şekildedir.

	6	7	8
Toplam Kar	3200	2500	200
Değişim Aralığındaki Kar	500	-400	800

Sonrasında 7 ile 8, 8 ile 6 ve 8 ile 7 yi sırayla değiştirmeye çalışılır daha iyi bir sonuca ulaşamayacağından değiştirme yapılmamaktadır. Böylece 96-192 zaman aralığı için memleketi A,B ve C olan araçların çizelgelerinin değişiminin sonuna gelinmiş olunur.

Ek 4. Otobüslerin atama sonrası pazartesi gününe ait çizelge örneği

Plaka	Kalkış	Variş	Kalkış Zamanı	Seferin Karı	Sefer Süresi
20 EE 600	ANKARA	ALANYA	8	123.35	10.5
20 EE 600	ALANYA	ANKARA	20.75	136.28	10.5
20 PL 366	LAPSEKI	ALANYA	18.5	140	17.25
32 AK534	ALANYA	LAPSEKI	18	177.48	17.25

Ek 5. Otobüslerin atama sonrasındaki karlılıkları örneği

Araç Plakası	Haftalık Kar	Toplam Kar	Haftalık Süre
20 EE 600	902.24	1216.24	73.5
20 PL 366	774.96	1346.96	86.25
32 AK 534	952.44	1388.44	103.5
03 UN 001	672.32	906.32	73.25

Ek 6. Duyarlılık analizi sonuçları

Çalışma Kısıtlarına Göre Seferlere Atanamayan Otobüs Sayısı	Travego	Rahat 32
Kısıt:48 saat	100	138
Kısıt:60 saat	24	58
Kısıt:70 saat	12	28
Kısıt:75 saat	9	20
Kısıt:1000 saat	5	19

Ek 7. Arayüz



İskelet Proses Analizi ve Dengeli İş Yükü Dağıtımı

MAN Türkiye A.Ş.

Proje Ekibi

Evrin Barış Erkan
Mustafa Serkan Fidancı
Asil Köklü
İbrahim Özkan
Yüksel Tezcan
Ali Yeşilçimen

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Ece Usluel, MAN Türkiye A.Ş.
Proje Koordinatörü

Akademik Danışman

Figen Eren, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

MAN Türkiye A.Ş.'de iş yükü dağıtımlarını daha dengeli hale getirebilmek ve operatörler için işlerin standartlaştırılmasını sağlayarak verimliliği artırmak projemizin başlıca amaçlarıdır. Manuel olarak yapılan atamalar ile operatörlerin daha verimsiz çalıştığı gözlenmiş, daha dengeli bir iş yükü ataması ile her bir operatör için bir otobüs üretim süresi boyunca çalışılan süre dengelenmeye çalışılmıştır. İki istasyon için operatörlerin yaptıkları işler incelenmiş, bu işlerin nasıl daha iyi yapılabileceği, kaç kişi ile daha verimli çalışılacağını görmek hedeflenmiştir. Operatörlerin her bir işi yapmak için harcadığı süre hesaplanmıştır. Bu süreleri bilgisayar ortamında daha dengeli bir şekilde dağıtabilmek için bir program hazırlanmış ve bir sezgisel metot kullanılmıştır. İşler için gerekli olan formlar, Access veritabanı yardımıyla hazırlanan programda saklanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Access, dengeli iş yükü dağıtımı, zaman çalışması, sezgisel metotlarla iş yükü dağılımı iyileştirmesi, işlerin standartlaştırılması, ergonomi

1. Firma Tanıtımı

MAN Türkiye A.Ş. 1966 yılında kurulmuş olup, sermayesi 1/3 oranında Man Nutzfahrzeuge AG şirketine aittir. Bugün ise, şirket hisselerinin %99,9'u Man Nutzfahrzeuge AG şirketine aittir. Man Nutzfahrzeuge AG, satışları 13 Milyar Euro civarında, dünyanın en büyük yatırım malları satan gruplarından bir tanesi olan Man Group'un bünyesindeki şirketlerden birisidir. Man Nutzfahrzeuge AG, başta İngiltere, Polonya, Almanya, Belarus, Afrika, Avusturya, Çin ve Türkiye olmak üzere dünyanın birçok yerinde fabrikası olan çokuluslu bir şirkettir.

Yolcu otobüsü, belediye otobüsü ve genellikle yurtdışında şehir içi öğrenci taşımacılığında kullanılan şehir içi otobüsleri, MAN Türkiye A.Ş.'nin başlıca ürünleri arasında yer almaktadır. Her bir kategori için değişik otobüs modelleri yer almaktadır. Buna ilave olarak, her bir otobüs modeli için değişik türde şaseler bulunmaktadır. Otobüslerde kullanılan şase türleri, müşterilerin isteklerine göre değişiklik göstermektedir.

MAN Türkiye A.Ş. müşteri siparişlerini baz alarak üretim yapmaktadır. Üretim kapasitesi 7000 araca çıkabilecek durumdadır. MAN Türkiye A.Ş.'nin ürünleri, 41 ülkeye satılmaktadır ve müşterileri arasında seyahat firmaları, Türk Silahlı Kuvvetleri ve belediyeler yer almaktadır.

2. Projenin Tanımı

Projemizin amacı, operatörlerin iş yükü dağılımını daha dengeli bir şekilde bilgisayar ortamında yaparak, her bir operatör için daha iyi bir atama modeli oluşturabilmektir. Üretim hattında, her bir operatöre manuel olarak belli parçalar atanmıştır ve fabrika tarafından belirlenen zaman içerisinde parçaların otobüs üzerindeki montajının bitmesi beklenmektedir. Her bir otobüs için belirlenen üretim zamanına "takt" zamanı denilmektedir. Fabrikada, bir gün içerisinde üretilecek olan otobüsler değişiklik göstermektedir.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistemin analizi

MAN Türkiye A.Ş.'de üretim planlama, müşterilerden gelen istekler doğrultusunda oluşturulmaktadır. Üretim, gelen siparişlerde müşteri isteklerini karşılamaya yönelik olarak biçimlenmektedir. Öncelikle, müşterilerden sipariş alınır ve aylık üretim planları bu istekler doğrultusunda oluşturulur. MAN Türkiye A.Ş. fabrikası iki ayrı üniteden oluşmaktadır.

1. Birinci Üretim Birimi: Şirketin en büyük birimidir. Bu birimde, boyahane, iskelet bölümü, montaj öncesi bölümler ve bazı yönetim bölümleri bulunmaktadır.

2. İkinci Üretim Birimi: Kablo üretimi, montaj ve otobüslerin en son kontrol edildiği bölümdür.

Fabrikada bir tane üretim hattı vardır. Bu üretim hattı üzerinde altı adet üretim birimi bulunmaktadır. Bu bölümler; iskelet, boyama, montaj-öncesi, dış saclama, montaj ve son kontrol bölümleridir. Kablo bölümü, üretim hattı üzerinde bulunmamakta fakat üretim hattına paralel olarak çalışmaktadır. Bir araç boyahanede işlem görürken, kabloları ve elektronik parçaları da kablo bölümünde üretilmekte ve montajı montaj bölümünde yapılmaktadır. Fabrikanın yerleşim planını Ek 1’de görebilirsiniz.

MAN Türkiye A.Ş.’de araçlar her bir istasyonda değer kazanarak ilerlemektedir. Fabrikada, istasyon sayısı kadar ara mamul bulunmaktadır. Bir aracın çıkış zamanına “Takt” zamanı denilmektedir. Bir araç üretim hattındaki her istasyonda bir “Takt” zamanı kadar işlem görmektedir. “Takt” zamanı bitince, otobüs bir sonraki istasyona aktarılmaktadır. Bir istasyonda yapılması gereken işler “Takt” zamanından önce bitse dahi araç diğer istasyona aktarılamamaktadır.

Pilot bölge olarak seçilen iskelet departmanının iç saclama bölümündeki A06 ve A07 istasyonlarında sırasıyla altı ve sekiz işçi olmak toplam 14 işçi görev almaktadır. Ek 2’de A6 istasyonunun yerleşim planını görebilirsiniz. Bu iki istasyonda parçalar araca kaynaklanmaktadır. Her bir işçi araca ortalama olarak 10 parça takmaktadır. Bir parçanın otobüse montajı sırasında yapılan işler sırasıyla şunlardır: parçanın takılacağı otobüs üzerindeki bölgeye boya spreyi sıkmak, parçanın üzerine çapak spreyi sıkmak, parçayı otobüse yerleştirmek, yerleştirmeden sonra kaynatmak, kaynakların çıkık olduğu bölgeleri taşlamak ve çapak almak. Bu operasyonlar her bir parçanın montajı sırasında gerçekleşmektedir ve kalite açısından aynı kişi tarafından yapılması gerekmektedir. Örneğin; bir parçanın otobüse yerleştirilmesi ve yerleştirilen parçanın kaynatılması farklı iki kişi tarafından yapılamamaktadır. Dolayısıyla, üretimde gerçekleşen operasyonların tümü bir işçiden alınıp diğer bir işçiye verilmeye müsait değildir.

İşlerin tanımlanması için bir sistematik oluşturulmuştur. Bu sistematige göre bir işçiden alınıp bir diğer işçiye verilebilecek en küçük operasyonlar bir “iş” olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla bir “iş” olarak bir parçanın montajı belirlenmiştir.

3.2 Semptomlar

Mevcut sistemin analizi sonucunda bazı semptomlar belirlendi. Bunlar;

- İşçilerin iş yükü dağılımı dengesizdir. Bazı işçilere toplam süresi az olan işler, bazı işçilere ise toplam süresi olması gerekenden fazla işler atanmıştır. İşçilere toplam süresi az işlerin atanması üretim verimliliğini düşürmektedir.

- Üretimde kalite problemleri vardır. Bu kalite problemleri firmaya maliyet getirmekte ve üretim verimliliğini düşürmektedir.

3.3 Problem tanımı

Belirlenen semptomlar değerlendirilmiş ve bazı sonuçlar çıkartılmıştır;

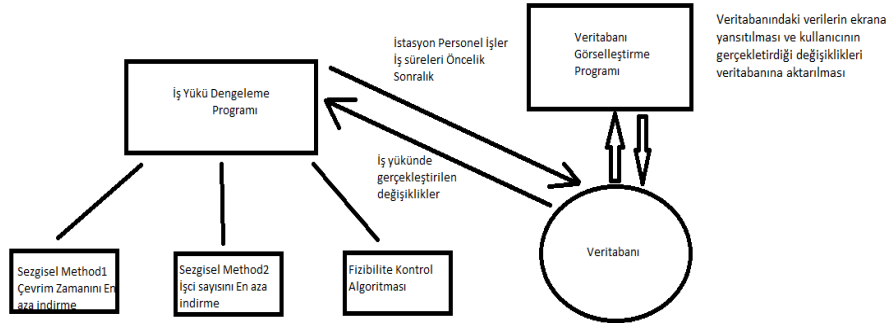
1. İşçilerin iş yüklerinin dengesiz olması mevcut durumda etkili bir iş atama sisteminin bulunmamasından kaynaklanmaktadır.
2. Üretimdeki kalite problemlerinin bazıları dengesiz iş yükü dağılımından kaynaklanmaktadır. İş yükü olması gerekenden fazla olan işçiler işlerini yetiştirebilmek için hızlı çalışmakta, bu da kalite problemlerine neden olmaktadır.

Çıkarılan bu sonuçlara göre, problemimiz üretim operasyonlarının standartlaştırılmış olmaması ve üretimde dengesiz iş yükü dağılımı olarak belirlenmiştir.

4.Önerilen Yöntembilim

4.1 Genel yaklaşım

Mevcut sistemin analizi, semptomların analizi ve problemin tanımlanması sonucunda bir sistem tasarlandı. Tasarlanan sistem aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan Yeni Sistem

Tasarlanan sistemin iki ana ürünü bulunmaktadır. Bunlar: iş yükü dengeleme programı ve veritabanıdır. Bu iki ürün birbiri ile iki yönlü veri alışverişinde bulunmaktadır.

Buna ilave olarak, projenin amaçları arasında olan operasyonların standardizasyonu için mevcut işlerin nasıl tanımlanması gerektiğine dair bir sistematik oluşturulmuştur. Pilot çalışma olarak, atandığımız iki istasyonda tanımlanan işler kayıt altına alınmıştır.

Sistemin ürünleri ve veri toplama formları ile ilgili aşağıda detaylı bilgi verilmiştir.

4.1.1 Veri toplama formları

MAN Türkiye'de, proje sürecinde, operasyon standartlarının saptanmadığı, dolayısıyla bu operasyonların belgelenmediği gözlemlendi. Bu durumu ortadan kaldırıp operasyonların standartlaşmasını sağlamak için işlerle ilgili verilerin standart bir şekilde belgelenmesine karar verildi. İşlerle ilgili veriler, İş Standart Formu (İSF) ve Standart Operasyon Formu (SOF) adını verilen formlara kayıt altına alındı. Bu formların içeriği aşağıda anlatılmıştır;

Standart Operasyon Formu (SOF): Standart Operasyon Formu, bir işçiye ait olan tüm işleri ve bu işlerin standart zamanlarını gösterir. Daha önceden belirtildiği gibi veritabanı SOF formatında çıktı verebilmektedir. Dolayısıyla, İş Yükü Dengeleme Programı ile oluşturulan yeni iş yükü dağılımlarıyla bu formlar güncellenebilmektedir. Öncelikle, birim yöneticisi İş yükü dengeleme Programıyla mevcut iş yükü dağılımını değiştirecek, daha sonra veritabanından SOF formatında çıktı alıp bunu işçilere verecektir. Böylelikle işçiler onlara atanmış olan yeni işleri görebilecektir. SOF örneğini Ek 3'de görebilirsiniz. Formların içeriği oluşturulurken zamanlarının nasıl tutulması gerektiğini, zaman tutarken nelere dikkat edilmesi gerektiğini anlatan kitaplar formdaki bilgilerin doğruluğu açısından yarar sağladı (Meyers ve Stewart, 1997).

İş Standart Formu (İSF): İş Standart Formu, araca takılacak parçanın montajı sırasında yapılması gereken iş adımlarını gösterir. Bu iş adımlarının sırası, kilit noktaları, kilit nokta olma sebepleri, operatörün kullanması gereken iş aletleri, iş güvenliği malzemeleri bu formda belirtilir. Bunlarla beraber operatöre bu iş adımları teknik resimlerle ve fotoğraflarla gösterilir. Bu formlar yapılacak işi hiç bilmeyen bir kişiyi işin hatasız bir şekilde yapabilmesi için yönlendirmektedir. Bu formlarda tutulan "kilit noktalar" bilgileri ile kalite problemlerini en aza indirebilmek amaçlanmıştır. İSF örneğini Ek 4'de görebilirsiniz.

Veri tabanı: Veri tabanı, üretimde yapılan işlerle ilgili bilgileri saklamaktadır. Veritabanında tutulan bilgiler; işlerin tanımı, işlerin kısıtları, işlerin kaç kişiyle yapılması gerektiği ve işlerin sürelerini kapsamaktadır. Veritabanı, üretimde işlerin standardizasyonu için çok önemli olan İSF ve SOF formatında çıktı verebilmektedir. Kullanıcı istediği işin tanımını girerek bu işin standart iş adımlarını İSF formatında görebilecektir.

Kullanıcı veri tabanına yeni bilgi girişi veya var olan bir bilgide değişiklik yapma imkânlarına, oluşturulan veritabanı kullanıcı ara yüzü aracılığıyla sahip olacaktır. Veritabanı kullanıcı ara yüzünün oluşturulma amacı veritabanına veri girişini daha kolay hale

getirebilmektir. Veri tabanı, veri tabanı görselleştirmesi ve iş yükü dengeleme programıyla etkileşimli çalışacak şekilde yapılmıştır. İş yükü dengeleme programı işçilerin yaptığı işlerin süreleri ve işler arasındaki öncelik-sonralık ilişkileri gibi verileri veritabanından çekmektedir. Buna ilave olarak, mevcut iş dağılımını gösterebilmek için mevcut durumda hangi işin hangi işçi tarafından yapıldığı bilgisi de veritabanından çekilmektedir. Veritabanının ER diyagramını Ek 5’te görebilirsiniz.

İş Yükü Dengeleme Programı: Bu programın amacı birim yöneticilerinin bir istasyondaki işçilerin iş yüklerini görebilmeleri ve mevcut iş dağılımını değiştirebilmeleridir. Program, işçilerin iş yüklerinin değiştirilebilmesine iki türlü olanak vermektedir. Birincisinde; kullanıcılar işçilerin iş yüklerini istedikleri biçimde manüel olarak değiştirebilmektedir. Her değişen iş yükü dağılımı durumunda program işçilerin iş yükünü yüzde olarak gösterip kullanıcıyı yönlendirebilmektedir. İkincisi; kullanıcılar programdaki bir butona basıp iş yüklerinin optimal dağılımını görebilmekte ve bu iş yükü dağılımını uygulayabilmektedirler. İşlerin işçiler arasındaki en uygun dağılımını gösterebilmek için programda bir sezgisel model çalışmaktadır. Program, işler arası öncelik-sonralık ilişkilerine duyarlıdır. Kullanıcıların işler arasındaki öncelik-sonralık ilişkilerine uymayan seçimlerinde program uyarı vermektedir. İş Yükü Dengeleme Programı’nın işçilerin iş yüklerini görselleştirmesini Ek 6’de görebilirsiniz.

İş yükü dengeleme programı ile veritabanı arasında iki yönlü bir veri alışverişi bulunmaktadır. Kullanıcılar mevcut iş yükü dağılımında bir değişiklik yapıp yeni dağılımı kaydettiği takdirde, veritabanı yeni iş yükü dağılımını iş yükü dengeleme programından çekmektedir.

4.2 Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

İş yükü dengeleme yazılımında, kullanıcı manüel olarak işleri temsil eden blokların yerlerini değiştirmek suretiyle iş atamalarını değiştirebilme olanağına sahiptir. Bunun yanında yazılım, iki tip sezgisel metotla desteklenmektedir.

Sezgisel Metot 1:

Bir istasyondaki toplam işçi sayısı ve bu istasyonda gerçekleştirilmesi gereken işler bu sezgisel metodun girdilerini oluşturur. Metot, bu veriler ışığında, işlerin öncelik-sonralık, yapılma alanı, gerektirdiği ekipmanlar vb. kısıtları da göz önünde bulundurarak, çevrim süresini en küçültmeye çalışır.

Sezgisel Metot 2:

Fabrikanın tüm istasyonlar için belirlemiş olduğu maksimum işlem süresi (takt time) ve bir istasyonda gerçekleştirilmesi gereken işler bu metodun girdileri arasındadır. Metot, bu veriler ışığında, yukarıda belirtilmiş olan iş kısıtlarını da dikkate alarak, çevrim süresi takt

süresini aşmayacak şekilde işlerin tamamının en az kaç işçiyle yapılacağını bulmaya çalışır.

İlk sezgisel metod; işçi sayısı, işlerin öncelik-sonralık kısıtları ve sürelerini veri olarak alarak, çevrim zamanını en küçültmeyi hedeflemektedir. Yapısı aşağıdaki gibidir:

4.2.1 Yapıcı kısım

Başlangıç: Her bir işçiye atanmış olan işleri tutan dizileri(array) boş bir şekilde oluştur. İşleri sürelerine göre azalan sıraya diz. Q dizisi sıralı işleri tutsun.

1. *Adım:* İşçilere atanmış olan işleri tutan dizilerden toplam süresi en kısa olana, Q dizisindeki bir sonraki uygun işi ekle.

2. *Adım:* Q dizisindeki son eklenen işi diziden çıkar.

3. *Adım:* Q dizisi boşsa, tamamlandı. Değilse, 1. Adım'a geri dön.

4.2.2 Geliştirici kısım

Başlangıç: İterasyon sayısını 0'a eşitle.

1. *Adım:* İterasyon sayısını 1 arttır.

2. *Adım:* Yapıcı kısmın çalıştırılmasının ardından elde edilmiş olan işçilere atanmış işleri tutan dizilerden toplam süresi en yüksek olandan herhangi bir iş ile toplam süresi en düşük olandan herhangi bir işi yer değiştir. Değişim kısıtlara göre tutarlı ise ve çevrim süresinde azalma sağlıyorsa gerçekleştir.

3. *Adım:* İterasyon sayısı N^* 'e eşitse durdur. Değilse, 1. Adım'a dön.

İkinci sezgisel metod; fabrika yönetiminin bir aracın bir istasyondan çıkmasını hedeflediği süreyi, yani takt süresini, işlerin öncelik-sonralık kısıtlarını ve sürelerini veri olarak alarak, işçi sayısını en küçültmeyi hedeflemektedir. Bu sezgisel metotta, işçi sayısı bir alt limite eşitlenir ve verilen takt süresi içerisinde mümkün bir atama olup olmadığı kontrol edilir. Belirli bir iterasyon sayısında mümkün bir atama elde edilemezse, işçi sayısı bir arttırılarak tekrar denenir. Bu şekilde bulunan ilk mümkün atama ile en az işçi sayısı elde edilmiş olunur.

Optimizasyon temelli matematiksel model yerine sezgisel modelin kullanılmasının iki sebebi vardır; ilk olarak şirket sezgisel modelin yeterli olacağını söylemiştir. Bunun haricinde, kurulacak model karmaşıktır ve çok sayıda öncelik-sonralık ilişkisi içermektedir dolayısıyla zor bir matematiksel modeldir. Bu matematiksel model Gams gerektirmektedir ve Gams şirkette bulunmamaktadır.

5. Uygulama Planı

5.1 Sistemin uygulanması için gereken altyapı

Veritabanı MS Access ile oluşturulmuştur. Mevcut durumda firmada MS Access kullanılmaktadır, dolayısıyla veritabanı firmaya bir maliyet getirmeyecektir. İş yükü dengeleme programı Java dili ile

kodlanmıştır. Java'nın kurulumu ve işletimi ücretsizdir. Dolayısıyla İş Yükü Dengeleme Programının da firmaya bir maliyeti olmayacaktır.

5.2 Yapılan işler, gelinen aşama ve yapılacak işler

Sistemin tasarımı tamamlanmış fakat veritabanının kullanıcı ara yüzü son halini almadığı için uygulamaya geçilememiştir. Bunun haricinde İSF ve SOF'ların hazırlanması bitmiştir.

5.3 Önerilen uygulama planı

İş yükü dengeleme programı ve veritabanının kullanıma geçmesi için her birim yöneticisinin bilgisayarına bu program ve veritabanı kurulmalıdır. Birim yöneticilerine program ve veritabanının kullanımı hakkında bilgi verilmelidir. Bunların haricinde, üretim müdürlerinin konuya ilgilerinin çekilmesine çalışılmalıdır. Üretim müdürlerinin üretim verimliliği ile ilgili gözlem ve denetim yapmasının etkili sonuçları olacağı düşünülmektedir.

5.4 Firmaya yapılacak öneriler

Sistem uygulandıktan sonra, projenin başarısı büyük ölçüde bu sistemi kullanacak olan firma personelinin yaklaşımına bağlıdır. Dolayısıyla fabrikadaki personelin bu konudaki çabası büyük önem taşımaktadır. İş yükü dengesinin sürekli olarak daha iyi olarak ayarlanmasına çalışılması istenen üretim verimliliğine ulaşılması açısından çok önemlidir. İstenen verim artışını sağlamak için fabrikada verimli üretimin önemi vurgulanmalı ve bu konuda eğitimler verilmelidir.

6. Genel Değerlendirme

6.1 Projenin firmaya getirmesinin beklendiği katkılar

Projenin firmaya yapacağı en büyük katkının iş dağıtım faaliyetlerinin bilgisayar ortamında sezgisel modelin vereceği sonuçların yönlendirmesiyle yapılabilmesi olacağını düşünüyoruz.

Projenin ürünleri incelendiği zaman, temelde iki farklı probleme iki uygun çözüm bulunduğu görülmüştür. Bunlardan ilkinde yani operasyonların standartlaştırılmasında, hazırlanan İSF ve SOF'lar sayesinde, her işin nasıl yapılması gerektiği yazılı ve fotoğraflı olarak açıklanmıştır. Bu formlar elektronik ortamda bir veritabanında tutularak bu bilgilere ulaşım kolaylaştırılmıştır. Böylece firmanın eksikliğini hissettiği bu standartlaşmanın ilk pilot çalışması yapılmıştır. İlerleyen günlerde, firma bizim başlattığımız bu çalışmayı kendi birimleri tarafından üretimin her aşamasında uygulayacaktır. İş yükü dengeleme programı sayesinde, iş atamaları algoritmaya yapılabilecektir. İnsan gücünün doğru kullanımı için dengeli iş yükü dağılımı önemlidir. Proje sonucunda çok dengeli olmayan yük dağılımlarının daha dengeli hale getirilmesi sağlanacaktır dolayısıyla, işçilerin morallerinde düzelme olacaktır. Bunun bir diğer faydası da, bazı işçilere olması gerektiğinden fazla iş yükü binmesinden dolayı, işçinin işi yetiştirebilmek için acele

etmesinden kaynaklanan kalite problemlerini ortadan kaldırmak olacaktır.

6.2 İleriye dönük güncelleştirme / geliştirme konularındaki öneriler

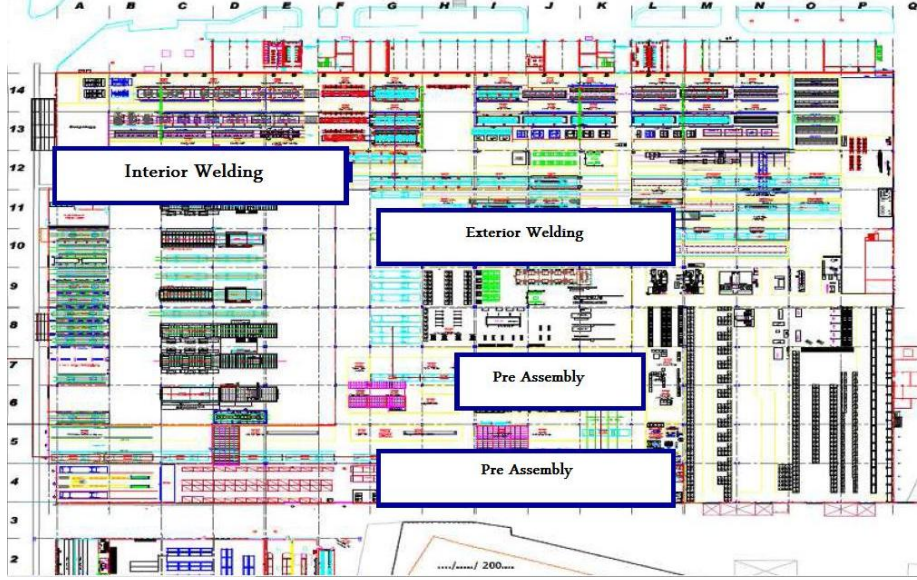
Önerimiz operasyonların standartlaştırılmasının bir defaya mahsus bir çalışma olarak görülmemesidir. Proses mühendislerinin operasyonların standartlaşmasını sürekli geliştirmeye çalışmasının üretimde verim artışında ve kalite problemlerinin önlenmesinde büyük önem taşıdığını düşünmekteyiz. Buna ilave olarak, İş Yüğü Dengeleme Programının etkin biçimde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Birim yöneticilerinin, sürekli olarak, İş Yüğü Dengeleme programı ile üretim verimliliğini arttırmaya yönelik çalışmalar yapması istenen verim artışını sağlamakta en önemli faktördür.

KAYNAKÇA

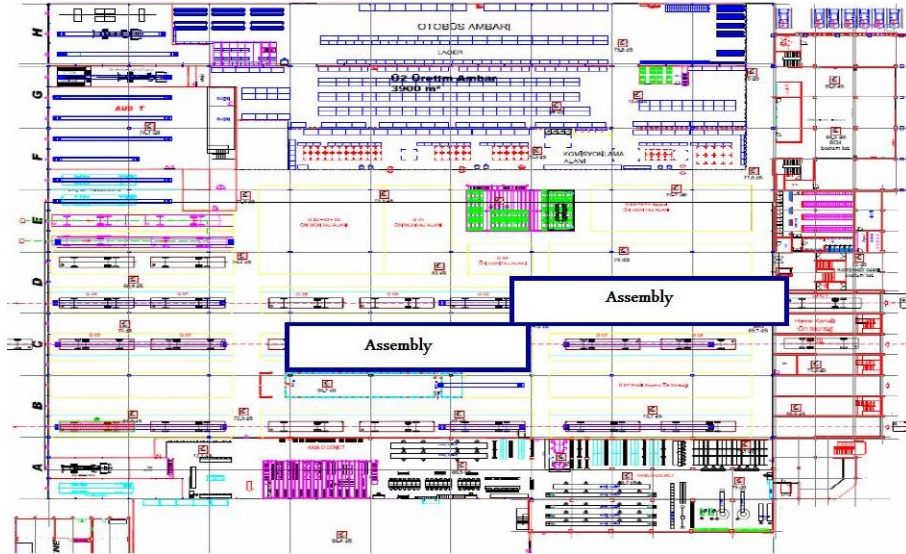
Meyers, F.E., Stewart, J.R.(1997). "Motion and Time Study for Lean Manufacturing", 3. Baskı Upper Saddle River, New Jersey.

EKLER

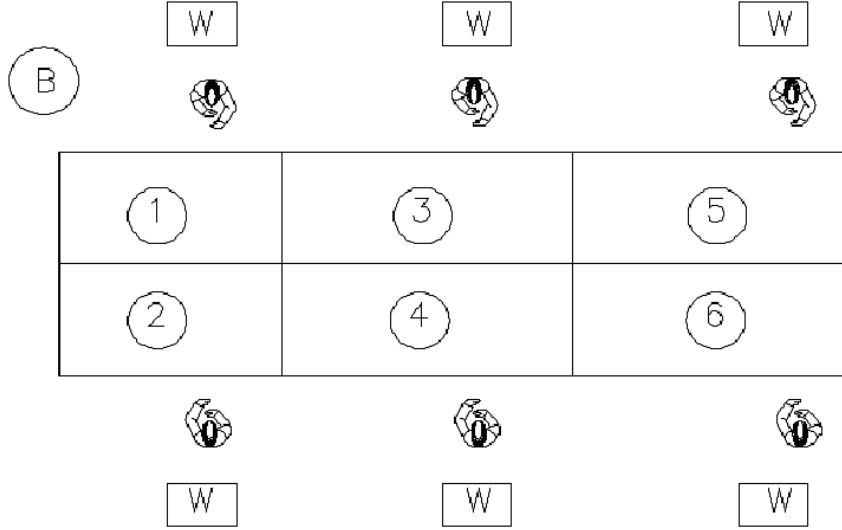
Ek 1.1. Fabrika yerleşim planı 1



Ek 1.2. Fabrika yerleşim planı 2



Ek 2. A06 istasyonunun yerleşim planı









Welding Machine : W
Bus: B

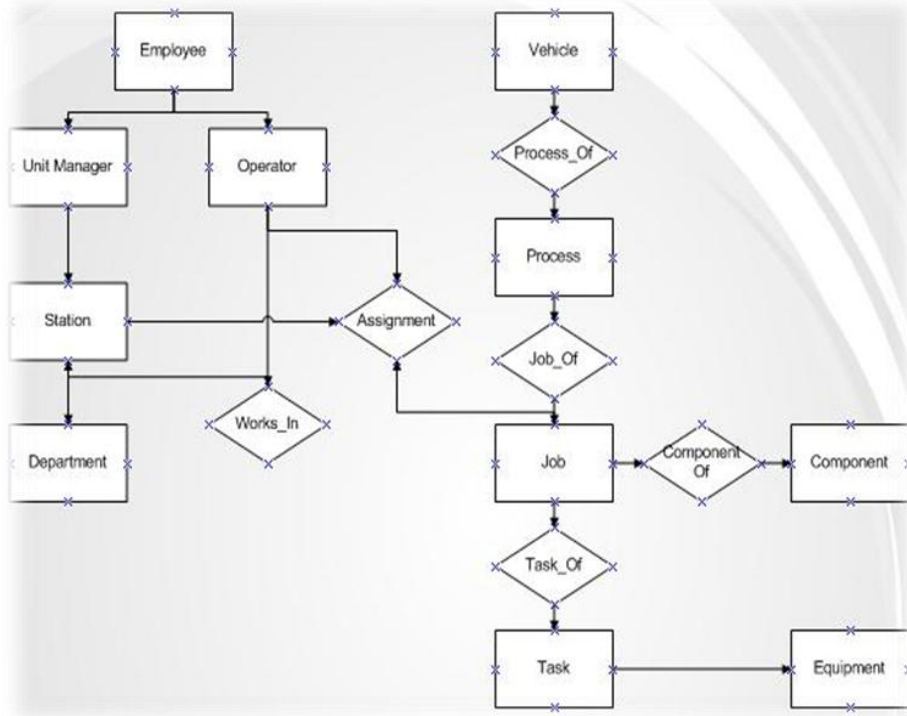
Ek 3. Standart Operasyon Formu

İKADİNE		Standart Operasyon Formu		İş Güvenliği Malzemesi (Küflen işaretleyiniz)						
Takt : 50 dk		İç Sağlama/A06		Cevrim	Gözlük	Eldiven	Tıkaç	Ayakkabı	Diğer	
Q E	Sıra No	Operasyon Tanımı:							Süre	Cizim, Yerleşim Planı, Teknik Resim ya da Fotoğraflar için alan :
Dakika	İşler	Hazırlık	Boya Spr	Çapak Spr	Kaynak	Taşlama	Çapak Al	Yürüme	Toplam	
	81.73410.2438 kaynakılması	42	90	40	840	130	10	10		
	83.94301.2768 kaynakılması	7	7	12	105	47	11	8		
	81.73410.4166 kaynakılması		16	9	140	40	9	6		
	81.94322.2974 kaynakılması									
	81.73440.4512 x 2 kaynakılması	10	10	15	270	5		10		
	81.73410.2879 kaynakılması		6	7	70	5	7	8		
	01.98138.4005 kaynakılması		6	9	146	40	5	7		
	8410.2389-2936 birbirine kaynakılması		6	7	68	5		9		
	71001.2389-2936 araca kaynakılması			18	370	70	11	7		

Ek 4. İş Standart Formu

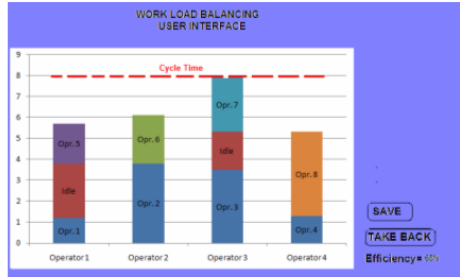
İŞ STANDART FORMU				
				
Teknik Resim No 324355	İş Tanımı 81.73410.2880 parçası araç çapak alma ve İş Standart Formu No: 23.454.672.343.421			
İş Güvenliği Malzemeleri    				
P R	Sıra No	İş Adımları	Kilit Noktalar ve Kilit Nokta Olma Sebepleri	Kullanılan Aparatlar: Taşlama makinesi, taşlama için gözlük, spatula
F, Q	1	Taşlanacak bölgeleri belirle,	Taşlama yapılan yerde sac levha kalınlığı 3	Çizim, Yerleşim Planı, Teknik Resim ya da Fotoğraflar için Alan 
Q	2	Taşlanılan bölgelerde kaynakta	Spatula kullanarak çapak kalmayacak şekilde çalışılan alanı temizle. Kaynağı aşındırmadan	
Kisaltmalar		P R: Potansiyel Risk Unsurları E: Ergonomiye dikkat et Q: Kaliteye dikkat et C: Kaza olma riski var QQ: Daha önce kalite kaynağı K: Kritik Parça F: Fire K: Korozyon Riski var Ş: Şablon Kullanılmadı		

Ek 5. ER Diyagram

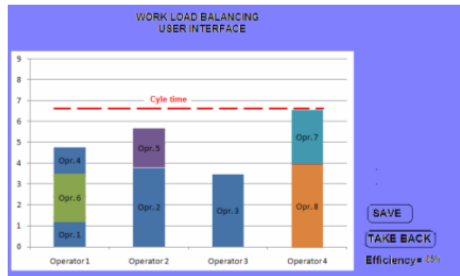


Ek 6. İş Yüğü Dengeleme Programı

Work Load Balancing Software



A pilot operations assignment study is shown in this screen. Operation 2 is predecessor of operation 5 and operation 8 is predecessor of operation 7. Current job assignments are not efficient and there are 2 idle times in the schedules of operators. After some changes are performed in WLS, supervisor can obtain better job assignments and both reduce cycle time and improve efficiency.



Kurumsal Karne Uyarlaması ile Bireysel Performans Değerlendirmesi

MİKES Mikrodalga Elektronik Sistemler Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Proje Ekibi

Alperen Kısaer
Burak Atagün
Ece Gürsoy
Emin Rodoslu
Sevilay Demircioğlu
Turgut Kahraman

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Sevinç Ateş, MİKES A.Ş.
İnsan Kaynakları Müdürü

Akademik Danışman

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

ÖZET

Türk Savunma Sanayisi'nde önemli bir yere sahip olan MİKES A.Ş. için, mevcut ücretlendirme ve kariyer planlama sistemi ile entegre olabilecek, etkili ve adil bir Bireysel Performans Değerlendirme Sistemi'nin tasarlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu projenin amacı, farklı iş gruplarının özelliklerini göz önünde bulunduran, şirket dinamikleri ile hedeflerine uygun ve ileriye yönelik geliştirmelere açık, kurumsal karne temel alınan bir değerlendirme sisteminin geliştirilmesidir. Bu amaçlar doğrultusunda, sistem tasarımı, tamamlanmıştır. Oluşturulan Bireysel Performans Değerlendirme Sistemi, Microsoft Access üzerinden test edilmiş ve sistemden çıktılar elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: APG (Anahtar Performans Göstergesi), AHP (Analitik Hiyerarşi Proses); İK (İnsan Kaynakları), Kurumsal Karne.

Yedek Parça Envanteri Karar Destek Sistemi Tasarımı

MİKES Mikrodalga Elektronik Sistemler Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Proje Ekibi

Aylin Karakaş
Olca Sarmaz
Özgür Sarhan
Orhan Çağdaş Ünver
Berk Yayvak
Ahmet Yükseltürk

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Belgin Ezer, MİKES Mikrodalga Elektronik Sistemler
Sanayi ve Ticaret A.Ş., Entegre Lojistik Destek Müdürü

Akademik Danışman

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

ÖZET

MİKES'in garanti çevrimi için tutulan envanter yönetim sisteminde temel önceliği müşteriden arızalı dönen ürünleri sözleşmede belirtilen tanımlı onarım süresi içinde tamir ederek teslim etmek olup, bu hizmeti sağlayacak ideal seviyede en düşük maliyet ile envanter tutmaktır. Bu projenin amacı, yedek parçaları satın alıp envantere tutma maliyetiyle hizmet verme seviyesi arasında ödünleşmenin dengesini sağlayacak ideal yedek parça sayısını bulmaktır. Proje dahilinde hızlı ve şirket hedeflerine uygun kararlar veren bir yedek parça karar destek mekanizması oluşturulmuştur. Yedek parça envanteri karar destek sistemi bir kullanıcı arayüzüyle desteklenmiştir. Algoritma kullanımıyla yedek parça envanter miktarlarını belirlemek daha hızlı ve sistematik hale gelmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sözleşme, hizmet verme seviyesi, yedek parça, karar destek mekanizması

1.Giriş

1.1 Şirket tanımı

MİKES Mikrodalga Elektronik Sistemler Sanayi ve Ticaret A.Ş., 1987 yılında Ankara'nın Akyurt beldesinde kurulmuştur. MİKES, savunma elektroniği ve elektronik harp alanında faaliyet göstermekte olup %96 hissesi ASELSAN Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. MİKES sistem donanımı ve yazılımı tasarımı, geliştirme, entegrasyon, üretim, test ve satış sonrası destek hizmetleri sağlamakta olup başta Türk Silahlı Kuvvetleri olmak üzere savunma sanayisine sunmaktadır.

1.2 Mevcut durum analizi

MİKES müşteriyle yapılan sözleşmeler doğrultusunda, donanım/yazılım tasarımları gerektiren özgün sistemler üretmektedir. Bu sözleşmelerde belirtilen garanti süresi ve tanımlı onarım süresi (TAT), karar destek sisteminde de parametre olarak kullanılmaktadır. Bu parametreler sözleşmeye bağlı değişkenlik göstermektedir. MİKES, garanti süresi boyunca arızalanan ürünü onarım TAT içerisinde faal olarak müşteriye teslim etmek zorundadır. TAT, 15 ile 120 gün arasında değişen bir değerdir. MİKES bu süre zarfında müşteriye gereken hizmeti zamanında verebilmek için yedek parça tutmaktadır. Eğer TAT içerisinde ürün müşteriye teslim edilmezse, MİKES sözleşmede belirtilen oranda ceza ödemekle yükümlüdür. Bunun yanı sıra, gecikmenin yaratacağı güven kaybı MİKES' in pazar payı kaybetmesine sebep de olabilmektedir.

MİKES tarafından sistem-ürün ve bakım-onarım ilişkilerini tanımlamak için kullanılan terminolojiye göre:

Sistem: Birden çok üründen oluşan ana teslimat kalemidir.

Ürün/LRU (Line Replaceable Unit): Sistem içinde yer alan teslimat kalemleri olup sahada değiştirilebilen nihai ürünlerdir.

Parça: LRU'ları oluşturmak için kullanılan alt malzeme veya bileşenlerdir.

Onarım sürecinin işleyişi aşağıda tanımlandığı şekildedir:

Bozulan ürün müşteri tarafından MİKES'e gönderilir. MİKES ürünü gerekli testlere tabi tutarak arıza analizini yapar ve ürün içindeki bozuk parçayı tespit eder.

Bozuk olduğu tespit edilen parçalar için iki senaryo bulunmaktadır:

1. Bozulan parçalar tamir edilmez ve yenisiyle değiştirilir.
2. Bozulan parçalar üreticisinde tamir ettirilebilir.
 - a. Eğer üretici firma onarım süresi TAT'tan kısaysa, bozulan parça tamir ettirilip ürüne takılır. Envanterden parça kullanılmaz.

- b. Eğer üretici firmanın onarım süresi TAT'tan uzunsa, bozulan parça envanterden yeni bir parçayla değiştirilir. Bozulan parça tamir edildikten sonra tekrar envantere konulur.

Onarılan parça ürüne takılarak tekrar testlere tabi tutulur ve müşteriye ürün çalışır halde teslim edilir. Ürün içindeki bütün parçalar sadece yukarıda belirtilen senaryolardan birisine ait olabilir (1, 2-a ya da 2-b).

2. Problem Tanımı

2.1 Detaylı problem tanımı

MİKES'in garanti çevrimi için tutulan envanter yönetim sisteminin temel önceliği müşteriden arızalı dönen ürünleri tanımlı onarım süresi içinde tamir ederek teslim etmek olup, bu hizmeti sağlayacak ideal seviyede en düşük maliyet ile envanter tutmaktır. Bu bağlamda projenin amacı ideal stok seviyesini sağlayacak şekilde bir yedek parça envanteri karar destek sistemi oluşturmaktır.

MİKES yönetimi yedek parça envanteri karar destek sistemi ile üç ana fayda sağlamayı hedeflemektedir:

1. Mevcut garanti çevrimi için tutulan yedek parça envanter karar destek sistemini bilimsel yöntemler ile geliştirmek.
2. Mevcut stok seviyesini azaltarak envanter tutma maliyetini azaltma.
3. Mevcut garanti çevrimi için tutulan yedek parça envanter karar destek sisteminde kullanılmayan maliyet kriterlerinin ve alım zamanı kararlarının modele eklenmesi.

MİKES ileri teknoloji gerektiren ve maliyeti yüksek ürünler tasarlayıp üretmektedir. Bu ürünler içindeki özel üretim parçalar da oldukça pahalıdır. Dolayısıyla MİKES gereğinden fazla envanter tuttuğunda yüksek envanter maliyetiyle karşı karşıya kalabilmektedir. Tekrar talep oluşturulduğunda, üretici firmanın parçayı tekrar üretmesi ise kimi zaman demode alt parçalar nedeni ile mümkün olmamakta ve/veya ek maliyetler oluşturmaktadır. Bu nedenle her bir özel üretim parça için ideal yedek parça envanter seviyesi belirlenmeye çalışılmaktadır.

Diğer taraftan düşük sayıda yedek parça tutmak, ihtiyaç anında yedek parça bulduramamak gibi bazı istenmeyen durumlara sebep olabilmektedir. Yedek parça yokluğu MİKES'in TAT içinde gerekli bakım onarımı sağlayamamasına neden olabilecektir. MİKES bu olasılık gerçekleşirse ceza ödemekle yükümlüdür. Ceza miktarı sözleşme ile belirlenmiştir. Aynı zamanda arızalı ürünün zamanında onarılıp müşteriye teslim edilememesi MİKES'in müşterilerinde güven kaybına sebep olabilmektedir.

MİKES yukarıda belirtilmiş iki istenmeyen durumu engellemek için, müşteriye yapılan anlaşmada belirtilmiş olan ve %90 ile %99

arasında değişen hizmet verme seviyesini sağlayan en düşük envanter seviyesini bulmaya çalışmaktadır.

2.2 Şikayet ve belirtiler

Üç ana sebepten dolayı problemin belirtileri mevcut sistemde incelenememektedir. Bu sebepler MİKES ile müşteriler arasındaki gizlilik anlaşması bulunması, daha önceki verilerin yokluğu ve garanti süresinin iki – üç sene olmasından dolayı gözlem periyodunun uzun olmasıdır. Problemin belirtileri ve MİKES'in şikayetleri endüstriyel danışmanlarımızla değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sırasında, endüstriyel danışmanlarımız açık bir şikayet ya da belirti olmadığını belirtmişlerdir. Şirketin temel kaygısı mevcut garanti çevrimi için tutulan envanter karar destek sisteminin maliyet parametrelerini de içerecek şekilde yeterli bilimselliği içermemesidir.

3. Literatür Taraması

Literatür araştırması var olan sistemdeki probleme en yakın iki konu üzerine yapılmıştır. Bu konular, ileri talep bilgisi (ADI) ve final siparişidir. ADI, müşteri siparişini verdiği zaman teslimat tarihi bilgisini de verdiğini varsayar. Üreticinin sipariş hakkında bilgilendirilmesiyle ürünün teslimi arasında geçen süre tedarik süresi olarak adlandırılır. Bu konsept ilk defa Hariharan (1995) tarafından ortaya konmuştur. Final siparişini, ürün ve garanti süresi boyunca tutulacak yedek parça miktarı belirlendiği zaman verilir.

Gallego ve Özer (2001), ADI'nın bulunduğu rassal envanter sistemleri için duruma bağlı (s,S) temel stok değerlendirme yönteminin ideal olduğunu göstermişlerdir. Problem kesikli zaman, tek ürün, tek yer ve periyodik tekrarlı envanter problemi içermektedir. Gallego ve Özer bu problemin çözümü için dinamik programlama önermişlerdir.

Wang ve Toktay (2008) ise esnek teslimatlı ADI bulunan envanter yönetim problemlerini incelemişlerdir. Onlar da çözüm için dinamik programlama önermişler ve sonuçları benzetim ile değerlendirmişlerdir. Wang ve Toktay'ın sisteminde bozulan parçalar tamire biriktirilerek gönderilmektedir. MİKES ise bozulan parçaları biriktirmeden tamire göndermektedir.

Mevcut sistemde sözleşme imzalandıktan sonra sipariş yalnızca bir kere verildiği için problem final siparişisi olarak düşünölmektedir. Tamir edilebilir yedek parçaların final siparişlerinden tek bahseden Kooten ve Tan (2007)'dir. Ancak bu makaledeki içerik de doğrudan MİKES'in sistemine uygulanamamaktadır. Çünkü Kooten ve Tan'ın çözümünde istimlak, anında tamire gönderme, üreticinin tedarik süresinin rassal olması gibi MİKES'in sistemine uymayan varsayımlar bulunmaktadır. Tamir edilebilir parçanın tamir edilememe olasılığı olduğu duruma istimlak denilmektedir. Kooten ve Tan, modelleme için Markov zinciri kullanmışlardır; fakat bu çözümde matris tersi

hesaplandığı için bu yaklaşım uzun zaman periyotları için uygun değildir. Bu nedenle küçük boyuttaki problemler için Markov modeli ve modelin yaklaşık benzetimini kullanmışlardır.

Sistemimizdeki onarım süresi tedarik süresi olarak da alınabilir. MİKES'e bozuk parçanın gelmesi üreticiyi talep ile ilgili bilgilendirme zamanını, tamir süresinin sonu ise ürünün teslim alındığı zamanı göstermektedir. ADI üzerine olan makalelerin büyük bir kısmı siparişin belirlenmiş günden önce karşılanmadığını varsaymaktadır. Bunun tam tersi durum ise esnek teslimat durumu olarak adlandırılır. Mevcut sistemde, eğer envanterde kullanılabilir yedek parça bulunuyorsa, bu parça ürüne takılma, test edilme gibi işlemlerden geçtikten hemen sonra bekletilmeden müşteriye yollanır. MİKES'te var olan sistem esnek teslimatlı sistemdir.

Literatürde sistemimize birebir uygun bir model bulunamadığı için problemin modellenmesi ve çözümü için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu modelin detayları matematiksel model bölümünde gösterilmektedir.

4. Sistem Tasarımı

Bu bölümde sistemimizin detayları bulunmaktadır.

4.1 Sistemin amacı

Sistemin amacı, üretici firma onarım süresi TAT'tan uzun olan tamir edilebilir parçalar ve üretici firma temin süresi TAT'tan uzun olan tamir edilemeyen parçalar için karar destek sistemi tasarlamaktır. Sistem, yedek parçalar için ideal envanter seviyesini hesaplayacaktır.

4.2 Sistem yapısı

Sistemimiz, ilişkileri aşağıda tanımlanmış olan birçok parçadan oluşmaktadır (Ek 1.1 ve Ek 1.2).

4.2.1 Sistem parçaları

Müşteri: MİKES'in ürün ve hizmet sunduğu kurumlardır.

Sözleşme: Müşteriye sunulacak ürün ve hizmetlerin tanımlandığı, proje isterleri ile ilgili gerekli bilgiyi içeren yazılı bir dokümandır. Garanti süresi, teslim edilecek ürün adet ve isterleri, servis sağlama yüzdesi vb. gibi bilgileri içermektedir. Daha detaylı bilgi etkileşimler bölümünde bulunmaktadır.

Proje: MİKES ve müşteri arasında sözleşmeler ile başlayan başlangıç ve bitiş zamanı olan, kapsamı ve süresi farklılık gösteren, ürün ve hizmet sunmak amacıyla yapılan çalışmalardır.

MIS: MİKES Solutions (MIS) gereken bilgileri veri dosyasından alıp belirlenmiş parça için ideal yedek parça sayısını veren bir karar destek mekanizmasıdır.

Veri Dosyası: Veri dosyası, karar destek görevi gören MIS'e girdi sağlar. MRP-II Paketi'nden bilgileri alarak, bu bilgilerin MIS tarafından okunabilmesini sağlar.

Çıktı: Veri dosyasından alınan bilgilerin MIS tarafından kullanılmasından sonra ortaya çıkan sonuçtur.

MRP-II PAKETİ: Projede yazılı olan bilgilerin karar destek mekanizması tarafından kullanılabilmesi için sistematik ve tablolanmış şekilde tutulması gerekmektedir. Karar aracında girdi olarak kullanılacak, her bir parça ile ilgili bilgileri MRP-II Paketi tutmaktadır.

Son Karar: Bu aşamada, MIS'in verdiği sonuçlarda küçük değişimler yapılarak ne kadar sipariş verileceğiyle ilgili son karar verilir.

Tecrübeye Dayalı Bilgi: Son karar yetkililer tarafından geçmiş veriler ve deneyimler dikkate alınarak değiştirilebilir.

Üretici: Üretici parçanın tamirini veya yeni parça teminini sağlar.

4.2.2 Etkileşim

Müşteri – Sözleşme: Müşteri ile maddelerde anlaşılarak sözleşme imzalanır.

Sözleşme – Proje: Her sözleşmede proje isterleri yer alır. Her sözleşme bir proje olarak adlandırılır.

Proje – MRP-II PAKETİ: Projede kullanılan parça numara ve isimleri MRP-II Paketi sisteminin içinde yer alır.

Proje – Veri Dosyası: Veri dosyası TAT, hizmet seviyesi ve garanti süresi gibi verileri sözleşmeden alır.

MRP-II PAKETİ – Veri Dosyası: Veri dosyasında bulunan parça isimleri, üretici firma onarım süresi gibi parametreler MRP-II Paketi'nden alınır.

Veri Dosyası – MIS: MIS, algoritmalar ve model için gereken girdileri veri dosyasından alır.

MIS – Çıktı: MIS hesaplamayı bitirdiğinde, son karar olmamakla birlikte, tutulması gereken yedek parça sayısını bulmaya yönelik ihtiyaç miktarlarına karşılık gelen servis sağlama yüzdelerini ve maliyetleri sağlayan bilgileri verir.

Çıktı – Son Karar: MIS'in sağladığı bilgiler son kararı etkilemektedir.

Tecrübeye Dayalı Bilgi – Son Karar: Tecrübeye dayalı bilgi satıcının zamanında gönderim yapması konusundaki güvenilirliği ve parça ile ilgili daha detaylı bilgi gibi konuları kapsamaktadır. Üretici firma temin süresi tahmin edilenden daha uzun olabilir ya da parça belirtilenden daha çok veya az sıklıkla bozuluyor olabilir. Bu nedenle daha önce alınmış kararlar tecrübeye dayalı bilgi ile tekrar değerlendirilir; fakat bunun son karara etkisi karar veren kişiye bağlıdır.

5. Önerilen Yöntembilim

5.1 Sistemin modeli

5.1.1 Varsayımlar

Modelin matematiksel modellemesi için aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

1. Model ADI içermektedir.
2. Ard ısmarlama (back order) yöntemi kullanılmaktadır.
3. Zaman aralıkları gün olarak belirlenmiştir.
4. Ürünlerin günlük kullanım miktarları sabittir.
5. Envanter tutma maliyeti ve envanter eksikliği maliyeti günlük hesaplanmaktadır.
6. Bozulan ürünler MİKES'e hemen gönderilmektedir.
7. Bozuk parçanın gelişi deterministik tedarik süresi olan bir sipariş gibi düşünülmüştür.
8. Bozuk parçanın gelişi bağımsız bir Poisson değişkenidir.
9. Bir günde birden fazla bozuk parça gelmemektedir.
10. Bozuk parçalar tamire bekletilmeden gönderilmektedir.
11. Esnek teslimat durumu yoktur. Tamir edilmiş ürünler müşteriye TAT sonuna kadar teslim edilmektedir.

5.1.2 Matematiksel model

Problemi tüm kapsamıyla değerlendiren bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model çok fazla değişkene sahip olduğundan, çözümü için gelişmiş bir çözücüye ihtiyaç vardır. MİKES herhangi bir yatırımla yeni yazılım almayı planlamadığı için alternatif bir model geliştirilmiştir.

5.2 Geliştirilen yöntembilim

5.2.1 Tamir edilebilen parçalar

Model temel olarak iki adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda Koçağa ve Şen (2007) modelini kullanarak ADI ışığında hizmet verme seviyesini sağlayacak bir envanter seviyesi hesaplanır. Bu adım gerçek sistemdeki esnek teslimat durumunu içermediğinden bulunan sonuç başlangıç envanter seviyesi olarak kabul edilir. İkinci adımda başlangıç envanter seviyesi ile beraber gerçek sistemin tüm girdilerini kullanan bir benzetim yapılarak ideal envanter seviyesi tespit edilir.

Parçanın bozulması sırasında geçen zaman, parametresi λ olan bir üstsel dağılıma sahiptir. Her parça tipi λ ortalamaya sahiptir. Birinci adımda λ ortalamayı, t zamanını ve $\tau =$ gönderim zamanı – TAT, envanter seviyesi s ve toplam talep miktarı $D(t)$ 'yi kullanarak yüzde yüz hizmet verme olasılığını hesaplayan bir model yaratılmıştır.

$$\beta(s) = \Pr(D(t, t + \tau) \leq s - 1)$$

Tamir zamanları belirleyici olduğundan dolayı sistem ADI'ya sahiptir. Envanter seviyesi s iken hizmet verme seviyesinde eksiklik olmama olasılığı $\beta(s)$ 'dir. Hizmet verme seviyesindeki eksiklik τ süresi içindeki toplam talebin $s-1$ 'i aşmaması durumunda ortaya çıkmayacaktır. Olasılık fonksiyonunu aşağıda verildiği gibi böldükten sonra, gama dağılımını kullanan bir formüle ulaşılmıştır.

$$\beta(s) = P(D(t, t+\tau) = s-1) + P(D(t, t+\tau) = s-2) + \dots + P(D(t, t+\tau) = 0)$$

$$\beta(s) = e^{-\lambda\tau} \sum_{i=0}^{s-1} \frac{(\lambda\tau)^i}{i!} = e^{-\lambda\tau} \left(\frac{e^{\lambda\tau} \Gamma(s, \lambda\tau)}{\Gamma(\lambda\tau)} - 1 \right)$$

Bu formül sadece belirli bir envanter değeri için hizmet verme olasılığını hesaplamaktadır. Ancak farklı envanter değerleri arasından gerekli hizmet seviyesini sağlayan en uygun envanter seviyesinin hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla bu formülü kullanan bir model oluşturulmuştur. $\bar{\beta}$, sağlanması gereken minimum servis seviyesi olmak üzere bu model aşağıda verilmiştir:

$$\min s$$

$$\beta(s) \geq \bar{\beta}$$

$$\beta(s) = e^{-\lambda\tau} \left(\frac{e^{\lambda\tau} \Gamma(s, \lambda\tau)}{\Gamma(\lambda\tau)} - 1 \right)$$

$$\bar{\beta} \geq 0$$

Birinci adımda başlangıç envanter seviyesi hesaplanmaktadır. Ancak model esnek teslimatı içermemektedir. Başlangıç envanter seviyesinin ideal olup olmadığını anlamak için sistemin bütün girdileri kullanılmalıdır. Sistem esnek teslimatı da içerecek şekilde daha geniş bir kapsamda incelenmelidir. Bu yüzden ikinci adım olarak envanter seviyesini analiz eden bir benzetim modeli tasarlanmıştır. Bu model başlangıç envanter seviyesini, bozulmalar arası ortalama zamanı, gönderim zamanını, anlaşmanın garanti süresini, sistemdeki toplam parça sayısını, parçaların kullanım süresini, hizmet verme seviyesini, satın alma maliyetini, envanter tutma maliyetini ve gecikme cezasını alarak gerçek sistemin benzetimini yapmaktadır.

Benzetim için ilk olarak sistemdeki bozulmalar arası ortalama zaman, toplam parça sayısı ve parçaların kullanım süresi alınarak günlük talep bilgileri oluşturulur. Bu talep bilgileri başlangıç envanter seviyesinin belirli bir oranda eksikliği ve fazlası değerlerdeki toplam maliyeti hesaplamak için kullanılır. Hesaplanan toplam maliyetler arasından gerekli hizmet seviyesini sağlayan minimum envanter seviyesi belirlenir.

5.2.2 Tamir edilemeyen parçalar

Tamir edilemeyen parçalar için yedek parça envanter seviyesinin yanında bu yedek parçaların hangi zamanda alınacağı da önemlidir. Üretim için verilecek siparişler ile birlikte mi yoksa garanti döneminin başlangıcında mı alınacağı gerçek sistem ile benzetim yapılarak bulunur. İlk olarak tamir edilen parçalar için kullanılan model ile başlangıç s seviyesi bulunur. Talep bilgisi ışığında parçanın fiyat artış yüzdesi, parçanın iskonto oranı, yıllık enflasyon oranı ve gerekli hizmet verme seviyesi kullanılarak üretim için verilecek siparişler ile birlikte alındığı zamanki maliyeti ile garanti başlangıcında alındığı zamanki maliyeti karşılaştırılır. Karşılaştırmanın sonucuna göre düşük maliyetli durum seçilir.

6. Uygulama

6.1 MIS yazılımı hakkında bilgi

MIS yazılımı kullanıcı ara yüzü bulunan bir Karar Destek Sistemi şeklinde oluşturulmuştur. MIS yazılımı C# dilinde yazılmış olup ara yüzü ise Visual Studio ile hazırlanmıştır. Arayüz firma yetkililerinin istekleri doğrultusunda belirlenen fonksiyonları içeren kullanıcı dostu bir tasarıma sahiptir. Bu özelliğiyle önemli bir kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

Yazılım tamir edilebilen ve tamir edilemeyen parçalar için hesaplama yapmaktadır. Yazılım, parça bilgilerini Excel dosyalarından okumaktadır. Excel dosyasında parçaya ait başlangıç envanter seviyesi, bozulmalar arası ortalama zaman, gönderim zamanı, sistemdeki toplam sayısı, kullanım süresi, satın alma maliyeti, envanter tutma maliyeti ile birlikte müşteriyle yapılan sözleşmede belirtilmiş gecikme cezası, hizmet verme seviyesi ve sözleşmenin garanti süresi yer almaktadır.

Yazılımın tamir edilebilen ve edilemeyen parçalar modüllerinde matematiksel ve benzetim modelleri kullanılmaktadır. Tamir edilebilen parçalar modülünde kullanıcı yıllık faiz oranı parametresini girerek çıktı elde eder. Matematiksel ve benzetim modellerinin çalıştırılması sonucunda servis sağlama yüzdesi ile bu servis sağlama yüzdesini yerine getiren en etkin seçeneğin maliyet bilgilerini vermektedir (Ek 2).

Tamir edilemeyen parçalar modülünde, üretim için verilecek siparişler ile birlikte mi yoksa garanti döneminin başlangıcında mı alınacağı kararı belirlenmektedir. Kullanıcı modülde yıllık fiyat artış yüzdesi, parçanın iskonto oranını, parçanın sabit maliyetini, yıllık enflasyon oranını, gereken servis sağlama yüzdesi parametlerini girerek çıktı elde eder. Karar destek amacıyla çıktı olarak yapılan benzetim sayısına göre parçanın servis sağlama yüzdesi aralıkları ve proje siparişlerinin yapılması ile birlikte alım ortalama maliyeti ile garanti başlangıcında alım ortalama maliyeti karşılaştırmalı olarak listelenmekte, alım zamanı kararı verilmektedir. Kaç defa önce alınması

gerektiği ile parçanın kaç defa sonra alınması gerektiği listelenmektedir (Ek 3).

6.2 Performans ölçümü

Projemizde tamir edilebilen parçalar için poisson model ile benzetim modelinin birleştirilmesi ile oluşturulan bir çözüm yöntemi önerilmektedir. Geliştirilen çözüm yönteminin performansını ölçmek amacıyla firmanın bir ürünü için kullandığı iki yıllık garanti süresi için alıma karar verdiği garanti çevirim yedek sayıları ile karşılaştırma yapılmıştır. Bu üründen seçilen bir parça grubunun parça bilgileri bir Excel dosyasına alınmıştır. Bu dosyanın MIS yazılımına aktarımıyla hesaplama yapılmıştır. 24 adetlik bir parça grubu için yazılımın sonuç verme hızı 10 saniye kadardır. Bu yönüyle MİKES'in mevcut hesaplama sistemine göre sonuçlara çok daha hızlı ulaşabilmektedir.

7. Genel Değerlendirme

MİKES, ürünlerinin müşteri isteklerine uygun olacak şekilde özgün tasarımlara sahip olmasından dolayı ürünlerin başka kaynaklardan tedarik edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle MİKES, müşteriye teslim edilmiş sistemlerini sözleşme isterlerine uygun olarak en yüksek servis sağlama yüzdesini sağlayacak durumda faal tutmalıdır. Ürünü oluşturan parçaların bir kısmı özgün tasarımlı parçalar olmaları nedeniyle yüksek fiyatlı olup, bu parçalardan gereğinden fazla envanter tutmak MİKES'e yüksek maliyet getirmektedir. Bu sebeple bu proje en düşük maliyete sahip ideal yedek parça sayısı ile gereken hizmet verme seviyesi arasındaki ödünleşmeyi dengelemek amacındadır.

Yukarıda yazılanların ışığında, MİKES'in garanti çevrimi için tutulan yedek parça envanteri karar destek sistemi incelenmiş ve farklı tamir edilebilme özelliğine sahip parça tiplerinden oluştuğu saptanmıştır. Bu parçalar tamir edilebilir ve tamir edilemez diye iki farklı senaryoya sahiptir ve proje iki senaryoyu da kapsamaktadır.

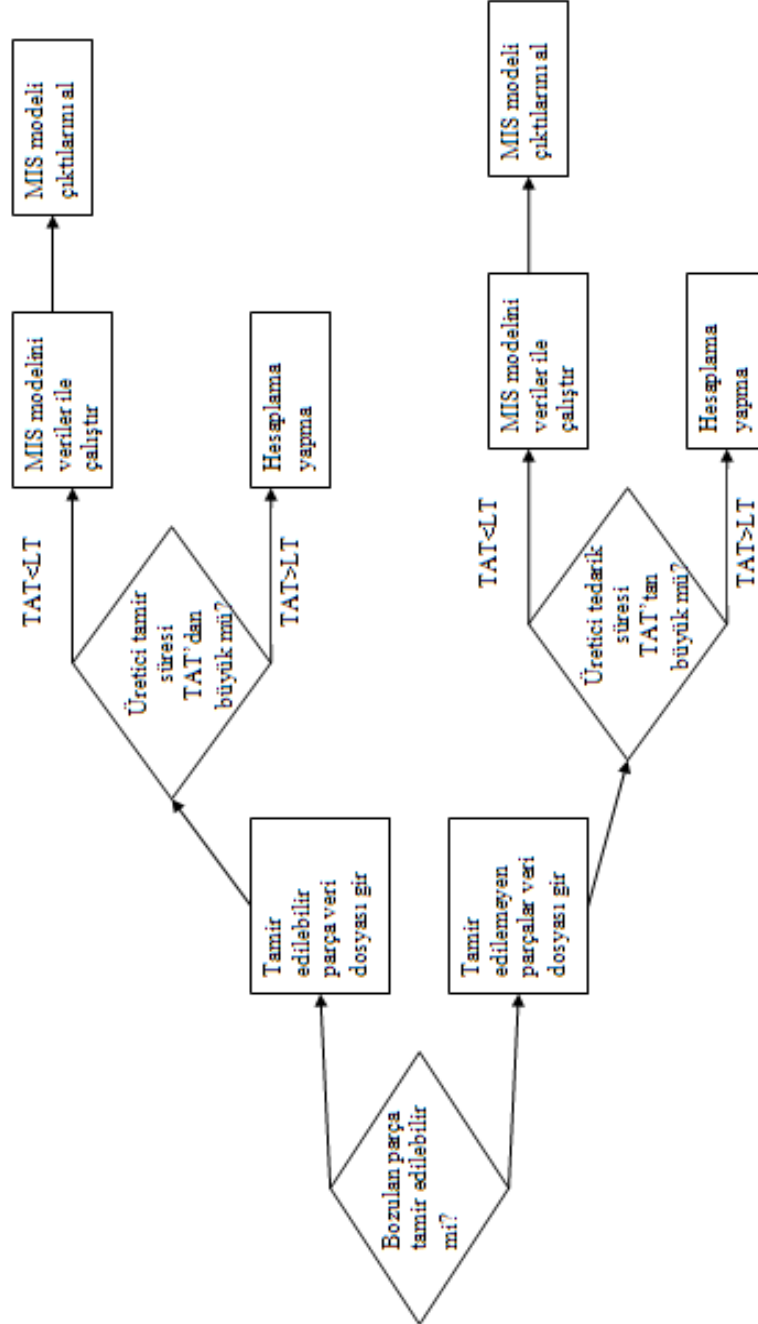
Projede tasarlanan yedek parça envanter karar destek sistemi, profesyonel anlamda geliştirilebilir olmasının yanı sıra MİKES'e birçok katkı sağlamıştır. Öncelikle MİKES tarafından garanti çevrimi için verilen yedek parça siparişleri daha bilimsel olarak hesaplanabilir hale gelmiştir. Bunun yanı sıra MİKES tarafından hesaplanmayan envanter tutma maliyetlerini hesaplama ve arşivleme konusunda firmaya katkı sağlamaktadır. Karar destek sisteminin kullanılması için MİKES yetkililerinin istekleri doğrultusunda bir yazılım tasarlanmıştır. Bu yazılımın, şirketin mevcut kurumsal kaynak planlama sistemine uygun ve kullanıcı dostu bir arayüze sahip olması şirkete sağladığımız diğer bir faydadır.

KAYNAKÇA

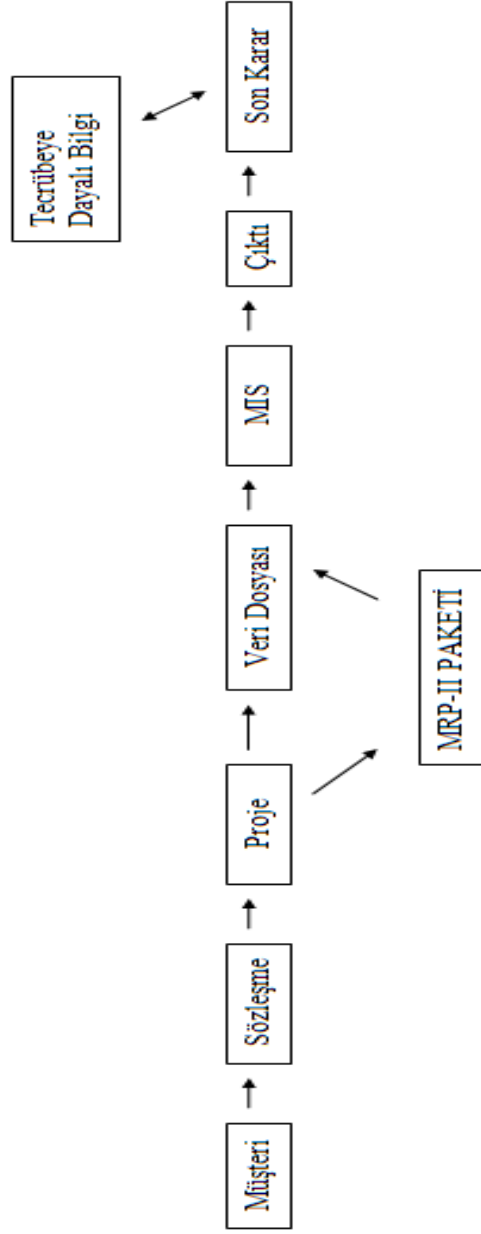
- Gallego, G., Ozer, O. 2001. "Integrating Replenishment Decisions with Advance Demand Information", *Management Science* 47(10), 1344-1360.
- Hariharan, R., Zipkin, P. 1995. "Customer-Order Information, Leadtimes, and Inventories", *Management Science* 41(10), 1559-1608.
- Kocaga, Y.L., Sen, A. 2007. "Spare Parts Inventory Management with Demand Lead Times and Rationing", *IIE Transactions* 39(9), 879-898.
- Kooten, J.P.J. van, Tan, T. 2009. "The Final Order Problem for Repairable Spare Parts under Condemnation", *International Journal of Production Research* 47(15), 4281-4304.
- Wang, T., Toktay, B. 2008. "Inventory Management with Advance Demand Information and Flexible Delivery", *Management Science* 54(4), 716-732.

EKLER

Ek 1.1 MİKES onarım süreci



Ek 1.2 Model etkileşim şeması



Ek 2. Tamir edilen parçalar için arayüz

Proje ismi: IE 478 Proje

Tanımlı bakım/onarım süresi: 45

Garanti süresi: 730

C:\Documents and Settings\Frnci\Desktop

Yıllık ABD doları faiz oranı: 2,00

Benzetim sayısı: 3

İşlem akışı

Docya seçtiniz: (00:55:15 J)
 Faiz oran ve benzetim sayısını da giriniz, hesaplamalar başlandı.
 (00:55:18 J)
 Hesaplamalar bitti: (00:55:18 J)

Gözet

Hesapla

Metni temizle

Parça No	Parça ismi	Kullanma süresi (saat/yıl)	Parça sayısı	MTBF (saat)	Tamir süresi (gün)	Parça fiyatı (ABD \$)	Ceza ücreti (ABD \$)	Servis yüzdesi	Mikres onarım süresi (gün)
1	LVPS	100	22	2242	120	3200	130	95	10
1	Noise So...	200	22	83333	120	7125	153	95	10
1	Switch RF	300	22	4906	120	5800	153	95	10
1	DCO	100	22	956	120	10000	153	95	10
1	Atenuat...	200	22	25641	120	7200	153	95	10
1	Amplifier...	300	22	3157	120	5800	153	95	10
1	Switch F...	100	22	1334	120	7000	153	95	10
1	Mixer	200	22	84033	120	1120	153	95	10
1	Comb G...	300	22	10775	120	8000	153	95	10
1	Filter/ban...	100	22	28818	120	1050	153	95	10
1	Switch F...	200	22	13642	120	6650	153	95	10
1	Oscillator...	300	22	2843	120	25900	153	95	10
1	Diode C...	100	22	3231	120	9000	153	95	10

Sonuçlar

Parça No	Parça ismi	Yedek ihtiyacı	Servis yüzdesinin %95 güven aralığı alt limiti	Ortalama servis sağlama yüzdesi (Not 1)	Servis yüzdesinin %95 güven aralığı üst limiti	Ortalama servis sağlama yüzdesi (Not 1)	Toplam maliyetin %95 güven aralığı alt limiti (ABD \$)	Ortalama toplam maliyet (ABD \$)	Toplam maliyetin %95 güven aralığı üst limiti (ABD \$)	Ortalama toplam tagima maliyeti (ABD \$)	Ortalama toplam ceza maliyeti (ABD \$)
1	LVPS	0	0,00	0,00	0,00	0,00	55.510,00	55.510,00	55.510,00	0,00	55.510,00
		1	100,00	100,00	100,00	100,00	3.916,00	4.848,00	5.780,00	1.648,00	0,00
1	Noise Source	0	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	Switch RF	0	0,00	0,00	0,00	0,00	22.950,00	22.950,00	22.950,00	0,00	22.950,00
		1	100,00	100,00	100,00	100,00	12.622,00	21.512,00	30.402,00	15.712,00	0,00

Ek 3. Tamir edilemeyen parçalar için arayüz

Çöpe Atılan Parça Ekranı

C:\Documents and Settings\Fmc\Desktop\Desel Gözet

Fiyat artış yüzdesi | 10 | İskonto oran | 2 | Sabit maliyet | 2 | Enflasyon | 2 | Servis yüzdesi | 2 | Benzetim sayısı | 2 | Hesapla

İşlem akışı

Doşya seçtiniz (21.03.14) |
Gerekti bilgilerin giriniz, hesaplamalar başladı. (21.03.23) |
İşlemler bitti. (21.03.23) |

Mezmi temizle

Parça No	Parça ismi	Ne zaman parça alınacak?	Kaç kere başa alma çıktı?	Kaç kere sonra alma çıktı?
3	MIXER...	Önce	2	0
4	POWER...	Önce	2	0
5	EQUALI...	Önce	2	0
6	LINE EQ...	Önce	2	0
7	COUPLE...	Önce	2	0
8	EQUALI...	Önce	2	0
9	AFT OU...	Önce	2	0
10	EQUALI...	Önce	2	0

Parça No	Parça ismi	Toplam sistem sayısı	Bir sistemdeki parça sayısı	MTBF (saat/yıl)	Tedank süresi (gün)	Parça fiyatı (ABD \$)	Çalışma süresi (gün)
3	MIXER...	60	2	22422	45	545	1
4	POWER...	60	5	833333	60	315	2
5	EQUALI...	60	1	49068	50	362	1
6	LINE EQ...	60	1	9568	60	398	3
7	COUPLE...	60	2	256410	90	420	1
8	EQUALI...	60	2	31576	45	470	1
9	AFT OU...	60	1	13349	60	505	1
10	EQUALI...	60	1	840336	45	505	2
11	EQUALI...	60	1	107759	45	505	2
12	DISPLA...	60	1	288184	30	689	1
13	SWITCH...	60	4	136426	25	785	2
14	POWER...	60	2	28433	30	785	1
15	RF DET...	60	3	23315	90	825	1
16	1P2T S...	60	1	40209	40	945	3
17	SWITCH...	60	1	18608	60	989	3

Renault Fluence Kapı İmalat Hücrelerinde Süreç Tasarım ve Optimizasyonu

OYAK-Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş.

Proje Ekibi

Ceren ÇAKMAK
Şeyma EVİRGEN
Özde Kamer GÖRÇİN
Serkan KABALI
Arda KAHRAMAN
Efe Can ÖRKİZ

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Erkan Üçdal, Renault Bursa Fabrikası,
Kaporta Departmanı Proje Şefi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

OYAK-Renault Bursa Fabrikası'nda gerçekleştirilen projenin faaliyet alanı, Fluence ve Megane HB modellerinin Kapı Üretim Hatları'dır. Bu üretim hatlarındaki kalıp değişim sıklığı ve palet sayısı sistemin maliyet etkin bir şekilde çalışması konusunda belirsizliğe neden olmaktadır. Kapı Üretim Hatları'nın, Montaj Hattıyla olan ilişkisi, projede incelenen ve iyileştirme yapılan kısımlardır. Projenin amacı günlük talebi karşılayabilecek en uygun maliyetteki kalıp değişim sıklığı ve palet sayılarını belirleyen bir Karar Destek Sistemi oluşturmaktır. Java programlama dilinde yazılmış ve kullanıcıya kolaylık sağlayan bir ara yüze sahip Karar Destek Sistemi, Kapı Üretim Hattı'nda test edilmiştir. Projenin, beklentileri karşıladığı ve maliyetlerde iyileştirilmeye gidildiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Karar Destek Sistemi, üretim çizelgeleme, katile üretimi, iki makine arası üretim akışı, maliyet enazlama.

1. Şirket Tanıtımı

Oyak Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş. 1969 yılında Oyak ve Fransız Renault grubunun katılımı ile kurulmuştur. Bursa’da konumlandırılan fabrikada, Renault marka binek araçların ve mekanik parçaların üretimi ve ihracatı gerçekleştirilmektedir. Bugünkü üretim planlarına göre şirket; Clio, Mégane HB ve Fluence modellerini, günlük 1300 araba kapasite ile üretmektedir. Mevcut modellere ek olarak, Renault, 2013 yılında iki yeni modelin üretimine Bursa fabrikasında başlayacaktır.

2. Proje Tanımı

Kaporta Departmanı’nda bulunan Fluence ve Megane HB Kapı Üretim Hücreleri ve bu hücrelerin Montaj Hattı ile olan ilişkisi projenin kapsamını oluşturmaktadır.

Pres Departmanı’ndan 40 parçalık kabileler halinde alınan metal saclar, Kapı Üretim Hücreleri’nde işlenmektedir. Ardından burada işlenmiş olan yarı-bitmiş mamuller (kapılar), paletler aracılığıyla yarı bitmiş ürün stok alanına gönderilmektedir. Daha sonra Montaj Hattı ihtiyacı doğrultusunda bu alandan gerekli envanteri almaktadır. Montaj Hattı, paletleri boşalttıktan sonra, boş paletler Kapı Üretim Hücreleri’ne taşınmaktadır.

Fluence ve Mégane HB Kapı Üretim Hücreleri; sağ ön/arka ve sol ön/arka Kapı Üretim Hücreleri olmak üzere dört birimden oluşmaktadır. Bütün hücrelerin çalışma prensipleri ve operasyon sıraları aynı olduğu için, tek bir hücrenin incelenmesi, bütün hücrelerin çalışma prensibini anlamak için yeterlidir. Dolayısıyla, sol ön Kapı Üretim Hücresi’nin çalışma prensibi ve operasyon sıralamaları, bütün sistemi anlamak için örnek olarak kabul edilmiş ve incelenmiştir. Bu üretim hücresinde bulunan üç operasyonun (OP 100, OP 200, OP 500) her birinde Fluence ve Megane HB kapılarını üretmek için iki tane kalıp kullanılmaktadır. Dolayısıyla, her Kapı Üretim Hücresi için altı tane kalıp gerekmektedir.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

Sistem analizi sonucunda belirlenen özellikler aşağıda sıralanmıştır:

- İncelemelere göre her Kapı Üretim Hücresi’nde bir darboğaz operasyonu bulunmaktadır. Dolayısıyla, Kapı Üretim Hücresi her 2,12 dakikada bir kapı üreten makine olarak kabul edilebilmektedir.
- Montaj Departmanı’nın gün içerisinde çekme hızı sabit olduğu için, Montaj Hattı da tek bir makine olarak kabul edilmektedir. Paletler de makineler arasındaki akışı sağlamaktadır. Herhangi bir model için uygun palet olmadığında, o modelin üretimi de durmaktadır.

- Her Kapı Üretim Hücresi'nde, Fluence için toplam palet sayısı 20, Megane HB için 14'tür.
- Modeller arası üretim değişikliği yapılırken, üç operasyonda kalıp değişimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu işlem süresince, Kapı Üretim Hücreleri'nde üretim durmaktadır.
- Mevcut sistemde dört saatte bir kalıp değişimi yapılmaktadır.

3.2 Semptomlar

- Sistem, kapasitesinin altında çalışmaktadır ve kaynaklar etkin bir şekilde kullanılmamaktadır. Bugünkü sistem tasarımı, üretim planı ve uygun kaynaklar göz önünde bulundurulduğunda, her üretim hücresinin günlük 615 adet kapasiteye sahip olduğu görülmektedir. Ancak, mevcut durumda sistem kapasitesinin %45,2 'sini kullanmaktadır.
- Kalıp değişim sıklığı herhangi bir analitik çalışma yapılmadan belirlenmektedir. Bu durum gereksiz kalıp değişimi yapılmasına ve gereğinden fazla palete ihtiyaç duyulmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla ilgili maliyetlerde de artış gözlenmektedir.
- Modellere ve hücelere göre değişen palet sayıları Kaporta Departmanı'ndaki üretim hızını sınırlamaktadır. Grup teknoloji üretim stratejisi uygulandığında, palet sayısı ihtiyacı karşılayamama riski taşımaktadır. Bunun sonucunda, daha fazla kalıp değiştirme işlemi yapılmaktadır. Bu durum toplam üretim süresini ve ilgili maliyetleri artırmaktadır.

3.3 Problem tanımı

Fabrikanın geçmiş deneyimlerine dayanarak kurduğu, Fluence ve Megane HB Kapı Üretim Hücreleri'nin, mevcut durumda maliyet etkin çalışmaması ve bu sistemin beklenen talep artışını karşılayamama riski olarak tespit edilmiştir.

3.4 Veri toplanması ve değerlendirilmesi

Fabrika yöneticileri ve çalışanları ile üretim alanında yapılan görüşmeler sonucunda, sistemin çalışma prensipleri ile ilgili bazı bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler aşağıda belirtilmiştir:

- Mola süreleri çalışma saatine dahil edilmemektedir. Bir gün, 21,75 çalışma saati üzerinden hesaplanmaktadır.
- Üretim hızı Kapı Üretim Hücreleri'nde işlenen her kapı için 2,12 dakikadır. Montaj Hattı'nın çekme hızı ile üretim hızı arasındaki ilişki grup üretim büyüklüğünü belirlemek için önemli bir faktördür.
- Her kalıp değiştirme operasyonu beş dakika sürmektedir. Kalıp değiştirme maliyeti de bu süre üzerinden hesaplanmaktadır.
- Her palet sekiz adet kapı taşıma kapasitesine sahiptir. Bu kapasite Montaj Hattı önündeki bekleme süresini etkilemektedir.

- Paletin ölçüleri 1,5 x 2,5 metredir. Envanter tutma maliyeti paletin kapladığı alan üzerinden hesaplanmaktadır.
- Her hücrede Fluence ve Megane HB için ayrılan palet sayıları farklıdır. Herhangi bir modele özgü paletlerin kapasitesi dolduğunda, diğer modelin üretimine geçilmektedir.
- Gün içerisinde yarı mamul envanter alanındaki stok seviyesi, Montaj Hattı'na en az iki saat boyunca ürün sağlayabilecek miktarda olmalıdır.
- Montaj Hattı'nın çekme hızı günlük taleplere göre belirlenmektedir. Montaj Hattı'nda, ürünlerin sırası eş dağılıma sahip olduğundan dolayı, Montaj Hattı'nın belirli bir model için çekme hızı sabit kabul edilmektedir. Bu sabit çekme hızı, gün içindeki talebin toplam zamana bölünmesi ile bulunmaktadır.
- Kalıp değiştirme maliyeti üç Euro olarak hesaplanmıştır. Bu tutar, kalıp değiştirme operasyonu süresince oluşan fırsat maliyetine eşittir.
- İşçi maliyeti saat başına altı Euro'dur.
- Her palet için yatırım maliyeti 1250 Euro'dur. Bir paletin kullanım ömrü 10 yıldır.
- Envanter tutma maliyeti, yarı mamul envanter alanının kira maliyetidir. Metrekare alan maliyeti aylık dört Euro'dur.

3.5 Amaçlar

Projenin amacı, aşağıda belirtilen maddeleri sağlayan bir karar destek sisteminin geliştirilmesidir.

- Kalıp değişim sıklığının belirlenmesi: Kalıp değişim sıklığının maliyet etkin bir üretim sistemi elde etmek için bilimsel yöntemle bulunması.
- Gerekli palet sayısının belirlenmesi: Palet kısıtı ile kafiye sayısı arasındaki ödünleşmeyi dengelemek için gerekli palet sayısının belirlenmesi.
- İlgili maliyetlerin azaltılması: Belirlenen kafiye büyüklükleri, kalıp değişim sıklıkları ve uygun palet çiftleri ile maliyet etkin şekilde çalışan bir sistem elde etmek.

3.6 Literatür

Probleme olan yaklaşımımızı sorgulamak ve sorunun çözümüne yönelik yeni yöntemler bulmak için ilgili literatür taraması yapılmıştır. Kapı Üretim Hücreleri ve Montaj Hattı arasındaki ilişkiden dolayı, bu bölümler iki ayrı makine gibi kabul edilebilmektedir. Bu yüzden literatür araştırmalar genel olarak "İki Makine Arası Üretim Akışı Problemi" konusu hakkında yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Panwalkar (1991) ve Allahverdi (2006)'nin makaleleri incelenmiştir.

Panwalkar(1991), problemin çözümü için “sınırlı tampon bölgesi” ve “belirli sayıda taşıyıcı” olduğunu varsaymıştır. Bu varsayımlar Renault’nun problemiyle benzerlik göstermektedir. Ancak Panwalkar’ın çözümünde, taşıyıcı boşaltma süresi göz ardı edildiğinden, makalede bahsedilen yöntemin, Renault’nun probleminin çözümüne uygun olmadığı kabul edilmiştir. Çünkü fabrikadaki mevcut sistemde taşıyıcıyı boşaltmak için bir miktar süre gerekmektedir.

Allahverdi (2006) makalesinde, iki makine arası üretim akışı konusunda Pranzo’nun (2004) probleminden yararlanmış. Pranzo, probleme yaklaşımında projemizde de mevcut olan “sınırlı tampon bölgesi” ve “bağımsız kalıp değiştirme” varsayımlarında bulunmaktadır. Bu bakımdan çözüm yöntemi yaklaşımında makaleden faydalanılmıştır. Ancak, Pranzo’nun temel amacı kafilelerin iş sıralamasını yaparken, üretim süresini kısaltmak olduğu için, kalıp değiştirme sayısını azaltmayı hedefleyen projemizin çözümü için kullanılamamıştır.

“İki Makine Arası Üretim Akışı” problemlerinin dışında aynı zamanda “Ekonomik Parti Çizelgeleme” problemleri de araştırılmıştır. Bunun için Gallego’nun (2004) “Ekonomik Parti Çizelgeleme” hakkındaki makalesi incelenmiştir.

Gallego, bir makinede, birden fazla ürünün üretildiği durumlarda, envanter maliyeti ile kalıp değiştirme maliyeti arasındaki ödünleşmeyi incelemiştir. Gallego’nun probleminde, aynı zamanda envanter alanının da sınırlı olduğu varsayımı vardır. Bu yönleriyle makale, Renault projesiyle ortak özellikler göstermektedir. Ancak, projede kalıp değiştirme sayısı sadece sınırlı envanter alanında değil, aynı zamanda sınırlı palet sayısından da etkilenmektedir. Dolayısıyla, bu makalede açıklanan yöntem çözüm için kullanılamamıştır.

Yukarıda belirtilen makalelerde yer alan çözüm yaklaşımları ve analizler, belirtilen nedenlerden ötürü bu projeye tam olarak uygulanamamış olsa da, ortak özellikler probleme bakış açısı kazandırması amacıyla kullanılmış ve benzer yönler projeye adapte edilmiştir.

4. Önerilen Sistem

Tamamlanan veri ve sistem analizleri doğrultusunda gözlemlenen semptomlar ve tanımlanan problemi ortadan kaldıracak bir Karar Destek Sistemi’nin gerekliliği belirlenmiştir. Bu doğrultuda, temeli tam sayı matematiksel programlama olarak tasarlanmış bir Karar Destek Sistemi (KDS) önerilmiştir. KDS’nin amacı; günlük üretim planını belirlemek ve talebi en az maliyetle karşılayabilen uygun palet çiftini bulmaktır. Bu sistem aşağıda verilen değişkenleri belirleyebilmektedir:

- Kalıp değiştirme sıklığı
- Kfile sayısı
- Kfile süresi

- En uygun palet çifti
- İlgili maliyetler

5. Modelleme

5.1 Modelin tanımı

Mevcut sistemin özelliklerini, yapısını ve kısıtlamalarını içermekte olan model; en az maliyetle çalışan üretim planını verebilmeyi amaçlamaktadır. Sistemin maliyetini azaltabilmek için kalıp değişim sıklığı azaltılmalıdır. Bu durumda her kafilde yapılan üretim adetleri artırılmalıdır. Ancak, mevcut palet sayısı ve envanter stok güvenlik seviyesi, kafiye büyüklüklerini kısıtlamaktadır. Bu sebeple, oluşturulan tam sayı modeli, kafiye büyüklükleri ile envanter seviyesi arasındaki ödünleşmeyi sağlayarak talebi en az maliyetle karşılayabilmektedir.

Modelde kullanıcının tanımladığı girdiler:

- Her model için başlangıç envanter seviyesi: İlk kafilenin hangi model olacağını ve kafilenin büyüklüğünü belirler.
- Her model için günlük talep miktarı: Bu girdi; envanter stok güvenlik seviyesinin, Montaj Hattı'nın çekim hızının ve günlük üretim miktarının belirlenmesinde etkilidir.
- Her model için bir sonraki günün talep miktarı: Bu değer, ertesi günün başlangıç envanter seviyesini en uygun yerde başlatılmak için kullanılmaktadır.

5.2 Modelin içeriği

5.2.1 Amaç fonksiyonu

Toplam kalıp değişim maliyeti; kalıp değişim sayısı ile kalıp değişim maliyetinin çarpılması ile elde edilir.

5.2.2 Kısıtlar

Matematiksel kısıtların ifadesi aşağıdaki gibidir:

1. İlk kafiye için, her iki modelin kafiye büyüklüğü kontrol edilir. Kafiye hacmi büyük olan modelin üretimine başlanır
2. Talep miktarları ve olması gereken gün sonu envanter seviyesi karşılanır.
3. Her periyotta üç olasılık vardır: Fluence modelinin üretiminin, Megane HB modelinin üretiminin ve kalıp değişiminin yapılması. Eğer, her model için talep seviyesi karşılanmışsa bu olasılıkların hiç biri gerçekleşmez.
4. Kalıp değişiminin beş dakika sürmesi bir kuraldır. Ayrıca, eğer iki ardışık periyotta modeller farklıysa kesinlikle kalıp değişimi yapılmıştır.
5. Bir palet üzerindeki sekiz parçanın her biri Montaj Hattı tarafından çekildiyse, palet kullanılabilir duruma gelmiştir.
6. Üst ve alt limitler gözetilerek envanter seviyesi her model için güncellenir.

6. Çözüm Yöntemi

Oluşturduğumuz model, bir tamsayı matematiksel modeli olmasından dolayı çözülmesi zor ve zaman alıcı bir süreç gerektirmektedir. CPLEX tabanlı bir çözücüde çözdürülmesi gereken tamsayı modelinin, Oyak-Renault'da herhangi bir çözücü program olmamasından dolayı kodlanmasına gerek duyulmamıştır. Bu doğrultuda, modelin sezgisel bir yaklaşımla çözülmesine karar verilmiş ve Kalıp Değişim Algoritması oluşturulmuştur. Bunun yanında, sistemin en az maliyetle çalışmasını sağlayan palet çiftini belirlemek için ise Stratejik Karar Algoritması geliştirilmiştir. Oluşturulan bu algoritmalar Java programlama dilinde kodlanmıştır.

6.1 Metodoloji

Mevcut sistemde iki farklı karar alınmaktadır. Bu kararlardan ilki günlük olarak belirlenecek üretim planının belirlenmesidir, diğer karar ise uzun vadede alınacak olan palet sayısının belirlenmesidir. Bundan dolayı problem; kalıp değişim ve palet sayısı belirleme alt problemleri olarak ikiye ayrılmıştır. Bu problemlerin çözümü, KDS içinde iki farklı alt programda sunulmaktadır.

Kalıp Değişim Alt Programı (Ek 1); talep miktarlarını ve palet sayılarını alır, en az maliyeti veren günlük üretim planını hesaplar. Stratejik Karar Alt Programı (Ek 2) ise talep miktarlarını alır, kalıp değişim maliyetini, yatırım maliyetini ve envanter tutma maliyetini hesaplayarak, toplam maliyeti en aza indiren palet çiftini bulur. Kalıp Değişim Alt Programı'nın altında Kalıp Değişim Algoritması, Stratejik Karar Alt Programı'nın altında ise Stratejik Karar Algoritması çalışmaktadır.

6.2 Algoritmalar

6.2.1 Kalıp Değişim Algoritması

Kalıp Değişim Algoritması'nın amacı, kafiye sayısını-büyükliğini, üretim zamanlarını ve toplam kalıp değişim maliyetini belirli palet ve üretim miktarı için hesaplamaktır. Kod taslağı Ek 4'da yer almaktadır. Algoritmanın adımları aşağıda açıklanmıştır:

- Adım 0: İlk kafilenin hangi model olacağı belirlenmektedir.
- Adım 1: Parti büyüklüğü belirlenmektedir.
- Adım 2: Envanter seviyeleri güncellenmektedir.
- Adım 3: Üretim zamanı güncellenmektedir. Üretim zamanı kalması halinde Adım 4'e geçilir, dolması halinde ise Adım 5 ile devam edilir.
- Adım 4: Her kafilenin sonunda talebin karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilmektedir.
- Adım 5: Gün sonunda veya üretim tamamlandığı durumdaki sistem çıktıları alınır ve kalıp değişim maliyeti hesaplanır. Kalıp

değişim sayısı, kafiye sayısı, kafiyelelerin üretim zamanları ve kalıp değişim maliyetleri çıktı olarak verilir.

6.2.2 Stratejik Karar Algoritması

Stratejik Karar Algoritması her palet çifti için kalıp değişim maliyetini, yatırım maliyetini, envanter tutma maliyetini ve toplam maliyeti hesaplar ve en az maliyetli palet çiftini belirler. Stratejik Karar Alt Programı, kalıp değişim maliyetini hesaplayabilmek için Kalıp Değişim Algoritması'nı kullanmaktadır. Stratejik Karar Algoritması'nın kod taslağı Ek 6'da yer almaktadır. Algoritmanın adımları aşağıda açıklanmıştır:

- Adım 0: Motor, alan kısıtı doğrultusunda belirlenen aralıktaki her bir palet çifti için Kalıp Değişim Algoritması'nı çalıştırır. Her palet çifti için elde edilen kalıp değişim maliyeti Motor'a iletilir.
- Adım 1: Her palet çifti için Formül (Ek 3) kullanılarak envanter tutma maliyeti ve yatırım maliyeti hesaplanır. Bu maliyet, kalıp değişim maliyetine eklenir ve toplam maliyet bulunur.
- Adım 2: Girdi olarak alınan talebi karşılayabilen palet çiftleri arasından en az toplam maliyete sahip olan palet çifti seçilir.

6.3 Alternatiflerin değerlendirilmesi

Kalıp Değişim Algoritması ve Stratejik Karar Algoritması'nı birbirinden ayırmadan tek bir algoritma içinde çözmek mümkündür. Fakat günlük üretim planı oluşturulurken uygun palet çiftini her gün kullanıcıya sunmak gerçekçi bir yaklaşım değildir. Çünkü palet sayısı her gün değiştirilmesi mümkün olmayan stratejik bir karardır.

Kalıp Değişim Algoritması'nda, birinci grup üretim modelini, her modelin envanter miktarının montaj çekim hızına olan oranına göre belirlemek bir alternatiftir. Ancak ilk grubun üretim süresini en uzun yapacak olan modelle başlamak daha iyi bir alternatiftir. Çünkü üretim gruplarının süresini uzatmak kalıp değişim sayısının azalmasını sağlar. Bu alternatif daha iyi olmakla beraber yetersizdir, çünkü en iyi olduğu bilinen bir çözümü elemektedir. Oluşturduğumuz algoritmada ise öncelikle modellerden birinin tüm talebinin ilk kafiyelede karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilmektedir. Eğer iki modelden birinin talebi ilk kafiyelede karşılanabiliyorsa diğer hiçbir koşula bakılmaksızın bu model ilk kafiyelede üretilir. Tam tersi durumlarda yine ilk kafiyelede üretim süresini en uzun yapan modelle başlanır.

Kalıp Değişim Algoritması'nda, günün başında üretim planının program tarafından belirlenmesi akla ilk gelen alternatiftir. Bu alternatife göre günün başındaki mevcut envanter miktarı algoritmanın girdisi olur ve algoritma gün sonunda kalacak olan envanter miktarını kullanıcı tarafından belirtildiği gibi bırakacak şekilde üretim planını

belirler. Günün üretim planını bir gün öncesinden belirlemek daha iyi sonuç veren bir yöntemdir. Şöyle ki, bir gün öncesinden bugünün üretim planını en iyilemeye çalışırsak, bugünün başlangıç envanterinin en iyi değerini elde ederiz. Bir gün önceden başlangıç envanterini belirlemenin nedeni, bugüne en iyi üretim planını verecek olan envanter miktarlarıyla başlamaktır. Böylelikle, KDS'nin en iyi sonucu vermesi için bütün koşullar sağlanmış olur.

7. Uygulama

OYAK - Renault ile üzerinde mutabık kalınan Karar Destek Sistemi'nin (KDS) geliştirilmeye açık yönlerini ve eksiklerini gözlemleyebilmek, bu alanlarda gerekli değişiklikleri yapabilmek için üretim sahasında deneme uygulamasına başlanılmıştır. Bu amaçlarla bir uygulama planı hazırlanmıştır.

7.1 Uygulama planı

- Alfa testinden başarı ile geçen KDS'nin OYAK-Renault'ya sunulması
 - KDS'nin nasıl kullanılacağına dair OYAK-Renault'daki ilgili kişilere eğitim verilmesi
 - Deneme uygulamasına başlamak üzere bir üretim hücrenin pilot uygulama alanı olarak belirlenmesi
 - Seçilen pilot üretim hücresi için mevcut talepler doğrultusunda günlük üretim planının çıkarılması
 - Hazırlanan günlük üretim planının pilot üretim hücresinde uygulanması (beta testi)
 - Pilot uygulama sonucu OYAK-Renault'dan geribildirim alınması
 - Alınan geribildirim doğrultusunda sistemin hazırlanan plana uygun olarak işleyip işlemediğinin değerlendirilmesi
 - Geribildirimlerin analiz edilmesi ve gerek görüldüğü takdirde KDS'de değişikliklerin yapılması
 - Pilot üretim hücresinde KDS tarafından belirlenen üretim planının tekrar uygulanması
 - Pilot üretim hücresinde istenilen sonuçlar elde edildikten sonra uygulama alanının diğer üretim hücrelerine genişletilmesi
 - Uygulanan üretim planı doğrultusunda yatay ve dikey ilişkide bulunan departmanlara olan etkinin incelenmesi
 - Kaporta Departmanı yöneticilerinin kullanımına sunmak üzere KDS'nin OYAK-Renault yazılımına entegrasyonu
 - Entegrasyonu başarıyla tamamlanan KDS'nin Kaporta Departmanı yöneticileri tarafından düzenli olarak kullanılmaya başlanması
- Pilot hücrede uygulaması başarıyla gerçekleşen ve OYAK – Renault'nun sistemine entegre olan KDS, önümüzdeki bir ay içinde tüm hücrelerde uygulanmaya başlanacaktır.

7.2 Duyarlılık analizi

Karar Destek Sistemi'nin mevcut üretim sayıları ve parametreleri için doğru bir şekilde çalıştığı uygulama sırasında gözlemlenmiştir. Uç durumdaki örnek senaryolar belirlenmiş ve bu durumlar için de sistemin doğru çalıştığı gözlemlenmiştir.

7.3 Sürdürülebilirlik

Karar Destek Sistemi'nin sürdürülebilirliğini sağlamak ve herhangi bir değişiklik sonucu işlevsiz hale gelmesini engellemek için, sistem olası değişikliklere adapte olabilecek şekilde ve kullanıcı için kolaylık ve esneklik sağlamayı amaçlayarak hazırlanmıştır.

KDS'nin en büyük avantajı, bulundurduğu Ayarlar Modülü sayesinde kullanıcıya birçok konuda esneklik sağlamaktadır. Birim üretim zamanı, kalıp değişim süresi, palet sayısı ve kapasitesi, stok güvenlik seviyesi, günlük çalışma süresi, montaj çekim hızı ve ilgili birim maliyetleri kullanıcı tarafından değiştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Sağlanan bu esnekliklerin yanı sıra KDS'de bir geribildirim mekanizması bulunmaktadır. Bu geribildirim mekanizması sistemin limitlerini aşan durumlar oluştuğunda kullanıcıya hata mesajı vermektedir. Hata mesajı veren durumlar:

- Başlangıç envanter seviyesinin paletlerin toplam kapasitesini aşması durumu
- Başlangıç envanter seviyesinin stok güvenlik seviyesinin altında olması durumu
- Girilen talep miktarının üretim kapasitesini aşması durumu
- Girilen talep miktarının günlük çalışma süresi içerisinde karşılanamaması
- Girilen palet sayısının toplam alan kısıtını aşması durumu

KDS, “İki Makine Arası Üretim Akışı” prensibi doğrultusunda çalışan her sisteme uygulanabilme özelliği taşımaktadır. Bu özelliği ile sadece Kapı Üretim Hattı'nda değil Kaporta Departmanı'nın diğer hatları ve şirketin diğer departmanlarında aynı prensipte çalışan sistemlere de uygulanabilir.

8. Sonuçlar

8.1 Kazanımlar

Karar Destek Sistemi'nin hazırlanmasıyla, asıl amaç olan en iyi üretim planını analitik bir şekilde oluşturan araca olan gereksinim karşılanmış oldu. Buna ilaveten, KDS'nin uygulanması şirkete maddi fayda da sağlamıştır. Bu maddi faydalar iki başlık altında incelenebilir.

Şirkete sağlanan ilk maddi fayda, mevcut durumda kalıp değişimi ve palet sayısının azaltılması sonucu elde edilen doğrudan kazançtır. Doğrudan kazanç KDS uygulandığında, mevcut sisteme göre elde edilecek olan maliyet azalmasıdır. Talebin; Fluence için 229, Megane

HB için 49 adet olduğu mevcut durumda, KDS günlük maliyeti üretim hücresi başına 145 Euro'dan 55 Euro'ya indirmiştir. Şirkete yıllık 112.320 Euro'luk bir fayda sağlanmıştır. Başka bir deyişle, %62 oranında bir azalma elde edilmiştir. Farklı talepler göz önünde bulundurulduğunda, mevcut sistem ve KDS için kalıp değişimi ve envanter tutma maliyetleri Ek 5'da, KDS uygulandığında elde edilecek kazanç ise Ek 6'da gösterilmiştir.

Şirkete sağlanan ikinci maddi fayda ise 2013 yılında açılacak olan yeni üretim hattında oluşacak yatırım maliyetindeki azalma sonucu elde edilecek dolaylı kazançtır. Açılacak olan yeni üretim hattı için yeni palet alımı gerekmektedir. Bu durum bir yatırım maliyeti oluşturmaktadır. KDS uygulandığı takdirde mevcut üretim hattında boşa çıkacak olan paletler, yeni üretim hattında kullanılabilir. Birim maliyeti 1.250 Euro olan paletlerden tasarruf etmek şirkete büyük bir kazanç sağlayacaktır.

Talebin Fluence için 229, Megane HB için 49 adet olduğu mevcut durumda bir hücrede toplam 34 palet varken, KDS uygulandığı takdirde 13 palet yeterli gelmektedir. Böylece bir üretim hücresinde 21 palet boşa çıkmaktadır. Bu paletlerin yeni kurulacak üretim hattında kullanılmasıyla yatırım maliyetinden, üretim hücresi başına 26.250 Euro, toplamda ise 105.000 Euro'luk bir tasarruf sağlanabilir. Yeni açılacak olan üretim hattında toplam 45 paletin alınması planlanmaktadır ve KDS'nin uygulanmasıyla önümüzdeki dönemde oluşacak yatırım maliyeti yarıya indirilmiştir.

8.2 Geleceğe dair öneriler

OYAK – Renault 2013 yılında, Clio 4 modellerini üretebilmek için mevcut Kapı Üretim Hattı'na benzer prensipte çalışan yeni Kapı Üretim Hattı ekleyecektir. Genel olarak aynı işleyiş prensiplerini benimseyecek olan yeni hat ile mevcut hat arasındaki tek fark ise bu hatta üç farklı modelin üretiminin yapılmasıdır. Ancak bu durumda hazırladığımız Karar Destek Sistemi'nin (KDS) çalışabilmesi için algoritmalarda değişikliğe gidilmesi gerekmektedir.

Proje kapsamımızda olmaması ve planların Fransa tarafından ancak 2010 yılı içerisinde açıklanmasından dolayı KDS mevcut durumda sadece iki model için çalışmaktadır. Ancak önümüzdeki dönemde açılacak olan hattın da mevcut hat ile aynı strateji ile çalışması için bir öneri hazırlanmıştır. Bu öneri KDS'nin altında çalışan algoritmalar ile aynı mantıkta olup, kalıp değişim sayısının azaltılması ve grup üretim büyüklüklerinin artırılması doğrultusundadır.

Yaptığımız öneri kalıp değişim sıklığını azaltarak, grup üretim adetlerini artırma yönündedir. Üç modelden birinin düşük talebi olacağı ön görülerek, tek kafiye içinde üretilmesi ve talebi kadar başlangıç envanteri tutulması öngörülmüştür.

KAYNAKÇA

- Allahverdi, A., Ng, C.T., Cheng, T.C.E., Kovalyov, M.Y. 2008. “A survey of scheduling problems with setup times or costs”, European Journal of Operational Research, 187, 985-1032.
- Gallego, G. 2004. “The Economic Lot Scheduling Problem”, Columbia University,
http://www.columbia.edu/~gmg2/4000/pdf/lect_03.pdf
25 Aralık 2009.
- Panwalkar, SS. 1991. “Scheduling of a two-machine flowshop with travel time between machines”, Journal of the Operations Research Society, 42, 609-613.
- Pranzo, M. 2004. “Batch scheduling in a two-machine flow shop with limited buffer and sequence independent setup times and removal times”, European Journal of Operational Research, 153, 581–592.

EKLER

Ek 1. Kalıp değişim alt programı

Production Planner

Seçenekler Yardım

Günlük Kullanım

Günlük Çalışma Süresi:

Günlük Üretim Adedi:

Başlangıç Envanter Miktarı:

Bir Sonraki Gün Üretim Adedi:

Montaj Çekim Hızı:

Günlük Üretim Planı

ÜRETİM PLANI

1. Grup: Model: FLUENCE (L38) Üretim Adedi: 229 Süre: 485.48 dakika

2. Grup: Model: MEGANE HATCHBACK (B32) Üretim Adedi: 49 Süre: 103.88 dakika

Kalıp Değişim Sayısı: 1 adet

Kalıp Değişim Maliyeti: 3.0 €

Toplam Üretim Süresi: 594.36 dakika (9.91 saat)

Fluence (L38) Gün Sonu Envanter Miktarı: 22

Megane Hatchback (B32) Gün Sonu Envanter Miktarı: 27

Ek 2. Stratejik karar alt programı

Stratejik Karar Menüsü

Fluence (L38) Günlük Üretim Miktarı:

Megane Hatchback (B32) Günlük Üretim Miktarı:

Günlük Çalışma Süresi:

Stratejik Plan

Ambalaj Yatırım Maliyeti:	0.4006410256410256	€/gün
Kalıp Değişim Maliyeti:	3.0	€/gün
Alan Maliyeti:	6.923076923076923	€/gün
-----	-----	-----
Toplam Maliyet:	10.323717948717949	€/gün

Önerilen Fluence (L38) Ambalaj Sayısı: 6

Önerilen Megane Hatchback (B32) Ambalaj Sayısı: 7

copyright © 2010 KDS, Bilkent University IE Team 13

Ek 3. Formül

Maliyetler	Veriler	Günlük maliyetler (€)
Yatırım maliyeti	1250 € /palet	(satın alınan palet sayısı)*1250/10/12/24
Envanter tutma maliyeti	4 € / m ² /ay	(palet sayısı) * (1,5*2,5)*4/24

Ek 4. Algoritmalar

Parametreler

$P_{unit} = 2.12$ dakika, $T = (21.75) * 60$ dakika

$K = 6$ Euro (Birim kalıp değişim maliyeti)

Yatırım Maliyeti= Formülden alınan yatırım maliyeti

Envanter Tutma Maliyeti= Formülden alınan alan maliyeti

$P_{0S}, P_{0H}, t_0 = 0$

$$SS_S = \frac{30 * D_S}{T} \quad SS_H = \frac{30 * D_H}{T}$$

$I_{Smax} = 8 * Palet_S$ (Sedan modeli için maksimum envanter seviyesi)

$I_{Hmax} = 8 * Palet_H$ (Hatchback modeli için maksimum envanter seviyesi)

$$I_{Sfin} = \frac{180 * D_S'}{T} \quad I_{Hfin} = \frac{180 * D_H'}{T} \quad (\text{Gün sonunda envanterde bulundurulması}$$

gereken Hatchback ve Sedan sayısı)

$$wt_i = \frac{[8 - \text{Mod}(\frac{t_i * D_j}{T}, 8)] * T}{D_j} + 2 \quad (\text{Kullanılabilir palet için bekleme süresi})$$

Kullanıcı Tanımlı Parametreler

D_S : Sedan için günlük talep

D_H : Hatchback için günlük talep

I_{0S} : Başlangıçtaki (0 periyodu) Sedan envanter seviyesi

I_{0H} : Başlangıçtaki (0 periyodu) Hatchback envanter seviyesi

D_S' : Sedan için bir sonraki günün talebi

D_H' : Hatchback için bir sonraki günün talebi

Değişkenler

P_{ij} : i kfilesi sonunda j modeli için toplam üretim miktarı

t_i : i kfilesi sonundaki zaman

Kafile Üretim Süresi: i kfilesi üretimi için gerekli zaman (Kalıp değişim zamanını da kapsar)

I_{ij} : i kfilesi sonunda j modeli için envanter seviyesi

n: kalıp değişim sayısı

wt_i : i kfilesi süresince kullanılabilir palet bulunmadığı için beklenen süre

Kalıp Değişim Maliyeti: Günlük kalıp değişim maliyeti

$Palet_S$: Sedan modeline ait palet sayısı

$Palet_H$: Hatchback modeline ait palet sayısı

Kalıp Değişim Algoritması

Adım 0: İlk kfilede hangi modelin üretileceğinin kararı verilmesi

$S = \min \{ \text{Hatchback envanterinin stok güvenlik seviyesine inmesine kadar geçen süre, Sedan envanter seviyesinin maksimum seviyesine ulaşmasına kadar geçen süre} \}$

$HB = \min \{ \text{Sedan envanterinin stok güvenlik seviyesine inmesine kadar geçen süre, Hatchback envanter seviyesinin maksimum seviyesine ulaşmasına kadar geçen süre} \}$

Eğer $\max \{ S, HB \} = S$
Sedan ile başla

Değilse

Hatchback ile başla

$i=1$

Adım 1: Kafile büyüklüğünün belirlenmesi

Eğer (i kfilesinde Sedan üretilecekse)

$$\text{Kafile Üretim Süresi}_i = \min \left\{ \frac{(I_{(i-1)H} - SS_H) * T}{D_H}, (I_{S_{\max}} - I_{(i-1)S}) * P_{\text{unit}}, \right. \\ \left. (T - t_{i-1}), (D_S + I_{S_{\text{fin}}} - P_{iS} - I_{0S}) * P_{\text{unit}} \right\}$$

$$P_{iS} = P_{(i-1)S} + \text{Kafile Üretim Süresi}_i \quad P_{iH} = P_{(i-1)H}$$

Değilse

$$\text{Kafile Üretim Süresi}_i = \min \left\{ \frac{(I_{(i-1)H} - SS_H) * T}{D_H}, (I_{H_{\max}} - I_{(i-1)H}) * P_{\text{unit}}, \right. \\ \left. (T - t_{i-1}), (D_H + I_{H_{\text{fin}}} - P_{iH} - I_{0H}) * P_{\text{unit}} \right\}$$

$$P_{iS} = P_{(i-1)S}$$

$$P_{iH} = P_{(i-1)H} + \text{Kafile Üretim Süresi}_i$$

Adım 2: Envanter seviyelerinin güncellenmemesi

Eğer (i kafilesinde Sedan üretildiyse)

$$I_{iS} = I_{(i-1)S} + (P_{iS} - P_{(i-1)S}) - (\text{Kafile Üretim Süresi}_i * D_S / T)$$

$$I_{iH} = I_{(i-1)H} - (\text{Kafile Üretim Süresi}_i * D_H / T)$$

Değilse

$$I_{iS} = I_{(i-1)S} - (\text{Kafile Üretim Süresi}_i * D_S / T)$$

$$I_{iH} = I_{(i-1)H} + (P_{iH} - P_{(i-1)H}) - (\text{Kafile Üretim Süresi}_i * D_H / T)$$

Adım 3: Üretim zamanlarının güncellenmesi

$$t_i = t_{(i-1)} + \text{Kafile Üretim Süresi}_i$$

Eğer ($t_i = T$)

Adım 5'e git

Değilse

Adım 4'e git

Adım 4: Talebin karşılanıp karşılanmadığının kontrol edilmesi

Eğer ($P_{iH} + I_{0H} = D_H + I_{H_{\text{fin}}}$)

Eğer ($P_{iS} + I_{0S} < D_S + I_{S_{\text{fin}}}$)

Eğer (Önceki kafile Hatchback ise)

Kafilede üretilen modeli Sedan yap

$i = i+1$ ve Step 1'e git

$n = n+1$

Değilse

w_t dakika kullanılabilir palet için bekle $t_i = t_i + w_t$

Adım 1'e git ve üretime Sedan ile devam et $n=n$

Değilse

Adım 5'e git

Değilse

Eğer ($P_{iS} + I_{0S} = D_S + I_{S_{\text{fin}}}$)

Eğer (Önceki kafile Sedan ise)

Kafilede üretilen modeli Hatchback yap

$i = i+1$ & Adım 1'e git

$n = n+1$

Değilse

w_t dakika kullanılabilir palet için bekle

$t_i = t_i + w_t$, $i=i$

Adım1'e git ve Hatchback üretmeye devam et $n=n$

Değilse

Kafilede üretilen modeli değiştir

$i = i + 1$ & Adım 1'e git

$n = n + 1$

Adım 5: Sistem çıktılarının verilmesi

Kalıp Değişim Maliyeti = $n \cdot K$

Döndür (n , Kalıp Değişim Maliyeti)

Her $i = 1, \dots, n+1$

Döndür (Kafile Üretim Süresi _{i})

Stratejik Karar Algoritması

Adım 0:

Her (PaletS= 4,..., 30)

Her (PaletH= 4,..., 30)

Kalıp Değişim Algoritmasını çalıştır

Döndür (Kalıp Değişim Maliyeti)

Adım 1:

Her (PaletS= 4,..., 30)

Her (PaletH= 4,..., 30)

Toplam Maliyet = Kalıp Değişim Maliyeti + Yatırım
Maliyeti + Envanter Tutma

Maliyeti

Döndür (Toplam Maliyet)

Adım 2:

Seç \min (Toplam Maliyet)'e sahip palet çifti

Ek 5. Mevcut sistem ve KDS için ilgili maliyetler (mevcut ve olası talepler için)

(x, y) = (Fluence, Megane HB)				
	Mevcut Palet Sayısı		Kalıp Değişim Sayısı	
Talep(adet)	Mevcut(€)	KDS(€)	Mevcut(€)	KDS(€)
(150,40)	(20,14)	(4,6)	3	1
(229,49)	(20,14)	(6,7)	3	1
(319,65)	(20,14)	(9,9)	4	1
(420,75)	(20,14)	(12,10)	4	1

	Envanter Tutma Maliyeti		Kalıp Değişim Maliyeti		Toplam Maliyet	
Talep(adet)	Mevcut(€)	KDS(€)	Mevcut(€)	KDS(€)	Mevcut(€)	KDS(€)
(150,40)	136	40	9	3	145	43
(229,49)	136	52	9	3	145	55
(319,65)	136	72	12	3	148	75
(420,75)	136	88	12	3	148	91

Ek 6. Maliyet azalımı (mevcut ve olası talepler için)

	Kazanç (€)			
	1 Hücre	4 Hücre		
Talep(adet)	Günlük	Günlük	Aylık	Yıllık
(150,40)	102	408	10608	127296
(229,49)	90	360	9360	112320
(319,65)	73	292	7592	91104
(420,75)	57	228	5928	71136

Üretim Planlama Stratejileri Geliştirme ve Analiz Sistemi Tasarımı

Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.

Proje Ekibi

Semih Alkan
Cansu Okur
Zahide F. G. Topçu
Efe Volkan
Eliz Yılmaz
Züleyha Zorlu

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Altay Kermooğlu, Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A. Ş.
Tedarik Zinciri Geliştirme Uzmanı

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Pres atölyesi, gövde atölyesi ve iki atölye arasındaki ara mamul envanteri projenin çalışma alanını oluşturmaktadır. Tofaş; pres ve gövde atölyeleri arasındaki ara mamul envanterini yönetmekte yeni stratejilere ihtiyaç duymaktadır. Sistem analizleri sırasında gözlemlenen problemler envanter miktarının belirsizliği semptomuna ışık tutmaktadır. Projede envanter miktarındaki belirsizliğin etkilerini azaltarak ve emniyet stok miktarını optimize ederek toplam maliyetin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Üretim miktarlarını optimize etmek için bir matematiksel model, değişik senaryoları ve maliyetlerini incelemek için de benzetim modeli kurulmuştur.

Anahtar kelimeler: envanter yönetimi, emniyet stoku, emniyet katsayısı

1. İşletme Tanıtımı

Koç Holding ve Fiat'ın eşit hissedar olduğu Tofaş'ın temelleri 1968 yılında Koç Grup tarafından atılmıştır. Tofaş, Koç Holding'in ülkemizden tüm dünyaya ihraç edilen binek otomobil üreten tek kuruluşu olma ünvanına sahiptir. Fiat Grubu'na bağlı tüm markaları tek bir çatı altında temsil eden İtalya dışında dünyadaki tek şirket konumundadır. Tofaş'ın Bursa'daki fabrikasında üretilen başlıca modeller; Compact Sedan, Fiat, Linea, Doblo ve Minicargo/Fiorino'dur.

Üretimini %62'sini uluslararası pazar talebini karşılamak için yurtdışına ihraç ederken %38'ini iç pazara satmaktadır. 1984 yılından beri iyileştirme faaliyetlerinin öncüsü olan Tofaş, 2007 yılında Fiat Grubu'nun en başarılı üretim merkezi seçilerek "World Class Manufacturing" (WCM) projesinde bronz seviyeye ulaşmıştır. Kalite, maliyet, teslimat ve iş güvenliği konularına önem vererek 2009 yılında bu başarısını gümüş seviyeye taşımıştır.

Üretim akışı pres, gövde, boya, montaj, süspansiyon ve finisyon atölyelerinde gerçekleşmektedir. Üretim ilk aşamasında metal saclar uygun ebatlarda kesildikten sonra pres makinelerinde farklı kalıplarda basılmaktadır. Metaller basım işleminin ardından gövde atölyesindeki yarı mamül stokuna aktarılmaktadır. Daha sonra araçlar sırasıyla boya, montaj, süspansiyon ve finisyon işlemlerinden geçerek müşteriye teslim edilebilir hale getirilir.

2. Problem Tanımı

2.1 Ön sistem analizi

Projenin temel çalışma alanları pres, gövde atölyeleri ve ikisi arasında bulunan yarı mamul envanter alanıdır. Tüm üretim atölyeleri pres ve gövde atölyeleri tarafından beslendiğinden, projenin çalışma alanı tüm sistemin kritik noktası olarak değerlendirilebilir.

Üretim ilk aşamasında gövde atölyesi talepleri belirledikten sonra malzeme listesine göre pres atölyesinin iş yükü belirlenir. Gövde atölyesi, pres atölyesinde üretilen basılmış sacları ihtiyacına göre kullanır. Mevcut sistemde pres atölyesi tam kapasite üretim yapmaktadır. Talep miktarında azalma olması durumunda, haftanın son günü iptal edilerek, üretim dört iş gününde yapılır. Bu kapasite planı ile üretimin olmadığı günlerde mavi-yaka ücreti yarıya indirilerek daha ekonomik bir üretim elde edilmektedir.

Firma ile görüşmelerimiz ışığında çalışmalarımızın, pres atölyesindeki yalın üretim yapılan yedinci hatta gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür. Bu hatta 23 pres kalıbı ve her kalıbın dört farklı opsiyonu bulunmaktadır. Yedinci hattaki karma üretim programı Linea ve MCV Fiorino olmak üzere iki farklı model içermektedir. Bu hatta sekiz operatör bulunmaktadır ve dokuz saatlik iki vardiyayla üretim sürdürülmektedir.

Pres atölyesinde basılan saclar gövde atölyesinde bulunan yarı mamul envanterine gönderilir. Her parça kendine ait kasalarda saklanır. Kasalar her parçaya uygun taban alanı ve kapasiteye sahiptir. Bu kasalar gövde atölyesinde 2500 metrekarelik bir alanda depolanmaktadır. Kasalar üst üste üçlü gruplar halinde istiflenir. Envanterdeki bilgiye erişebilmek için, Discovery adı verilen bir barkod sistemi kullanılmaktadır. Basılmış saclar barkod sistemiyle sayıldıktan sonra yedek parça ve gövde üretilmek üzere gövde atölyesine gönderilmektedir.

Üretimin akışı NPRC adı verilen üretim planlama yazılımı, POP ve PO adları verilen üretim planlama araçları ile yönetilmektedir. POP, gövdenin üreteceği araçların talep bilgilerinin bulunduğu bir sipariş havuzudur. Ortalama olarak 600-700 adet gövde kodu bilgisini içermektedir. POP'taki değerler baz alınarak NPRC'deki üretim planlaması belirlenmektedir. Üretim planlama departmanı tarafından yönetilen NPRC altı aylık araç bazında üretim planlaması vermektedir. Bu üretim planlaması ilk iki hafta günlük, sonraki altı hafta haftalık ve geri kalan dört ay ise aylık veri içermektedir. NPRC sadece haftada bir kez salı günü çalıştırılmaktadır.

Her hafta, pres atölyesinin iki haftalık üretim planı belirlenmektedir. Planlama sürecinde, iki haftalık talep malzeme listesine göre detaylandırılarak hesaplanmaktadır ve haftalık iş günlerine homojen olarak dağıtılmaktadır. NPRC sadece haftada bir kez çalıştırıldığı için makine arızaları ve talep değişikliği gibi durumlarda güncelleme NPRC yazılımı üzerinden yapılamamaktadır. Üretim planında güncellemelere ihtiyaç duyulduğunda PO devreye girmektedir. NPRC'ye yansıtılmayan bu değişiklikler PO'da güncellenmektedir ve üretim birimlerine dağıtılmaktadır. PO, NPRC verilerini ve değişiklikleri göz önüne alan, NPRC üretim planının güncellenmiş son halidir. Üretim planlama sorumlusu, PO'yu en fazla iki gün sonrasının kesin üretim planını verebilecek şekilde güncellemektedir.

Sürekli değişen talep miktarının, üretim planlama yönetiminde zorluklar ortaya çıkarttığı gözlemlenmiştir.

Gövde atölyesindeki bir arıza sonucunda operatörlerin planlanmamış bir şekilde yedek parça üretmesi, ara mamul envanter belirsizliğine sebep olduğu gibi üretim planının PO aracı kullanılarak sık sık değiştirilmesine de sebep olmaktadır.

Talep değişiklikleri ve gövdedeki arızalar neticesinde değiştirilen üretim planı şirkete ekstra beyaz-yaka maliyeti olarak yansımaktadır. Finansal boyuta ek olarak, üretim planının sürekli değişimi sonucunda çalışanlar ekstra zaman harcamaktadırlar ve bu durum çalışanların motivasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir.

2.2 Semptomlar ve şikayetler

Pres, gövde ve bunlar arasındaki ara mamul envanteri incelendikten sonra ara mamul envanter miktarının belirsizliği gözle görülür bir semptom olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.2.1 Ara mamul envanter miktarının belirsizliği

Pres ve gövde atölyeleri arasındaki ara mamul envanter miktarının belirsizliğini tetikleyen üç ana neden vardır.

- Barkod sisteminin verimsiz kullanımı
- Plansız yedek parça üretimi
- Yeniden işlenen parçaların iki defa sayılması

Üretimde barkod sistemi kullanılmasına rağmen, çalışanların ihmali sebebiyle barkod sisteminden etkili bir şekilde faydalanılamadığı gözlenmiştir. Depolama alanından çekilen basılı sac miktarının barkod sistemine okutulmaması ya da yeniden işlenen parçaların ilk ve ikinci işlem sonrası olmak üzere iki defa sayılması nedeniyle güvenilir envanter bilgisine ve anlık ara mamul envanter miktarına ulaşılamamaktadır.

Gövde atölyesinde makine arızalarının oluşması durumunda, operatörler arıza olmayan istasyonlarda üretim planlamasında yer almayan yedek parça üretimini sürdürmektedirler. Bu planda yer almayan yedek parça üretimi ara mamul envanterinde istenmeyen azalmalara ve envanter miktarında belirsizliğe sebep olmaktadır. Bu belirsizliğin önüne geçmek amacıyla, ara mamul envanteri her gün ilk vardiyadan önce manüel olarak sayılmaktadır. Manüel sayım işlemi, ekstra mavi-yaka maliyetine sebep olmaktadır. Ayrıca bu işlem manuel olarak gerçekleştiği için sayımda hatalar görülmesi olasıdır.

Semptomun sebep olduğu diğer bir şikayet ise yeniden işlenmiş parçaların barkod sisteminde iki kere sayılmasıdır. Pres atölyesinden çıkan hatalı parçalar, yeniden işleme girdiği halde gövde atölyesine gönderilmiş gibi değerlendirilmekte, ardından pres atölyesinde düzeltme işlemleri tamamlandıktan sonra gövde atölyesine taşınması sırasında tekrar sayılmaktadır. Yeniden işlenmiş parçaların iki kere sayılması, ara mamul envanter miktarında belirsizliğe sebep olmaktadır.

Ara mamul envanterinin belirsizliğine bağlı olarak, stok parça yetersizliğine rastlanması muhtemel bir problemdir. Firma, bu sorun ile karşılaşmamak adına ara mamul envanter miktarını fazla tutmaktadır, bu durum envanter maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. WCM standartları baz alınarak yapılan değerlendirmelerde iki günlük üretim için yeterli olan envanter miktarının sistem için uygun olduğu yetkililerce belirlenmiştir. Bu, firmanın en fazla iki gün sonrasının üretimine yetecek envanteri elinde tutması anlamına gelmektedir. Ancak, firmanın üretim sisteminde mevcut tutulan envanter miktarı dokuz günlüktür.

2.3 Problem tanımı

Problem ara mamül envanterinin belirsizliğinin imalat üzerindeki olumsuz etkilerini azaltıcı alternatif üretim planlama stratejilerinin analizi olarak tanımlanmıştır. Alternatif planlama stratejileri talep değişkenliği, stok sapması ve emniyet stoku miktarı en aza indirilmesi olmak üzere 3 farklı boyutta incelenmiştir. Alternatif planlama stratejileri, imalatın toplam maliyetine olan etkisine göre değerlendirilmiştir.

2.4 Hedefler

Projenin öncelikli hedefi şirketin envanter kontrol sistemini önerilen farklı stratejilerle geliştirmektir. Bu stratejiler:

- Envanter maliyetini, işçi maliyetini ve kurulum maliyetini en aza indirmek
- Envanter miktarındaki belirsizliğin etkilerini azaltmak
- Emniyet stoku miktarını optimize etmek

Farklı durum senaryolarını göz önünde bulundurarak ve duyarlılık analizleri gerçekleştirerek, toplam maliyeti en aza indiren bir sistem bulunması hedeflenmiştir.

2.5 Verilerin toplanması ve analizi

2009'un Ocak ve Kasım ayları arasında NPRC üzerinden hazırlanan üretim planlama verileri analizin ilk adımı olarak toplanmıştır. Elde edilen veri Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Temmuz, Ağustos, Eylül, Kasım ve Aralık'a ait olmak üzere 9 aylık NPRC üretim planını içermektedir.

Firma tarafından sağlanan veriler 32 haftayı kapsayan bir Microsoft Excel dosyasıdır. Her dosya tarihi ile adlandırılmış ve her parçanın kendine ait üretim planını içermektedir. Her bir dosya 39 sütuna ayrılmıştır ve ürün numarası, ürün ismi, üretim hattı, kasa kapasitesi ve envanter miktarı bilgilerini içermektedir.

Veri analizi sürecinin ikinci adımı, yedinci hatta üretilen ürünlerin günlük bilgilerinin Excel dosyasında toplanmasıdır. Elde edilen bu yeni dosya 165 iş günü için yedinci hatta üretilen 51 ürünün üretim planını içermektedir. Daha sonra, eldeki veri ürün numarasına göre filtrelenmiş ve ayrı ayrı dosyalanmıştır. Bu yöntem sayesinde, ürünlere ait bilgilere kolaylıkla ulaşılabilmektedir.

Veri analizi sürecinin en önemli kısmı modellerde parametre olarak kullanılacak günlük talep miktarı ve envanter belirsizliğinin istatistikî dağılımlara uydurulmasıdır. Ayrıca, günlük talep miktarları, kasa kapasiteleri, kasa taban alanları, mevcut emniyet stok miktarları ve her ürün için bir saatlik üretim miktarları aynı pres kalıbını paylaşan ürünler gruplanarak hesaplanmıştır. Arena 10.0 programının girdi analizcisi kullanılarak günlük talep miktarları ve belirsiz envanter

miktarları için dağılıma uydurma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonucunda birçok ürünün farklı talep dağılımlarına sahip olduğu görülmüştür. Ürünlerin sadece küçük bir kısmı aynı talep dağılımını yansıtmaktadır.

Barkod sisteminde görülen ve elle sayım sonucunda ulaşılan envanter miktarları arasındaki fark hesaplanmıştır. Her ürüne ait elde edilen bu farklar girdi analizörü kullanılarak belirsizlik dağılımı elde edilmiştir.

Her bir ürüne ait günlük talep miktarına ulaşmak için, ürünlere ait yıllık veriler tek bir dosyada toplanmış ve her biri için yıllık talep miktarı bulunmuştur.

Tüm ürünlerin üretim planını içeren dosya hangi ürünlerin aynı pres kalıbı ile işlendiğini belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

2.6 Literatür taraması

Yapılan analizler göstermiştir ki; envanter planlaması süreçlerinde firma herhangi bir analitik yaklaşıma sahip değildir. Mevcut sistemde değişken talebi karşılamak için envanter seviyelerinin oldukça yüksek tutulması sebebiyle emniyet stok miktarlarının belirlenmesi uygun görülmüştür.

Uygun emniyet stok miktarlarını belirlemek için, konuyla ilgili metotlar araştırılmıştır. Firma, talep değerlerini öngörebilmek adına bir talep tahmin aracı kullanmaktadır. Talep tahmini sırasında, tahmin hatasının standart sapma değeri (σ) bize süreç boyunca yapılan tahminlerin tutarlılığı hakkında bilgi vermektir. Envanter kontrolü sistemleri üzerinde yapılan literatür taraması sonucunda emniyet stok miktarının, standart sapma değeri ve emniyet katsayısı ile ilgili olduğu görülmüştür. Emniyet katsayısı, servis seviyesini yansıtan değerdir. (Hax and Candea, 1984)

3. Önerilen Sistem

Önerilen sistem, mevcut planlama sistemini iyileştirmek ve maliyet azaltıcı alternatifler sunmak üzere üretim planlama stratejileri öneren bir analiz sistemidir. Maliyet üzerinde en etkili üretim planlama stratejilerini elde etmek adına farklı durum senaryoları geliştirilmiştir.

Projenin sisteminde birbiriyle etkileşim içinde olan iki bileşen vardır. Birincil olarak, NPRC verilerine göre mevcut sistemin parça üretim miktarlarını belirlemek üzere bir tamsayı programlama (IP) modeli kurulmuştur. Üretim ve envanter miktarları, her ürün tipine ait NPRC'deki asıl üretim planlama verilerine göre belirlenmektedir. Tamsayı modeli, Xpress-MP programında kodlanmıştır ve iki haftalık üretim planını vermektedir. Tasarlanan tamsayı programlama modelinin iki haftalık üretim planlaması için çözüm zamanı 0,3 saniyedir. Talep verisi incelenerek planlama periyodu iki hafta olarak belirlenmiştir. Tamsayı modelinin çıktıları, durum senaryolarını değerlendirmek ve

duyarlılık analizi yapmak üzere benzetim modelinin girdileri olarak kullanılmıştır.

Benzetim modeli, projede oluşturulan sistemin ikinci ve en belirgin bileşenidir. Geliştirilen tamsayı modeli mevcut sistemin rassal yapısına cevap veremediğinden, mevcut sistemin ve durum senaryolarının maliyetini hesaplama işlemi benzetim modeli ile sağlanmıştır. Benzetim modeli, pres atölyesi ve pres-gövde arası tedarik zincirini yansıtmaktadır.

Projenin bir sonraki aşamasında, bütün durum senaryoları tamsayı programlama modelinde elde edilen lot büyüklükleriyle benzetim modelinde koşturulmuş ve her durum senaryosu için elde edilen toplam maliyet, mali etkisi en yüksek olan üretim planlama stratejisini elde etmek adına mevcut toplam maliyet ile kıyaslanmıştır. Ayrıca, her durum senaryosu için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu duyarlılık analizi sonuçları üretim planlama stratejileri sunma aşamasında yardımcı olmuştur.

4. Modeller

4.1 Matematiksel model

Makinelerin zaman çizelgelendirilmesi proje kapsamında değildir. Operasyon çizelgelendirilmesinin yeterince etkili olduğu ve makinelerin kurulum aşamalarının her ürün lotu için günde bir defa yapıldığı varsayılmaktadır. Makinelerin kurulum zamanları uzun sürdüğü için maliyete etkisi yüksektir. Bu sebeple, aynı kalıpları kullanan parçaların arda arda basılması ve her lotun günde bir defa üretilmesi maliyeti düşürmektedir. Bu varsayımlara göre tamsayı programlama modeli kurulmuştur.

Firmanın üretim planlama metoduna göre, talebin belirlenen eşiğin altında olması ya da eldeki envanter miktarı ile karşılanabilir olması halinde bir sonraki iş günü üretime kapatılmaktadır. Matematiksel model firmaya yönelik bir üretim planlama sistemi geliştirmekten çok her ürün için uygulanabilir günlük üretim miktarlarını, fazla mesai üretim miktarlarını ve envanter miktarlarını elde etmek üzere tasarlanmıştır. Elde edilen bu çıktılar benzetim modelinde farklı durum senaryoları üzerinde kullanılmıştır. Matematiksel modele ait girdi ve çıktılar Ek 1’de görülmektedir.

4.1.1 Matematiksel model kısıtları

Hafta içi ve hafta sonu günlerinin belirlenmesi: Sistemde hafta içi ve hafta sonu olmak üzere iki farklı fazla mesai üretimi söz konusudur.

- Modelin parametresi olan gün sayısı (t) ayrıştırılmıştır. Hafta sonu günlerini belirlemek için, t parametrelerinin $\text{mod}(7)$ değerleri alınır ve sonucu 0 veya 6 çıkan t değerlerine ait günler hafta sonu, diğer günler hafta içi olmak üzere değerlendirilir.

- Fazla mesai çalışma limiti: Firma, hafta sonu ve hafta içi günlerine yönelik fazla mesai çalışma sürelerine limitler belirlemiştir. Hafta içi fazla mesai süresi günlük en fazla altı saat, hafta sonu günleri için günlük en fazla 24 saat olarak belirlenmiştir.
 - Emniyet stoku kısıtı: Envanter miktarı en az, her ürün ve her gün için önceden belirlenmiş emniyet stoku kadar olmalıdır.
 - Toplam ürün sayısının korunumu: Her ürün için envanter miktarı, talep miktarının bir önceki envanter miktarı ve o gün üretilen ürün sayısının toplamından çıkarılmasıyla elde edilir.
 - Üretim-işgücü dengesi: Her parçanın belirli bir gün içerisindeki üretim miktarı; çalışan işçi sayısı, ilgili gün içerisindeki çalışma saati ve bir işçinin bir saat içerisindeki üretim kapasitesinin çarpımı ile elde edilir. Bir işçinin bir saat içerisindeki üretim miktarı, firma tarafından paylaşılan veriler analiz edilerek tespit edilmiştir.
 - Envanter kapasite kısıtı: Kasa sayısı, envanter miktarının kasa kapasitesi ile bölümünden elde edilir. Elde edilen sonucun kasa taban alanı ile çarpımı toplam kullanılan stok alanını vermektedir. Kasalar birbiri üstüne üçlü gruplar halinde istiflendiği için, bulunan toplam stok alanını üçe bölerek esas kullanılan stok alanı elde edilmiştir. Her parça için ayrı ayrı yapılan bu işlemlerin sonuçları, parçalara ait önceden belirlenmiş envanter alanı limitinden az veya limite eşit olmalıdır.
 - Kurulum (Pres kalıbı) kısıtı: Bazı parçaların üretimi sırasında aynı pres kalıbı kullanılmaktadır. Şirket tarafından paylaşılan veriler incelenerek, parçalar üretim sırasında kullanılan pres kalıbına göre ayrılmıştır. Üretim planlama biriminin, zaman çizelgelemesini yaparken aynı pres kalıbını kullanan parçalara ait işlemleri arka arkaya sıraladığı varsayılmaktadır. Bu faktörler, iki koşullu ancak ve ancak ifadelerini barındıran mantık fonksiyonları ile model içinde formüle edilmiştir.
- Üretim yapma ve yapmama kararı: İzleyen iki kısıt kullanılarak, modelin bir sonraki güne ait üretim yapma ve yapmama kararı vermesi sağlanmıştır.
- Parçanın fazla mesai süreleri içinde üretiminin belirlenmesi: Emniyet stokunu hesaba katmak kaydıyla, eğer bir önceki güne ait envanter miktarı ve o gün içindeki üretilen parça sayısı toplamı aynı güne ait talebi (aynı parça için) karşılamak için yeterli ise o gün ilgili parça için fazla mesai üretimi söz konusu değildir. Kısıt, gerekli mantık fonksiyonları ile model üzerinde formüle edilmiştir.
 - Parçanın bir sonraki gün içerisinde üretiminin belirlenmesi: Emniyet stokunu hesaba katmak kaydıyla; parçaya ait envanter miktarı ve gün içindeki üretim miktarı toplamı, o ve bir sonraki güne ait taleplerin toplamını karşılıyorsa takip eden günde parçaya ait üretim söz konusu değildir.

Üretimde gün kapatma kararı: Aşağıda izleyen kısıt ile, modele gün kapatma veya kapatmama kararı aldırılmıştır.

- Üretimde gün kapatma kararı kısıtı: Mesai süreleri içerisinde bütün parçalara ait üretim miktarları toplamı sıfır ise, o gün üretime kapatılır. (Mesai süreleri içerisindeki toplam üretim miktarının belirlenmesi bir önceki kısıtta belirtilmiştir.)
- Negatif olmama (non-negativity) kısıtı (üretime kapatılan günler için): Toplam üretime kapatılan gün sayısı sıfırdan büyük veya sıfıra eşit olmalıdır.
- Negatif olmama kısıtı (tüm karar değişkenleri ve ikili değişkenler için)

4.1.2 Benzetim modeli

Benzetim modeli durum senaryolarını incelerken rassal verilerin yaratacağı problemlerin üstesinden gelmektedir. Bu model pres atölyesi, gövde atölyesi ve bu atölyeler arasındaki süreç akışlarını benzetimlemektedir. Sistemi benzetimlemek için Arena 11.0 kullanılmıştır.

Benzetim modelinin girdileri matematiksel modelden çıkan üretim planlama verilerinden oluşmaktadır. Matematiksel modelin barındırdığı bütün kısıtları benzetim modeli de içermektedir. Modelin çıktıları; envanter maliyeti, kurulum maliyeti, beyaz ve mavi yaka mesai saati maliyeti, beyaz ve mavi yaka fazla mesai maliyeti ile toplam sistemin maliyetinden oluşmaktadır. Benzetim modeli gerçek zamanlı koşturulmaktadır.

Model, ham madde birimi olan metal saclar üzerinden çalışmaktadır. Modelin çalışma sürecinde tüm işlemler parça tipi üzerinden yapıldığı için birimler yaratıldıktan hemen sonra üzerlerine "Part Type" adında nitelik alırlar. Birimler için süreç, hafta içi ve hafta sonu üretimi olmak üzere iki kola ayrılır; hafta içi üretimi de kendi içinde mesai ve fazla mesai üretimi olmak üzere ayrılmaktadır. Matematiksel modelden alınan üretim planlama verileri, benzetim modelinde iki boyutlu matris halinde tutulmaktadır ve işleyiş bu matrislerden sağlanmaktadır. Gerçek zamanlı çalışan modelde pres işleminin tamamlanmasının ardından gün sonuna gelinmektedir. Üretilen birimler ara mamul envanterinde tutulmaktadır. Bu sırada, gövde atölyesi oluşan ara mamul envanterinden ihtiyacı kadar birimi çeker. Benzetimlemenin bu noktasında model, çıktı olarak vereceği maliyetleri hesaplar ve birim modeli terk eder.

Mevcut sistemin talebinin rassal verilerden oluştuğu göz önünde bulundurularak, alınan sonuçlardan emin olmak adına benzetim model her emniyet katsayısı için beş defa olmak üzere toplam 20 kez koşturulmuştur ve maliyetler bunların ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.

5. Çözüm Metodu

NPRC dosyalarından, veri analizi sonucu elde edilen orijinal bilgiler tamsayı programlama modelinin girdileri olarak kullanılarak her parça için; günlük üretim miktarı, fazla mesai üretim miktarı ve envanter miktarının optimal değerleri elde edilmiştir.

Elde edilen üretim miktarı değerleri, aşağıdaki durum senaryolarını değerlendirmek üzere benzetim modelinin girdileri olarak kullanılmıştır. Envanter miktarında sapma olmaması, emniyet stokunun optimal değerleri ile kullanımı ve talebin sabit ya da değişken olması olmak üzere 4 durum senaryosu mevcuttur.

- Envanter miktarında sapma olmaması: Bu durum senaryosu içerisinde envantere elle sayımı sonucu ortaya çıkan miktar ile barkod sisteminden çıkan envanter miktarının eşit olduğu varsayılmaktadır.
- Emniyet stokunun optimal değerleri ile kullanımı: Emniyet stoku değerleri her parça için matematiksel modelden çıkan optimal değerlere eşitlenmiştir.

Mevcut sistemin toplam maliyetini hesaplayan benzetim modeli her bir durum senaryosu için nitelendirilmiş ve sistemdeki envanter belirsizliğine sebep olan boyutlar incelenmiştir. Bu boyutlar stok sapması, emniyet stoku miktarı ve talep değişkenliğidir. Analizler bu boyutların mevcut sistemin maliyetine olan etkisini göstermektedir. Nitelendirilen benzetim modelleri, her durum senaryosunun maliyetini hesaplamak için Arena 11.0 programında oluşturulmuştur ve her durum senaryosu içinde duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizleri sırasında; envanter miktarındaki belirsizliğin toplam maliyete etkisi, emniyet katsayısı (k) değiştirilerek gözlemlenmiştir.

5.1 Emniyet stoku miktarının optimizasyonu

Pres ve gövde atölyelerindeki ara mamul envantere miktarının üst limiti stok alanının kapasitesiyle belirlenmiştir. Mevcut sistemde ara mamul envantere emniyet stoku miktarı herhangi bir analitik yaklaşıma dayanarak belirlenmemiştir. Değişken talebi karşılayabilmek için, mevcut sistemde dokuz günlük envanter tutulmaktadır.

Proje kapsamında; değişken talebin yarattığı stok miktarı değişiklikleri sebebiyle gövde atölyesinde oluşabilecek muhtemel gecikmelerin olasılığını azaltmak ve atölyeler arası tedarik bölgesindeki aşırı envantere önüne geçmek adına, emniyet stoku miktarları tahmin hatasının dağılımına göre belirlenmiştir. Emniyet stoku aşağıda izleyen formül ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Emniyet stoku} = k * \sigma$$

$$\sigma = \text{Süreç üzerindeki tahmin hatasının standart sapması}$$

$$k = \text{emniyet katsayısı}$$

Metodu uygulamak adına, 51 parça için pres atölyesinin süreç üzerindeki talep hatası bulunmuştur. Hatalar, tüm parçalara ait NPRC

üzerindeki günlük talep tahminleri ve gerçek günlük taleplerin farkından elde edilmiştir. Tahmin hatalarının standart sapmaları bulunmuştur. Farklı emniyet katsayı değerleriyle emniyet stoku miktarları hesaplanmış ve farklı emniyet katsayılarının sistem üzerindeki etkisi incelenmiştir. Her parça için, farklı σ ve k değerleriyle emniyet stoku miktarları belirlenmiştir.

6. Sonuçlar

6.1 Emniyet stoku miktarının optimizasyonu ve analizi

Projenin akademik danışmanı ile beraber alınan kararlar doğrultusunda dört farklı emniyet katsayısı (k) değeri için her parçanın emniyet stoku hesaplanmıştır. Hesaplanan emniyet stoku değerleri matematiksel modele girilerek, her k değeri için 51 parçanın 224 günlük üretim planı elde edilmiştir. Matematiksel modelden elde edilen sonuçlar (mesai üretimi ve fazla mesai üretimi), benzetim modelinde kullanılarak maliyet hesaplanmıştır. Bunlar sabit ve değişken talep miktarları ve stok sapmasının bulunup, bulunmadığı durumlar için yapılmıştır.

6.1.1 Talebin değişken olduğu durum için yapılan emniyet stoku analizi

Benzetim modelinde talep verisi rassal olduğundan, her bir parça için benzetim modeli beş farklı talep değeri için oluşturulmuştur. Beş farklı talep değeri benzetim modelinde her parça için girilen talep dağılımları ile elde edilmiştir. Her parçanın maliyeti, elde edilen beş maliyet sonucunun ortalaması alınarak hesaplanmıştır. k değerindeki artış, emniyet stoku miktarlarını artırmaktadır. Her ne kadar emniyet stoku miktarının yüksek olması şirketin talep karşılama durumu için daha güvenilir gözükse de, envanter maliyetini yükseltmektedir.

Yapılan analizlerde, talep artışlarında k değerinin 1 ve 1,3 değerleri için elde edilen üretim planının talebi karşılamadığı gözlenmiştir. k değerinin 1,7 ve 2 değeri için talep karşılanabilmiştir.

Analizlerde k değerinin 1,7 değeri için hesaplanan maliyetin k değerinin 2 olduğu durumda hesaplanan maliyetten daha az olduğu gözlenmiştir. k değerinin 1,7 olduğu durum için emniyet stoku miktarları, k değerinin 2 olduğu durumdan daha az olmasına rağmen talepler karşılanabilmiştir. k değerinin 1,7 değeri kullanılarak firma, talepte kayıp olmaksızın envanter maliyetinde azaltmaya gidebilmektedir.

Mevcut sistemde stok miktarları depolama alanının kapasitesine göre belirlendiğinden yüksek seviyede stok tutulmasına neden olmaktadır. Talebin değişken olduğu mevcut sistem için optimum k değeri 1,7'dir.

6.1.2 Talebin sabit olduğu durum için yapılan emniyet stoku miktarları analizi

Analizler sonucu elde edilen talep dağılımları talebin ani değişikliklerini gözlemlemek için kullanıldığından, talebin sabit olduğu durumda bu dağılımlar kullanılmamıştır. Talepte değişkenlik olmadığı için k değerinin 1 olduğu durumda elde edilen üretim planı, talebi karşılayabilmektedir. Dolayısıyla en düşük maliyeti veren k değeri talebi karşılamış olmaktadır.

6.1.3 Stok sapmasının olmadığı ve talebin değişken olduğu durumda emniyet stoku miktarları analizi

Stok sapması olmadığı durumda, yukarıda belirtildiği gibi k değerinin 1,7 olması durumunda elde edilen üretim planı, en düşük maliyetle talepleri karşılayabilmektedir.

6.1.4 Stok sapmasının olduğu ve talebin değişken olduğu durumda emniyet stoku miktarları analizi

Stok sapması olduğu durumda, k değerinin 1,7 olması halinde elde edilen üretim planı talebi karşılayamamaktadır. k değerinin 2 olduğu durumda elde edilen üretim planı talebi karşılamaktadır. Bu durumda talepler karşılanabildiği için daha büyük bir emniyet stoku miktarı gerekli değildir.

6.2 Genel değerlendirme

Talep değişkenliği sistemin ayrılmaz bir parçası olduğundan, mevcut sistemi karşılaştırdığımız durum senaryoları talep değişikliği olduğu durumlardır. Bu sebeple, mevcut sistemin maliyeti ile k değerinin 1,7 olduğu durum maliyeti karşılaştırılmalıdır. Maliyetlere bakıldığında envanter maliyetinde %73,36, fazla mesai mavi-beyaz yaka maliyetlerinde %96,89 iyileştirme olduğu gözlemlenmiştir. Toplam maliyetler karşılaştırıldığında iyileştirmenin %69,57 olduğu görülmüştür (Ek 2). Mevcut sistemde envanter seviyesi ve fazla mesai üretim seviyesi yüksek olduğu için toplam maliyet çok yüksek olmaktadır. Ek olarak mevcut sistemde stok sapması bulunmaktadır ve bu durum maliyeti daha da arttırmaktadır. Bu sebeple, iyileştirme miktarı yüksek seviyededir.

6.2.1 İleriye dönük geliştirme olanakları

Proje kapsamında plansız yedek parça üretiminin, barkod sisteminin verimsiz kullanımının ve yeniden işlenen parçaların iki defa sayılmasının sistemin maliyetine olan etkisi analiz edilmiştir. Bunların ortadan kaldırılması hedeflenmemiştir.

Envanter belirsizliği nedeniyle her sabah envanter elle sayılmaktadır ve bu durumun işçi maliyetine etkisi büyüktür. Ek olarak, envanter belirsizliği sebebiyle talebi karşılayabilmek için emniyet stoku miktarı yüksek tutulmaktadır. Envanter anlık görülemediği için stok sapması gerçekleşmektedir. Bu iki durum envanter maliyetini

arttırmaktadır. Bu sebeple stok sapması ve emniyet stoku analizleri yapılmıştır.

Optimal durum maliyeti ile stok sapması olduğu durumun maliyeti arasındaki farkın az olması durumunda, firma operasyonel değişiklikler yapmalıdır. Anlık stok bilgisinin yanlış olma durumunun toplam maliyet üzerindeki etkisi hakkında mavi yaka personelin bilgilendirilmesi ve barkod sisteminin daha verimli kullanımına dikkat çekilmesi probleme çözüm alternatifi olarak sunulabilir.

Optimal durum maliyeti ile stok sapması olduğu durum maliyeti arasındaki farkın fazla olması durumunda, firma stratejik değişiklikler yapmalıdır. Anlık stok bilgisine doğru ulaşabilmek için yeni, kullanımı kolay ve daha verimli bir barkod sayım sistemi kurulması bu soruna çözüm getirecek bir alternatif olarak sunulabilir.

Analizlerden elde edilen sonuçlarda stok sapması olduğu durum maliyetinin optimal durum maliyetinden %60,63 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu miktarın fazla olmasının sebebi envanterin yüksek tutulması ve metrekare başına düşen maliyetin yüksek olmasıdır.

KAYNAKÇA

Hax C. H., Candea D. 1984. "Production and Inventory Management",
Prentice Hall, New Jersey, 193-194.

EKLER

Ek 1. Matematiksel modelin girdi ve çıktıları



Ek 2. Mevcut sistem ile optimal sistemin maliyet analizi

	k=1,7 telep		
	mevcut sistem	sabit değil	yüzde
Envanter Maliyeti (€)	5.816.480	1.549.354	73,36
Kurulum Maliyeti	14.050	14.050	0
Fazla Mesai Beyaz Yaka Maliyeti	5.864	182	96,89
Fazla Mesai Mavi Yaka Maliyeti	27.160	844	96,89
Beyaz Yaka Maliyeti	53.760	53.760	0
Mavi Yaka Maliyeti	249.016	249.016	0
Toplam Maliyet	6.133.316	1.866.181	69,57

Planlı Bakım Aktivitelerinin Tasarımı ve Geliştirilmesi

Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.

Proje Ekibi

Ali Han Alkaya
Ahmet Emin Bingöl
Seyit Eroğlu
Cihangir Gün
Berkay Özdil

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Fatih Ercan, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.,
Kurumsal Risk Yönetimi Lideri

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

TUSAŞ'ta gerçekleştirdiğimiz projenin amacı, makine hatalarını sınıflandırarak, planlı bakım aktivitelerinin etkili bir şekilde tasarımı ve geliştirilmesi, bunun sonucunda ise arızalar arası ortalama süreyi ve makinelerin kullanılabilirlik oranını artırmaktır. Projemiz, Kök Neden Analizi ve bunun sonucunda hazırlanmış bakım önerilerinin analizini sağlayan benzetim modelinden oluşmaktadır. Geliştirilen sistem, daha uzun arıza geliş sürelerine, makinelerin daha çok kullanılabilir olmasına ve sınıflandırılmış makine hatalarına ulaşılmasını sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Arena, Kök Neden Analizi (KNA), kullanılabilirlik, arızalar arası ortalama süre (AAOS)

1. Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.

Küresel ölçekli tasarım ve geliştirme programlarında yer alan TUSAŞ, havacılık sektöründe lider konumundaki uluslararası kuruluşlar ile yapısal parçaların tasarım ve üretiminde birlikte çalışmaktadır. TUSAŞ, Türkiye’de uçak, helikopter, insansız hava araçları (İHA) ve uydu gibi hava-uzay platformlarının tasarımı, geliştirilmesi, imalatı, entegrasyonu, modernizasyonu ve satış sonrası hizmetleri alanlarında bir teknoloji merkezi konumundadır. Müşterileri arasında Airbus, Boeing, Eurocopter, Lockheed Martin, Sikorsky gibi dev savunma sanayii şirketleri bulunmaktadır. Faaliyetlerini, Akıncı-Ankara’da bulunan 5000 dönüm alanda yaklaşık 200.000 metrekare kapalı alandan oluşan yüksek teknoloji ürünü makine ve teçhizatla donatılmış modern tesislerinde yürütmektedir. TUSAŞ bünyesinde 1200’ü mühendis olmak üzere toplam 3300 kaliteli ve deneyimli personel çalışmaktadır.

2. Proje Tanımı

Projemizde, TUSAŞ bünyesinde planlı bakım aktivitelerinin etkinliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Böylelikle, makine hatalarını sınıflandırarak, arızalar arası ortalama süreyi ve makinelerin kullanılabilirlik oranını artırmak mümkün olacaktır. Proje kapsamında, seçilen örnek bir üretim tezgahı için, arızaların ve bakımların nedenlerini sistematik bir biçimde ele alan Kök Neden Analizi (KNA), bakım politikalarını incelemeye yarayan bakım benzetim modeli ve bakım aktiviteleri kapsamında yapılan çalışmalara yol haritası sunan bir bakım prosedürü geliştirilmeye çalışılmıştır.

Proje kapsamında TUSAŞ, mevcut planlı bakım aktivitelerinin detaylı analizlerinin gerçekleştirilerek, etkinliğinin artırılıp artırılmayacağına belirlenmesini talep etmektedir. Bunun sonucunda, makine hatalarının tanımlanması, bakım personelinin daha etkin çalışması, makine kullanılabilirlik oranının ve arızalar arası ortalama sürenin (AAOS) arttırılması, projemizin ana hedeflerini oluşturmaktadır.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

3.1.1 Gözlemler ve problemler

Şirketin projeden beklentileri doğrultusunda mevcut sistem incelendiğinde, sistem arıza onarımı ve planlı bakım aktivitelerinden oluşmaktadır.

Sistemimizi gözlemleyebilmek için kullanılan performans ölçüm kriterlerimiz; kullanılabilirlik oranı ve AAOS değerleridir. Sistemimizde ve modelimizde, AAOS ve makine kullanılabilirlikleri aşağıdakiler gibi hesaplanmıştır;

- $AAOS = (Toplam\ zaman - Toplam\ duruş\ zamanı) / Arızaların\ sayısı$

- Kullanılabilirlik = (Toplam zaman – Toplam duruş zamanı) *100 / Toplam zaman

Bu doğrultuda, ilk olarak dört tane kritik tezgah; düşük kullanılabilirlik oranları, yüksek arıza sıklıkları, düşük AAOS'ler, ve üretimdeki kullanılma öncelikleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Dört kritik tezgah arasından, aynı performans ölçütleri göz önünde bulundurularak, 536 kodlu beş eksenli CNC makinesi detaylı incelenecek üretim tezgahı olarak belirlenmiştir. Bu nedenle bütün tezgahlar için bir yöntem belirleyebilmek amacıyla, KNA ve sistem tasarımı 536 kodlu makinede pilot uygulama olarak yürütülmüştür.

3.1.2 Sistemin yapısı ve tasarımı

Mevcut sistemde bir yıllık çalışma süresi 2600 saat olarak varsayılmıştır. Haftasonları ve gece vardiyaları geçmiş arıza kayıtlarında belirtilmediği için göz önünde bulundurulmamıştır.

Sistemimizin arıza sınıflandırılması, KNA analizi yardımıyla oluşturulmuştur. Geçmiş arıza kayıtlarına göre sınıflandırılan arıza tipleri ve bunlara ilişkin toplam arıza tamir süresi ve adetleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 1).

Tablo1. Arıza çeşitleri bilgileri

	İş mili	Soğutucu	Eksen	Tezgah	El kontrol
Arıza Tamir Süresi	39:00:00	70:12:00	66:27:00	57:07:00	37:21:00
Arıza Adedi	13	17	12	14	12

Mevcut programın büyük bir kısmı, arıza tamirlerinden oluşmakla birlikte program bünyesinde bakım ve kontrol aktiviteleri gözlenmiştir. Mevcut sistemdeki bakım aktivitelerinden kaynaklanan, toplam duruş adetleri ve süreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Bakım aktiviteleri bilgileri

	Bakım adedi	Toplam bakım süresi
Bakım ve Kontrol	8	35:12:00

Mevcut sistemdeki bakım aktivitelerinin toplam zamanı 35 saat 12 dakika olup, bu süre toplam duruş zamanının %11,53'ünü oluşturmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda, 536 kodlu makinedeki toplam duruş zamanı, mevcut bakım aktiviteleri ve arıza tamir süreleri birlikte düşünülerek 305 saat 19 dakika olarak hesaplanmıştır. Bunun sonucunda, 536 kodlu makine için bir yıllık period göz önünde bulundurulduğunda kullanılabilirlik oranı %88 olarak hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak, toplam arıza tamir adedi ve toplam duruş süresi göz

önünde bulundurularak, AAOS değeri 30 saat 12 dakika olarak hesaplanmıştır.

3.2 Problem tanımı

Mevcut sistem incelendiğinde, makine kullanılabilirlik oranının %88 ve AAOS'nin 30 saat 12 dakika olduğu hesaplanmıştır. Mevcut sistemin bu değerlerde olmasından dolayı planlı bakım aktivitelerinin tasarımına ve geliştirilmesine ihtiyaç olduğu TUSAŞ tarafından belirtilmiştir.

4. Yöntem Bilim

Yöntembilim çalışması, kök neden analiziyle başlayıp, bu analiz üzerine inşa edilen benzetim modeliyle devam etmektedir.

4.1 Kök neden analizi

Makine duruşlarına neden olan arızaların sebeplerinin tespitinde sistematik bir yönteme ihtiyaç duyulduğu için Kök Neden Analizi'ne (KNA) başvurulmuştur. Kök Neden Analizi'nde arıza nedenleri incelenirken, makinenin çalışma prensibi ve parçalar arasındaki etkileşim göz önüne alınarak, hatanın meydana geldiği parçaya odaklanılır. KNA bu işlemin başarıyla gerçekleşmesi için makinelerin izole edilmesini önerirken, TUSAŞ'ta incelenen makinenin üretimdeki etkin rolü, izolasyon kullanma seçeneğini geçersiz kılmıştır. Bu yüzden veri ihtiyacını karşılamak için şirketin Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemine başvurulmuştur. Alınan veriler, 21.10.2008 ile 21.10.2009 tarihleri arasında meydana gelen arızaların başlangıç, bitiş ve toplam zamanı ile arızaların çeşitleri ve operatörlerce tespit edilen arıza sebeplerinden oluşmaktadır.

Ancak eldeki veriler incelendiğinde, arıza nedenlerinin, tiplerinin gözden geçirilmesi ve uygun bir biçimde sınıflandırılması gerekliliği görülmüştür. Bu sebeple KNA'da da işaret edildiği gibi ilk aşamada, verilerin arızaların meydana geldiği parçalara göre sınıflandırılması uygun görülmüştür. Böylelikle arıza başlıkları; iş mili (spindle), soğutucu, eksen ve palet, tezgah ve tezgah takım değiştirme başlıkları altında toplanmıştır.

İkinci aşama olarak, sınıflandırılan ve operatörlerce sisteme girilmiş olan her bir arıza nedeni incelenmiştir. Bu esnada, girdilerdeki kod hataları, operatör yorumları, arıza olmayan makine duruşları ve makine bakımları gibi KNA ile ilgili olmayan veriler bulunmuş ve elenmiştir. Böylelikle kimi verilerin, arıza meydana geldiğinde operatörün bu arıza hakkında bildiklerini kesin olarak yansıtamadığı görülmüştür.

Kök Neden Analizi'ni yaparken arıza sebepleri analizi esnasında kullandığımız kaynaklar; TUSAŞ bakım personeli, Form Makine A.Ş. bakım ekibi ve literatür olarak nitelendirilebilir. TUSAŞ bakım personeli ile arızalar hakkında görüş alışverişinde bulunurken, her bir

arıza çeşidinin tüm olası sebepleri detaylı olarak analiz edilmiştir. Bu bilgiler ışığında, arızanın meydana geldiği parçanın tüm makine ve genel sistemle ilişkisi anlaşılmıştır.

Form Makine A.Ş. bakım ekibine danışılırken, TUSAŞ bakım personelinin edinmiş olduğumuz bilgilere ek olarak arızalarla nedenleri, arızaların nasıl giderilebileceği ve alınan tedbirlerin ne oranda etkili olabileceği hususunda bilgi alışverişinde bulunulmuştur. Literatür araştırmaları da, TUSAŞ ve Form Makine A.Ş. bakım ekiplerinin verdiği bilgilere ek olarak beş eksenli CNC makine sistemleri ve genel işleyişi hakkında bilgi edinilmesini sağlamıştır.

KNA çerçevesinde bakımlar ile ilgili inceleme yaparken arızalar için kullandığımız kaynaklara ek olarak, makinenin üreticisi tarafından sağlanan kullanma kılavuzu kullanılmıştır. Bu esnada şirket tarafından hali hazırda kullanılan bakım çeşitleri incelenmiştir. Ayrıca KNA sayesinde yeni arıza nedenleri bulunmuş ve bunları önleyici bakım çeşitleri geliştirilmiştir.

KNA sonucu elde edilen bilgiler ışığında bir kök neden paketi hazırlanmıştır. Bu paket olası nedenlerin toplandığı bir kitapçık, arıza çeşitlerini ve bakım önerilerini kapsayan iki adet form ve mevcut bakım talimatından oluşmaktadır.

Paketin ilk kısmı olan kitapçıkta, TUSAŞ bakım personeli ve Form Makine A.Ş. bakım ekiplerinden elde edilen bütün olası arıza sebepleri ve bunlara karşı geliştirilen bakım önerileri, beş ana arıza çeşidi altında incelenmiştir. Ayrıca her bir ana arıza çeşidinin makineyi hangi tarihler arasında durdurduğu, toplam duruş süresi, makineyi kaç defa durdurduğu ve bu duruşların makinenin toplam duruş süresine yüzde oranı TUSAŞ'tan alınan ham veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Hazırlanan bu kitapçık ilerideki aşamalarda bize yardımcı olacak detaylı ve güvenilir bir veri kaynağı haline gelmiştir.

Sonraki adımda düzenlenen, "536 DS Arıza Çeşitleri Formu" arızaların analizi için ileriye dönük kapsamlı ve kesin veri toplanmasını hedefleyen, bakım personelinin arıza meydana geldiğinde dolduracağı bir doküman olarak tasarlanmıştır. Bu dokümanda bakım personeli istenildiği takdirde toplam duruş süresini ve doküman tarihini girerek gereken raporlama işlemini yapabilecektir. Ayrıca, bakım şefliği de arıza kaydını hangi personelinin girdiğini görebilecektir. Bu formda da önceki kısımda olduğu gibi arızalar beş ana başlığa ayrılmış olup, arıza çeşitleri de kendi içinde alt kısımlara ayrılarak daha detaylı bir analize imkân vermektedir. Örneğin, formda 1.1.1 expansion valfi olarak geçen arıza 1.1 soğutucu kompresör arızasına neden olmakta ve genel olarak soğutucu arızaları kapsamında değerlendirilmektedir. Yine "Arıza Çeşitleri Formu", "Diğer" maddesini de içererek, KNA sayesinde şu ana

kadar tespit edilmemiş yeni tür arızaların da kayıt altına alınmasını sağlamaktadır (Ek 1).

Önerdiğimiz bakım aktivitelerini geliştirirken, öncelikle TUSAŞ'ta uygulanan mevcut bakım temel alınmıştır (Ek 2). Sonrasında ise, mevcut bakım aktivitelerinin kullanma kılavuzunda hangi bakım aktiviteleriyle eşleştiğine bakılmıştır. Eşleşen bakımların periyotları, kullanma kılavuzundaki değerlere göre belirlenmiştir. Örnek olarak, mevcut bakımda dört aylık olarak belirlenen eksen kızak yağı kontrolü, kullanım kılavuzundaki 50 saatlik periyotla değiştirilmiştir. Mevcut bakımda olmayan fakat kullanma kılavuzunda adı geçen bakımlar belirlenerek ve bu bakımların arızanın meydana geldiği parçaya olan etkileri göz önüne alınarak, uygulandığı zaman hatayı en aza indiren bakımlar seçilmiştir. Örneğin, kullanım kılavuzunda 2000 saatlik periyotlarla gerçekleşmesi öngörülen selonoid valflerinin kontrolü, Form Makine A.Ş.'den alınan tavsiyeler neticesinde, uygulanabilirliği zor ve hatanın giderilmesine görülmediğinden bakım formunda yer almamıştır. Tavsiye edilen bakımların sistemde yapacağı iyileştirmeler bir sonraki kısımda detaylı olarak açıklanmıştır.

Bunların yanı sıra bakım önerileri geliştirirken, TUSAŞ bakım personelinin edindiğimiz bilgiler neticesinde otonom bakım (operatör tarafından uygulanacak olan bakım) aktiviteleri de bakım formunun içinde yer almaktadır. “536 DS Önerilen Bakım Aktiviteleri Formu”nda da, Arıza Çeşitleri Formu’nda olduğu gibi bakım personeli ve formun doldurulma tarihi gibi bilgiler de bulunmaktadır (Ek 3). Kullanma kılavuzunda tavsiye edilen bakım periyotları, Arena benzetim programının QptQuest aracı kullanılarak bulunan en uygun değerlerle de güncellenmiştir.

4.2 Önerilen model

Önerdiğimiz model, planlı bakım faaliyetlerini ve olağan arızaları aynı anda incelemeye olanak sağlamıştır. Modelimizde planlı bir şekilde yapılan bakım aktivitelerinin arıza geliş oranını azaltacağı göz önüne alınmıştır. Modelin amacı, verimli ve planlı bakım aktiviteleri uygulayarak, arıza geliş oranını düşürmek ve aynı zamanda performans ölçüm kriterlerimizin daha iyi bir duruma gelmesini sağlamaktır. Bu yüzden, modelimizin girdilerini ikiye ayırabiliriz;

- Arızalar ve arıza onarımları
- Planlı bakım aktiviteleri

Öncelikle, modelimizde KNA sonucunda elde edilen beş çeşit arıza tipi bulunmaktadır. Bunlar; iş mili, soğutucu, eksen ve palet, tezgah ve el kontrol ünitesi arızalarıdır. Arıza ve bakım kökenli duruşları birlikte düşünerek, ardışık duruşlar arasındaki zaman farkı hesaplanarak arıza geliş dağılımı belirlenmiştir. Ayrıca, geliştirdiğimiz modelde her arıza türü için ayrı bir geliş oranı hesaplamaktansa, bütün

duruşları göz önünde bulundurarak tek bir geliş oranı hesaplamamızın sebebi elimizdeki verilerin yeterli olmamasıdır. Her arıza tipi için 10 adet civarında duruş bulunmaktadır ve bu miktar her bir arıza tipi için kesin bir arıza geliş dağılımı ve oranı bulunmasına uygun bir zemin oluşturamamaktadır (Ek 4). Buna ek olarak, her arıza tipinin tamir süresinin dağılımı Ek 5'te görülmektedir. Bunlar, Arena benzetim programının istatistiksel bir analiz aracı olan InputAnalyzer aracı sayesinde bulunmuş ve aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Arıza tamir süreleri ve geliş oranı dağılımı

Arızalar	İş mili	Soğutucu	Eksen ve Palet	Tezgah	El kontrol
Arıza Tamir Süresi	WEIB(0.334,0.301)	WEIB(0.309,0.276)	EXPO(2.66)	EXPO(1.97)	EXPO(1.5)
Arıza Geliş Oranı	WEIB(1.51,0.23)				

Ayrıca, modelimizde altı çeşit bakım aktivitesi bulunmaktadır. Kullanma kılavuzundan elde edilen bu bakımların frekansları sırasıyla 50, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 saatlik makine çalışma süreleridir.

Yukarıdaki bilgilere ek olarak modelimizde makine yıpranma oranı yıllık %5 olarak hesaba katılmıştır. Bu oran her yıl arıza geliş oranını %5 arttıracak şekilde modele eklenmiştir. Bu oran hesaplanırken, geçmiş arıza verilerinden yararlanılmıştır. Şöyle ki; iki bakım arasındaki arıza sayıları arasındaki değişim incelenmiştir. Bunun sonucunda ilk bakımdan ikinci bakıma kadar ve ikinci bakımdan yıl sonuna kadar meydana gelen arıza adetlerinde %5'lik bir artış meydana gelmiş ve bu oran modelimize yıpranma oranı olarak eklenmiştir. Aşağıdaki tabloda da görüldüğü üzere yıpranma oranı istikrarlı (robust) bir değişkendir ve %0 ile %10 aralığında sistemin değişkene verdiği tepki makine kullanılabilirliğinde önemli bir etkiye sahip değildir. Yıpranma oranı, model diğer makineler için tekrar uyarlandığında da kullanılabilmesi için değişken olarak atanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Yıpranma oranı duyarlılık analizi

Yıpranma Oranı	%0	%1	%2	%3	%4	%5	%6	%7	%8	%9	%10
Kullanılabilirlik	93,94	93,54	93,59	93,56	93,65	93,52	93,64	93,71	93,65	93,33	93,51

Bu doğrultuda, modelimiz arıza tamirleri ve planlı bakım aktivitelerini içermektedir. Aynı zamanda planlı bakım aktiviteleri arıza geliş oranını azaltmaktadır. Kısacası modelimiz bakımla iyileşen ve makine yaşlanmasıyla kötüleşen arıza geliş oranlarını hesaba katarak, en uygun bakım planını oluşturmaya odaklanmıştır. Bu yüzden planlı

bakım aktiviteleriyle arıza tipleri arasındaki ilişki operatörler, bakım personeli ve kullanma kılavuzu yardımıyla oluşturulmuştur. Bu ilişki oluşturulurken, ilk olarak kullanma kılavuzundaki bakım aktiviteleriyle arıza tipleri eşleştirilmiştir. Örneğin, 500 saatte bir uygulanan bakım aktivitesinde iş mili, eksen ve tezgah bakımı yapılmaktadır. İkinci olarak, her bir bakım aktivitesinin ortalama süresi bakım personelinden alınmıştır. Ayrıca, geçmiş arıza kayıtlarından ve operatör tecrübesine dayanarak, meydana gelen arızaların planlı bakım uygulamasıyla önleneme oranı hesaplanmıştır. Örneğin, iş mili arızalarının %69'unun planlı bir bakım aktivitesi yapıldığı zaman önenebileceği öngörülmüştür. Ardından, her bir bakım aktivitesinin ne oranda iyileştirme yapabileceği hesaplanmıştır. Örnek olarak; iş mili arızası için 250-500-2000-4000 saatlik bakımlar uygulanırsa 4000 saat sonunda sistemimizin %70 oranında iyileşebileceği öngörülmüştür. Sonuç olarak, her bir bakım aktivitesinin, her bir arızaya olan etkisini görmek için bakım aktiviteleriyle arıza tipleri ilişkilendirilmiştir. Bu ilişki aşağıdaki tabloda yer almaktadır. (Tablo 5)

Tablo 5. Arıza çeşitleri ve bakım aktivitesi ilişkileri (süre-dk)

	50 saat		250 saat		500 saat		1000 saat		2000 saat		4000 saat		TOPLAM
	Oran	Süre	Oran	Süre	Oran	Süre	Oran	Süre	Oran	Süre	Oran	Süre	
İş Mili			%2,5	20	%1,5	5			%3	25	%1,5	5	%69
Soğutucu			%1,5	10			%6	30	%9	85	%2	15	%70
Eksen	%0,1	10	%0,6	20	%2	35	%4	90	%2	35			%50
Tezgah			%2	25	%1	15	%3	35	%2	25			%57
Elkontrol							%7	30	%4	10	%4	10	%33

Bunlara ek olarak, maksimum kullanılabilirliği veren en uygun bakım planını bulabilmek için tutarlı ve gerçekçi bir sınırlama getirmenin gerekliliği öngörülmüştür. Bu açıdan bakım periyotları birbirinin tam katı olan periyotlarda uygulanırsa, bakımlar belirli periyotlarda toplanılmış böylece daha sürede istenen bakımın yapılması öngörülmüştür. Örneğin, 250-500 saatte bir yapılması önerilen bakımların en uygun sonucunun 240-500 saat çıktığını varsayarsak, 240 saatlik bakımın ikinci uygulaması 480. saate denk gelecektir. Böyle bir durumda 480. saate ve ardından 500. saate bakım yapılması gerekmektedir. Fakat böyle bir bakım periyodu ek bir maliyet doğuracak ve aynı zamanda gerçekçi olmayacaktır. Bu sebeple bakım periyotlarının birbiriyle örtüşmesini sağlayacak kısıtlama modele eklenmiştir.

4.3 Yöntembilimin uygulanması

Modelimizin amacı, makine kullanılabilirliğini ve AAOS'sini arttıran bir planlı bakım zaman çizelgesi oluşturmaktır. Modelimizi gözlemlemek için, ARENA programı ve en uygun sonucu bulmak için aynı programın OptQuest aracı kullanılmıştır. Bu doğrultuda,

modelimizi durağan duruma sokmak için, 50 replikasyon ve beş yıllık dolayısıyla 13.000 saatlik çalışma süresi göz önüne alınmıştır. OptQuest aracının çalışma prensibi bir tür sezgisel en iyileştirmedir. Bu yüzden, ilk olarak karar değişkenlerinin önerilen değerleri ve alt-üst sınırları başlangıçta belirlenir. Sonrasında, program önerilen değerlere göre en uygun sonucu bulur ve bunu sabitler. Ardından, karar değişkenlerini sınırlar arasında değiştirerek daha iyi bir değer bulmaya çalışır. Eğer bulursa, sonucu en uygun olarak sabitler ve tekrar denemeye devam eder.

OptQuest aracı kullanılırken, karar değişkenlerinin önerilen değerleri, kullanma kılavuzunda tavsiye edilen bakım frekanslarından alınmıştır. Alt ve üst sınırlar ise, herbir bakımın yapılabileceği en geç ve en erken zamanlar göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki bilgiler ışığında, en uygun sonucu bulmak için karar değişkenlerinin alt-üst sınırları ve önerilen değerleri aşağıda belirtilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Bakım aktiviteleri OptQuest girdileri

	BAKIMLAR					
	50 saat	250 saat	500 saat	1000 saat	2000 saat	4000 saat
Alt Sınır	10	200	400	800	1750	3750
Önerilen	50	250	500	1000	2000	4000
Üst Sınır	100	300	600	1200	2250	4250

Bu verilere göre, OptQuest programından elde edilen en uygun bakım periyotları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Bakım aktiviteleri OptQuest sonuçları

1.bakım	2.bakım	3.bakım	4.bakım	5.bakım	6.bakım	Uygunluk	Kullanılabilirlik
50	250	500	1000	2000	4000	Uygun	%93,52
25	250	500	1000	2000	4000	Uygun	%91,88
80	300	600	1250	2250	4500	Değil	%97,09
70	250	500	1000	2000	4340	Değil	%96,90

Yukarıdaki sonuçlara göre, kullanma kılavuzunda verilen bakım aralıklarının modelimiz için en uygun sonucu verdiği gözlemlenmiştir. %93.52'den daha yüksek sonuçlar elde etmemize rağmen, bu sonuçlar, modelimizde belirtilen kısıtlamalar doğrultusunda, sistemimize uygulanabilir (feasible) nitelikte değildir.

Uygun bakım planı bulunduktan sonra, arıza geliş oranının düşürülmesi sayesinde azalan toplam arıza tamir süresi ve gerçekleşmesi öngörülen planlı bakım aktiviteleri dolayısıyla artan bakım süresi, sistemimizin ödünleşim (tradeoff) mekanizmasını oluşturmaktadır. Buna göre, mevcut durumda ve önerilen modelde her bir arıza tipi için harcanan (planlı) bakım ve tamir süresi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Mevcut ve önerilen model sonuçları

	Mevcut Durum		Model			
	Duruş Süresi	Arıza Adedi	Arıza Tamir Süresi	Planlı Bakım Süresi	Toplam Duruş Süresi	Arıza Adedi
İş mili	39.00	13	24.57	4.49	29.06	7
Soğutucu	70.12	17	40.04	5.03	45.08	9
Eksen	66.27	12	33.52	19.82	53.35	12
Tezgah	57.07	14	18.87	7.92	26.65	10
El kontrol	37.21	12	12.74	1.62	14.37	8
Bakım	35.12		-	-	-	
TOPLAM	305.19	68	129.75	38.67	168.428	46

Yukarıdaki sonuçların model kısmına göre, bulunan en uygun bakım planı uygulanırsa her bir arızanın toplam tamir ve aynı arıza için uygulanan toplam bakım süresi, mevcut sisteme göre daha iyi bir sonuç vermektedir. Bu nedenle tezgah kullanılabilirliği %88'den, %93.52'ye yükselmiştir. Aynı zamanda, AAOS değeri 30 saat 12 dakikadan, 52 saat 48 dakikaya çıkmıştır.

Sonuçlar bulunduktan sonra sistemin davranışını anlamak ve girdi çıktı ilişkisini gözlemlemek için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Duyarlılık analizleri için ARENA programının ProcessAnalyzer aracı kullanılmıştır. Bu araç, farklı senaryolara göre sistemin tezgah kullanılabilirliğindeki değişimleri göstermektedir (Ek 6). Bu bağlamda, modelin karar değişkenlerinde meydana gelen 1 saatlik farklılıklara göre, tezgah kullanılabilirliğindeki artış veya azalış aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Örneğin, 1001 saatte bir yapılan bakıma göre tezgah kullanılabilirliği %93.511 olmaktadır, 1002 saatte yapılan bakıma göre bu oran %93.575 olmakta ve aradaki fark yaklaşık olarak %0.064 kadardır. Aşağıdaki tabloda (-) işareti 1 birim azalış, (+) işareti ise 1 birim artışa karşılık gelmektedir (Tablo 9).

Tablo 9. Duyarlılık analizi sonuçları

50 saat		250 saat		500 saat		1000 saat		2000 saat		4000 saat	
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
0,160	0,259	0,212	0,385	0,189	0,002	0,138	0,064	0,078	0,025	0,004	0,019

Yukarıdaki değerlere göre, sistemimizin karar değişkenlerinin küçük orandaki değişikliklere göre dirençli olduğu gözlenmektedir.

5. Uygulama Planı

Proje çalışmamız süresince, “536 DS Arıza Çeşitleri Formu” ve “536 DS Önerilen Bakım Aktiviteleri Formu” TUSAŞ'a sunulmuştur. Ayrıca formların güvenilirliği ve verimliliği hakkında olumlu cevap alınmıştır. Bunların yanı sıra bakım ekibinden formların uygulanabilirliği konusunda onay alınmıştır. Formların güvenilirliği ve uygulanabilirliği üzerine yapılan geliştirmeler TUSAŞ bakım personelinin alınan geribildirimler neticesinde sağlanmıştır. Fakat hazırladığımız olduğumuz model geliştirdiğimiz bakım önerilerinin

analizinde bize yardımcı bir araç olduğundan sadece bir karar alma mekanizması olarak görülmeli ve eğer uygun olduğu düşünülürse TUSAŞ'a ileride uygulanacak bakım aktiviteleri için izlenecek prosedürün bir basamağı olarak kabul edilmelidir.

Önerdiğimiz sistemi pilot makinenin yanı sıra farklı makineler için de uygulayabilmek için izlenmesi gereken adımlar şunlardır: Bakım personelinin sunulan plan doğrultusunda değerlendirmelerinin alınması, bunun sonucunda gerekli görülen noktalarda değişikliklerin yapılması, bakım aktiviteleri ve periyotları üzerinde uzlaşmaya varıldıktan sonra, uygulamanın başlaması için uygun tarihin belirlenmesi şeklinde olmalıdır. Pilot uygulamamız üretim hattının tamamında uygulandığı takdirde sistemde gerçekleşen iyileştirmeler daha belirgin olarak gözlemlenecektir.

6. Genel Değerlendirme

Önerdiğimiz sistem bir pilot çalışma niteliğindedir. Bu pilot çalışmanın kapsamı genişletilerek diğer makinelere uygulanabilmesi için aşağıda belirtilen çalışmalar sırasıyla yapılmalıdır.

- Belirlenen makine için detaylı bir kök neden analizi yapılması, bunun sonucunda arızaların sınıflandırılması
- Sınıflandırılan arızalara göre seçilen makinenin bakım kılavuzu göz önünde bulundurularak uygun arıza-bakım eşleştirmelerinin ve periyotlarının belirlenmesi
- Belirlenen bakım periyotlarının ve arıza- bakım eşleştirmelerinin pilot çalışma için kurulan modelle bütünleştirilmesi
- Son olarak yöntembilim kısmında belirttiğimiz adımlar dikkate alınarak makine için en iyileştirilmiş planlı bakım politikasının uygulanması.

Bu uygulamaların hayata geçirilmesiyle daha sağlıklı bir arıza bilgi toplama veritabanı oluşturulması öngörülmektedir. Bu veritabanından faydalanarak arıza analizleri daha nitelikli yapılacak olup, planlı bakım aktivitelerinin mevcut sistemde yaptığı iyileştirmeler daha kesin bir şekilde görülebilecektir. Sonuç olarak, modelde yaptığımız hesaplamalar gerçek verilerle desteklenerek daha sağlıklı sonuçlar sağlayacak ve gerekli birim için önemli bir karar verme mekanizması oluşturabilecek bir hale gelecektir.

EKLER

Ek 1. 536 DS arıza çeşitleri formu

Bakım Form No: _____		Tarih: / /	
Toplam Duruş Süresi: _____			
536 DS ARIZA ÇEŞİTLERİ			
1. Soğutucu Arızaları 1.1 Soğutucu Kompresör Arızaları 1.1.1 Ekspansiyon valfi 1.1.2 Kompresörün yağız kalması 1.1.3 Sistemde el bobininin yağla dolması 1.1.4 Kompresörün aşırı ısınması 1.1.5 Kompresördeki gazın vakümü alınması 1.2 Soğutucu Üniteleri Arızaları 1.2.1 Rulo bağlarının sarılaşması		<input type="checkbox"/> 1.3 Soğutucu Şuru Arızaları 1.3.1 Vakum pompasının çalışması 1.3.2 Soğutucu elektrik motorunun çalışması 1.3.3 Tank sensörlerinin yağla çalışması 1.3.4 Alüminyum eleğinin çalışması 1.4 Kağıt Filtre Arızaları 1.4.1 Filtre motorunun çalışması 1.4.2 Kağıt yalıtımının çalışması 1.4.3 Kirlilik sensörünün çalışması Diğer: _____	
2. Elvan Arızaları 2.1 Elvan Hareket Arızaları 2.1.1 Elvan sürücüleri 2.1.2 Elvan motorları 2.1.3 Motor encoder tabanlı tolerans 2.1.4 Motor encoder çevrilmesi 2.1.5 Hareket çamurluğu 2.1.6 Ölçümler 2.1.7 Para kalınlık testi 2.1.8 Kesici tabanlı aşınması ve kırılması		<input type="checkbox"/> 2.1.9 Spindle yapma biriminde <input type="checkbox"/> 2.2 Çiğ Kökür Arızaları <input type="checkbox"/> 2.2.1 Hatalı Çiğ kökür <input type="checkbox"/> 2.2.2 Ocuqlama tuşu <input type="checkbox"/> 2.3 Rafes Arızaları <input type="checkbox"/> 2.3.1 Kontrol edilmemesi <input type="checkbox"/> 2.3.2 Güvenlik sistemi <input type="checkbox"/> 2.3.3 Eksp. limit aşımı <input type="checkbox"/> 2.3.4 Rafesun çalıştırılması Diğer: _____	
3. El Kontrol Ünitesi & Train Check Arızaları 3.1 El Kontrol Ünitesi Arızaları 3.1.1 Kablo 3.1.2 El kontrol ünitesinin kırılması		<input type="checkbox"/> 3.2 Train Check Arızası <input type="checkbox"/> 3.2.1 Çarpma biriminde sonucu bozulması Diğer: _____	
4. Tezgah & Takım Değiştirme Arızaları 4.1 Tezgah Açılması Arızaları 4.1.1 İvceci emniyet prosedürleri 4.1.2 Emergency stop butonu 4.1.3 Hidrolik sistem 4.1.4 Tezgah alarmı 4.1.5 Volaj seviyesi değiştirilmesi 4.1.6 Elektrik bağlantıları 4.1.7 Tezgah hafızası kâr/hü kütlesi 4.2 Numaral Kontrol Arızası 4.2.1 PLC-numaral kontrol belediyesi 4.2.2 Elektrik bağlantıları 4.2.3 Haberleşme kabloları		<input type="checkbox"/> 4.2.4 Açılması <input type="checkbox"/> 4.3 Sürüş Hız ve Hattın Arızaları 4.3.1 Hattın aşınması <input type="checkbox"/> 4.3.2 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.3 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.4 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.5 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.6 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.7 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.8 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.9 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.10 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.11 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.12 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.13 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.14 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.15 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.16 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.17 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.18 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.19 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.20 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.21 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.22 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.23 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.24 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.25 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.26 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.27 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.28 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.29 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.30 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.31 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.32 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.33 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.34 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.35 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.36 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.37 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.38 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.39 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.40 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.41 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.42 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.43 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.44 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.45 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.46 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.47 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.48 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.49 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.50 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.51 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.52 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.53 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.54 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.55 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.56 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.57 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.58 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.59 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.60 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.61 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.62 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.63 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.64 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.65 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.66 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.67 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.68 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.69 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.70 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.71 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.72 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.73 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.74 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.75 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.76 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.77 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.78 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.79 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.80 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.81 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.82 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.83 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.84 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.85 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.86 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.87 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.88 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.89 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.90 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.91 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.92 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.93 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.94 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.95 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.96 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.97 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.98 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.99 Hattın eğilmesi <input type="checkbox"/> 4.3.100 Hattın eğilmesi Diğer: _____	
5. Spindle Arızaları 5.1 Spindle Değiştirme Arızaları 5.1.1 Clamp sensörleri 5.1.2 Hareketli magnezin pozisyonu 5.1.3 Elvan pozisyonu 5.1.4 Soğutucu soğutucu elektrik sistemine kopması 5.1.5 PLC hatası 5.1.6 Clamp sisteminin hidrolik 5.2 Spindle Takım Değiştirme Arızaları 5.2.1 Spindle clamp sistemi 5.2.2 Spindle sensör		<input type="checkbox"/> 5.3 Spindle Alarm Arızaları <input type="checkbox"/> 5.3.1 Elektrik kablosu <input type="checkbox"/> 5.3.2 Spindle sürücüsü <input type="checkbox"/> 5.4 Spindle Vibrasyon Arızaları <input type="checkbox"/> 5.4.1 Rulmanların bozulması <input type="checkbox"/> 5.4.2 Kesici taban aşınması <input type="checkbox"/> 5.4.3 Takım pozisyonu kopması <input type="checkbox"/> 5.4.4 Spindle yapma biriminde <input type="checkbox"/> 5.4.5 Uygun olma ya da kesici taban <input type="checkbox"/> 5.5 Comstar Arızaları <input type="checkbox"/> 5.5.1 Soğutucu ayarlanması <input type="checkbox"/> 5.5.2 Spindle sensör	

Ek 2. 536 DS mevcut bakım aktiviteleri

536 DS MEVCUT BAKIM AKTİVİTELERİ

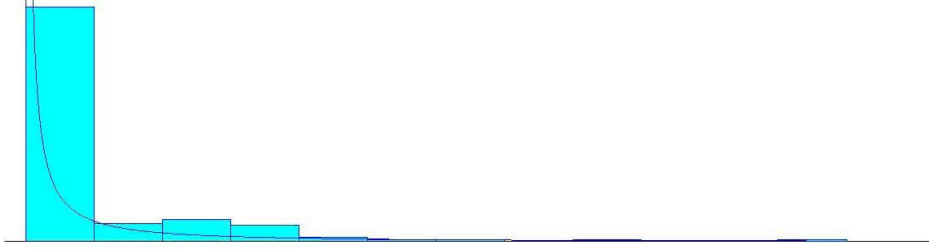
4 Aylık Periyotlarla Yapılması Gereken Bakım Aktiviteleri

1. Eksen Bakımları
 - 1.1 B ekseninin greslenmesi
 - 1.2 C ekseninin greslenmesi
 - 1.3 X eksenli kızaklarının gözle aşınma kontrolü
 - 1.4 X eksenli kızaklarının talaşlarının temizlenmesi
 - 1.5 X eksenli kızaklarının gözle yağlanma kontrolü
 - 1.6 X eksenli tahrik dişlisinin gözle aşınma ve yağlama kontrolü
 - 1.7 Y eksenli kızaklarının gözle aşınma kontrolü
 - 1.8 Y eksenli kızaklarının talaşlarının temizlenmesi
 - 1.9 Y eksenli kızaklarının gözle yağlanma kontrolü
 - 1.10 Y eksenli tahrik dişlisinin gözle aşınma ve yağlama kontrolü
 - 1.11 Y eksenli üzeri pnömomatik filtrenin değişimi ve drenajın fonksiyon kontrolü
 - 1.12 Z eksenli kızaklarının gözle aşınma kontrolü
 - 1.13 Z eksenli kızaklarının talaşlarının temizlenmesi
 - 1.14 Z eksenli kızaklarının gözle yağlanma kontrolü
 - 1.15 Z eksenli vidalı milinin greslenmesi
 - 1.16 Z eksenli vidalı milinin altındaki atık yağ haznesinin doluluk kontrolü
 - 1.17 Z eksenli vidalı milinin gözle yağlama kontrolü
 - 1.18 Z eksenli vidalı milinin gözle aşınma kontrolü
2. Hidrolik Bakımları
 - 2.1 Hidrolik akümülatörlerin gaz basıncının kontrolü
 - 2.2 Hidrolik hortum bağlantılarında aşınma ve kaçırılmaların kontrolü
 - 2.3 Hidrolik yağ seviyesi kontrolü
3. Pnömatik Bakımları
 - 3.1 Pnömatik filtrenin temizlenmesi ve drenajın fonksiyon kontrolü
4. Mekanik Bakımları
 - 4.1 Kızak koruyucu körüklerin üzerindeki talaşların fırça ile temizliği
 - 4.2 Döner encoderların ve kaplin bağlantı civatalarının sıkılık kontrolü
 - 4.3 Doğrusal cetvellerin gözle talaş kirlilik kontrolü
 - 4.4 Elektrik panosu içerisindeki elektrik bağlantı civatalarının gevşeklik kontrolü ve temizliği
5. Yağlama Bakımları
 - 5.1 Merkezi yağlama gözle kaçak ve fonksiyon kontrolü
 - 5.2 Merkezi yağlama seviye kontrolü, gerekiyorsa yağ eklenmesi
 - 5.3 Merkezi yağlama havalandırma filtresi kirlilik kontrolü

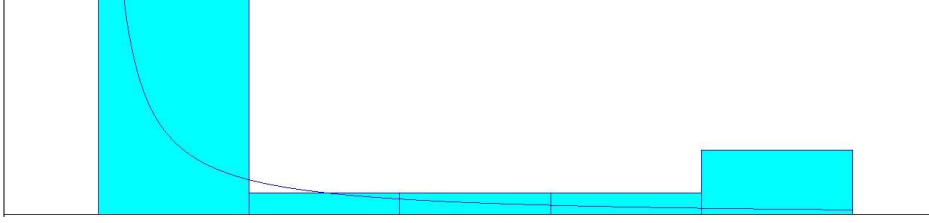
1 Yıllık Periyotlarla Yapılması Gereken Bakım Aktiviteleri

1. Pnömatik Bakımları
 - 1.1 Takım ölçme cihazı Pnömatik filtre değişimi
2. Yağlama Bakımları
 - 2.1 Merkezi yağlama yağının değişimi
 - 2.2 Merkezi yağlama filtresi değişimi

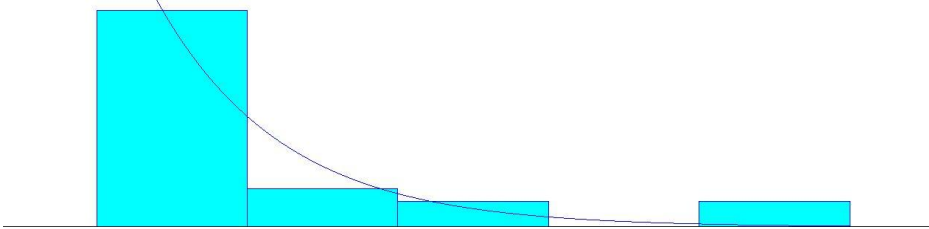
Ek 4. Arızalar geliş dağılımı



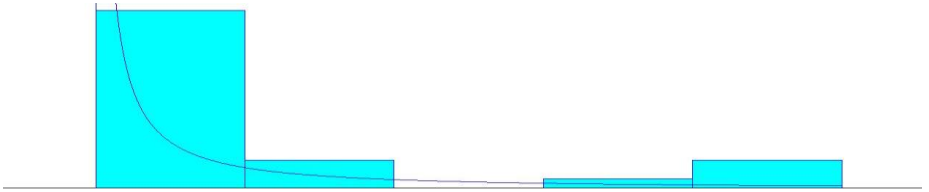
Ek 5. Arıza tamir süresi dağılım histogramları ve çeşitleri
Ek 5.1 İş mili arıza tamiri süresi dağılımı



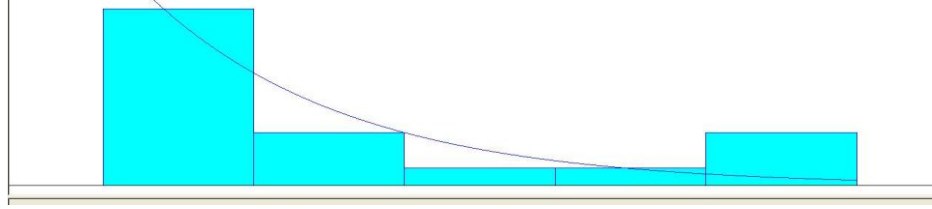
Ek 5.2 El kontrol ünitesi arıza tamiri süresi dağılımı



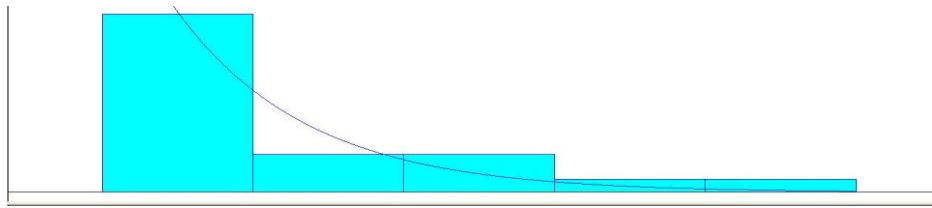
Ek 5.3 Soğutucu ünitesi arıza tamir süresi dağılımı



Ek 5.4 Eksen ve palet arıza tamir süresi dağılımı



Ek 5.5 Tezgah ve tezgah takım değiştirme arızası



Ek 6. ProcessAnalyzer duyarlılık analizi sonuçları

S	Name	Program File	Reps	bak1	bak2	bak3	bak4	bak5	bak6	AVAILABILIT Y	MTBF
1	Scenario 1	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.522	53.028
2	Scenario 2	S : fuar mode	50	49.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.842	55.008
3	Scenario 3	S : fuar mode	50	51.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.852	55.535
4	Scenario 4	S : fuar mode	50	48.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.682	55.560
5	Scenario 5	S : fuar mode	50	52.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.593	52.631
6	Scenario 6	S : fuar mode	50	50.0000	248.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.768	54.939
7	Scenario 7	S : fuar mode	50	50.0000	249.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.556	51.815
8	Scenario 8	S : fuar mode	50	50.0000	251.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.372	52.132
9	Scenario 9	S : fuar mode	50	50.0000	252.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.757	51.961
10	Scenario 10	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	498.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.506	52.270
11	Scenario 11	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	499.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.695	53.230
12	Scenario 12	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	501.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.785	54.874
13	Scenario 13	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	502.0000	1000.0000	2000.0000	4000.0000	93.783	54.751
14	Scenario 14	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	998.0000	2000.0000	4000.0000	93.791	53.668
15	Scenario 15	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	999.0000	2000.0000	4000.0000	93.653	53.298
16	Scenario 16	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1001.0000	2000.0000	4000.0000	93.511	52.925
17	Scenario 17	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1002.0000	2000.0000	4000.0000	93.575	53.475
18	Scenario 18	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	1998.0000	4000.0000	93.534	52.898
19	Scenario 19	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	1999.0000	4000.0000	93.456	52.850
20	Scenario 20	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2001.0000	4000.0000	93.555	53.347
21	Scenario 21	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2002.0000	4000.0000	93.580	53.681
22	Scenario 22	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	3998.0000	93.557	52.928
23	Scenario 23	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	3999.0000	93.553	52.930
24	Scenario 24	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4001.0000	93.524	53.034
25	Scenario 25	S : fuar mode	50	50.0000	250.0000	500.0000	1000.0000	2000.0000	4002.0000	93.543	53.192

Yalın Üretim'e Doğru: Süpermarket Sistemi Tasarımı

Ulusoy Elektrik

Proje Ekibi

Arda Çelik
Çınar Çorapsız
Coşay Kaçar
Veysel Cenk Karakuz
Burçin Özcan
Gülin Zengin

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Bülent Sönmez, Kılıgı Sistem Danışmanlık, Endüstriyel Danışman
Galip Arbak, Ulusoy Elektrik, Fabrika Müdürü
Uğur Gökçe, Ulusoy Elektrik, Fabrika Müdür Yardımcısı

Akademik Danışman

Doç. Dr. Savaş Dayanık, Bilkent Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Proje, elektrik dağıtım donanımlarının üretildiği Ulusoy Elektrik firmasının üretim sistemi performansının iyileştirilmesi çalışmasını içermektedir. Mevcut sistemdeki verimsizlikler; aşırı envanter miktarı, montaj hattındaki duraksamalar ve malzeme taşınmasındaki aksaklıklardır. Problemlerin ortadan kaldırılması amacıyla ürünlerin talepleri analiz edilerek ABC sınıflandırılması yapılmış, yalın üretim prensiplerinden süpermarket ve Kanban sistemlerine dayalı bir sistem tasarımı önerilmiş ve benzetim modeli kullanılarak modellerin doğrulanması yapılmıştır. Önerilen sistemin uygulama planı ana hatları ile tanımlanmış, mevcut sisteme getireceği katkılarını gösterebilmek için de maliyet-kayıp analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın üretim, süpermarket sistemi, Kanban

1. Sistem Açıklaması

1.1 Mevcut sistem analizi

Çalışma alanları arasında tasarım, mühendislik ve elektrik dağıtım donanımlarının üretiminin yer aldığı olan Ulusoy Elektrik 1985 yılında kurulmuştur. Şirket, 13.500 m² kapalı çalışma alanına sahip olup, yıllık üretim kapasitesi 9.000 ünedir. Atölyeleri arasında talaşlı imalat, sac işleme (metal levha), reçine, şalter, beton köşk, boya ve ana montaj hattı bulunmaktadır. Hücre montaj hattı içerisinde hücre iskeletinin montajı, elektrik ve bakır bölümü yer almakta ve daha sonra tamamlanmış ürün, montaj hattının sonunda bulunan test odasına gönderilmektedir.

Hücre iskeletinin montajı sırasında kullanılan metal levhalar, başlıca 750 mm ve 1.000 mm olup, sac işlemede üretilmektedir. Montajı tamamlanmış metal hücreye sırasıyla; bakır malzemeler, şalter ve elektrik panolarının montajı gerçekleştirilmektedir. Montaj sırasında geçen zaman ve monte edilen parçalar, 24 farklı hücre ailesinin ve her hücre ailesi içerisindeki farklılıklar dolayısıyla elde edilen 500 farklı hücre tipine göre değişmektedir. Hücre montaj hattında hücreler, yük taşıyıcı üzerinde, montaj hattının sonunda bitmiş ürün kontrol merkezine kadar sürüklenmektedir.

Üretim planlama tarafından belirlenen üretim emirleri, atölye kısmına gönderilmektedir. Üretim planlama bölümü, şirket tarafından kullanılan ERP programından (Uyumsoft) aldıkları üretim miktarları ile ilgili bilgileri haftalık olarak toplamakta ve her bölüm için belirlenen haftalık üretim miktarlarını organize edip, iş emirlerini atölye kısmına haftalık ya da günlük olarak göndermektedir. Ancak talaşlı imalat, sac işleme ve şalter atölyeleri, gereken haftalık üretimi bitirseler dahi üretime devam etmekte, bu da departmanlardaki envanter miktarlarının artmasına sebep olmaktadır. Üretimin gerçekleştiği diğer bölümlerin tersine, montaj hattındaki süreç sadece üretim emrinin gelmesinden sonra başlayabilmektedir.

Departmanlarda üretimin devam etmesine rağmen, ilgili parçaya olan beklenmedik talepten veya ilgili parçanın envantere bulunmamasından dolayı talebi karşılayamama problemleri yaşanmaktadır. Üretim bölümlerinin asgari ve azami envanter miktarlarının, iş yükü hacminin ve mevcut üretim kapasitelerinin belirlenmemesinden dolayı da talebi karşılayamama problemi oluşmaktadır. Ayrıca, beklenmedik talepler ve işçinin talebi zamanında karşılama telaşı nedeniyle zaman zaman hattın başındaki hücreyi alıp ön sıralara taşımaya sebep olmakta, bu durum ise montaj hattında kesilmelere ve işçinin kendi işi dışında başka iş ile meşgul olmasına sebep olmaktadır.

1.2 Problem tanımı

Şirket içerisinde yapılan maliyet analizleri sonucunda, şirketin genel giderlerinin toplam maliyete oranı %27 olarak gözlenmiştir. Bu değer elektronik endüstrisinde %20'lik bir orana karşılık gelmektedir. Bu %7'lik farkın kaynağı olarak gösterilecek nedenler: Fabrika içerisindeki mamul, yarı mamul ve bitmiş ürün envanter miktarının çok yüksek olması; malzeme taşınmasından sorumlu belirli kişilerin olmaması ve işçilerin kendi işlerini yapmaktan alıkonulmaları; montaj hattında meydana gelen aksaklıkların, hattın tamamında duraksamalara yol açmasıdır.

1.3 Veri toplama ve yorumlama

Üretim planlama bölümünden alınan 2008 ve 2009 yılları hücre talep verileri sırasıyla hücre tipini, alıcıyı, hücre talep adetini, planlanan teslimat süresini, sevkiyat zamanını ve sevk edilen hücre adetini göstermektedir. Planlanan teslimat süresi ve sevkiyat zamanı, bazı verilerde farklılık göstermekte, bu da teslimatta zaman zaman gecikmeler meydana geldiğine işaret etmektedir. Ayrıca, sevkiyatı yapılan hücre sayısı talep sayısından daha az, hatta bazı durumlarda sıfır olmaktadır. Ham veriler yaklaşık 12.000 satır uzunluğunda olup Ek.1'de örneği gösterilmektedir.

Ham verilerdeki özelleşmiş hücre tipleri ürün ailelerine göre gruplandırılmış ve günlük talep adetleri haftalık talep adetlerine çevrilmiştir (Ek.2). Elde edilen verilere göre toplam yıllık talep miktarları hesaplanıp, ortalamaları alınmıştır. Bu düzenleme, genel çerçevede hangi ürün ailesine daha çok ya da az talep geldiğini göstermektedir. Kümülatif yüzdeler için çizilen grafikler, ürün aileleri arasında A grubu ürünlere olan talebin en fazla, B grubu ürünlere olan talebin, A grubu ürünlere nazaran daha az, C grubu ürünlerine ise talebin en az olduğunu göstermektedir. Ürünlerin "ABC" sınıflandırması Ek.3'te gösterilmektedir.

Her hücre tipinin haftalık verileri, bir benzetim programı olan ARENA'nın "Input Analyzer" sekmesi kullanılarak, ürün dağılımlarını görmek adına incelenmiştir. Daha sonra, organize edilen haftalık talep verileri üst ve alt kontrol limitleri Minitab istatistik programında incelenmiştir. Nadiren oluşan bazı uç talep durumları standart sapmayı artırmamak ve sonraki uygulamalarda daha uygun sonuçlar elde edilmesini sağlamak amacıyla hariç tutulmuştur. Çıkan sonuçlar ışığında, haftalık ortalama talep oranları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Akabinde aşağıdaki formül kullanılarak normalleştirilmiş talep hesapları yapılmıştır:

$$\text{Normalleştirilmiş haftalık talep} = \text{ortalama haftalık talep} + (2,5 * \text{standart sapma})$$

“2,5” kat sayısı, %99 güven aralığını sağlamak için kullanılan sigma değerini temsil etmektedir. Normalleştirilmiş değerlere göre günlük talep miktarları hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda bazı ürün ailelerinde sezonsal değişimler olabileceği de düşünülmüş, dönemsel talep farklılıkları üzerinde çalışılmıştır. Buna göre, en temel farklılığın A grubu ürünlerin üçüncü çeyrekte artan bir eğilime sahip olduğu saptanmış ve A grubu ürünlerin üçüncü çeyreği için ortalama haftalık talepler, standart sapma ve normalleştirilmiş haftalık talep değerleri tekrar hesaplanmıştır.

Bütün yapılan veri yorum ve analizlerinden yeni sisteme geçişte kullanılan hesaplamalar, modeller ve uygulamalarda yararlanılmıştır.

2. Sistem Tasarımı

2.1 Sistemin amacı

Tasarlanan sistemin amacı, fabrika genelindeki üretimde yalın üretim tekniklerinin uygulamasına geçişi sağlamaktır. Yalın üretim tekniklerinden süpermarket sisteminin hücre montaj hattına uygulanması başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Bu sayede yeni sistem, pazardaki ve taleplerdeki değişimlere daha çabuk cevap verebilecek, karşılanamayan talep miktarında ve yarı bitmiş ve bitmiş ürün stoklarında azalmalar sağlanacaktır.

2.2 Sistem mimarisi

2.2.1 Alt sistemler

Bu proje kapsamında, müdahale edilmeyen sistem bileşenleri alt sistemler olarak belirlenmiştir. Bu alt sistemler mevcut sistemde bulunmakta ve yeni sistemde de eski işlevlerini devam ettirmektedirler. Müşteriler, satış bölümü, montaj hattından sonraki üretim bölümleri, ERP ve malzeme listesi olarak sıralanan alt sistemler ile diğer bileşenler arasındaki karşılıklı ilişkiler ve etkileşimler yeni süpermarket sistemini kurarken göz önünde bulundurulmuştur.

2.2.2 Yeni Sistemin ana bileşenleri

Mevcut bileşenlerin işlevleri tekrar düzenlenerek, üzerlerinde birtakım değişiklikler yapılmıştır. Hücre montaj hattı, süpermarketten önceki ve sonraki montaj hattı olmak üzere iki parçaya bölünmüştür. Ayrıca üretim planlamanın montaj hattından önceki üretim bölümlerinin çalışma prensipleri ve süreç akışı değiştirilmiştir. Süpermarket alanı, üretimi süpermarket sistemi ile düzenlemek için algoritma, süpermarket büyüklüğü hesaplama modeli gibi bazı bileşenler ise yeni sistemi desteklemek üzere oluşturulmuştur. Kısaca, yeni eklenen bileşenler, tekrar düzenlenen bileşenler ile beraber bu projenin ana bileşenlerini oluşturmaktadır.

2.3 Model geliştirilmesi

2.3.1 Süpermarket büyüklüğü belirleme modeli

Microsoft Excel'de tablolarla hazırlanan süpermarket büyüklüğü belirleme modelinde kullanılan ana hücre tipleri, ait oldukları hücre aileleri, yıllık talep yüzdeleri, kümülatifleri ve ABC etiketlemesi veri analizi kısmında yapılmıştır. Her bir hücre için süpermarket büyüklükleri Ek.5'te bulunan süpermarket büyüklüğü hesaplama algoritmasına göre hesaplanmıştır. Bu algorithmada her hücre için süpermarket büyüklüğü şu formül ile hesaplanmıştır:

*Süpermarket büyüklüğü = Hücreye karşılık gelen normalleştirilmiş günlük talep + (hücrenin standart sapması * %99 güven aralığına denk gelen sigma değeri).*

Veri yorumlama kısmında talep eğilimi analizi yapılmış ve bu analiz sonucunda yılın üçüncü çeyreğinde, A tipi olarak belirlenmiş hücrelerin taleplerinde ciddi bir artış görülmüştür. Bu gözleme dayanarak A tipi ürünler için üçüncü çeyrek verilerine göre süpermarket büyüklükleri yeniden hesaplanmış ve %10 civarında bir artış gözlemlenmiştir (Ek.5). Buna ve diğer yapılmış olan senaryo analizlerine dayanarak süpermarket alanında %10 bir güven alanı bırakılmıştır. Bu sayede gerekirse yaz aylarında, bu dönem için belirlenmiş olan süpermarket büyüklüğü kullanılabilir.

2.3.2 Kanban

Süpermarketteki bütün hücrelerin üzerine Kanban kartları konulacak ve böylece her kart bir tane yarı bitmiş hücre için kullanılacaktır. Süpermarketten bir hücre, montajı tamamlanmak üzere çıkartıldığında, üzerinden kartı alınacak ve Kanban toplama kutusuna yerleştirilecektir. Kanban kart taşıyıcısı bu kartları alıp, kartın üzerinde yazan hücre üretimi için gerekli malzemeleri gerekli istasyonlardan toplayacak ve bu materyalleri ana montaj hattı girişindeki envantere yerleştirecektir. Son olarak kart taşıyıcısı, kart kutusundan aldığı kartları, yeni montajlanacak olan hücrelerin üzerine yapıştıracaktır. Her hücre tipi için hesaplanan Kanban kart sayısı formülü aşağıdaki gibidir:

*Kart sayısı = ortalama günlük hücre talebi * Kanban çevrimi * (1 + güven aralığı).*

Kanban çevrimi = kartın toplama kutusunda bekleme süresi + üretim kutusuna transfer süresi + üretim kutusunda bekleme süresi + süpermarkete transfer süresi + süpermarkette bekleme süresi + hattın ilk kısmındaki üretim süresi.

2.3.3 Benzetim modeli

Benzetim modeli, süpermarket büyüklüğünün yeterli seviyede olup olmadığının değerlendirilmesi ve yeni sistemin uygulanmaya başlanmasıyla, takt zamanının değişime uğrayıp uğramadığının tespiti için kullanılmıştır.

Mevcut sistemin benzetim modelinde; H01, H02, H04, H04T, H04Y, H08, Grup B ve Grup C ürünlerinin talep edilme dağılımı, 2008–2009 gerçek verileri kullanılarak oluşturulmuş ve Create modülüne yerleştirilmiştir. Bu ürünler montaj hattındaki beş farklı işlemden geçirilmiştir ve her işlemin farklı ürünler için belirli işlem süresi oluşturulmuştur. Firmadan alınan montaj hattının işlem duruş süreleri, duruş dağılımlarına çevrilerek eklenmiştir.

Ek olarak, montaj hattı boyunca üretim emrinin montaj hattına gelişi ve ürünün son işlemden çıkışı arasındaki süre kaydedilmiştir. Bu benzetim modeli 360 gün çalıştırılmış ve takt zaman sonuçlarının yeni sistemle karşılaştırılabilmesi için ortalama zaman, beş işlemi temsilen beşe bölünmüştür. Böylece birim zaman elde edilmiş, ayrıca takt zamanı da vermiştir (Ek.6).

Benzetim modelinin doğrulanması ve gerçekliğinin araştırılması için yaptığımız çalışmada, mevcut sistemde gelen ürün taleplerini benzetim modeline aktarırken, firmadan temin edilen 2008–2009 müşteri ürün talepleri kullanılmıştır. Bu talep verileri altı aylık dört adet veri kümesine bölünmüş ve gerçek sistem bu veri kümeleri ile dört farklı şekilde çalıştırılmıştır. Modelin takt zaman çıktıları, mevcut sistem çıktısı olan 17 dakika ile karşılaştırılmıştır. Boş hipotez aradaki farkın ortalamasının sıfır olması, alternatif hipotez de bunun tamamlanması olarak belirlenmiştir. Boş hipotezin geçerliliğini belirleyebilmek için “t testi” kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, %99 güven aralığında $|t_0| = 1.58 < t_{0.005, 3} = 5.841$ olduğundan dolayı, t testine göre boş denence reddedilemez. Sonuç olarak, mevcut sistemin benzetim modeli doğrulanmış ve geçerliliği ispatlanmıştır.

Yeni sistem için benzetim modeli iki parçada oluşturulmuştur. Birinci parça, süpermarket gönderilen yarı bitmiş ürünleri üreten iki işlemden oluşurken, ikinci parça ise süpermarketten sonraki üç işlemden oluşmaktadır. İlgili benzetim modeli parçaları Ek.7’den incelenebilir.

Süpermarketin seviyesi her ürün için belirli bir seviye altına düştüğü zaman benzetim modelinin ilk parçası çalışmaya başlamakta ve iki işleme tabi tutulduktan sonra yarı bitmiş ürün olarak süpermarket taşınmaktadır. Ayrıca kart taşıyıcının yürüme zamanları da benzetim modeline eklenmiştir.

Benzetim modelinin ikinci parçası gereken yarı bitmiş ürünün süpermarketten çekilmesiyle başlamaktadır. Record modülü ile üretim emrinin gelişi ve süpermarketten sonraki işlemlerin tamamlanışına kadar olan süre kaydedilmiş olup, süpermarketten sonra üç işlem olduğu için Record modülü ile kaydedilen süre üçe bölünmüş ve birim zaman bulunmuştur. Hesaplanan birim zamanlar Ek.8’te bulunabilir.

2.3.4 Senaryo analizi

Ürünlerin süpermarket büyüklükleri üzerine yaptığımız duyarlılık analizleri sonucunda, %10 talep artışına cevap verebilecek bir boş alan süpermarket alanı olarak tasarlanmıştır. Eğer taleplerde %10'nun üzerinde bir artış olursa süpermarket alanının yanındaki boş alanda belirlenen stok büyüklüğüne cevap verebilecek şekilde süpermarket büyütülebilir (Ek.5).

Ayrıca yapılan satış miktarı incelemelerinde görülmüştür ki yaz aylarında sektörel faktörlerden dolayı talep miktarında %10 civarında artış olmaktadır. Süpermarket alanındaki boş bölme buna da karşılık verecektir.

2.4 Alternatiflerin değerlendirilmesi

Süpermarket alanında B ailesine ait ürünlere talep az olduğu için, bu ürünlerde depolama A tipi ürünlerde olan “ilk giren ilk çıkar” prensibi ile olmamaktadır. Bu yüzden her A tipi ürün için boydan boya bir ray ayrılmışken, B tipi birçok ürün iki ray üzerine yerleştirilmiştir. B tipi ürünler talep edildiklerinde bu iki ray arasına konulan boşluktan yararlanılarak bu ürünler süpermarketten çıkarılacaktır. Bu sisteme alternatif olarak her B tipi ürün için de A tip ürünler gibi boydan boya bir ray ayrılması düşünülmüştür; fakat rayların büyüklüğü olan yedi hücreyi hiçbir B tipi tamamen dolduramayacağından boş alan miktarı çok olacak ve bu da sistemin verimliliğini düşürecektir. Bu sebeple mevcut süpermarket yerleşkesi önerilmiştir.

2.5 Çözüm metotları

İki tane algoritma ve bir yerleşke planı yeni sistemi destekleyecek çözüm metotları olarak geliştirilmiştir.

2.5.1 Algoritma 1

Algoritma 1 süpermarket büyüklüğünün hesaplamasını içermektedir. Bu algoritma, değişen talep miktarlarına göre yeni ürün süpermarket büyüklüklerini hesaplayan esnek bir algoritmadır. Algoritma ve algoritmada kullanılan Excel dosyası Ek.9 ve Ek.4'te verilmiştir.

2.5.2 Algoritma 2

Algoritma 2 üretimle süpermarketin organizasyonunu sağlamaktadır (Ek.10). Bu algoritma süpermarketli sistemde operasyonların nasıl gerçekleştiğini komutlar halinde göstermekte ve süpermarketten hangi koşullarda ürün çıkarılacağı, ne zaman doldurulacağı bilgilerini içermektedir.

2.5.3 Süpermarket yerleşke planı

Belirlenen yerleşke planında iki çeşit malzeme taşıma aracı olacaktır. Birincisi tek yönlü akışı sağlayan rulolu bant ve iki yöne hareketi sağlayacak olan bilyalı banttır.

Süpermarket alanı ana montaj hattının başına yerleştirilecektir (Ek.11). Genişliği 15,5 metre, boyu da 18,75 metre olarak planlanan alana 15 tane bant yerleştirilecektir. Bunlardan 13 tanesinin üzerine yarı tamamlanmış hücreler depolama amacıyla konulacak ve bir tanesi de giriş çıkış işleminin geręekleřtirilmesi için kullanılacaktır. En az talep edilen hücreler için iki bant ayrılmıştır ve bu bantların arasına bilyalı diğer bir bant konulacaktır. Bu bilyalı bandın amacı, diğer iki banttaki değişik tiplerde olan hücrelere kolay erişimin sağlanmasıdır. Çok talep gören hücre tiplerinin her biri için birer bant ayrılmıştır ve bu bantlarda hücre giriş çıkışı ilk giren ilk çıkar prensibiyle geręekleřtirilecektir.

Süpermarketin girişine en yakın olan bant, hücre giriş çıkışı için ayrılmış olan banttır. Hücrelerin talep oranlarına göre süpermarketteki yerleri belirlenmiş ve çok talep görenler girişe daha yakın yerleştirilmiştir. Hücreler kendileri için belirlenen bantlara, bantların arka kısmından girip ön kısmından çıkacaklardır.

3. Uygulama

3.1 Proje çıktılarının değerleri

Yeni sistemde yalın üretim felsefesinin ilk adımını süpermarket ve kanban çekme sistemi oluşturacaktır ve sistemin fabrika geneline yaygınlaşması sonucunda üretimde tamamiyle yalınlaşma geręekleřecektir.

Bitmiş ürün envanteri yerine süpermarket alanında yarı mamuller depolanacağı için talebin iptali halinde bitmiş ürün kaybı olması yerine, yarı mamul herhangi bir başka talebe cevap olabilecektir.

Mevcut sistemde üretim hattındaki beş bölümde olan her bir hata üretim hattının tamamına yansırken, yeni sistemde süpermarket öncesi bölümlerin hataları süpermarket envanteri sayesinde tamponlanacaktır.

Kanban çekme sisteminde bir önceki bölümden gelen yarı mamul belirtilen standartlarına uygun olmadığında kart taşıyıcı tarafından kabul edilmeyecek ve yarı mamul bazında ürün kalite kontrolü yapılmış olacaktır.

Firmanın geniş ürün yelpazesi dolayısıyla standart üretim olamamaktadır; fakat yeni sistemde süpermarkette depolanan yarı bitmiş ürün modelleri sabit olacağı için hattın ilk kısmında standart bir üretime gidilebilecektir. Çeşitlendirmeler hattın ikinci kısmına kalacaktır.

3.2 Uygulama planı

Projemizin uygulanmasında ilk aşama olarak mevcut üretim hattının sol kısmında bulunan envanter alanı boşaltılıp süpermarket yerleşkesi için gerekli boş alan hazırlanacaktır ve bu alanda belirlenen yerlere rulolu yer bandı ve bilyalı taşıyıcılar monte edilecektir.

Üretime süpermarket dolu başlanması gerektiği için, süpermarkette her ürün için belirlenen stoklar üretilip süpermarketteki belirlenen alanlarına yerleştirilecektir. Belirlenen Kanban kartları

basılacak ve süpermarkette bulunan ürünlere ve üretim alanı kutularına konulacaktır.

Şirket genelinde yalın üretim prensipleri hakkında çalışanlara eğitim verilmesi gerekmektedir. Özellikle üretim hattında çalışan operatörlere Kanban kullanımı konusunda detaylı bilgi aktarımı yapılacaktır.

Şu anda montaj hattının ikinci istasyonu olan karkas istasyonunda, alt, üst ve yan kapakları kapsayacak şekilde küçük bir süpermarket uygulaması başlatılmıştır. Süpermarket sisteminin ilk çalışma örneği; işleyişi ve kısa sürede sağladığı iyileştirmelerle firmanın süpermarket sisteminin uygulanabilirliği konusunda olumlu görüşlere sahip olmasını sağlamıştır.

3.3 Sistem entegrasyonu

Üretim planlama, çıkardığı haftalık üretim planlarını üretim hattının süpermarketten sonraki kısmına iletecektir. Bu plan mevcut sistemde üretim hattının baş kısmına giderken, yeni sistemde üretim hattının süpermarket öncesi kısmı üretim planı almayacak ve bu kısımda üretim kanban kartı akışıyla sağlanacaktır. Böylece üretim planı, hattın ilk kısmındaki ve bu hattı besleyen bölümlerdeki üretimi tetiklemiş olacaktır.

Planladığımız sistemde Kanban kullanımı sadece ana üretim hattını besleyen bölümlerden karkas ve şalterde kullanılacaktır. Kanban çekme sisteminin benimsenmesini takiben diğer bölümlerde de bu sistemin kullanımı yaygınlaşacaktır.

3.4 Yatırım maliyetleri

Süpermarket alanına yerleştirilecek olan 240 metre rulolu bandın ve 55 metre bilyalı bandın toplam tutarı, firmanın tedarikçisinden alınan ücret bilgisine göre 200.000 TL olarak hesaplanmıştır.

3.5 Organizasyona etkileri

Projemizin firma üzerindeki etkileri, firmanın harcamalarına yansıyan mevcut kayıplar (Maliyet-Kayıp) analiziyle incelenmiştir. Proje kapsamında iyileştirmelerin yansiyabileceği harcama kalemleri direkt materyal, direkt işçilik ve üretim giderleridir. Harcamalar üzerindeki projemiz dahilindeki kayıplar; kusurlu ürün/yeniden işleme ve tamir, malzeme taşıma, hat organizasyonu, enerji, hurda ve envanterdir.

Kanban uygulamasıyla, istasyonlar arası kalite kontrolünün, üretim ve ürün kalitesini artıracığı düşünülmekte ve böylece direkt materyal üzerinde %6 olan kusurlu ürün/yeniden işleme ve tamir kayıplarının, %70 iyileşme ile 4-5 yılda %1,8'e düşmesi beklenmektedir. Ayrıca bu ek işler için yapılan fazla mesai ihtiyacının da %50 oranında azalması beklenmektedir.

Diğer bir iyileşme de direkt materyal ve direkt işçilik üzerinde olan malzeme taşıma kayıplarının %90–95 oranında azalmasıyla gerçekleşecektir. Bu iyileştirmenin altı-sekiz ayda gözlemlenmesi olasıdır çünkü tasarlanılan sistemde montaj hattı boyunca malzeme taşıma sadece bu işten sorumlu kişi tarafından yapılacaktır. İleriki aşamalarda, Kanban'ın üretim alanındaki diğer istasyonlara yayılmasıyla, kart taşıyıcılar sadece bu görevden sorumlu olacaklardır.

Kayıplar üzerindeki bir başka iyileşmenin de hat organizasyonundan geleceğini düşünülmektedir. Mevcut sistemde montaj hattındaki beş istasyondan birinde gerçekleşen hata, hat boyunca aktarılırken; süpermarket, montaj hattı arasında tampon bölge görevi görecektir ve ilk kısımdaki hataların hattın ikinci kısmına iletilmesini engelleyecektir. Dolayısıyla direkt işçilik ve enerji üzerindeki hat organizasyonundan kaynaklı kayıplarda %30 oranında iyileştirme beklenmektedir.

Bu maliyet-kayıp analizi hazırlanırken benzetim modelinin çıktıları göz önüne alınmaya çalışılmıştır; fakat kullandığımız benzetim modelinin çıktıları; takt zamanları, kaynaklara bağlı değişkenler ve kaynaktan yararlanma ile ilgilidir. Bu çıktılar, model uzun dönem çalıştırılsa bile direkt olarak kayıplardaki iyileştirmeleri göstermemektedir. Yeni sistemin iyileştirmelerinin ölçülmesi bu model üzerinden yapılamayacağından ve sonuçlar uzun vadede gözlemlenebileceğinden, iyileştirme oranlarının tespitinde grup elemanlarımızın, şirket müdürümüzün ve sanayi danışmanlarımızın öngörülerini yer almaktadır. Bu öngörülerin doğruluğu ve geçerliliği, hayata geçirilen karkas süpermarket uygulamasında gözlemlenebilmiştir. Dolayısıyla, tahmini değerlerin gerçeğe yakın olduğu saptanmıştır. Bu öngörülerin yanında projemizin firmaya sağlayacağı en önemli kazanç, yalın üretim prensiplerine bir geçiş basamağı oluşturmaktır.

KAYNAKÇA

- Ellisandurry Inc., Management and Consulting. 2005. "Level Production Schedules: A base for improvement."
<http://ellisandurry.com/UserFiles/File/Articles/Level%20Production%20rev2.pdf>
- Hohmann, Christian. 2008. "Managing Partner and head of Lean & Supply Chain, Kanban System and süpermarket."
<http://chohmann.free.fr/lean/supermarket.htm>
- Lu, David J. 1985. "Kanban-Just in Time at Toyota, Managements Begins at the Workplace" Productivity Press, Cabridge, Massachusetts. 65-66.
- McCabe, Dr. P. 2001. "Lean Manufacturing: A Technical Roadmap to Becoming Lean" The Paper Store, Enterprises Inc.
<http://www.leanmanufacturingguide.com>

EKLER

Ek 1. Ham veri örneği

Sipariş No	Sipariş Tarihi	Sipariş Miktarı	Sevk Miktarı	Teslim Tarihi	Sevk Tarihi
2007-508	12/6/2007	2	2	1/22/2008	1/22/2008
B2007-810	12/6/2007	1	1	1/18/2008	1/18/2008
2007-481	12/6/2007	1	1	1/14/2008	1/14/2008
B2007-812	12/7/2007	4	0	1/14/2008	1/14/2008
2007-513	12/10/2007	2	2	1/18/2008	1/18/2008

Ek 2. Verilerin haftalık taleplere çevrilmesi

2008		H 01	H 02	H 03	H 04
01 (01-06)	hafta 1	10	6	0	3
01 (07-13)	hafta 2	25	10	0	2
01 (14-20)	hafta 3	22	6	0	13
01 (21-27)	hafta 4	78	34	0	13
01/28-02/03	hafta 5	63	28	0	28
02 (04-10)	hafta 6	20	3	0	8
02 (11-17)	hafta 7	27	11	0	9
02 (18-24)	hafta 8	6	7	2	14

Ek 3. ABC sınıflandırılması

Grup A:	Ort.	H 01	H 02	H 04	H 04T	H 08	
	%	37.4%	20.2%	18.1%	9.9%	5.0%	
	Küm	37.4%	57.6%	75.7%	85.6%	90.6%	
Grup B:	H 04*	H 07	H 31	H 03	H 19		
	2.6%	2.1%	1.1%	1.0%	0.8%		
	93.2%	95.3%	96.4%	97.4%	98.2%		
Grup C:	H 06	H 05	H 06 *	H 07*	H 14	H 05*	H 16
	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%
	98.5%	98.7%	98.9%	99.1%	99.3%	99.5%	99.6%

Ek 4. Süpermarket büyüklüğü ve Kanban kart sayısı

Hücre Tipi	Talep Yüzdeleri	Ort. Haftalık Talep	Std. Sapma	Süpermarket Büyüklüğü	Kanban Kart Sayısı	Yaz Süpermarket Büyüklüğü
H 01	37.4%	49.5	37.3	29	33	36
H 02	20.2%	27.8	24.8	18	21	19
H 04	18.1%	24.9	22.1	16	19	20
H 04T	9.9%	13.61	9.007	7	8	9
H 08	5.0%	7.17	5.32	4	5	5
H 04*	2.6%	3.59	5.86	4	4	4
H 07	2.1%	2.85	2.43	2	2	2
H 3i	1.1%	1.49	2.88	2	2	2
H 03	1.0%	1.38	2.04	1	1	1
H 19	0.8%	1.08	1.06	1	1	1
				84	96	99

Sigma	Güven Aralığı	Seçilen sigma:	2.50
1.645	90%		
1.96	95%		
2.5	99.40%		

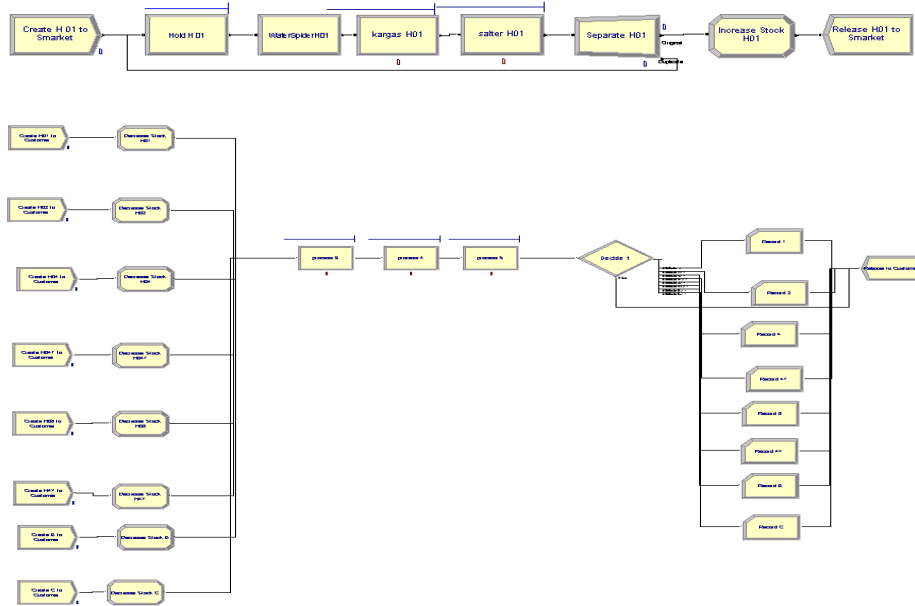
Ek 5. Süpermarket büyüklüğü senaryo analizi

Hücre Tipi	Büyükük	5%+	5%-	10%+	10%-	20%+	20%-	30%+	30%-
H 01	29	30	28	32	26	35	23	38	20
H 02	18	19	17	20	16	22	14	23	13
H 04	16	17	15	18	14	19	13	21	11
H 04T	7	7	7	8	6	8	6	9	5
H 08	4	4	4	4	4	5	3	5	3
H 04*	4	4	4	4	4	5	3	5	3
H 07	2	2	2	2	2	2	2	3	1
H 3i	2	2	2	2	2	2	2	3	1
H 03	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H 19	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	84	88	80	92	76	101	67	109	59

Ek 6. Mevcut sistemin takt zamanları

	Ortalama Kayıt Zamanları	Ortalama zaman / 5 (saat bazında takt zamanı)	Ortalama zaman / 5 (dakika bazında takt zamanı)
H 01	1.3596	0.27192	16.3152
H 02	1.3725	0.2745	16.47
H 04	1.3743	0.27486	16.4916
H 04T	1.4026	0.28052	16.8312
H 04Y	1.4406	0.28812	17.2872
H 08	1.42	0.284	17.04
Grup B	1.4247	0.28494	17.0964
Grup C	1.4943	0.29886	17.9316

Ek 7. Yeni sistemin benzetim modeli



Ek 8. Yeni sistemin takt zamanları

	Ortalama Kayıt Zamanları	Ortalama zaman / 3 (saat bazında takt zamanı)	Ortalama zaman / 3 (dakika bazında takt zamanı)
H 01	0.793	0.264	15.86
H 02	0.7963	0.265	15.926
H 04	0.7822	0.261	15.644
H 04T	0.8006	0.267	16.012
H 04Y	0.8034	0.268	16.068
H 08	0.8011	0.267	16.022
Grup B	0.8024	0.267	16.048
Grup C	0.8125	0.271	16.25

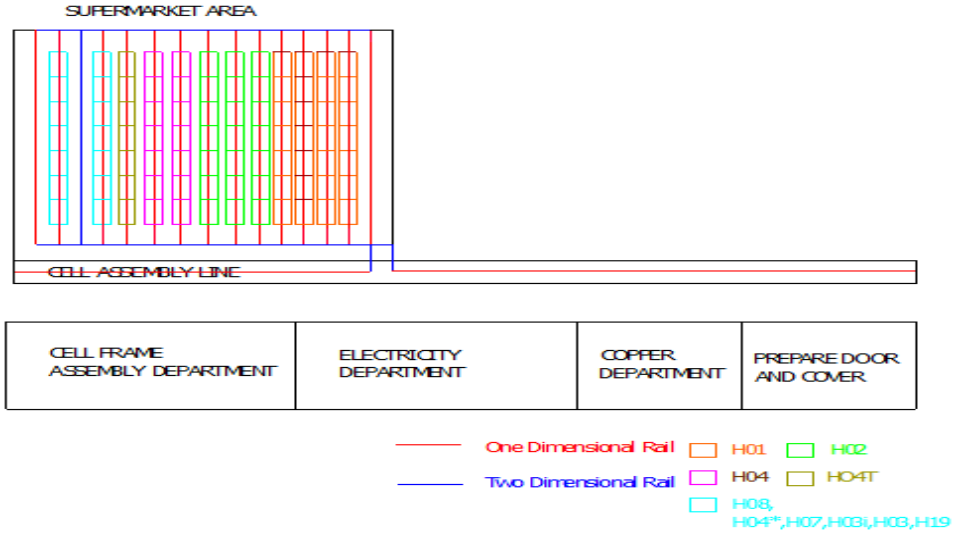
Ek 9. Süpermarket büyüklüğü hesaplama algoritması

- 1) Süpermarket büyüklüğünü hesaplamak istediğiniz ürün tipi seçilir.
- 2) Talepler dosyasına kullanmak istenilen urunun yeni haftalık talep verileri girilir ve ortalama ve standart sapma verileri hesaplanır.
- 3) Hesaplanılan ortalama ve standart sapma verileri Ek.4'te gösterilen Süpermarket Excel dosyasındaki ilişkin yerlere yazılır. Seçilen sigma değeri de tablodaki yerine yazıldıktan sonra Excel, seçilen ürünün yeni süpermarket büyüklüğünü verir.
- 4) Eğer başka bir ürün için de süpermarket büyüklüğü hesaplanmak isteniyorsa adım bire geri dönmelidir.

Ek 10. Algoritma 2

- 1) Üretim planlama bölümü haftalık hücre talep bilgisini hücre montaj hattının süpermarketten sonraki kısmı olan ikinci kısma iletir.
- 2) Hücre montaj hattının ikinci kısmı süpermarketten gerekli yarı bitmiş hücreleri alır ve hatta yerleştirir.
- 3) Hattın ikinci kısmında talep edilen bitmiş ürünlerin montajları yapılır.
- 4) Hattın ilk kısmı gelen Kanban kartlarına göre süpermarkete konacak olan yarı bitmiş ürünleri üretir.
- 5) Hattın ilk kısmı eğer gelen bir Kanban kartı yoksa üretimi durdurur.

Ek 11. Yeni yerleşke planı



Algida Tedarik Zincirinde Karbon Ayak İzinin Ölçümü ve Azaltılması

Unilever Türkiye

Proje Ekibi

Özge Aydın
Sinem Erdemli
Merve Güray
Serkan Ülker
Ulya Kumru Yavuz

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Taner Kandemir, Unilever Türkiye,
Müşteri Lojistiği Müdürü
Seda Alp, Unilever Türkiye,
Talep Planlama Uzmanı

Akademik Danışman

Prof. Ülkü Gürler, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

On yılı aşkın süredir sürdürülebilirlik konularında yaptığı çalışmalarla Unilever, şirket operasyonlarının çevreye etkilerini en aza indirmek konusunda büyük ilerleme kaydetmiştir. Projenin amacı, Unilever'in Algida markasının soğuk zinciri boyunca yapılan karbon salınımını ölçmek için gereken standartları belirlemek ve yapılan ölçümler dahilinde toplam karbon ayak izini azaltmaktır. Bu amaçlar dahilinde proje, Algida'nın soğuk zincirini oluşturan operasyonlardan, üretim, depolama ve dağıtım işlemleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Yenilenen sistemde, elde edilen ölçümlere, önerilen modellere, yenilikçi fikirlere ve yeni teknolojilere dayanılarak mevcut sistem iyileştirilmiştir. Yapılan iyileştirmelerde, karbon ayak izini düşürmek asıl amaç olarak alınmış, firmanın da isteğiyle bütçeye herhangi bir sınır konmamıştır.

Anahtar Sözcükler: Unilever, Algida, soğuk zincir, karbon salınımı, karbon ayak izi, CO₂ ölçümleri, sera gazları, sürdürülebilirlik.

1. Giriş

Bu projede Algida'nın tedarik zincirindeki karbon ayak izinin ölçümü ve azaltılması amaçlanmıştır. Karbon ayak izi, yapılan aktiviteler sonucu açığa çıkan "sera gazlarının" toplamıdır ve kg (ya da ton) başına doğaya salınan CO₂ miktarı ile gösterilmektedir.

Unilever, Algida'nın tedarik zincirinde salınan karbon miktarını ölçmek için bir sistem geliştirmek ve karbon ayak izini aşağıdaki sebeplerden dolayı düşürmek istemektedir:

- Avrupa'da karbon ayak izi konusunda uygulanmaya başlanan ve firmaların karbon salınımlarına sınır koyan düzenlemelerin birkaç yıl içinde Türkiye'de de uygulamaya sokulacağı tahmin edilmektedir.
- Unilever'in 2007 yılında atanan CEO'su Paul Polman şirketin karbon salınımının 2011 yılına kadar 25% azaltılmasını hedeflemektedir. Ayrıca şirket 1995 yılından itibaren toplam sera gazı salınımını %39 azaltmıştır ("Sustainable Development 2008: An Overview", 2009).
- Unilever'in dünyada dağıtım yaptığı perakendecilerden bazıları, aldıkları ürünlerin karbon ayak izi hakkında bilgi talep etmektedirler. Bu durumun Türkiye'de de başlatılması söz konusu olduğunda firma hazır olmak istemektedir.
- Unilever Türkiye, son yıllarda dünyada önem kazanan çevresel konulara parmak basarak pazar rekabetini artırmak istemektedir.

Şirket, karbon ayak izini azaltma konusunda geçmiş yıllarda bazı çalışmalar yapmıştır fakat bu çalışmalar genellikle fabrika üzerinde yoğunlaşmakta, tedarik zincirinin diğer alanlarını incelememektedir. Şirketin bütün tedarik zincirindeki karbon salınımının hesaplanması için belirli bir prosedürü bulunmamaktadır.

Buna ek olarak, karbon ayak izinin azaltılmasıyla ilgili yapılacak çalışmalar doğal olarak birtakım maliyetleri de birlikte getirecektir. Ancak firma, karbon ayak izi konusuna uzun vadeli bakmakta ve bu konuda neler yapabileceğini bilmek istemektedir. Bu yüzden, bütçenin sınırsız olarak varsayılması gerektiğini belirtmiştir. Yine de genel bir fikir vermesi açısından, projede önerilen yöntemler için gereken yatırım maliyetleri hesaplanmıştır.

2. Karbon Salınımlarının Ölçümü için Geliştirilen Sistem

Geliştirilen sistem temel olarak tedarik zincirinin belirlenen bölümlerinde karbon ayak izinin ölçülmesine dayalı alt sistemlerden oluşmaktadır. Sistemin alt parçalarını etkileyen modeller ise karbon salınımlarının azaltılmasını hedeflemektedir. Sistemin genel yapısı Ek 1'de görülebilir. Firmayla yapılan toplantılar sonucu, tedarik zincirinin üretim aşamasından başladığı varsayılmıştır. Bunun nedeni ise ham

maddelerin karbon ayak izi analizi için gereken verilerinin detaylı olarak bulunmaması, bulunsa bile takibinin zor olmasıdır.

Şirket tarafından sağlanan veriler 2009 yılının aylık enerji tüketimi verilerini içermektedir. Hesaplamaların sonucunda elde edilen salınım miktarları ise “yıllık ton cinsinden salınan CO₂ miktarı, yani “ton CO₂/yıl” şeklinde ifade edilmiştir. Bu sistem, 2009 yılı için karbon ayak izini ölçmekle beraber, aslında yaşayan bir sistemdir. Sistemin ihtiyacı olan girdiler sağlandığında, herhangi başka bir tedarik zinciri için karbon ayak izi bulunabilecektir. Bunun için “<http://algidagreenchain.com>” adresinde bulunan karbon ayak izi hesaplayıcısı geliştirilmiştir.

Hesaplamalarda bütünlük sağlanması için tüm alt sistemlerde “GHG Protocol” adlı kılavuz kullanılmıştır. Bu kılavuz, “sera gazı salınımlarını anlamak, ölçmek ve yönetmek” için dünyada çok yaygın olarak kullanılmaktadır (“About the GHG Protocol”, 2010). Bu protokol temel olarak karbon salınımlarının nasıl hesaplanacağı konusunda yönergeler vermekte ve hesaplamalarda kullanılmak üzere birtakım katsayıları içermektedir. Protokole göre karbon salınımı, fabrika ve depolar için “*Tüketim Verisi x Emisyon Katsayısı*”, birincil dağıtım için “*Gidilen Yol x Emisyon Katsayısı*” ve ikincil dağıtım için “*Gidilen Yol x Yakıt Tüketimi x Emisyon Katsayısı*” formülleri ile hesaplanmıştır (“Calculating CO₂ Emissions from Mobile Sources”, 2005; Indirect CO₂ Emissions from the Consumption of Purchased Electricity, Heat and/or Steam”, 2007).

2.1 Üretim

Algida'nın dondurma fabrikası Çorlu'da bulunmaktadır. Dondurma sezonluk bir ürün olduğu için şirket kıştan başlayarak “stoğa üretim” yapmaktadır. Üretimdeki karbon salınımının ana kaynakları fabrikada kullanılan elektrik, buhar ve doğal gazdır. Fabrikada kullanılan elektrik ve buhar, fabrika yakınındaki kojenerasyon tesisinden elde edilmektedir. Normal şartlarda, termik santrallerdeki elektrik üretimi sırasında fazladan buhar da üretilir ve bu buhar kullanılmadan havaya verilir. Kojenerasyon tesislerinde ise elektrik üretimi sırasında açığa çıkan buhar da değerlendirip satılmaktadır. Bu yüzden, bu tesislerin termodinamik verimliliği daha fazladır. Elektrik tüketimi için kullanılan birim, “kilowatt saat”, buhar için “ton/ay”, doğal gaz içinse “kg/ton”dur.

Tüketim verisi, temel olarak fabrikada tüketilen enerji miktarıdır. Formülün ikinci kısmı olan emisyon katsayısı ise, Unilever'in dünya çapında kullandığı ve “kojenerasyon tesisinden alınan elektrik”, “kojenerasyon tesisinden alınan buhar” ve “doğal gaz” için önceden hesaplanmış katsayılarıdır. Bu uluslararası standart katsayıların Türkiye için uygulanmasında bir sakınca yoktur, çünkü kojenerasyon tesislerinin

genel yapısı ülkeden ülkeye fazla fark göstermemektedir. Aynı gerekçe, doğal gaz için de gösterilebilir.

Formül kullanıldığında, elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı miktarı 11.868,807 ton CO₂/yıl, buhar tüketiminden kaynaklanan salınım 5111,162 ton CO₂/yıl ve doğal gazdan kaynaklanan salınım 0,960 ton CO₂/yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak üretimde açığa çıkan CO₂ salınımı 16.980,928 ton CO₂/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu alt sistemin genel yapısı Ek 2’de görülebilir.

2.2 Ana depolarda depolama

Fabrikadan farklı olarak, ana depolarda asıl enerji kaynağı şebeke elektriğidir ve iki ana depodan kaynaklanmaktadır. Bu depolar Çorlu ve Sarıgazi’de bulunmaktadır. Depoların karbon salınımını hesaplamak için gereken emisyon katsayısı, Unilever’in uluslararası katsayısı olarak alınmak yerine yeniden hesaplanmıştır. Bunun sebebi, Türkiye için hesaplanan şebeke elektriği emisyon katsayılarının kaynaktan kaynağa farklılık göstermesidir.

Yeni katsayı, Türkiye’de şebeke elektriğine katkıda bulunan enerji kaynaklarının emisyon katsayılarının ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmıştır ve genel formül belirtildiği gibidir: “ $\sum (i \text{ Kaynağının Emisyon Katsayısı}) \times (i \text{ Kaynağının Şebeke Elektriğine Katkısı (\%)})$ ”.

Kaynaklar: Türkiye’nin başlıca şebeke elektriği kaynaklarını termal enerji, hidroelektrik enerjisi ve rüzgar enerjisi oluşturmaktadır (“Kurulu Güç”, 2009).

i kaynağının şebeke elektriğine katkısı: Bu dağılımlar, Teias’tan alınan verilere göre belirlenmiştir (“Kurulu Güç”, 2009).

i kaynağının emisyon katsayısı: Enerji kaynakları için verilen standart katsayılar ve BILAN Carbone tarafından sağlanan kılavuzdan alınmıştır (“Emission Factors Guide: Version 5.0”, 2007).

Geliştirilen formül uygulandığında, emisyon katsayısı 0,716 kg CO₂/kWh olarak bulunmuştur. Bu katsayının, çeşitli kaynaklarda belirtilen katsayılardan oldukça farklı olduğu gözlenmiştir.

Çorlu ana deposu için salınan yıllık CO₂ miktarı 3779,515 ton, Sarıgazi için 2625,685 ton olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, ana depoların yıllık karbon salınımı 6405,200 ton CO₂’dir. Bu alt sistemin genel yapısı Ek 3’te görülebilir.

2.3 Birincil dağıtım

Birincil dağıtımın karbon ayak izi tırlardan kaynaklanmaktadır. Salınım hesaplaması dördüncü bölümün başında belirtilen formülle hesaplanır. Formülün ilk parçasını oluşturan gidilen yol verisi direkt olarak bulunmakla birlikte, emisyon katsayısı birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar; yakıt ve motor tipi, toplam gidilen yol, aracın modeli ve yükü olarak sayılabilir. Gidilen yola bağlı bir yaklaşımla toplam karbon ayak

izini bulmayı hedefleyen bu yöntemde, tır motorlarının tek tip olduğu varsayılmıştır.

Sera Gazı Protokolü Mobil Kılavuzu'nun sağladığı emisyon katsayısı tablosuna göre, dizel yakıtlı tırların emisyon katsayısı 2,68 kg/km'dir. Hesaplamalar sonucunda birincil dağıtımın karbon ayak izi 12.820,171 ton CO₂/yıl olarak bulunmuştur. Dağıtım alt sisteminin genel yapısı Ek 4'te görülebilir.

2.4 Distribütör depolarında depolama

Bu alt sistem, bütün distribütör depolarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının ölçümü için tasarlanmıştır. Her distribütör deposu enerji kaynağı olarak şebeke elektriğini kullanmaktadır. Bu yüzden ana depolar için 2.2'de hesaplanan şebeke elektriği katsayısı burada da kullanılmıştır. Buna göre toplam yıllık emisyonlar 2581,302 ton CO₂ olarak bulunmuştur. Bu alt sistemin genel yapısı Ek 5'te incelenebilir.

2.5 İkincil dağıtım

Algida dondurmalarının satışı iki şekilde yapılmaktadır: Önceden satış ve anında satış. Önceden satış yönteminde satış elemanları ürünü pazarlar ve daha sonra dağıtım yapılır. Anında satış yönteminde ise satış ve dağıtım aynı anda yapılmaktadır. Geliştirilen alt sistem, ikincil dağıtımda görev alan kamyonlar, motorsikletler ve önceden satış araçlarının neden olduğu emisyonları hesaplamak için tasarlanmıştır.

Distribütörler tarafından kullanılan araçların marka ve modelleri şirket veri tabanında tutulmaktadır. Katedilen yol miktarları için "km/ay" cinsinden 2009 yılı verileri kullanılmıştır. Ne yazık ki her aracın ayrı ayrı katettikleri yol miktarları, şirket tarafından veri olarak saklanmamaktadır. Bundan dolayı hesaplamalarda her aracın katettiği yol ortalama olarak eşit alınmış ve bu da hesaplamalarda bir hata payı yaratmıştır.

Hesaplamalarda kolaylık amacıyla, ikincil dağıtımda görev alan araçlar genel olarak kamyonlar ve arabalar olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Kamyonların yakıt tüketimi, Unilever'in gidilen yol tablolarından 0,18 lt/km, emisyon katsayıları ise Mårtensson'un (2006) Volvo kamyonları ile ilgili çalışmasından 2600 g/lt olarak alınmıştır. Arabalar için ise yakıt tüketimleri ve emisyon katsayıları resmi internet sitelerinden bakılarak bulunmuştur.

Hesaplamalar sonucunda, kamyonların yıllık karbon salınımları 7136,458 ton CO₂, arabaların ise yıllık salınımları 2040,899 ton CO₂ olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, dağıtım alt sisteminin toplam karbon ayak izi 9177,358 ton CO₂/yıl'dır. Bu alt sistemin genel yapısı Ek 6'da görülebilir.

3. Karbon Salınımını Azaltmayı Amaçlayan Yöntemler

Mevcut sistem, yıllık toplam karbon salınımını 47.964 ton CO₂ olarak vermiştir. Bu da 73.792 adet ağacın hayatları boyunca Algida'nın

doğaya saldığı CO₂'yi tüketmek için çalışması anlamına gelmektedir. Emisyon dağılımlarına bakıldığında, en büyük payın fabrikadan kaynaklandığı görülebilir. Bu sonuçlar Ek 7'de görülebilir.

Proje kapsamında tasarlanan sistem, değişikliklere duyarlıdır. Bir başka deyişle, sistemin alt bileşenleri (tüketim verisi ve emisyon katsayısı) değiştğinde alt sistemlerin karbon emisyonları değişmekte, bu da tüm sistemin toplam karbon salınımını değiştirmektedir. Bu yüzden, sistem girdilerini değiştirerek karbon emisyonlarını azaltmayı hedefleyen yöntemler geliştirilmiştir. Sistemin genişletilmiş yapısı ve önerilen çözümlerin sisteme etkileri Ek 8'de görülebilir.

Tedarik zinciri için geliştirilen yöntemler, ürünlerin akış sırasına göre sunulmuştur. Ancak, fabrikanın şirket tarafından iyileştirme sürecine tabi tutulmuş olması sebebiyle bu bölüme yoğunlaşılmasıdır.

3.1 Sarıgazi ana deposunda soğutma sistemlerinin geliştirilmesi

Bu yöntem, temel olarak elektrik tüketim verisini azaltmayı hedeflemektedir. Bunun için, ana soğutma depolarından biri olan Sarıgazi deposunda tüketilen elektrik miktarını, daha verimli soğutma sistemleri kullanarak azaltmayı amaçlamaktadır. Modelin tasarlanmasında, bir klima firmasından sağlanan program kullanılmıştır.

Soğuk depoların soğutma verimlilikleri çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerden bazıları şunlardır: Soğuk deponun yeri, soğuk deponun hacmi, soğuk deponun izolasyonu, soğuk depoda istenen sıcaklık, soğuk depoda saklanacak maddenin cinsi, bu maddenin ambalajlı olup olmadığı, soğuk depoda aşırı giriş çıkışların olup olmadığı, depolama miktarı, işçi sayısı, forklift sayısı, günlük soğutma süresi.

Sarıgazi deposunun kapasitesi ve yukarıda belirtilen soğutma verimliliği faktörleri şirket tarafından sağlanmıştır. Bu faktörler, daha güvenli bir sonuç vermesi için en yoğun sezondaki (Ağustos) durumu göstermektedir. Bahsedilen veriler klima firmasından alınan programa girildiğinde, depodaki her soğuk odanın toplam yükü kcal/saat cinsinden bulunmuştur. Bunlar A odası için 147.289 kcal/saat, B odası için 150.388 kcal/saat, C odası için 251.540 kcal/saat ve D odası için 82.165 kcal/saattir.

Mevcut durumda Sarıgazi deposu, merkezi soğutma sistemine sahiptir. Bu yüzden, önerilecek olan soğutma sistemi de merkezi olmalıdır. Buna göre yenilikçi bir çözüm olarak, soğutma sistemlerinin değiştirilmesi ve "inverterli" soğutma sistemlerine geçilmesi önerilmiştir. Bu sistemler, sabit sistemlerin aksine motor kapasitelerini, gereken güç miktarına bağlı olarak değiştirebilen sistemlerdir. Sabit sistemlerde, bu durum soğuk odanın sıcaklığı artınca motorların artması ve istenilen sıcaklıklar elde edilince motorların kapatılması şeklinde olmaktadır. Bu da, motorların birçok kez açılıp kapanmasını ve bu nedenden kaynaklanan enerji sarfiyatlarını doğurmaktadır. Inverterli

sistemler, motor kapasitesini kademeli olarak değiştirip, enerjiden tasarruf sağlamaktadır. Yapılan araştırmalara göre, inverterli sistemler klasik sistemlere göre %30 enerji tasarrufu sağlamaktadır (“Air Conditioning FAQ”, 2010; “Fixed Air Conditioning Systems – Toshiba”, 2010). Buna göre, Sarıgazi deposunda inverterli sistemlere geçildiği takdirde yıllık elektrik tüketimi 3.449.145 kWh’ten 2.414.401 kWh’e inecektir. Bu da karbon emisyonlarında %30’luk azalmaya işaret etmektedir (2.469,587 ton CO₂/yıl’dan 1.728,711 ton CO₂/yıl’a). Bunun yanısıra, inverterli sistemlere geçildiği takdirde yaklaşık 310.000 Euro’luk bir yatırıma ihtiyaç duyulacağı da tahmin edilmektedir.

Önerilen çözümlerin yanı sıra, yeni motorlarda kullanılacak soğutucu gazlar da daha çevreye duyarlı gazlarla değiştirilmelidir. Araştırmalar ve klima firmasındaki yetkililerle görüşmeler sonucu, soğutma sistemlerinde kullanılması en uygun gaz “R404a” olarak seçilmiştir. Ayrıca bu gaz sıfır toksik tehlike ve sıfır alev alma potansiyeline sahiptir.

3.2 Tırlara LPG kiti takılması

Bu model, emisyon faktörünü azaltarak, birincil dağıtımdaki karbon salınımını azaltmayı hedeflemekte, bunun için de tırlara LPG kitinin takılmasını önermektedir. LPG sistemleri, son yıllarda araba ve kamyonlarda kullanılmaktadır. Günümüzde bu sistemler dizel yakıtla çalışan araçlara da entegre edilebilmektedir. “Ankara LPG”, “Dizel Magnum Kit” ürününü sağlayan firmalardan biridir. Firmanın yaptığı çalışmalara göre, tırlar için sundukları bu sistem toplam yakıt tüketiminde %15 tasarruf sağlamakta ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır (“Dizel LPG”, 2010). Bu LPG kiti araca entegre edildiğinde, araç yaklaşık olarak %20 LPG, %80 dizel yakıt kullanmış olacaktır.

LPG kitlerinin toplam sisteme etkilerinin ölçülebilmesi için bazı varsayımların yapılması gerekmektedir. Bunun için, dizel yakıtın fiyatı 2,97 TL/lt, LPG’nin fiyatı ise 2,05 TL/lt olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bir tırın 100 kilometrede 40 litre dizel yakıt tükettiği varsayılmıştır.

2009 yılı için yıllık gidilen yolun 4.783.646 km olduğu bilinmektedir. Buna göre, 2009 yılı için toplam yakıt maliyeti 5.682.971 TL olarak hesaplanmıştır. Önerilen LPG kitinin takılması durumunda ise toplam maliyet %15 daha az olacaktır. Bu da 4.830.575 TL’ye denk gelmektedir.

Ankara LPG ile benzer hizmeti sunan “DieselGas” firması tarafından yapılan araştırmaya göre, bu tırların karbon emisyonları, sadece dizel yakıt kullanan tırlardan %10 daha az olmaktadır (“Welcome to the Dieselgas Website”, 2010). Doğan ve Aktaş (2010)’ın yapmış olduğu bir araştırma da bunu desteklemekte ve %20-%80 LPG-dizel yakıt kullanan ve ortalama motor yükü %90 olan bir aracın toplam

sera gazı (NO_x, CO ve HC) emisyonunun, sadece dizel yakıt kullanan bir aracın emisyonundan daha az olduğunu belirtmektedir. Bu bilgiler baz alındığında, birincil dağıtımdan kaynaklanan karbon salınımı 12.820 ton CO₂/yıl'dan, 11.538 ton CO₂/yıl'a (%10) inecektir.

Ankara LPG, ayda ortalama 15.000 km yol giden bir tır için LPG kitinin amorti süresini yaklaşık dört ay olarak tespit etmiştir. Algida tırları, aylık ortalama 17.000 km gitmektedir. Bu da amorti süresi için doğruya yakın bir sonuç vereceği anlamına gelmektedir. Bütün tırlara bu kitin takılacağı da hesaplanırsa, toplu alım için yapılacak indirimler amorti süresini daha da kısaltacaktır.

3.3 Distribütör depolarında soğutma sistemlerinin geliştirilmesi

3.1'de verilen çözüme benzer olarak, bu çözüm de soğutma sistemlerinde kullanılan enerji miktarını azaltmayı hedeflemektedir. "ANDO Ankara" soğuk deposuna yapılan ziyarette, buradaki soğutma motorlarının yirmi yıllık olduğunun öğrenilmesiyle, bu sistemlerin geliştirilmesi fikri doğmuştur. Bu nedenle ANDO pilot depo olarak kullanılmıştır.

ANDO soğutma verimliliği faktörleri şirket tarafından sağlanmıştır. Sarıgazi deposundan farklı olarak ANDO, merkezi soğutma sistemi yerine paket sistem kullanmaktadır. Bütün veriler, önceden de belirtildiği gibi, daha güvenli olması için en yoğun sezondaki veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Klima firmasından sağlanan program sayesinde, her soğuk oda için en uygun motor güçleri belirlenmiştir. Bunlar; sıfır odası için bir adet 7,9 kW'lık motor, birinci oda için iki adet 5,8 kW'lık motor ve üçüncü oda için iki adet 6,6 kW'lık motordur. Eski soğutma motorlarının bu motorlarla değiştirilmesi, Ağustos ayı için elektrik tüketimini 40.865 kWh'ten 22.007 kWh'e indirecektir. Bu da Ağustos ayı için karbon ayak izinin 29,259 ton CO₂'den 15,259 ton CO₂'ye inmesi demektir. Bu azalma miktarı %46.1 olarak hesaplanmıştır.

Bu model, klima firmasından alınan bilgiye göre yaklaşık 90.000 TL'lik bir yatırım maliyeti gerektirmektedir. Buna göre yapılacak amorti hesaplamaları, her ay için ayrıntılı elektrik tüketim verilerinin Algida tarafından tutulduğu zaman hesaplanabilir. Bu model de amonyak ve benzeri soğutma gazları yerine "R404a" gazının kullanımını önermektedir.

3.4 Önceden satış araçlarının değiştirilmesi

Bu model, önceden satış araçlarını daha verimlileriyle değiştirerek, yakıt tasarrufu sağlamak ve karbon emisyon katsayısını düşürmek için tasarlanmıştır. Karbon ayak izinin verimli bir şekilde düşürülmesi için doğrusal bir program oluşturulmuştur. Bu programın amacı, karbon salınımını minimuma indirirken, amorti süresinin "t" yıldan uzun olmadığını garanti etmektir. Bunu yapmak için de bazı

önceden satış araçları, önceden belirlenen bir “çevreci” araçla değiştirilmektedir. Detaylı model, Ek 9’da açıklanmıştır. Bu modelin göze çarpan özelliklerinden birisi, sadece en kötü emisyon katsayısına sahip olan araçları değil, “*Gidilen Yol x Emisyon Katsayısı*” en yüksek olan araçları değiştirmeye çalışmasıdır.

Modelin çözümünü basitleştirmek amacıyla pilot bir bölgede uygulanmasına karar verilmiş ve bu pilot bölge 16 şehirden oluşan Anadolu Bölgesi olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak, verimsiz araçların hangi araçla değiştirileceğine karar vermek için araştırmalar yapılmıştır. Bu “yeşil” aracı seçerken, hem emisyon katsayısının düşük olmasına, hem de yakıt tüketim miktarı ve araç fiyatının az olmasına dikkat edilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye’de yeni satışa sürülen “Suzuki Alto Manuel Versiyon”, yenilikçi araç olarak seçilmiştir. Suzuki’nin resmi verilerine göre, bu aracın emisyon katsayısı 103 g CO₂/km’dir, her 100 kilometrede 4,4 litre benzin tüketmektedir ve fiyatı 23.250 TL’dir (“Suzuki Alto”, 2010).

Geliştirilen modele çevreci araç olarak Suzuki Alto girilmiş ve sonuçlar farklı “maksimum amorti süreleri” için bulunmuştur. Bu sonuçlar Ek 10’da bulunmaktadır.

4. Genel Değerlendirme

Algıda tedarik zincirinde karbon ayak izini ölçmek ve azaltmak için yapılan bu projede, öncelikle bu amaçları gerçekleştirecek bir sistem tasarlanmıştır. Sistem tasarımının ilk aşamasında tedarik zincirinin ana parçaları belirlenmiş ve her bir parçanın karbon ayak izini bulmak için çeşitli hesaplamalar önerilmiştir. Bunun yanı sıra sistemin alt bileşenlerini etkileyecek modeller de sisteme sunulmuştur.

Karbon ayak izini azaltmayı hedefleyen yöntemler, henüz şirket tarafından değerlendirme aşamasında olduğu için, uygulamaya alınmamıştır. Ancak bu çözümlerin hepsi sisteme uygulandığında ve şirketin de isteği üzerine herhangi bir bütçe kısıtlaması olmadığı takdirde, şirketin karbon ayak izine maksimum ne kadar katkı sağlayacağı Ek 11’de hesaplanmıştır.

Sistemin mevcut durumu, yıllık karbon ayak izini 47.964 ton CO₂/yıl olarak vermektedir. Önerilen modellerin tamamı sisteme uygulandığında ise yeni karbon ayak izi 44.319 ton CO₂/yıl olmaktadır. Bu da toplam emisyonlarda %7,59’luk bir azalmaya işaret etmektedir.

Proje sırasında araştırma yapılırken, sisteme birçok yenilikçi fikir önerilmiştir. Ancak bu çözümlerin uygulanabilmesi ve verimlilik analizlerinin yapılabilmesi için daha detaylı verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden, bu çözüm önerileri sisteme dahil edilmemiştir. Bu yaratıcı çözüm önerileriyle ilgili detaylı bilgi Ek 12’de bulunabilir.

Proje uygulandığı takdirde, ileriki aşamalarda “karbon etiketlemesi” (carbon labeling) yöntemi ile uygulama alanları geliştirilebilir. Bu etiket, tedarik zincirinin, ham maddelerin tedarikinden geri dönüştürülmesine kadar her aşamasındaki sera gazı emisyonlarını standartlaştırılmış bir şekilde sunmaktadır. Karbon etiketleme sistemini uygulayarak ve medya yoluyla duyurulmasını sağlayarak Algida, rakiplerine karşı büyük bir adım atacak ve böylece çevreye duyarlı bir uygulamaya geçmede piyasa öncüsü olacaktır.

Proje süresince, gözlem yapabilmek adına Algida'nın dondurma fabrikasına, Sarıgazi'de bulunan ana depoya, Ankara Bölge Müdürlüğü'ne, Ankara Zirve Gıda ve ANDO'nun depolarına ziyaretlerde bulunulmuştur. Bu ziyaretlerde projenin odak noktaları belirlenmiştir. Yapılan tüm ölçümler Avrupa standartlarında olup, Türkiye çapında bir şirketin karbon salınımını ölçmek adına yapılmış öncü çalışmalardan biridir. Özellikle karbon etiketi önerisi uygulamaya geçtiği takdirde, Türkiye pazarında bir ilk olacaktır.

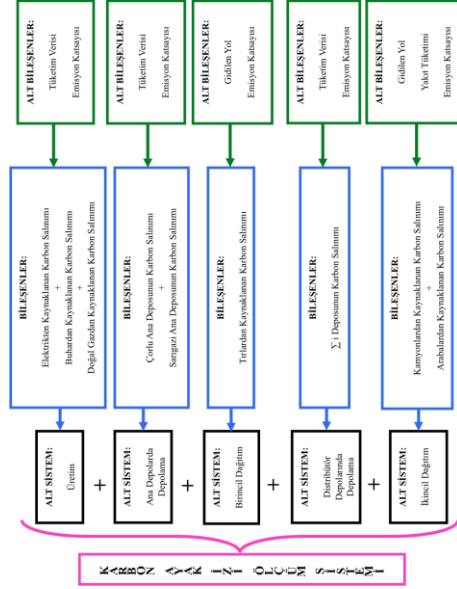
Bu projenin Algida'ya sağladığı sayısal iyileştirmelerin yanı sıra, en büyük faydalarından birincisi doğaya, ikincisi de ekip elemanlarına, akademik danışmanlara ve şirket çalışanlarına olmuştur. Çevresel sorunlara karşı farkındalık kazanılmış ve bu sorunların giderilmesi için atılabilecek adımlar hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Proje ayrıca, bu projede yer alan herkese hayat boyu öğrenme alışkanlığı kazandırmıştır.

KAYNAKÇA

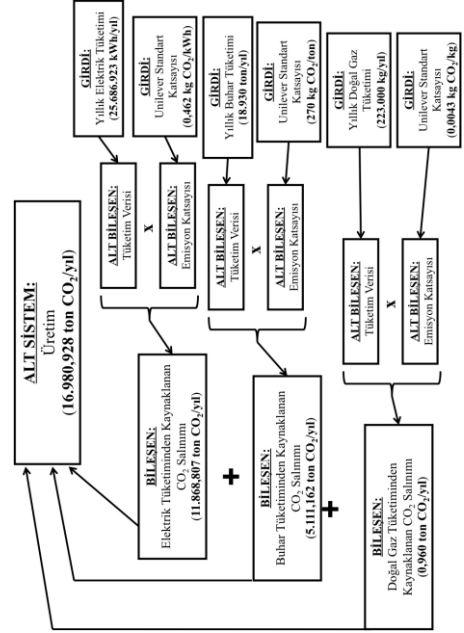
- Aktaş, A., Doğan, O. 2010. “Çift Yakıtlı Bir Dizel Motorda LPG Yüzdesinin Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 25(1), 171-178.
- Holledge, Simon 2005, “CO₂ / Tree Planting FAQ”, The Skakagrall 2006, <http://www.skakagrall.com>. Son erişim tarihi: 28 Nisan 2010.
- Mårtensson, Lars 2006. “Emissions from Volvo’s trucks”, Volvo Truck Corporation, www.volvo.com/NR/rdonlyres/8F7802B0.../Emis_eng_20640_05008.pdf. Son erişim tarihi: 15 Kasım 2009.
- “About the GHG Protocol”, The GHG Protocol Initiative 2010, <http://www.ghgprotocol.org/about-ghgp>. Son erişim tarihi: 3 Ocak 2010.
- “Air Conditioning FAQ”, Whirlpool 2010, http://whirlpool.net.au/wiki/?tag=aircon_faq. Son erişim tarihi: 26 Nisan 2010.
- “Calculating CO₂ Emissions from Mobile Sources- March 2005-Version 1.3: GHG Protocol- Mobile Guide” The GHG Protocol Initiative 2005, <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools>. Son erişim tarihi: 30 Aralık 2009.
- “Dizel LPG” Ankara LPG 2010, <http://www.ankaralpg.com>. Son erişim tarihi: 11 Nisan 2010.
- “Emission Factors Guide: Version 5.0”, Bilan Carbone 2007.
- “Fixed Air Conditioning Systems – Toshiba”, All Seasons Hire 2010, <http://www.allseasonshire.eu/fixed-air-conditioning/fixed-air-conditioning-systems.php>. Son erişim tarihi: 26 Nisan 2010.
- “Indirect CO₂ Emissions from the Consumption of Purchased Electricity, Heat and/or Steam – January 2007”, The GHG Protocol Initiative, http://www.ghgprotocol.org/downloads/calcs/ElectricityHeatSteamPurchase_guidance1.2.pdf. Son erişim tarihi: 1 Ocak 2010.
- “Kurulu Güç”, TEİAŞ 2009, <http://www.teias.gov.tr/istatistik/kuruluguc.htm>. Son erişim tarihi: 1 Ocak 2010.
- “Sustainable Development 2008: An Overview”, Unilever 2009, http://www.unilever.com/images/Unilever_Sustainable_Development_Overview2008_v3_tcm13-163522.pdf. Son erişim tarihi: 6 Kasım 2009.
- “Suzuki Alto”, Suzuki 2010, <http://alto.suzuki.com.tr>. Son erişim tarihi: 24 Nisan 2010.
- “Welcome to the Dieselgas Website” Dieselgas 2010, <http://dieselgas.net>. Son erişim tarihi: 24 Nisan 2010.

EKLER

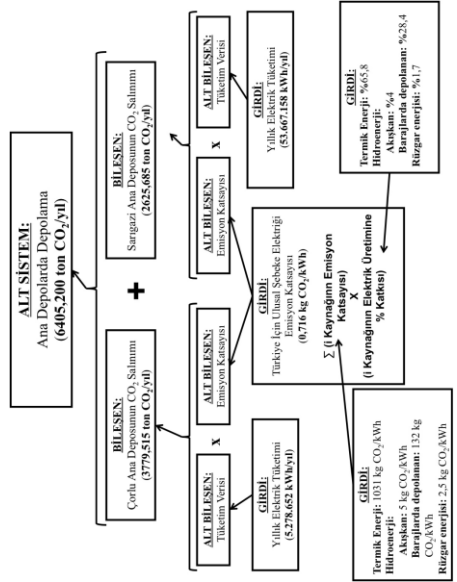
Ek 1. Önerilen karbon ayak izi ölçüm sisteminin genel yapısı



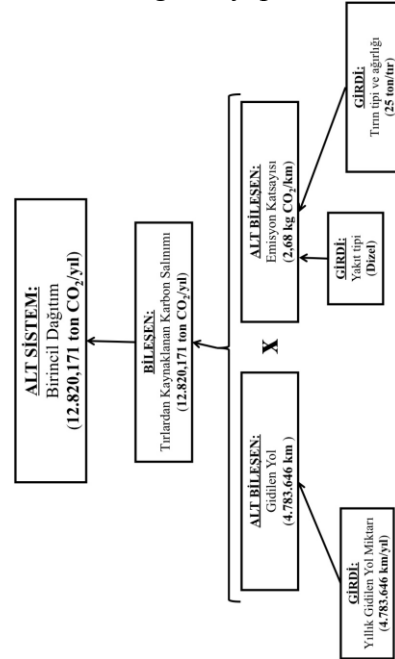
Ek 2. “Üretim” alt sisteminin genel yapısı



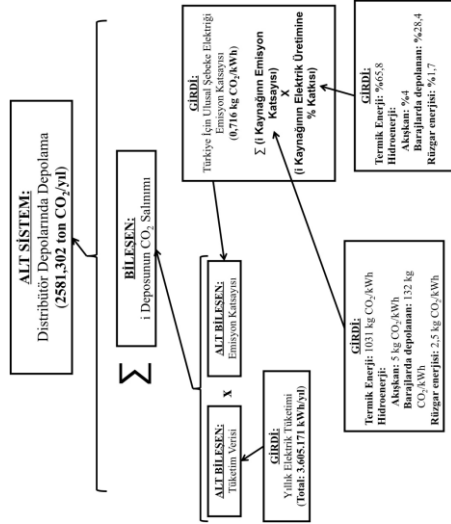
Ek 3. “Ana depolarda depolama” alt sisteminin genel yapısı



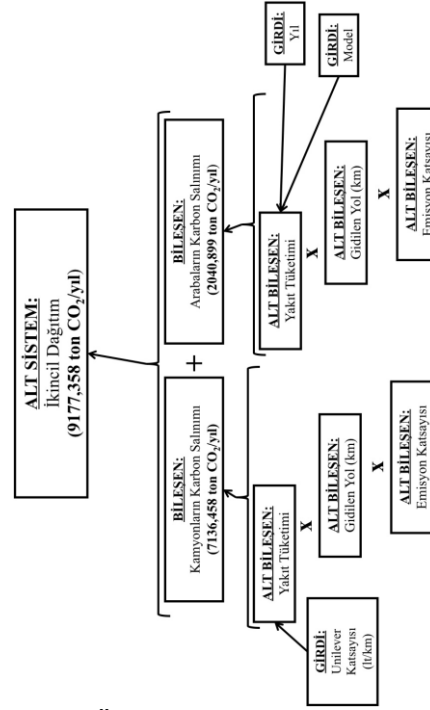
Ek 4. “Birincil dağıtım” alt sisteminin genel yapısı



Ek 5. “Distribütör depolarında depolama” alt sisteminin genel yapısı



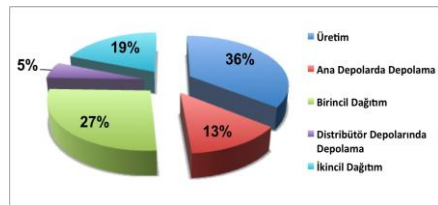
Ek 6. “İkincil dağıtım” alt sisteminin genel yapısı



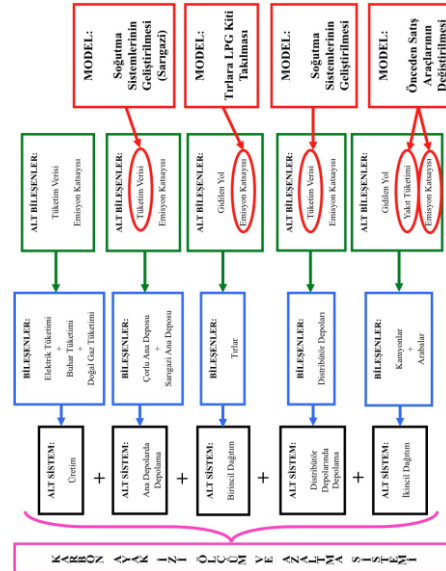
Ek 7. Hesaplama sonuçları

Alt sistem	Karbon Salınımı (ton CO ₂ /yıl)	Bu Miktarı Karşılak İçin Dikilmesi Gereken Ağaç Miktarı*
Üretim	16.980,928	26.124
Ana Depolarda Depolama	6405,2	9854
Birincil Dağıtım	12.820,171	19.723
Distribütör Depolarında Depolama	2581,302	3971
İkincil Dağıtım	9177,358	14.119
Toplam	47.964,959	73.792

Holledge (2005)*'e göre bir ağacın hayatı boyunca 650 kg CO₂ tükettiği varsayılmaktadır.



Ek 8. Önerilen sistemin genişletilmiş yapısı ve modellerin sisteme etkisi



Ek 9. Önceden satış araçlarını değiştirerek karbon emisyonunu azaltmayı hedefleyen doğrusal program

Karar Değişkenleri:

$X_i = 1$, i numaralı arabayı değiştir
 $X_i = 0$, i numaralı arabayı değiştirme

Parametreler:

$a_i = i$ numaralı arabanın emisyon katsayısı (g/km)

(**mevcut durum**)

$h =$ Önerilen arabanın emisyon katsayısı (g/km)

$l_i = i$ numaralı arabanın bir yılda gittiği yol miktarı (km)

$m_i = i$ numaralı arabanın bir yıllık yakıt masrafı (TL) (**mevcut durum**)

$mh_i = i$ numaralı arabanın bir yıllık yakıt masrafı (TL) (**önerilen**)

$c =$ Arabayı değiştirme maliyeti (TL)

$t =$ Amorti süresi (yıl)

$\min \sum [a_i * l_i * (1-X_i)] + h * \sum [l_i * X_i]$

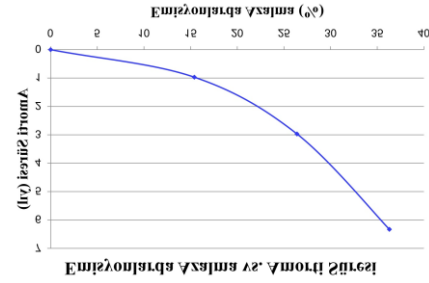
s.t.

$t * (\sum m_i - \sum [m_i * (1-X_i)] - \sum [mh_i * X_i]) \geq c * \sum X_i$

$X_i = \{0, 1\}$

Ek 10. Arabaların Suzuki Alto ile değiştirilmesi önerildiğinde elde edilen sonuçlar

Maksimum Amorti Süresi (yıl)	Optimum Amorti Süresi (yıl)	Değiştirilen Araç Sayısı	Yıllık Karbon Emisyonunda Azalma	İlk Yatırım	Yıllık Yakıt Tasarrufu
1	0,97	2	15,4 %	46.500 TL	47.794 TL (%7,6)
3	2,97	30	26,4 %	697.500 TL	234.078 TL (%37,3)
limit yok	6,33	85 (tüm arabalar)	36,3 %	1.976.250 TL	311.863 TL (%49,7)

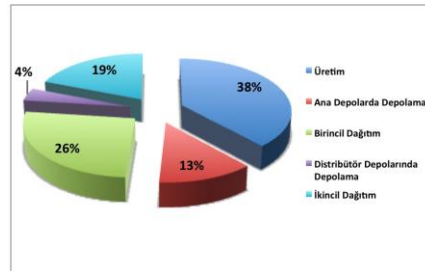


Ek 11. Sonuçlar

Model	Balanced Alt Sistem	Alt Sistemin Mevcut Karbon Ayak İz	Maddeli Sisteme Etkisi	Alt Sistemin Yeni Karbon Ayak İz
Sıngazlı Ana Depozunda Sığama Sistemlerinin Geliştirilmesi	Ana Depolarda Depolama	6405 kg CO ₂ /yıl (Cetbi + Sarıgaz)	Sıngazlı ana depozunda invertifli sığama sistemi kullanıldığında karbon ayak izi %30 azalacaktır	5617 kg CO ₂ /yıl
Trafik LPG Kiti Takılması	Birincil Dağıtım	12.820 kg CO ₂ /yıl	Birincil dağıtımdaki karbon ayak izi %10 azalacaktır	11.538 kg CO ₂ /yıl
Distribütör Depolarında Sığama Sistemlerinin Geliştirilmesi	Distribütör Depolarında Depolama	2881 kg CO ₂ /yıl (bütün distribütör depoları için)	ANDO Akümü deposunda Ağır 600 kWh kapasiteli 46 tane 12V 150 Ah kapasiteli akümü kullanılarak, bu arabanın bütün aylarında aynı ölçüde varılabilmektedir. Ayrıca, depoların yüzde 80'inde iyileştirme gerektirdiği ve bu depolarda da karbon ayak izinin varsayılarak tüm alt sistem için genel bir değer bulunmuştur.	1748 kg CO ₂ /yıl
Önceden Satış Araçlarının Değiştirilmesi	İkincil Dağıtım	9177 kg CO ₂ /yıl (Arabalar + Kamyonlar)	Bünye fiyatı koyulmaksızın, bütün önceden satış araçlarının Suzuki Alto ile değiştirildiği varsayılmıştır. Buna göre arabaların karbon ayak izi %36,3 azalacaktır.	8436 kg CO ₂ /yıl

Alt sistem	Yeni Karbon Salımı (ton CO ₂ /yıl)	Kurtarılan Ağaç Sayısı
Üretim	16.980	-
Ana Depolarda Depolama	5617	1212
Birincil Dağıtım	11.538	1972
Distribütör Depolarında Depolama	1748	1281
İkincil Dağıtım	8436	1140
Toplam	44.319	5606
Karbon Ayak İzindeki Azalma	% 7,59	

* Holledge (2005)'e göre bir ağacın hayatı boyunca 650 kg CO₂ tükettiği varsayılmaktadır.



Ek 12. Yenilikçi çözüm önerileri

KATLANABİLİR KABİN TASARIMI

Spencer Trotter tarafından patenti için başvuru, ve küçük piknik soğutucuları için geliştirilen "katlanabilir kabin" tasarımı, aynı metodun Algida kabinleri için de geliştirilebileceği fikrini getirmiştir.

Düzenlenen ankete göre, perakendecilerin %77'sinin yer azlığından dolayı kış aylarında kabinlerini geri vermek istedikleri görülmüştür.

Unilever soğuk zincir müdürü ile bu konuda görüşülmüş, katlanabilir kabinlerin çok büyük bir yatırım gerektirdiği, ancak üretim, bakım ve sökme işlemlerinde bazı teknik sorunlar da yaratılabileceği anlaşılmıştır.

Günümüz teknolojisinde maliyetli ve sorunlu olabilecek bu sistem, gelecekte uygulandığında perakendecilere %53-98 arası yer kazancı sağlayacağı tespit edilmiştir.

Kabin toplama işlemi de daha az yapılacağından, kabin toplama araçlarının %88-99 daha az yol gideceği de saptanmıştır.

Sayısal faktörlerin yanında katlanabilir kabinler Unilever'e büyük bir pazarlama avantajı da sağlayacaktır.

DAM KORUĞU (SEDUM) BİTKİSİ İLE YAĞMUR TOPLAMA SİSTEMLERİ

İngiltere'nin en çevreci deposu seçilen bir bira deposunda, çatıların dam korusu (sedum) adı ile bilinen bitki ile kaplandığı görülmüştür.

Sedum, her türlü iklime adapte olabilir özelliği, kalın ve etli yaprakları ile çabuk yayılan ve bakım gerektirmeyen bir bitkidir. Bu bitkiyi kullanmadaki amaç, bitkinin çok iyi bir yalıtım aracı olması, yağmur toplamaya yardımcı olması, çevresel ve görsel faydaları olması gibi özelliklerinden yararlanmaktır. Bu sistem hem dam korusunun fotosentez yapması hem de su ihtiyacını karşılamak için daha az şebeke suyu kullanılması açısından

projenin amacına hizmet etmektedir.

LED IŞIKLANDIRMALARI

Her geçen gün kullanımı artan LED lambaları, çok az enerji harcamakta bu da karbon ayak izinin azalmasına yardımcı olmaktadır.

Geleneksel aydınlatmalara göre daha uzun ömürlü ve daha dayanıklıdır.

Bu ışıklandırmanın soğuk depolara daha kolay uygulanacağı düşünülmektedir; çünkü LED aydınlatmalar bulunduğu çevreye daha az ısı yaymaktadır. Böylece soğuk depoyu soğutmak için harcanan enerji de azalmaktadır.

Günümüzde tüm bu avantajlarına rağmen LED ışıklar hala yüksek maliyetli çözüm olmakla birlikte satışa hala az yerde bulunmakta ve uygulama çeşitleri de aynı oranda az olmaktadır.

SOLATUBE: GÜNEŞ IŞIĞINI ODAYA İLETME SİSTEMİ

Yapılan araştırmalar sonucunda, şu an için pahalı olan güneş panellerine alternatif oluşturabilecek uygulamalar incelenmiştir.

Solatube'ler güneş panelleri gibi güneş enerjisinden yararlanmakta ve kendine has bir sistemle topladığı güneş ışınlarını çevreye yaymaktadır. Kubbesinde bulunan kısımla, topladığı ışını içinde bulunan lens ve yansıtma sistemleriyle odalara yansıtabilmektedir.

Solatube her ışık ortamında çalışabilmekte ve çok geniş bir alanı aydınlatmaktadır. Bu sayede hiç enerji harcanmamakta ve karbon salınımı hiç olmamaktadır.

Bu sistemlerin, ileride distribütör depolarının ofislerinde kullanılması öngörülmüştür.

KURU BUZ İLE SOĞUTMA

Katı CO₂ olan kuru buzun, ikincil dağıtımda kullanılması öngörülmüştür. Dolayısıyla soğuk taşıma için gerekli araçlara gerek kalmayacak ve karbon emisyonu düşmüş olacaktır.

Ancak, soğutma için gereken kuru buz miktarı, taşınacak madde miktarına bağlı olarak artmaktadır. Bu da kapasite problemlerine yol açabilecektir.

DEPOLAR İÇİN RÜZGAR TÜRBİNİ

Rüzgar miktarının fazla olduğu depoların yanına villa tipi küçük rüzgar türbini yerleştirildiği takdirde, bu depoların şebeke elektrifiğinden tüketeceği enerji miktarı azalacaktır. Bunun için de her depo için rüzgar ölçümleri ve fizibilite analizleri yapılmalıdır.

ÜRÜN PAKEDİ ÜZERİNE KARBON ETİKETİ

Karbon etiketlerinin hazırlanması için gereken ilk adım, tüm tedarik zincirinin karbon ayak izinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplama katılması gereken gazlara, CO₂'nin dışında CH₄, N₂O, SF₆, HFCs, PFCs ve biyokütle CO₂ gazları da dahil edilmelidir.

Sonraki aşamada, hesaplamalar belirli metod ve prosedürlere uygun olarak

sertifikalandırılmalıdır.

"Carbonfund.org" tarafından bazı hesaplama standartları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- ISO 14044 Yaşam Döngüsü Girişimi

- WBCSD-WRI Kurumsal Sera Gazı Raporlandırması için Sera Gazı Protokolü (proje kapsamında da kullanılmıştır.)

- Carbon Trust (2007) Karbon Ayak İzi Ölçüm Metodolojisi PAS 2050 (DEFRA, Birleşik Krallık)

- Le Bilan Carbone par L'ACEME (Fransa)

Tedarik zincirinin karbon ayak izi yukarıdaki yönergelerle göre ölçüldükten sonra, bunu azaltılması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.

Bundan sonra ise hesaplanan ve azaltılan karbon ayak izi medya araçları aracılığıyla duyurulmalıdır. Elde edilen rakamlar ürün paketlerine, web sitelerine ve broşürlere etiket olarak eklenmelidir.

Mağaza Aktivite Elemanları Rota Optimizasyonu

Unilever Türkiye

Proje Ekibi

Serkan Ertan

Gözde Kirazlı

H. Sezer Özcan

Görkem Özdemir

Feyza Güliz Şahinyazan

Kaya Ulusay

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Emre Göroğlu, Unilever San. ve Tic. Türk A.Ş.,

EDGE & Ticari Operasyonlar Direktörü

Akademik Danışman

Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan, Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Hızlı tüketim sektöründe yer alan şirketler için mağaza aktiviteleri, değer zincirinin sonuncu ve en önemli adımıdır. Bu nedenle, Unilever ziyaret edilen mağaza sayısını ve bu mağazada geçirilen süreleri mümkün olduğunca artırmak isterken aynı zamanda mağaza aktivite eleman sayısını sabit tutmaya çalışmaktadır. Mağaza aktivite elemanı sayısını artırmadan mevcut sisteme eklenen yeni mağazaların da kapsam içine alınması, uygun optimizasyon yöntemlerinin doğru olarak kullanılmasına bağlıdır. Bu projenin amacı, var olan kısıtlara dayanarak mevcut mağazalar için en verimli rotaları geliştirecek bir sistemin tasarlanmasıdır. Ayrıca, sistem yeni mağazaların eklenmesini kolaylaştıracak ve var olan rotaların düzenlenmesini sağlayacaktır.

Anahtar Sözcükler: Mağaza Aktivite Elemanı (MAE), Kapasiteli Araç Rotalama Problemi (KARP), Sezgisel Yaklaşım, Rota Optimizasyonu.

1. Şirket Tanıtımı

Global bir hızlı tüketim şirketi olan Unilever'in Türkiye kolu Unilever Türkiye, 1953'te kurulmuştur ve başlıca ev, kişisel bakım ve gıda sektörlerinde hizmet vermektedir. (Unilever, 2009)

Mağaza aktiviteleri, Unilever ürünlerinin rafta bulunurluğunu artırmayı ve müşterilerin karar verme mekanizmasını, raflardaki ürünleri en verimli ve görünür biçimde yerleştirerek etkilemeyi amaçlamaktadır. Mağaza aktivite elemanları, kampanyalı ürünlerin düzenlenmesinden ve rakip firmaların indirimde ve promosyonda olan ürünleri hakkında şeflerine geri bildirimde bulunmaktan sorumludurlar.

Eğer müşteriler istedikleri ürünlere ulaşamazsa, satış, pazarlama ve tedarik zinciri gibi aktiviteler amaçlarına ulaşamayacağından, mağaza aktiviteleri, Unilever'in değer zincirinde ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, mağaza aktivitelerindeki küçük verimsizlikler bile, hızlı tüketim sektörünün rekabetçi doğası gereği genel performansta büyük sorunlara yol açabilir.

Bu rapor, Unilever Türkiye'nin var olan mağaza aktiviteleri sistemi ve mağaza aktivite elemanlarının rotalarını daha verimli ve etkin hale getirmek için önerilen çözüm yöntemleri hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca bu çözüm yöntemlerinin Unilever Türkiye'ye getirilmesi ve gelecek için öneriler de paylaşılmaktadır.

2. Proje Tanımı

Unilever'in mağaza aktivite takımında yer alan 743 mağaza aktivite elemanı (MAE), 3.000'den farklı perakende mağazasında görev almaktadır. Mağaza aktiviteleri, yerel zincir (LC), ulusal (NA) ve dolaylı satışlar (IS) olmak üzere üç değişik kanaldan yürütülmektedir. MAE'ler kanal bazlı özelleştigiinden, her bir mağaza, mağaza aktivite elemanının bulunduğu kanal ve kanalın kıstasları göz önünde bulundurularak uygun olan mağaza aktivite elemanına atanır. Bu kıstaslardan bazıları, Bölük (Kasım, 2009) tarafından da belirtildiği gibi mağazanın minimum servis alanı (m²), bir MAE'ye atanan mağazaların toplam cirolarının alt ve üst limitleri ve MAE'lerin mağaza içinde harcayacakları minimum zaman olarak tanımlanmıştır. Örneğin, LC kanalında çalışan bir MAE'ye atanan mağazaların yıllık cirolarının toplamı 750.000TL'den az, 2.250.000TL'den çok olamaz. Her bir kanal için Unilever tarafından belirlenen MAE atama kıstasları Tablo 1'de görülebilir.

Tablo 1. 2008 yılında MAE'lerin sınıflandırılma ve atanma kıstasları

Kanallar İçin Özelleştirilmiş Kıstaslar, 2008			
Kıstaslar \ Kanal	NA (Ulusal Satış)	LC (Yerel Zincir)	IS (Dolaylı Satışlar)
Kapsanacak Min Ciro	850,000 TL	750,000 TL	550,000 TL
Kapsanacak Max Ciro	2,750,000 TL	2,250,000 TL	1,800,000 TL
Unilever'in Mağazadaki Yıllık Min Satış Miktarı	120,000 TL	90,000 TL	70,000 TL
Mağazanın Minimum Servis Alanı	400 m2	400 m2	300 m2
Minimum Harcanacak Zaman/Hafta/Mağaza	4 saat	3 saat	2 saat
Max Mağaza Sayısı/MAE	6 mağaza	8 mağaza	12 mağaza

Mevcut sistemde, MAE'ler yukarıda belirtilen kıstaslar doğrultusunda, ticari operasyonlar koordinatörü (TOK) tarafından hazırlanan Excel tablosuna göre mağazalara manuel olarak atanmaktadır. Bu atamayı yapacak herhangi bir sistem olmadığından, atamalar, TOK'un tahminleri doğrultusunda yapılmaktadır.

Bu kıstaslara göre atama yapıldığında, MAE'lerin yaklaşık %85'i birden fazla mağazadan sorumlu olmaktadır. Bu durum etkin MAE rotalarının önemini ortaya çıkarmaktadır. Mevcut sistemde, MAE'lerin atandığı mağazalar TOK tarafından belirlendikten sonra, bu mağazalara yapılacak ziyaretlerin haftalık çizelgesi, her MAE'nin koordinatörü tarafından belirlenmektedir. Bir MAE'nin haftalık iş yükü örneği Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bir MAE'nin haftalık örnek iş yükü

HAFTALIK İŞ YÜKÜ		
MAE İsmi : Ahmet		
Mağaza	Unilever Yıllık Satış	Geçirilecek zaman/hafta/mağaza
Mağaza K	100,000 TL	18 saat
Mağaza L	105,000 TL	18 saat
Mağaza M	51,000 TL	6 saat
Mağaza N	60,00 TL	6 saat

MAE'nin birden fazla mağazayı gezdiği günlerde, bu mağazalara ulaşımında problemler yaşanmaktadır. MAE'ler sorumlu oldukları mağazalar arasında geçiş yaparken genellikle toplu taşıma araçlarını kullanmaktadır. Ancak, toplu taşıma araçlarının güzergâhları sabit olduğundan, MAE'ler genellikle yürümek zorunda kalmaktadırlar.

3. Problem Tanımı

3.1 Semptomlar

Unilever'in mağaza aktiviteleri sistemi, rekabetin çok olduğu pazar içindeki konumunu koruması açısından, şirket için çok önemli bir yer teşkil eder. Bu yüzden, Unilever bu sistem içinde toplam 743 Mağaza Aktivite Elemanı çalıştırarak sisteme yıllık yaklaşık 15 milyon TL harcamaktadır. Mağaza aktivitelerine ayrılan bütçe, mağaza aktivite elemanlarının sayısına bağlı olarak değişmektedir. Hızlı tüketim malları pazarı 2006'dan bu yana %20 oranında büyümesine rağmen, Unilever'in mağaza aktiviteleri için ayırdığı bütçenin %28 oranında artmış olması Unilever'i mağaza aktivite sisteminde bir problem olduğunu düşünmeye sevk etmiştir. Bu büyüme oranlarının senkronize bir şekilde artması istenirken, verilen oranlardan da anlaşıldığı gibi mağaza aktiviteleri için ayrılan bütçenin büyüme oranı, pazardaki büyüme oranından daha yüksektir.

Yeni açılan mağazalara MAE'lerin atanması, yeni MAE alımı yapılmadan en verimli şekilde gerçekleştirilmelidir. Fakat, Bölük (Ekim, 2009) tarafından daha önceden de belirtildiği gibi bu atama işlemi elle yapılmaktadır. Bu yüzden sisteme yeni bir mağaza eklendiğinde, bu mağazanın bir MAE'ye atanabilmesi için bütün MAE'ler kontrol edilip, hiçbir kıstas ihlal edilmeden en uygun MAE bulunmaya çalışılmaktadır ve bu da sistemi esneklikten oldukça uzaklaştırmaktadır.

Mağazalar, önceden belirlenmiş kıstaslara göre MAE'lere atanmaktadır fakat bu kıstaslar 2006 yılından beri güncellenmemiştir. Üstelik, mevcut atama sisteminin sadece deneyimlerden yararlanılarak uygulanıyor oluşu, verimli olmaktan çok uzak sonuçlar doğurabilir.

MAE'ler görevli olacakları noktalara atandıktan sonra, her bir görev noktasında kaç saat zaman harcayacaklarına dair bilgi alırlar. Öte yandan MAE'lerin haftalık iş planı, o MAE'nin koordinatörü tarafından yapılır. Koordinatör, MAE'nin iş günlerine göre gideceği mağazaları gruplandırırken verimli olmayan rota tasarımları yapabilmektedir. Bu nedenle, MAE'lere atanan bu mağazalar birbirilerine yakın olsalar bile, MAE'lerin bazı çalışma günlerinde gidecekleri mağazalar birbirinden uzak olabilmektedir. Sistemin semptomlarını toplu halde Ek 1'de görülmektedir.

3.2 Problem tanımı

Hızlı tüketim sektöründe yer alan şirketler için mağaza aktiviteleri, değer zincirinin sonucu ve en önemli adımıdır. Bu nedenle, Unilever ziyaret edilen mağaza sayısını ve bu mağazada geçirilen süreleri mümkün olduğunca artırmak isterken aynı zamanda mağaza aktivite eleman sayısını sabit tutmaya çalışmaktadır. Her geçen gün sayısı artan perakende mağazaları göz önüne alındığında, Unilever,

bu mağazalarda rakip şirketlerden önce avantajlı konuma gelmek istemektedir. MAE sayısını arttırmadan mevcut sisteme eklenen yeni mağazaların da kapsanabilmesi, uygun optimizasyon yöntemlerinin doğru olarak kullanılmasına bağlıdır.

Bu projenin amacı, varolan kısıtlara dayanarak mevcut mağazalar için en verimli rotaları geliştirecek bir sistemin tasarlanmasıdır. Ayrıca, sistem yeni mağazaların eklenmesini kolaylaştıracak ve varolan rotaların düzenlenmesini sağlayacaktır.

4. Çözüm Yöntemi

4.1 Matematiksel model

Unilever'in mağaza aktiviteleri için toplam yol ve MAE istihdam maliyetlerini en düşük seviyeye ulaştırmayı amaçlayan problem, karmaşık tamsayılı programlama tipi bir problemdir ve Kapasiteli Araç Rotalama Problemi (KARP) olarak sınıflandırılabilir (Vigo, 2001). MAE'lerin evleri depo olarak düşünüldüğünde, sistemdeki problemin çok depolu KARP olduğu görülmüştür. Problemi çözmek amacıyla bu doğrultuda matematiksel modeller geliştirilirken Kapasiteli Araç Rotalama Problemi ile ilintili Vigo ve Toth (2001) ve Laporte vd. (2002) çalışmalarından yararlanılmıştır. Geliştirilen matematiksel modeller içerisinde en iyi performans gösteren model Ek 3'te görülebilir.

Oluşturulan matematiksel modeller, mevcut kısıtları göz önüne alarak tüm MAE'lerin toplam yol masraflarını olabilecek en düşük seviyeye ulaştırmayı amaçlamaktadır. Mevcut sistemde MAE'lerin ev koordinatları dikkate alınmaz iken oluşturulan matematiksel modellerde bu koordinatlar veri olarak girilmiştir. Modellerin vereceği sonuçlar aşağıdaki soruları cevaplamayı amaçlamaktadır:

- Unilever kaç tane MAE çalıştırmalıdır?
- Hangi MAE hangi mağazadan sorumlu olmalıdır?
- MAE "X" mağaza "M"de ne kadar zaman harcamalıdır?
- MAE "X" hangi gün hangi sıra ile ona atanan mağazaları ziyaret etmelidir?

10 mağaza, üç MAE içeren örnek problem, geliştirilen ilk matematiksel model kullanılarak CPLEX çözücüsü yardımıyla çözüldüğünde 28 dakikada optimum sonuca ulaşılmıştır. Gerçek problem çok daha fazla MAE ve mağaza içerdiği için, matematiksel model geliştirilmeye çalışılmıştır. Değişkenlerin sayısının azaltılması sayesinde çözüm süresinin azalması beklenirken, yeni modelin optimum sonuca daha uzun sürede ulaştığı görülmüştür.

Bu geliştirme çalışmasından sonra gerçek problem varolan kanallara göre ayrılmıştır. Böylece bir büyük problemi çözmek yerine, üç küçük problemi çözerek sonuç elde edilmesi düşünülmüştür. Mevcut sistemde de Unilever MAE ve mağazaları kanallara ayırmış

olduğundan, problemin kanallara göre ayrılması herhangi bir soruna yol açmamaktadır. Ancak bu yöntemin de örnek problemler için bile yeterince hızlı sonuçlar vermemesi, problemin çözümü için başka yöntemler geliştirme zorunluluğu doğurmuştur.

4.2 Sezgisel algoritma

Gerçek problem geniş bir veri kümesine ve birçok kısıta sahip olduğundan, matematiksel modelin uygun zamanlarda optimum çözüme ulaşması mümkün değildir. Böyle problemlerde sezgisel yaklaşım kullanılarak kısa sürede ve uygulanabilir çözümler elde edilebilir.

Bu problemi sezgisel yaklaşımlar kullanarak çözüme amacıyla yapılan literatür taramasında, Önce Kümeleme Sonra Rotalama Algoritması'nın en uygun yaklaşım olduğu belirlenmiştir (Cordeau vd., 2002).

Tasarlanan sezgisel algoritma üç ana modülden oluşmaktadır. İlk modül olan kümeleme modülü, mağazaların ve MAE'lerin ev koordinatları kullanılarak elde edilen uzaklık matrisini ve mağazaların Unilever ürünlerinin satışlarından elde ettiği ciroları girdi olarak almaktadır. Bu modül, her MAE'nin sorumlu olduğu mağazaların toplam ciro kısıtını, MAE'lerin haftalık ziyaret edebileceği maksimum mağaza sayısını kontrol ederek (Tablo 2), MAE'lerin haftalık mesai saat limitini aşmadan (altı iş günü, günde sekiz saat), her MAE için, evine en yakın mağazayı ve daha sonra bu mağazaya en yakın mağazaları aynı kümenin içine yerleştirmektedir. Modül, bir MAE'nin evine en yakın olan ve daha önceden kümelenebilmiş mağazayı o MAE'nin kümesine atar. Daha sonra, o MAE'nin kümesine en son eklenmiş mağaza ile kümelenebilmiş diğer mağazalar arasındaki uzaklıklar kontrol edilip, bu mağazalar içerisinde en yakın olanını bu kümeye atamaktadır. Kısacası, kümeleme modülü, MAE'lerin ev konumlarını göz önüne alarak, kısıtları da kontrol edip birbirine en yakın mağazaları içeren kümeler oluşturmaktadır.

İlk modülden elde edilen sonuçları iyileştirmek amacıyla bir geliştirme modülü oluşturulmuştur. Bu modül, her kümenin mağazalarını diğer MAE'lerin mağazaları ile tek tek değiştirerek, yolda geçen toplam zaman için olası iyileştirmeleri kontrol eder. Olası iyileştirmeler sistem kısıtlarını ihlal etmiyorsa, mağaza kümesi yeni önerilen ile değiştirilir.

Üçüncü modül olan, mağazalara ziyaret bilgileri atama modülü, her MAE'nin kümeleme modülü ile belirlenmiş ve daha sonra geliştirme modülü ile iyileştirilmiş kümesindeki mağazaları girdi olarak alır. Daha sonra, bu MAE'nin mağazalarını haftanın hangi günü ne kadar süre ile ziyaret edeceğini belirler. Bir MAE, kümesindeki mağazaları, bu mağazaların Unilever ciroları ile doğru orantılı sürelerle ziyaret eder. Böylece Unilever ürünlerini daha çok satan mağazalara

daha uzun süreli ziyaretler yapılması ve MAE'nin tüm çalışma saatlerinin eksiksiz kullanmış olması sağlanır.

Tüm bunların yanında, sezgisel algoritma, mağaza aktivitelerinin en önemli parçalarından biri olan mağaza yönetimi ile ilişkiler de göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Bu sayede kullanıcı bir MAE'nin sorumlu olduğu mağaza yönetimi ile ilişkisinin çok iyi olduğuna kanaat getirirse bu mağazayı o MAE'nin kümesine sabitleyerek, yeni çözümde olası başka bir eşleşmeyi engelleyebilir.

5. Sonuçlar

5.1 Geliştirilen iki yöntemin karşılaştırılması

Yukarıda anlatılan matematiksel model ve sezgisel algoritma bu problemin çözülmesi için geliştirilmiş iki farklı yaklaşımdır. Her iki yaklaşımın da kendine göre artı ve eksileri vardır.

Matematiksel model, problemin optimum sonucunu kesin olarak bulmakla birlikte çözüm süreleri oldukça uzun olabilmekte, hatta tüm Ankara verileri için problem çözmek istendiğinde çözücünün limitlerinden dolayı herhangi bir çözüme ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bu sebeple alternatif bir sezgisel yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen bu algoritmanın matematiksel modelle karşılaştırılabilmesi için 15 farklı örneklem her iki metotla da çözdürülmüştür. Bu sonuçların karşılaştırılması Tablo 3' de görülmektedir.

Tablo 3. Geliştirilen yaklaşımların karşılaştırılması

	Katedilen ortalama mesafe / MAE	Ortalama çözüm zamanı
Matematiksel Model	24,90	12 saatin üstünde
Sezgisel Algoritma	27,72	3 saniye

Matematiksel model bu örneklemelerin bir kısmını 12 saatlik bir işlem süreci sonrasında çözümlenmeyi hala bitirememiştir. Bu yüzden, 12 saatin sonunda çözücünün elde ettiği sonuçlar matematiksel modelin sonuçları olarak alınmıştır. Matematiksel model, 15 örneklemden oluşan bu deneyin sonuçlarına dayanarak sezgisel algoritma ile (kat edilen ortalama mesafe/MAE bazında) kıyaslandığında % 16,96'lık bir fark gözlenmiştir. Bu fark ortalama çözüm zamanı da göz önüne alındığında oldukça uygundur.

5.2 Sistem çıktılarının mevcut rotalarla karşılaştırılması

Sezgisel algoritmanın bu problemin çözümünde kullanılacak ana metot olmasına karar verildikten sonra, sezgisel algoritma pilot uygulama için seçilen 10 MAE ve bu MAE'lerin sorumluluğundaki 56 mağaza için çalıştırılmıştır. Pilot bölgede hali hazırda uygulanan sistem ile sezgisel algoritmanın karşılaştırma sonuçları Tablo 4'te görülebilir.

Tablo 4. Mevcut sistem ile önerilen çözümün karşılaştırılması

	Kat edilen Toplam Mesafe	Kullanılan MAE	Kapsanan Ciro/MAE x Saat
Mevcut Sistem	295,8 km	10	217.270,75
Önerilen Çözüm	154,3 km	7	222.924,75

Görüldüğü üzere mevcut sisteme göre katedilen toplam mesafede (dolayısıyla ulaşım harcanan zaman ve ulaşım masraflarında da) yaklaşık %48'lik bir azalma kaydedilmiştir. Bunun yanında 56 mağazaya hizmet vermek için gereken MAE sayısında da kayda değer bir düşüş görülmektedir. Tüm bu iyileştirmeler mağazalara verilen hizmet miktarından ödün verilmeden yapılmıştır. Tabloda da görüldüğü gibi bir MAE'nin bir saatte kapsadığı Unilever cirosunda da % 3,52 artış olmuştur. Bu performans ölçütü MAE'nin mağazada geçirdiği süre ile o mağazanın yıllık cirosunun çarpımlarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Böylece önerilen sistemde daha çok ciro üreten mağazalara daha fazla zaman ayrılmasının garanti edildiği gösterilmiştir.

Diğer taraftan, sezgiselin çıktıları gerçek hayata uygulandığında bu iyileştirme miktarlarında bir miktar düşüşün yaşanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu düşüşün olası sebepleri olarak, mağazalarını değiştirmek zorunda kalan MAE'lerin ilk haftalarda uyum sorunu yaşamaları, sezgisele verilen mağazalar arası uzaklıkların gerçeğe yakın olmakla beraber gerçeği tam olarak yansıtmaması, ciro verilerinin güncellenme aralığının uzun olması sayılabilir. Ancak pilot bölgedeki mağazaların tek ortak özelliği Ankara LC kanalına ait olmasıdır, bu sebeple sezgisel metot, verilen tüm mağazaları kapsamak için birbirine uzak mağazaları da gruplamak durumunda kalmıştır. Yani algoritma tüm Ankara verisi için çalıştırıldığında daha iyi sonuçlar elde edilmesi beklenmektedir.

5.3 Senaryo analizi

MAE sisteminin yapısında ve kıstaslarında yapılacak değişikliklerin olası sonuçlarını değerlendirmek için farklı senaryolar geliştirilip çıktıları analiz edilmiştir. Öncelikle, MAE atama sisteminin temel kıstaslarından; bir MAE'nin kümesinde yer alabilecek maksimum mağaza sayısı değiştirilerek farklı senaryolar değerlendirilmiştir.

Diğer bir senaryo olarak, MAE'lerin takımlar halinde çalıştığı, her takıma bir aracın tahsis edildiği durum değerlendirilmiştir. Bu senaryonun gerçekleşmesi durumunda ulaşım çok daha hızlı gerçekleştirileceğinden yolda kaybedilen zaman cinsinden kayda değer

ilerleme sağlanabilir, buna karşılık gerek toplu taşımada km başında düşen maliyetin daha az olması, gerekse araç tahsisinin maliyeti değerlendirildiğinde bu senaryo diğerlerinden daha maliyetli görünmektedir.

Aşağıdaki tabloda, Ankara'daki tüm Yerel Zincir(LC) mağazalarında, bir MAE'nin kümesinde yer alabilecek en fazla mağaza sayısının yedi, sekiz, dokuz olduğu durumlar için sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 5. Farklı senaryoların karşılaştırılması

Maks. mağaza sayısı	MAE sayısı	Yolda geçen süre	Toplam ciro x saat
7	24	64,6 saat	307.415.808
8	21	59,5 saat	285.484.752
9	19	47,2 saat	259.842.480

Tabloda da görüldüğü gibi maksimum mağaza sayısı yedi olduğunda MAE sayısı ve yolda geçen süre diğerlerine göre daha yüksek ölçüde gerçekleşecektir. Sistem için yeni tasarlanan bir performans göstergesi olan mağaza ciroları ile o mağazada geçirilen sürelerin çarpımlarının toplamı, "toplam ciro x saat" değeri en yüksek olarak gerçekleşmektedir. Maksimum mağaza sayısı dokuz olarak belirlendiğinde ise MAE sayısı ve yolda geçen toplam süre diğerlerine göre daha az olmaktadır. Buna karşılık bu durumda toplam zaman, ciro çarpımının diğerlerine göre daha düşük olduğu gözlenmektedir. Maksimum mağaza sayısının sekiz olarak belirlenmesi halinde üç gösterge için de diğer iki değer arasında değerler elde edilmekte, ne çok sayıda MAE kullanılmakta, ne ulaşımda çok zaman kaybedilmekte, ne de kapsanan cirodan kayıp verilmektedir. Dolayısıyla, sistemimizde kullanmak için en uygun değer sekiz olduğu kararına varılmıştır.

Araç tahsis edilmiş ekipler ile çalışılması durumunda, km cinsinden ifade edildiğinde; bir MAE'nin en fazla sekiz mağazadan sorumlu olduğu duruma kıyasla yaklaşık olarak % 30 daha az yol katedilmektedir. Toplu taşıma kullanım maliyeti(bilet, ego kartı vb.) ile tahsis edilecek otomobillerin yaklaşık maliyetleri (akaryakıt) karşılaştırıldığında, ekiplerin kullanacağı araçların yaklaşık dört kat daha maliyetli olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bütün olarak incelendiğinde ekip halinde çalışmak, araç kiralama bedelleri olmaksızın bile yaklaşık olarak üç kat daha fazla ulaşım maliyetine yol açacaktır. Bu senaryo üç kat fazla maliyetine karşılık, kapsanan değer noktasında diğer senaryolara üstünlük gösterememiştir. Dolayısıyla, bu senaryonun uygulanması etkili bir iyileşme sağlamayacaktır.

Mevcut sistemin bir diğerkriteri de bir kümede kapsanabilecek maksimum cirodur. Ancak pek çok mağaza, cirosunu paylaşmak istemediğinden, yeni sisteme bir kümede kapsanabilecek maksimum Unilever cirosu kıstası eklenmiştir. Bu kıstasın değeri, o kanaldaki mağazaların Unilever cirolarının ortalaması ile standart sapmasının toplamının, bir kümede yer alabilecek maksimum mağaza sayısı ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

6. Genel Değerlendirme

Önerilen yeni sistem, belirlenmiş kısıtları dikkate almakta ve bilgisayar destekli bir ortamda çalışmaktadır. Böylece mevcut sistemde kullanıcının deneyim ve tahminlerine dayanarak manuel olarak yapılan ve sistematik olmayan işlemler çok daha kısa sürede yapılabilir hale getirilmiştir. Mağaza ve MAE'lerin sisteme kolayca eklenip çıkarılabiliyor olması da sistemin bir diğerkavantajıdır. Algoritmanın, sisteme yeni bir mağaza ya da MAE eklendiğinde ya da mağazaların ciro bilgileri güncellendiğinde, yeniden çalıştırılması gerekmektedir. Sistemi çalıştırmadan önce, yeni eklenen veya çıkarılan mağazaların bilgilerinin, algoritmanın girdi olarak kullandığı MS Excel dosyasında güncellenmesi yeterlidir. Unilever'de şirket yapısı gereği, MAE'lerin atanması tamamen ticari operasyonlar koordinatörü(TOK)'nün sorumluluğundadır. Önerilen sistemde de, algoritmanın birincil kullanıcısı yine TOK olacaktır. TOK, algoritmanın talep ettiği dosya formatında girdileri hazırladığı ve girdi bilgilerini güncel tuttuğu sürece entegrasyon ve kullanım süreci oldukça kolay olacaktır.

Yeni sistemde MAE'lerin ev koordinatlarının dikkate alınması, hem daha kısa seyahat uzaklıkları olan rotaların kullanılmasını, hem de MAE'lerin çalışma saatlerini daha verimli geçirmelerini sağlayacaktır. Unilever ürünlerinin satışından elde edilen ciroların yüksek olduğu mağazalara daha fazla önem verilmesini de sağlayan yeni sistem, MAE'lerden daha üst düzeyde yararlanmayı sağlamaktadır. Sonuç olarak, mağazaların iş yükünün MAE'lere daha uygun bir şekilde dağıtılacak olması, gereksiz masrafların oluşmasını engelleyecek ve Unilever için önemli ölçüde bir kazanç sağlayacaktır. Tablo 4'teki pilot bölge sonuçlarına bakılarak yeni sistemin uygulamaya konmasından sonra elde edilecek somut katkı (gerek lojistik, gerekse işgücü maliyetlerindeki düşüş ve MAE'lerin verimliliğindeki artış) hakkında fikir sahibi olunabilir.

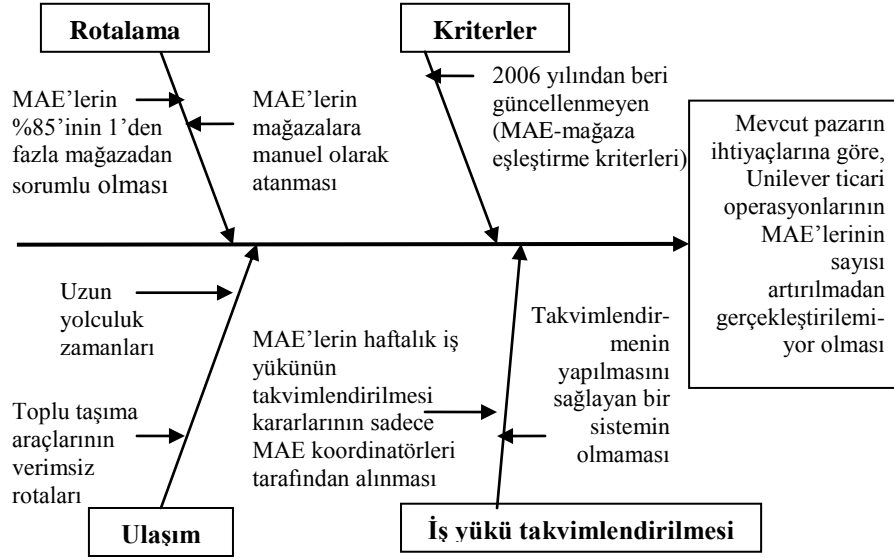
Yeni sistem oluşturulduktan sonra yapılan senaryo analizleri ile de mevcut sistemin uygulama yöntemi sorgulanmıştır. Yazılan algoritmaların önerilen senaryolar üzerinde denenmesi sonucunda, mevcut sistemin iyileştirilmesinin hangi yollar ile ne kadar etkili olduğu araştırılmıştır. Geliştirilen sistemin akış şeması Ek 2'de yer almaktadır.

KAYNAKÇA

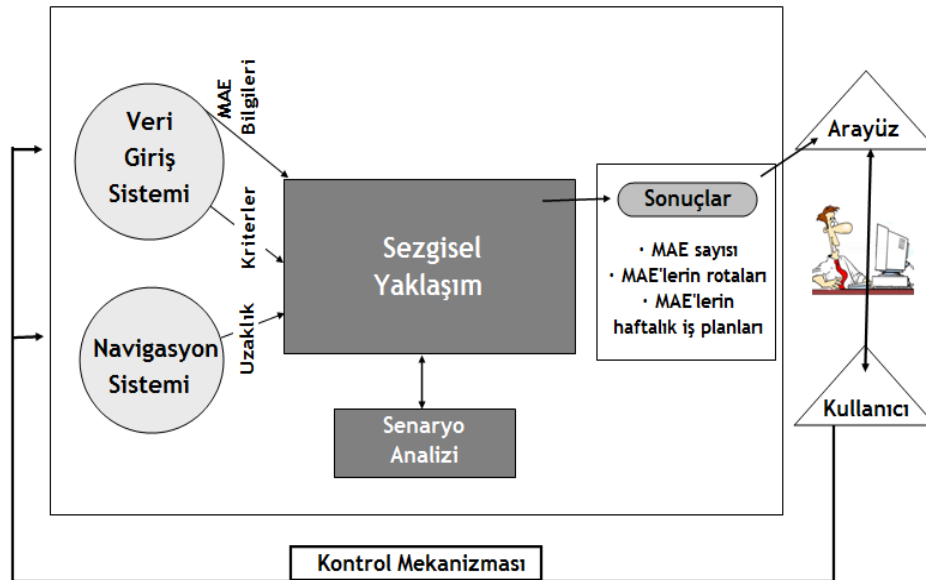
- Bölük, Emrah. "RE: Proposal" Feyza Güliz ŞahinYazan'a E-posta. 6 Kasım 2009.
- Bölük, Emrah. "RE: Raporlar-Veriler" Feyza Güliz Şahinyazan'a E-posta. 26 Ekim 2009.
- Cordeau, J-F, M. Gendreau, G. Laporte, J-Y Potvin, and F. Semet. "A Guide to Vehicle Routing Heuristics." *Journal of the Operational Research Society*. 53. (2002): 512-522.
- Laporte, Gilbert and Nobert Yves. "Exact Algorithms for Vehicle Routing Problem" *Annals of Discrete Mathematics* Elsevier, 1987
- Unilever Türkiye 2009. Unilever Hakkında, Unilever Türkiye 2009, <http://www.unilever.com.tr/ourcompany/aboutunilever/unileverataglance/default.asp>. Son Erişim Tarihi: 9 Kasım 2009.
- Vigo, Daniele and Paolo Toth. "The Vehicle Routing Problem" SIAM, Philadelphia, 2001

EKLER

Ek 1. Problemi anlatan balık kılıçığı diyagramı



Ek 2. Önerilen sistem ve bileşenleri



Ek 3. Matematiksel model

Değişkenler:

x_{dijm} = MAE m'nin d gününde düğüm i'den düğüm j'ye yolculuk edip etmediğini belirten ikili değişken

y_{dim} = d gününde, MAE m'nin düğüm i' de geçirdiği saat sayısı

z_{im} = MAE m'nin düğüm i'den sorumlu olup olmadığını gösteren ikili değişken

\prod_{idm} = d gününde, MAE m, düğüm i'deki işini bitirdiğinde harcanmış toplam zaman

b_{mc} = MAE m'nin kanal c'ye ait olup olmadığını gösteren ikili değişken

Parametreler:

c_{ij} = Düğüm i'de düğüm j'ye giderken yolda geçen zaman

min_c = Kanal c'deki mağazalardan oluşan bir rotanın kapsamı gereken minimum ciro (Unilever ürünlerinin satışından sağlanan)

max_c = Kanal c'deki mağazalardan oluşan bir rotanın kapsamı gereken maksimum ciro (Unilever ürünlerinin satışından sağlanan)

$time$ = Bir MAE'nin çalışabileceği toplam zaman

$tmin_c$ = Kanal c'deki bir mağazada harcanması gereken en az saat sayısı

$storemax_c$ = Kanal c'deki mağazalardan oluşan bir rotadaki bu mağazaların maksimum olabileceği sayı

rev_j = Bir mağazanın Unilever ürünlerinin satışından elde ettiği yıllık ciro

a_{ic} = Mağaza i'nin kanal c'ye ait olup olmadığını belirten ikili değişken

$Depo$ = MAE'lerin ev düğümlerini içeren küme

Model:

$$\text{Amaç fonksiyonu: } \min \sum_i \sum_j c_{ij} \sum_d \sum_m x_{dijm}$$

Kısıtlar:

$$a_{ic} * x_{dijm} \leq b_{mc} \quad \forall i \neq j, \forall j, \forall d, \forall m, \forall c$$

$$\sum_c b_{mc} \leq 1 \quad \forall m$$

$$x_{dijm} \leq \sum a_{ic} * a_{jc} \quad \forall i \notin Depo, \forall j \notin Depo, \forall d, \forall m, \forall c, \forall i \neq j$$

$$\sum_{i \in \{Depot\}} z_{im} * rev_i * a_{ic} \leq max_c \quad \forall m, \forall c$$

$$\sum_{i/\{\text{Depot}\}} z_{im} * rev_i * a_{ic} \geq \min_c * b_{mc} \quad \forall m, \forall c$$

$$\sum_{i/\{\text{Depot}\}} z_{im} * a_{ic} \leq \text{storemax}_c \quad \forall m, \forall c$$

$$\sum_d \sum_m y_{dim} \geq \sum_c \text{tmin}_c * b_{mc} \quad \forall i \notin \text{Depo}$$

$$\sum_{i \neq j} x_{dijm} = \sum_{k \neq j} x_{dkjm} \quad \forall d, \forall m, \forall j$$

$$\sum_m z_{im} = 1 \quad \forall i$$

$$\sum_{j \neq i} \sum_d x_{dijm} \geq z_{im} \quad \forall i, \forall m$$

$$\sum_{j \neq i} \sum_d x_{dijm} \leq 6 * z_{im} \quad \forall i, \forall m$$

$$z_{mm} = 1 \quad \forall m \notin \text{Depo}$$

$$y_{djm} \leq 480 * \sum_{i \neq j} x_{dijm} \quad \forall d, \forall m, \forall j$$

$$y_{djm} \geq \sum_{i \neq j} x_{dijm} \quad \forall d, \forall m, \forall j$$

$$\Pi_{jdm} \geq \Pi_{idm} + c_{ij} + y_{jdm} - M(1 - x_{dijm}) \quad \forall j \notin \text{Depo}, \forall d, \forall m, \forall i \neq j$$

$$\Pi_{jdm} \leq \text{time} \quad \forall j \notin \text{Depo}, \forall d, \forall m$$

$$\Pi_{jdm} = 0 \quad \forall j \notin \text{Depo}, \forall d, \forall m$$

$$x_{dijm}, z_{im} \in \{0,1\}$$

$$y_{dim}, \Pi_{jdm} \geq 0$$

Ek 4. Sezgisel algoritma

1. Kümelenendirme

Adım 0: Şimdiki=0 mae=0

Adım 1: Henüz bir kümeye eklenmemiş mağazalardan, Şimdiki noktaya en yakın olanı seç. Eğer seçilen mağazayı mevcut MAE'nin kümesine eklemek olurlu ise ekle. Değilse bir sonraki en yakın mağazayı dene.

Adım 2: Eğer bir kümede yer alabilecek maksimum mağaza sayısına ulaşıldıysa veya hiçbir yeni mağaza, olurlu bir şekilde mevcut MAE'nin kümesine eklenemiyorsa MAE'yi bir artırarak bir sonraki MAE'yi kümelendirmeye başla. Şimdiki=MAE. Adım 1 'e geri dön. Bu işlemi tüm mağazalar bir MAE'nin kümesine eklenene kadar tekrarla.

2. Kümelenendirmenin Geliştirilmesi

Adım 0: Kümelenendirme aşamasında oluşan kümelenendirmeyi al.

Adım 1: İlk MAE'nin ilk mağazasından başlayarak her bir mağazanın yerini, diğer tüm mağazalarla değiştirme seçeneğini değerlendir. Eğer kümeleme maliyeti azalıyorsa mevcut maliyet olarak o maliyeti ve değişen ikili olarak o iki mağazayı seç. Tüm seçenekleri değerlendirene kadar devam et.

Adım 2: Tüm seçenekler değerlendirildikten sonra bulunan en iyi değişim seçeneğinde ön görülen yer değiştirmeyi gerçekleştir. Adım 1'e geri dön. Eğer ilerleme kaydedilememişse işlemi durdur.

3. Haftalık Takvimlendirme

Adım 0: Geliştirilmiş kümelenendirmeyi al. Her bir MAE'nin kümesi için kümenin toplam cirosunu hesapla. Daha sonra her mağazanın cirosunun, bulunduğu kümedeki toplam ciroya oranı ile toplam mesai zamanını çarparak her mağazada geçirilmesi gereken süreyi hesapla. Gün=0 MAE=0

Adım 1: MAE'yi 1 artır. Eğer mevcut MAE sayısı aşıldıysa işlemi sonlandır.

Adım 2: Gün'ü 1 artır. Mesai zamanı = 8 saat

Adım 3: Eğer değerlendirilmekte olan mağazanın, mevcut o mağazada geçirilmesi gereken süre değeri, o gün kalan mesai saatinden azsa o mağazayı o güne ekle. O mağazada geçirilmesi gereken süre tamamlandığından bu süreyi sifira eşitle. Kalan süreden, mevcut mağazada geçirilecek süreyi ve bir sonraki mağazaya kadar yolda geçecek zamanı çıkarıp bir sonraki mağazayı değerlendirmek için Adım 3'ün başına geri dön. Eğer gereken süre kalan süreden azsa kalan sürenin sonuna kadar o mağazada kal. Adım 2'ye dön.

Adım 4: Altı gün de kullanılıp tüm mağazalara gidildiğinde Adım 1'e geri dön.