

**BİLKENT ÜNİVERSİTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**ENDÜSTRİ PROJELERİ
2011**

Derleyenler

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu

Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara

Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır

Yeşim Erdoğan

Düzenleme Kurulu:

- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu *Bilkent Üniversitesi*
- Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır *Bilkent Üniversitesi*
- Yeşim Erdoğan *Bilkent Üniversitesi - USİM*
- Pelin Diren *Bilkent Üniversitesi*
- Emre Kara *Bilkent Üniversitesi*
- Onur Uzunlar *Bilkent Üniversitesi*

ISBN: 978-975-6090-64-0

BASKI: Meteksan Matbaacılık, Mayıs 2011.

Değerlendirme Kurulu:

- Prof.Dr.Adil Baykasoğlu *9 Eylül Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Alper Şen *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.AyŐegöl Altın *TOBB Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Banu Yüksel *Hacettepe Üniversitesi*
- Bülent Sönmez *Kılgı Danışmanlık*
- Prof.Dr.Çagri Haksöz *Sabancı Üniversitesi*
- Prof.Dr.Ceyda Oğuz *Koç Üniversitesi*
- Doç.Dr.Çiğdem AlabaŐ *Okan Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Evrım Didem GüneŐ *Koç Üniversitesi*
- Prof.Dr.Fulya Altıparmak *Gazi Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Hakan Gültekin *TOBB Üniversitesi*
- Doç.Dr.Hande Yaman *Bilkent Üniversitesi*
- Doç.Dr.İlker Birbil *Sabancı Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Kağan Gökbayrak *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Mehmet Taner *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Muhittin Hakan Demir *İzmir Ekonomi Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Nagihan Çömez *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Osman Alp *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Sibel Alumur *TOBB Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Sibel Salman *Koç Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Sinan Gürel *ODTÜ*
- Doç.Dr.Tonguç Ünlüyurt *Sabancı Üniversitesi*
- Doç.Dr.Türkay Dereli *Gaziantep Üniversitesi*
- Prof.Dr.Ülkü Gürler *Bilkent Üniversitesi*
- Yrd.Doç.Dr.Yiğit Karpat *Bilkent Üniversitesi*

İÇİNDEKİLER

Önsöz-----	i
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan -----	iii
Firmalardan -----	v
Bulaşık Makinası Montaj Hattı İş Sıralama ve İşçi Atama Sistem Tasarımı Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi-----	1
Dinamik Randevu Karar Destek Sistemi Tasarımı Ankara Güven Hastanesi -----	16
A-Cool Fabrikası'nın Ortak Ambar ve Üretim Tesisi Arası Lojistik Sistemi'nin Tasarımı BSH Ev Aletleri A.Ş. -----	31
CCI-Dağıtım Ağı Karar Destek ve Stratejik Rota Yapılandırması Sistemi Coca-Cola İçecek A.Ş.-----	46
Karışık Palet Tasarımı Destek Sistemi Coca-Cola İçecek A.Ş.-----	61
Kaynağında Ayrıştırılmış Geri Dönüştürülebilir Atık Toplama Miktarının Arttırılmasını Hedefleyen Sistem Tasarımı Çankaya Belediyesi -----	76
Hammadde Stok Yönetim Sistemi Tasarımı Doğadan A.Ş.-----	91
Hammadde Envanteri Yönetim Sistemi Tasarımı Durukan Şekerleme Sanayi ve Ticaret A.Ş.-----	106
Gölcük Fabrikası ile Köln Konsolidasyon Merkezi Arası Malzeme Akışı Karar Destek Sistemi Tasarımı Ford Otosan-----	120
Birim Müdahale Maliyetini Düşürmeye Yönelik Sistem Tasarımı IBM-Seri Ltd.Şti.-----	135

Terminal Verimlilik Analizi ve İyileştirme Karar Destek Sistemi Kamil Koç Otobüsleri A.Ş. -----	150
Merkezi Afet Yönetimi İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı Türk Kızılayı-----	165
Toplu Barınma Alanları Belirleme ve Planlama Sistem Tasarım Projesi Türk Kızılayı-----	180
Değişken Talep Oranını Gözeten Servis İstasyon Ağının Tasarımı MAN Türkiye A.Ş.-----	195
Ankara Rafta Ürün Bulunurluğunun Geliştirilmesi P&G Türkiye -----	210
Esnek Kaporta Üretim Hattı Elektrot Bileme Frekansları İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı Oyak Renault -----	225
Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme Karar Destek Sistemi TOFAŞ -----	240
Boeing-Wichita Parça Üretim Programı Malzeme Alım Politikası ve Karar Destek Sistemi Tasarımı Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. -----	254
Yalın Üretime Doğru Ulusoy Elektrik A.Ş.-----	269
Stok Tahsisi ve Yerleşim Tasarımı Unilever Türkiye -----	284

2010-2011 yılında gerçekleştirilen Endüstri Mühendisliği Bölümü projeleri Bilkent Üniversitesi, Üniversite - Sanayi İşbirliği Uygulama ve Araştırma Merkezi koordinasyonunda yürütülmektedir.

Bugüne kadar bu programa katkıda bulunan kurumlar:



**2010-2011 döneminde bu programa katkıda bulunan kişilere
teşekkür ederiz...**

Bilkent Üniversitesi Enüstri Mühendisliği Bölümü

Prof.Dr. Selim Aktürk
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. Kağan Gökbayrak
Prof. Dr. Ülkü Gürler
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. Bahar Yetiş Kara

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

Yeşim Erdoğan

İş Dünyası

Güney Özaltan	Arçelik A.Ş.
N. Tanzer Tunçalp	Arçelik A.Ş.
Sedat Çalı	Arçelik A.Ş.
Levent Galip Yeşil	Ankara Güven Hastanesi
Mehmet Gürbüz	Ankara Güven Hastanesi
Mehmet Emin Erginöz	Ankara Güven Hastanesi
Serkan Konaçoğlu	Ankara Güven Hastanesi
Erhan Kan	B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
Hüseyin Caner Duran	B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
Murat Yücel	B/S/H Ev Aletleri A.Ş.

Suat Memiş
Taner Ağtaş
Arda Aytekin
Barış Kaptan
Bektaş Bulut
Ender Kudiaki
Hakan Gültekin
Hamit Çağlar Özdağ
Mehmet Yorgun
Okan Özyüksel
Pelin Altoklu
Süheyla Aksoy
Şahin Keykan
Banu Altun
Eser Atak
Fatih Aydın
Cem Okur
Ercüment Balcı
F. Orçun Koçak
Sevde K. Özmen
Başak Özçift
Gökşen Töre Sancak
Haluk Aşar
Hülya Altuntaş
Serkan Kabalı
Jale Akyel
Hakan Sözen
İhsan Zeki Aksu
Pelin Ürel
Rıfat Pınar
Birhan Akçaboy
Kemal Erdoğan
M. Erol Aydın
Okan Tokyay
Osman Halat
Taner Sezer
Bülent Sönmez
Özen Ergezer
Zeynep Kirkizoğlu
Can Kalafat
Umut Akbaş
Çiğdem Zeytin Derin
Erkan Üçdal

B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
B/S/H Ev Aletleri A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Coca Cola İçecek A.Ş.
Çankaya Belediyesi
Çankaya Belediyesi
Çankaya Belediyesi
Doğadan A.Ş.
Doğadan A.Ş.
Durukan Şekerleme San. ve Tic. A.Ş.
Durukan Şekerleme San. ve Tic. A.Ş.
Ford Otosan
Ford Otosan
Ford Otosan
Ford Otosan
Ford Otosan
Ford Otosan
IBM
IBM-Seri Ltd.Şti.
IBM-Seri Ltd.Şti.
IBM-Seri Ltd.Şti.
IBM-Seri Ltd.Şti.
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.
Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.
Kılıgı Danışmanlık
MAN Türkiye A.Ş.
MAN Türkiye A.Ş.
P&G Türkiye
P&G Türkiye
Oyak Renault
Oyak Renault

ÖNSÖZ

Bu kitap, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Üniversite-Sanayi İşbirliği Programı çerçevesinde 2010-2011 öğretim yılında gerçekleştirmiş olan sanayi projelerinin özetlerini kapsamaktadır. Bu program, 17 yıl önce sistem tasarımı derslerinin (bitirme projelerinin) sanayi projelerine dönüştürülmesi ile başlatılmıştır. Bu süre içerisinde 60 şirketle toplamda 269 proje gerçekleştirilmiştir.

Endüstri Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerinden oluşan proje ekipleri, şirket yetkilileri, üniversite akademik danışmaları ve USİM'in 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.

Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nı 2002-2003 öğretim yılında, sanayimizin seçkin kuruluşları ile çeşitli sektörlerden gelen farklı firmaların birbirleriyle ve üniversite ile olan etkileşimini artırmak, öğrencilerimizi iş hayatına daha donanımlı hazırlamak ve bu işbirliğinden ülkemize fayda sağlamak amacı ile başlattık. Yapılan bu çalışmaları daha kalıcı ve yaygın kılmak için de "Endüstri Projeleri" kitabı serisini hazırladık. 2010-2011 öğretim yılında gerçekleştirilen projeler, gizlilik ilkesine bağlı kalınarak özet halinde bu kitapta sizlere sunulmaktadır.

Kitaba girecek olan projelerin seçim aşamasında desteklerini esirgemeyen "Değerlendirme Kurulu"na ve fuar jürisinde görev alan Prof. Dr. Selim Aktürk (Bilkent Üniversitesi), Dr. Cemal Akyel (Microsoft), Mehmet Şakir Güvendi (McKinsey), Erhan Bostan (Aydın Örme) ve Orhan Veli Kaya (TAI - TUSAŞ)'ya 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.

Prof.Dr. İhsan Sabuncuoğlu – Doç.Dr. Bahar Yetiş Kara – Yrd.Doç.Dr.
Niyazi Onur Bakır
Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan

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

Eğitimde dünya çapında kalite standartlarını kullanan Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümü **Üniversite-Endüstri İşbirliği** adı altında ülkemizde örnek gösterilen bir programı 17 yıldır başarılı bir şekilde uygulamaktadır. Bu programın ana hedefi son sınıf öğrencilerine kapsamlı ve derinlikli bir mesleki deneyim kazandırmaktır. Bu kapsamda 4-6 kişilik proje ekipleri akademik ve sanayi/iş dünyasından danışmanlarının gözetiminde firmanın gündemine girmiş olan ve çözüm bekleyen gerçek problemlerini çözmektedirler.

Bu yıl dokuzuncusu düzenlenen Bilkent Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nda bütün bir yılı özveri ile projeleri üzerinde çalışarak geçirmiş öğrencilerimizin 20 farklı çalışması sergilenmektedir. Bu vesileyle, öğrencilerimizi kutlamak ve bu programa büyük katkıları olan firma yetkililerine teşekkür etmek istiyorum.

Bir yıl boyunca yoğun ve özverili çalışmalarıyla programın hedeflerine uygun şekilde yürütmesinde büyük çabalar ortaya koyan programın koordinatörleri Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır, Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara hocalarımıza, USİM Koordinatörü Yeşim Erdoğan'a ve asistanlarımız Pelin Diren, Emre Kara ve Onur Uzunlar'a ayrıca teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,

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

ANKARA GÜVEN HASTANESİ'nden

Güvenilir Proje Dostumuz Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği'ne,

Özel Ankara Güven Hastanesi, 37 yıl önce Ankara'da Uz. Dr. Aysun KÜÇÜKEL ve Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKEL tarafından kurulan, Türkiye'nin en köklü ve ilk özel hastanelerinden biridir. Bu 37 yıl içinde, Türkiye ve dünyada örnek alınan ve referans gösterilen sağlık hizmetimizle sağlık sektöründe marka haline gelmiş bir kuruluşuz.

Deneyimli ve uzman kadromuzla, ileri teknolojiyi kullanarak, etik değerler doğrultusunda en yüksek kalitede sağlık hizmetini amaç edinmiş bir misyona sahibiz.

Çağdaş sağlık hizmetini sunabilmek için saygın ve nitelikli uzman hekimleri, hemşirelik hizmetleri ve kaliteli destek personeliyle, çoğu akademisyen olmak üzere 140 Hekim, 261 Hemşire ve toplam 1.000 kişiyi aşan kadrosuyla, 46.000 m2 hastane kompleksi içinde 10 ameliyathane, 2 doğumhane ve 350 yatak kapasitesiyle faaliyetlerimizi sürdürmekteyiz.

İnsan hayatına değer katmak ve beklentileri aşabilmek için sürekli eğitim, değişim ve gelişim programlarını en verimli şekilde 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.

Randevu verme süreci tüm hastane sisteminin işleyişi açısından kritik bir süreçtir. Bu projemizle; randevu sistemimizin verimlilik analizi yapılarak optimum kullanımının sağlanmasıyla 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 (Team 20) 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,

Mehmet GÜRBÜZ
Hasta Hizmetleri Müdürü

Mehmet Emin ERGİNÖZ
İnsan Kaynakları Müdürü

Levent Galip YEŞİL
Eğitim ve Geliştirme Müdürü

BSH EvAletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş'den

Bilkent Üniversitesi ve USIM'e

Bosch Siemens Ev aletleri A.Ş. üretim yerleşkesi içerisinde 2006 yılından bu yana faaliyet gösteren FIK2 (A-cool) fabrikası 2009 yılında iyileştirme olanaklarına yeni bakış açıları katmaları adına üniversitelerle iş birliği programlarına katılma stratejisini belirlemiştir. Departmanlar arası yapılan ön görüşmeler sonrasında B/S/H Stratejilerine paralel olarak Merkezi Ambar projesinin alt yapısını ve gerekliliklerini belirlememiz adına bir proje grubu oluşturulmuş ve akademik katkılarından faydalanmak üzere Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden katılımcı Akademisyen ve proje üyeleri seçilmiştir.

Proje katılımcılarından mevcutta bulunan 6 fabrikanın da kullanacağı Merkezi Ambar ile yönetimi değişecek olan malzeme yönetim sürecini iyileştirmek, olası riskleri elimine etmek, verimliliği ve etkinliği arttırmak amaçlı senaryo analizleri yardımıyla iç lojistik stratejini belirlemek proje amacı olarak talep edildi.

A-cool Fabrikasının Ortak Ambar ve Üretim Tesisi Arası Lojistik Sisteminin Tasarımı projesi ile gerçek hayat problemlerine senaryo analizlerine dayalı alternatif çözümler getirebilecek karar destek sistemi yardımı ile üretim hattı üzerinde, fabrika ambarında ve merkezi ambarda yönetilecek hammadde envanteri, stok alanı, stok alanı doluluk oranı değişkenleri kontrol edilebilmekte ve bu değişkenler maddi değer olarak fabrikaya kazandırılabilir.

Projenin faaliyete geçeceği 2012 yılı itibariyle gerçek zamanlı kazanımlarını görmeye başlayabileceğimiz bu çalışmaların bizlere ışık tutacağı ve sürekliliği sağlanabilecek bir sistem olarak B/S/H literatüründe de yer alacağı muhakkaktır. Söz konusu zaman geldiğinde Proje katılımcılarının B/S/H ailesinin birer parçası olması en içten dileğimizdir.

A-cool fabrikası Fabrika Lojistik Departmanı olarak, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Öğretim üyelerine, öğrencilerine ve USIM'e firmamıza ve fabrikamıza katmış oldukları katma değer ve kazandırdıkları yeni vizyon için teşekkür ederiz.

Saygılarımızla
Fabrika Lojistik Müdürü
Erhan KAN

COCA-COLA İçecek A.Ş. Alan Satış M¼d¼r¼'nden

Coca-Cola Sistemi'nin satış hacmine g¼re 5. b¼y¼k ŐiŐeleyicisi olan Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCİ), The Coca-Cola Company (TCCC) markalarından oluşan gazlı ve gazsız içeceklerin üretim, satış ve dağıtımını gerçekleştirmektedir. CCİ T¼rkiye, Pakistan, Kazakistan, Azerbaycan, Kırgızistan, T¼rkmenistan, Ürd¼n, Irak ve Suriye'de 9,000'e yaklaşan çalışanı ile faaliyet g¼stermektedir. CCI ayrıca Tacikistan pazarına ihracat yapmaktadır.

CCI 20 fabrikası ile 350 milyona yaklaşan t¼keticici kitlesine gazlı içeceklerin yanı sıra meyve suyu, su, enerji ve sporcu içecekleri, buzlu çay ve aydan oluşan gazsız içecekler kategorisinde de zengin bir ¼r¼n portf¼y¼ sunmaktadır.

Bilkent ¼niversitesi End¼stri M¼hendisliđi B¼l¼m¼ ¼đrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan "Lojistik Karar Destek Tasarımı" projesinin, CCİ Ankara Modern Kanala Bağlı Bayi Dağıtım ağında uygulanmakta olan sistemin iyileŐtirilmesine y¼nelik atılan adımlara olumlu katkısı olmuştur.

Bayi depolarında ¼r¼n bulunabilirliğinin ve m¼Őteri raflarında bulunabilirliğin iyileştirilmesi konusunda yapılan çalışmalar ve geliştirilen sistemler Őirketimize dikkate değer bir fayda sağlayacaktır ve diğer bayi depolarına olan dağıtımlarda uygulamaya geçirilebilecek niteliktedir. Projenin ilerleyen d¼nemde t¼m bayilere dağıtımda uygulanması da m¼mk¼nd¼r.

Projeler esnasında ekiplerde yer alan t¼m takım ¼yeleri proje ile yakından ilgillemiŐ ve Őirketimiz alıŐanları ile birlikte ortak çalıŐmıŐlardır.

CCİ Ankara Modern Kanal Bayi Dağıtımında, "Lojistik Karar Destek Tasarımı"na y¼nelik bu başarılı projeden ¼t¼r¼ b¼l¼m¼n¼ze ve t¼m proje ekibine teŐekk¼rlerimizi sunarız.

Barış Kaptan
Ankara Modern Kanal
Alan Satış M¼d¼r¼

COCA-COLA İçecek A.Ş. ASC Ambar Şefi'nden

Coca-Cola Sistemi'nin satış hacmine göre 5. büyük Őiřeleyicisi olan Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCİ), The Coca-Cola Company (TCCC) markalarından oluşan gazlı ve gazsız içeceklerin üretim, satış ve dağıtımını gerçekleştirmektedir. CCİ Türkiye, Pakistan, Kazakistan, Azerbaycan, Kırgızistan, Türkmenistan, Ürdün, Irak ve Suriye'de 9,000'e yaklaşan çalışanı ile faaliyet göstermektedir. CCİ ayrıca Tacikistan pazarına ihracat yapmaktadır.

CCİ 20 fabrikası ile 350 milyona yaklaşan tüketicisi olan gazlı içeceklerin yanısıra meyvesuyu, su, enerji ve sporcu içecekleri, buzlu çay ve aydan oluşan gazsız içecekler kategorisinde de zengin bir ürün portföyü sunmaktadır.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ğrencisi ve akademisyenlerinin katkılarıyla hazırlanan "Karışık Palet Hazırlama Sürecinin İyileştirilmesi" projesinin Őirketimiz CCİ Ankara Direkt Dağıtım deposunda mevcut uygulanmakta olan sistemin iyileştirilmesine yönelik atılan adımlara olumlu katkıları olmuştur.

Karışık palet dizaynının sistemselsel olarak düzenlenmesi ve iyileştirilmesi konusunda yapılan çalışmalar ve geliştirilen sistemler Őirketimize dikkate değer bir iyileştirme sağlayacak ve diğer direkt dağıtım depoları olan İstanbul Asya, İstanbul Avrupa, İzmir ve Antalya'da uygulamaya geçirilebilecek niteliktedir. Projenin ilerleyen dönemde bayi depolarında uygulanması da mümkündür.

Projeler esnasında ekiplerde yer alan tüm takım yeleri proje ile yakından ilgilenmiş ve Őirketimiz alışanları ile birlikte ortak gayret içinde bulunmuşlardır. Tüm bunların işığında asıl önemli olan ise "Karışık Palet Hazırlama Sürecinin İyileştirilmesi" projesinin CCİ Ankara Direkt Dağıtım deposunda gerçek hayata geçirilmesi ve akabinde sistemimize olan somut katkılarının sayısal değerlerle ortaya konmuş olmasıdır.

CCİ Ankara Direkt Dağıtım deposunda; "Karışık Palet Hazırlama Sürecinin İyileştirilmesi"ne yönelik bu başarılı projeden ötürü blmnze ve tüm proje ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

Mehmet Yorgun
Ankara ASC Ambar Şefi

**ÇANKAYA BELEDİYESİ Çevre Koruma ve Kontrol
Müdürü'nden**

Çankaya Belediyesi'nce her türlü tüketim sonucu ortaya çıkan plastik, kâğıt, cam, metal gibi geri dönüşümü sağlanabilecek atıkların kaynağında ayrı toplanması sisteminin oluşturulması amacıyla Mayıs 2006'da "Ambalaj Atıkları Geri Kazanımı Projesi" hayata geçirilmiş olup, halen devam etmektedir.

Projenin daha verimli hale getirilmesi amacıyla Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ile işbirliği yapılmasına karar verilmiştir. Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan 'Kaynağında Ayrıştırılmış Geri Dönüştürülebilir Atık Miktarının Arttırılmasını Hedefleyen Sistem Tasarımı' Projesi ile pilot bölge ve endişleme çalışmaları yapılmıştır. Haneler ve alışveriş merkezleri için alternatif yöntemler önerilmiştir. Yapılan pilot çalışmada, alışveriş merkezleri yemek alanlarında, çift gözlü toplama kutusu sistemine geçilmesiyle, daha önce organik atıklar içerisine karışan ambalaj atıklarının ayrıştırılması ve geri kazanımı sağlanmıştır. Bu uygulamanın diğeri alışveriş merkezlerine yaygınlaştırılmasına karar verilmiştir. Böylelikle yüksek miktarda atık potansiyeline sahip satış noktalarında daha verimli bir toplama yapılması düşünülmektedir.

Ambalaj Atıkları Geri Kazanımı Projesi' ne katkılarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün değerli hocalarına ve proje grubuna teşekkür ederim.

Talat KARAHAN
Çevre Koruma ve Kontrol Müdürü

DURUKAN ŞEKERLEME SAN. VE TİC. A.Ş. Planlama ve Sürekli İyileştirme Müdürü'nden

30 yıldır yüksek kalite ve hijyen prensiplerinden şaşmadan pek çok yeniliğe imza atan Durukan, ürünlerini dünyada her noktaya ihraç ederek ülke ekonomisine katkıda bulunurken, Frito Lay Gıda San. ve Tic. A.Ş. ile yapılan anlaşma sonucu Rocco markası ile de ülkemize ürün sunmaktadır.

Tedarik zincirinin tüm halkalarında sürekli iyileştirme ve gelişmeyi mavi yakadan üst yönetime kadar kanıksamış bir şirket olarak Durukan Şekerleme'nin Sanayii – Üniversite işbirliğinde yer alması kaçınılmazdı. Hocalarımızla, öğrenci arkadaşlarımızla hep beraber imza attığımız bu proje sayesinde daha düşük stok seviyelerinde, daha düşük maliyetlerle ve gündelik iş hayatının dinamik, kısıtlı zamanlarında, pratik ama bir o kadar da bilimsel yöntemlere başvurabilme imkanına kavuşacağız.

Gösterdikleri dikkat, heves, takım çalışma becerisi ile Bilkent'li arkadaşlarımız daha şimdiden iş dünyasına ne kadar hazır olduklarını Durukan Şekerleme olarak bizlere sundukları bu başarılı proje ile ispatladılar, kendilerine ve bu sinerji ortamının yaratılmasında mezunu olduğum Bilkent Endüstri Mühendisliği bölümü öğretim görevlileri Doç. Dr. Bahar Yetiş-Kara ve Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu'na teşekkürlerimi sunuyorum.

Durukan Şekerleme, Lolipoplarıyla hayatı tatlandırmaya, üniversite – sanayi işbirliği ile gençlerimizi yetiştirmeye önümüzdeki yıllarda da devam edecek.

F.Orçun KOÇAK
Planlama ve Sürekli İyileştirme Müdürü

FORD OTOSAN Global Tedarik Yönetimi Müdür Yardımcılığı'ndan

Ford Otosan'ın ithal parça tedarikinin %80'i için kullanılan Almanya Köln'deki parça konsolidasyon merkezinde bir iyileşmeye ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaca yönelik Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan "Ford Otosan A.Ş. Gölcük Fabrikası ile Köln Konsolidasyon Merkezi Arası Malzeme Akışı Karar Destek Sistemi" projesi başarı ile tamamlanmıştır.

Bu proje; mevcut sistemi maliyet, iş gücü ve kalite açısından daha etkin çalışır hale getirmiştir. Firmamız bu sistem ile lojistik maliyetlerinden ciddi bir kazanç elde ettiği gibi her gün yapılan gereksiz bir operasyondan da kurtulmuştur. Ayrıca insan kaynaklı ve sistem kaynaklı hatalar sıfırlanarak sürecin kalitesi artırılmıştır.

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,

Haluk Aşar
Tedarik Zinciri Yönetimi Ekip Lid. Gökşen Töre Sancak
Yurt Dışı Tedarik Opr. Md. Yrd.

Hülya Altuntaş
Tedarik Zinciri Yönetimi Ekip Lid.

Serkan Kabalı
Tedarik Zinciri Yönetimi Metod Müh.

Başak Özçift
Tedarik Zinciri Yönetimi

KAMİL KOÇ OTOBÜSLERİ A.Ş. Genel Müdürü'nden,

Sektöründe ilk olan ve her zaman kalıcı ilklere imza atmayı ilke edinmiş firmamız, 85. yılında 10 milyon yolcu ile lider konumdadır.

Kamil Koç, Yönetim Kurulu, çalışanları ve iş ortakları ile birlikte 100. yıl hedeflerine doğru yürümektedir.

Vizyonumuz 100. yılımızda 3 kıtada hizmet veren uluslararası bir marka olmaktır.

Firmamız, ürettiği projelerle iş süreçlerini sürekli iyileştirme yolundadır. Bu anlayışla, iki yıldır Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği ile ortak çalışmalar yapılmaktadır.

Bu dönem, “Terminal Verimlilik Analizi ve İyileştirme Karar Destek Sistemi” projesi üzerinde proje ekibi ile ortak çalışma yürütülmüştür.

Projenin amacı, bilet satış noktalarının karlılık durumu, norm kadro tespiti ve çalışma saatlerinin belirlenmesidir.

Her bir bilet satış noktasının bilet satış adedi, tutarı, giderleri, lokasyonu, potansiyel müşterisi, rekabet konumu değerlendirilerek, standart kriterler oluşturulması, verimliliklerinin düzenli periyotlarda raporlanması ve buna uygun aksiyon alınması proje konusudur.

Proje ekibinde yer alan arkadaşlarımız, yüksek bir yoğunluk ve derinlikli analizleri ile projeyi yürüttüler. Özellikle bu nedenle proje ekibinde yer alan arkadaşlarımıza teşekkür ederiz. Projenin bizim açımızdan uygulanabilir bir sonuç çıkarmış olması ise ayrıca takdire layıktır.

Proje ekibi ile birlikte, çalışmalar süresince her an görüşleri ve destekleri ile yolumuzu aydınlatan öğretim üyelerimize ve USİM yöneticilerine teşekkür ederiz.

Saygılarımızla,
M. Erol AYDIN
Genel Müdür Yardımcısı

MAN KAMYON ve OTOBÜS TİC. A.Ş.’den

Bundan tam 250 yıl önce, 1758 yılında Almanya’nın Obernhausen şehrinde kurulan demir fabrikasıyla ilk üretimine başlayan MAN Grubu, bugün endüstriyel hizmetlerden makine imalatına, dizel motor üretiminden ticari araçlara kadar birçok sektörde faaliyet gösteren dünyanın en büyük şirketlerinden biri durumunda bulunuyor. Dünyadaki çoğu ülkenin tarihinden bile eski ve köklü bir kuruluş olan MAN, bugün 14.4 milyar avro cirosuyla Avrupa’nın en büyük yatırım malları üreten şirketlerinden biri. Böylesine büyük ve karlı bir grubun amiral gemisi ise, hiç kuşku yok ki, otobüs ve kamyon başta olmak üzere ticari araç üretimi yapan MAN Truck & Bus. MAN Truck & Bus’ın, Almanya’nın yanısıra Türkiye, Polonya, Meksika ve Hindistan’da da üretim tesisleri bulunuyor. MAN Truck & Bus’ın en önemli üretim üslerinden biri de Türkiye’de. 1966 yılından bu yana faaliyette olan MAN Türkiye, ürettiği otobüsleri bugün 41 ülkeye ihraç ediyor.

MAN marka otobüs ve kamyonların yurtiçi satış ve satış sonrası hizmetleri ise, MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş. tarafından yürütülüyor. Şirket, Türkiye genelindeki bayii, merkez ve İstanbul satış ofisleriyle, satış ve pazarlama aktivitelerinde başarı grafiğini her geçen gün yükseltiyor. MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş., gelişen pazar payı, artan rekabet koşulları ve müşteri beklentilerine uygun olarak, 32 servis ve plazasıyla müşterilerine satış sonrasında da en iyi hizmeti verebilmek için çalışıyor.

MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş., temel satış politikası gereği, gelişen pazar payı, artan rekabet koşulları ve müşteri beklentilerine uygun olarak sürekli gelişen standartlarla servis hizmeti vermektedir. MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş.’nin yükselen başarı grafiği ile sürekli artan pazar payı ve araç sayısı, yetkili servis ağının tasarımı gözden geçirme ve iyileştirme ihtiyacı doğurmuştur. Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri tarafından hazırlanan “Değişken Talep Oranını Gözeten Servis İstasyon Ağı Tasarımı” projesi ile önerilen çalışmada, müşterinin servise ulaşmak için kat ettiği yol azalırken, Yetkili Servislere giren araç sayısında artış öngören çeşitli senaryolar test edilmiştir. Ayrıca Yetkili Servislerin kapasite kullanım oranlarında da dengelenme olduğu sonuçlarda görülmüştür. Bu senaryoların değerlendirilmesi ile birlikte, Yetkili Servis ağı tasarımının daha sistematik bir yaklaşımla gerçekleştirilmesi ve dolayısıyla da müşteri memnuniyetini arttırarak, MAN Kamyon ve Otobüs Ticaret A.Ş.’nin sürekli artan pazar payının ivmelenmesi hedeflenmektedir.

Bu tarz çalışmaların, sanayimize, öğrencilerimize dolayısıyla ülkemizin gelişimine katkı sağladığına inanıyoruz. Dolayısıyla, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü, düzenli gerçekleştirdikleri üniversite-sanayi işbirliği çalışmalarından ötürü kutluyoruz. Proje sırasındaki profesyonel ve özverili çalışmaları, taleplerimize sürekli çözüm arayan yenilikçi yaklaşımları ve dokuz aylık yoğun çalışmaları sonucunda, farklı ve kapsamlı bir proje gerçekleştirmiş olan proje takımı üyeleri ve akademisyenlere teşekkürlerimizi sunuyoruz. Umarız çalışmalarımız ilerleyen yıllarda da devam eder.

Özen Ergezer
Servis Ağı & İş Geliştirme Yöneticisi

ZeynepKirkizoğlu
Satış Destek Sorumlusu

P&G Ankara-Batı Karadeniz Bölge Müdürü'nden

Procter & Gamble olarak dünyada ve Türkiye'de tüketicilerin hayatlarını iyileştirecek yüksek kalite ve değerde markalı ürünler sunmayı amaçlıyoruz. Bunu yaparken de vizyonumuz dünyanın en iyi tüketim mal ve hizmetleri üreten şirketi olmak ve bu şekilde tanınmak.

Tüketicimizi “patronumuz” olarak konumlandırırken özellikle rafta ilk karar anı olarak adlandırdığımız süreçte ihtiyaçları olan ürünleri kolayca bulabilmelerini sağlamayı, hem satış hem de lojistik departmanları içerisinde ortak ve birincil görevlerimizden olarak görüyoruz..

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Ankara Rafta Ürün Bulunabilirliğinin Geliştirilmesi” konulu proje, bu görevimizi yerine getirme yolunda bize önemli destekte buluncak sonuç ve araçlar üretmiştir. Çalışmalar boyunca proje grubundaki öğrencilerimiz, sahada ve distribütör depolarında datanın toplanması, analizi ve çözüm için gerekli yazılımın oluşması konusunda beklentileri karşılamış; kullandıkları gerçekçi ve kolay anlaşılır yaklaşım sayesinde, farklı kanallarda yeniden kullanılabilir bir sistem oluşturmuşlardır.

Bu proje sayesinde, hem Ankara tüketicilerine, hem de projenin tekrarlanması muhtemel tüm bölgelerde; daha fazla tüketiciye daha bütün dokunarak, hayatları iyileştirme misyonumuza bir adım daha yaklaşacağımıza inanıyorum.

Rafta kaliteli bulunurluğu bütünsel olarak sağlamaya yönelik, stoksuzluğun önüne geçmeyi amaçlayan bu projemizde; bize katkıda bulunan Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümüne ve proje grubumuza teşekkürlerimizi sunuyor, Bilkent Üniversitesiyle olan bu güzel ortaklığımızın önümüzdeki yıllarda devamını diliyorum.

Kemal Umut Akbaş
Procter&Gamble Türkiye Müşteri İş Geliştirme Departmanı
Ankara-Batı Karadeniz Bölge Müdürü

TUSAŞ Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. Kurumsal Risk Yönetimi Lideri'nden

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 1500’ü mühendis olmak üzere 3800’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 “Boeing- Wichita Parça Üretim Programı Malzeme Alım Politikası ve Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi” çalışması da bu çalışmalardan biridir. Çalışma kapsamında TUSAŞ’ta yapılan ham malzeme alımlarına karar destek sistemi kurularak, müşteri taleplerinin zamanında karşılanabilmesini sağlayacak bir sipariş verme politikası oluşturulması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda maliyeti en azaltacak, zamanı en verimli kullanan ve ölçek ekonomilerini de göz önüne alan bir destek sistemi kurma çalışmaları 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
Kurumsal Risk Yönetimi Lideri

TÜRK KIZILAYI Toplumsal Hizmetler Faaliyet Alanı Koordinatörü'nden

“Toplumun güç ve kaynaklarını harekete geçirerek, insan saygınlığının korunması doğrultusunda her koşulda, yerde ve zamanda muhtaç ve korunmasız insanlara yardım etmek ve toplumun afetlerle mücadele kapasitesinin geliştirilmesini desteklemek” ülküsü çerçevesinde Türk Kızılayı; günümüz dünyasında yıkıcılığı hızla aratarak ve derinleşerek devam eden savaşlarda, etkileri incinebilirlikle artan doğal afetlerde ve kronikleşen krizlerde insani yardım faaliyetlerini sürdürmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Merkezi Afet Yönetiminde Karar Destek Sistemi Tasarımı” ve “Toplu Barınma Alanları Belirleme ve Planlama Sistem Tasarımı” Projeleri ile, afet yönetimi döngüsünün iki önemli unsuru olan “Afete Hazırlık” ve “Afete Müdahale” süreçlerinde kurumsal kaynakların topyekun müdahale sürecine hazır hale getirilmesi, lojistik kapasitenin afet riskleri ve nüfusla oransal dağılımına ve afet müdahale kapasitesinin geliştirilmesine katkı sağlanmıştır.

Proje süresince göstermiş oldukları gayret, hassasiyet ve çözümcü yaklaşımlarından dolayı Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Proje Ekibini kutlar ve başarılarının devamını dilerim.

Zafer KARAKAŞ
Toplumsal Hizmetler Faaliyet Alanı
Koordinatör

ULUSOY ELEKTRİK A.Ş. Fabrika Müdürü'nden

Ulusoy Elektrik A.Ş., 1985 yılında bir mühendislik şirketi olarak kurulmuştur. Her geçen gün büyüyen iş hacmimizle, kurulduğumuz günden itibaren, Türk elektromekanik endüstrisine yön veren yenilikçi bir kuruluş olarak faaliyetlerimizi sürdürmekteyiz.

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 proje ile fabrikanın değer akış haritasını çizerek, sistemdeki israfların boyutunu ve sebeplerini hep birlikte ortaya çıkarttık ve bu projenin çıktısı olarak kendimize üç yıllık bir aksiyon planı hazırladık.

Proje süresince Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği proje grubu öğrencilerimize gösterdikleri özverili, gayretli çalışmaları ve oluşturdukları çözümlerden dolayı kutluyor, değerli hocalarına da teşekkür ediyoruz.

Galip ARBAK
Fabrika Müdürü

Bulaşık Makinesi Montaj Hattı İş Sıralama ve İşçi Atama Sistem Tasarımı

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi

Proje Ekibi

Caner Canyakmaz
Ahmet Çolak
Canberk Dönmez
Serra Sümer
Bora Can Şekerel
Ezgi Gül Ulu

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

N. Tanzer Tunçalp, Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi,
Üretim Yöneticisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu, Bilkent Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Beyaz eşya sektörünün lider firmalarından Arçelik'in Ankara Bulaşık Makinesi Fabrikası'nda üretilecek olan ürünlerin sıralamasında ve devamsız işçilerin istasyonlara atanmasındaki sistematik yaklaşımın geliştirilebileceği gözlemlenmiştir. Bu problemi çözmek için önerilen model öncelikle, montaj bantlarında üretilen ürünlerin toplam üretim süresini, istasyonlardaki bekleme sürelerini göz önüne alarak, en azlayacak şekilde sıralandırır. Sonrasında, devamsız işçilerin en verimli kullanılması amacıyla farklı iş istasyonlarına atanmalarını kontrol eder ve en iyi atamaları önerir. Bu modelin çözümü için, ardışık olarak çalışan iki adet Benzetilmiş Tavlama sezgiseli geliştirilmiş ve Java programlama diliyle kodlanıp kullanıcı dostu bir arayüze aktarılmıştır. Geliştirilen sistemle toplam iş süresinde %3'lük bir iyileştirme sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Benzetilmiş tavlama, çoklu model sıralama, asenkronize montaj bandı, öbek büyüklükleri, ara stok alanları, paralel istasyonlar, serbest işçi atama.

1. İşletme Tanımı

1955 yılında Sütlüce’de kurulan Arçelik A.Ş., Türkiye’nin ilk bulaşık makinesini ve buzdolabını üretmiş olan köklü bir kuruluştur. Arçelik, 17.000 çalışanı, dört farklı ülkede 11 ayrı üretim noktası ve 6,6 Milyar TL’lik cirosuyla Türkiye’nin en yüksek ciroya sahip 8. firması konumundadır.

1993 yılında üretime başlayan Arçelik A.Ş. Ankara Bulaşık Makinesi İşletmesi, ana pazarı Türkiye ve Avrupa Birliği olmak üzere, 55 farklı ülkeye ihracat yapar. Arçelik Ankara’nın ürün yelpazesinde 800’ü aşkın ürün bulunmakla birlikte üretim hacmi yıllık 1.500.000 adedin üzerindedir. Bu ürünler yurtdışı pazarına Arçelik markasının yanı sıra, Beko ve Blomberg gibi marka adlarıyla da sunulmaktadır. Mevcut durumda, 70’i beyaz 814’si mavi yaka olmak üzere toplam 884 çalışan vardır.

2. Analiz

2.1 Mevcut sistem analizi

Arçelik Ankara’nın montaj hattı, Montaj 1 ve Montaj 3 olmak üzere iki ana montaj bandından oluşur. Bu bantlar görüntü olarak U tipi olup, işlevsel olarak düzdür. Montaj 1 günde iki vardiyayla ve Montaj 3 ise üç vardiyayla çalışır. Montaj 3 adam-saat değeri düşük olan ürünleri üretirken, Montaj 1 ise karma üretim yapmaktadır. Ana bantların yanında, beş adet yan montaj bandı bulunur. Sistemin genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- *Dengeleme Çözümü:* Bir bulaşık makinesi montajında ürün tipine göre değişkenlik göstermekle birlikte yaklaşık olarak 350 operasyon vardır. Bu operasyonların öncüllük-ardıllık ilişkisine göre istasyonlara atanmasına ve bununla birlikte istasyon adedinin belirlenmesine dengeleme çözümü denir. Mevcut sistemde 16 adet dengeleme çözümü vardır. Montaj 1 ve Montaj 3’te üretilen ürünlere göre bu çözümler montaj bantlarına uygulanır.
- *Üretim Planı:* Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi’nde aylık üretim planları ürün talebine göre üretim planlama tarafından yapılır. Montaj hattında, her vardiyada üretilmesi gereken model ve bu modellerin adetleri belirlenip, ürünlerin hangi sıraya göre üretileceği tecrübeye dayalı olarak gerçekleştirilir.
- *Stop & Go Bant:* Üretim bandı asenkronize biçimde hareket eder. Çalışanlar işleri bittikçe butonlara basarak bandın üstündeki ürünleri kaydırırlar.
- *Ara Stok Alanları:* İstasyon aralarında iş bekleme sürelerini azaltmak için belirli kapasitesi olan tampon (buffer) alanlar kullanılmaktadır. Kullanılan dengeleme çözümüne göre bu alanların kapasitesi değişmektedir.

- *Öbek Büyüklüğü:* Mevcut üretim sisteminde ürün çeşidi değişince istasyonlar belirli bir sıra bağımlı kurulum zamanına ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple, ürünler tek tek üretilmeyip öbekler halinde üretilmektedir.
- *Serbest İşçi:* Sabit çalışanlar kullanılan dengeleme çözümüne göre belirli istasyonlara atanmış çalışanlardır. Serbest çalışanlar ise banttaki darboğazları gidermek ve adam-saat değeri yüksek ürünlerin operasyonlarını hızlandırmak amacıyla istasyonlar arası yer değiştirirler. Devamsız işçi olarak da isimlendirilmektedirler.
- *Fonksiyon Test:* Montaj bandının istasyonları paralel biçimini almış fonksiyon test ünitesi hariç, seri bir şekilde çalışmaktadır. Her makine 47. istasyondan sonra fonksiyon test ünitesine girer. İşlem süresi ürün çeşidine göre yedi ile 16 dakika arasında sürer. Montaj 1’de 44, Montaj 3’te 52 ürün aynı anda testten geçebilir. Mevcut fonksiyon test başarısı %98’dir.

2.2 Semptomlar

Montaj bantlarında yapılan gözlemler sonucu aşağıdaki semptomlar gözlemlenmiştir:

- Verilen dengeleme çözümü ve üretim planına göre darboğazları önceden belirlemek için sistematik bir metodun olmaması, serbest işçilerin kullanılmasında verimsizliğe sebep olmaktadır.
- Ürünlerin üretime giriş sırasının belirlenmesinde ana montaj bandındaki istasyonların boşa kaldığı sürelerin dikkate alınmaması, bandın verimliliğini azaltmaktadır.
- Fonksiyon teste giren adam-saati değeri yüksek ürünlerin işlem sürelerinin uzun olması fonksiyon test girişindeki bekleme sürelerini arttırmaktadır.
- Yeni çıkan ürünlerin mevcut ürünlerden farklı adam-saat değerine sahip olması, montaj hattındaki mevcut dengeleme çözümlerinin verimlerinin azalmasına sebep olmaktadır.

3. Proje Tanımı

3.1 Problem tanımı

Yapılan analizler ve gözlemler sonucu Arçelik Ankara’daki endüstri mühendisliği problemleri şu şekildedir:

- Üretilecek olan ürünlerin sıralamasında istasyonlardaki bekleme sürelerini göz önüne alan matematiksel veya sezgisel modellerin eksikliği
- Serbest işçilerin istasyonlara atanmasında sistematik bir yaklaşımın eksikliği

3.2 Projenin kapsamı ve hedefleri

Projenin amacı yukarıda tanımlanan problemleri çözmeyi hedefleyen esnek bir karar destek sistemi tasarımıdır. Önerilecek esnek sistem mevcut plandaki ürün sıralamasını değiştirip serbest işçilerin

istasyonlara atamalarını yapacaktır. Projenin performans ölçütleri şunlardır:

- Verilen dengeleme çözümü ve üretim planına göre vardiya bazında banttan çıkan son ürünün çıkış süresi
 - İstasyonların boşa kaldıkları toplam süre
- Proje danışmanlarıyla yapılan değerlendirmeler sonucunda, malzeme akışı, yan montaj bantlarındaki operasyonlar ve montaj bantlarındaki fiziksel değişiklikler proje kapsamı dışındadır.

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Literatür taraması

Problem tanımı yapıldıktan sonra, önerilen yöntembilimde kullanılacak yaklaşımlar bulmak ve geçmişte yapılan benzer projeleri incelemek amacıyla literatür taraması yapılmıştır. Öncelikle, montaj hattının daha verimli çalışmasını amaçlayan sıralama ve dengeleme yazınına bakılmıştır.

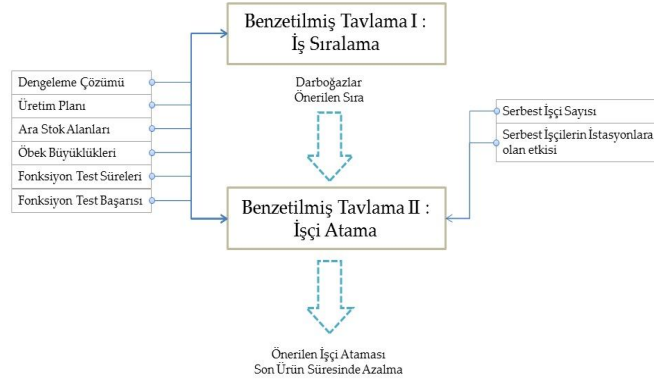
Montaj Hattı Dengeleme Problemi (MHDP) montaj hattındaki toplam iş yükünün belirli bir amaç fonksiyonuna göre istasyonlara dağıtılmasıdır. Son dönemlerde MHDP’de olan kısıtlayıcı varsayımlar endüstrideki montaj hatlarının özelliklerini gözardı etmektedir (Becker ve Scholl, 2006). Örnekleme gerekirse, 2006 ve 2010 yıllarında Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi’nde gerçekleştirilen bitirme projelerinde ara stok alanları, öbek büyüklükleri ve fonksiyon test ünitesi önerilen sistemlerde kullanılmamıştır (Altunbaşak ve diğerleri, 2006 ve Candan ve diğerleri, 2010). Ayrıca, toplam 800 model ve 500’den fazla operasyonun her biri için öncüllük-ardıllık ilişkisinin proje başlangıcında işletmede bulunmaması, geleneksel montaj hattı dengeleme çözümlerinin projeye uygulanamamasına sebep olmuştur.

Literatürde montaj hatlarının verimliliğini arttırmak için kullanılan bir diğer metot da montaj bandında üretilecek ürünlerin sıralanmasıdır (Boysen ve diğerleri, 2009b). Bu prosedür prensip olarak yüksek adam-saat gereksinimi olan modellerin arka arkaya gelmesiyle oluşabilecek darboğazları çözerek son ürünlerin çıkış zamanını azaltmaya çalışır. Çoklu model sıralaması için geliştirilen matematiksel modellerin çözüm süreleri sıralanan ürün adedi arttıkça üstel olarak arttığı için bu tarz problemler NP-Zordur. Bu nedenle sıralama problemlerinin çözümünde eniyileme yöntemlerinden ziyade sezgisel metodlar kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılan en tanınmış sezgisel metod Profil Bulma’dır (Pinedo, 2009). Bu metot kullanılarak yapılan geçmiş projeler araştırılmış, bu bağlamda 2007 yılında Man Türkiye A.Ş.’de yapılan proje de incelenmiştir (Atasever ve diğerleri, 2007). Fakat Profil Bulma, öbek büyüklüklerini ve sıra bağımlı kurulum zamanlarını göz önüne almadığı için Arçelik Ankara’ya doğrudan uygulanamamaktadır.

Özetle, mevcut literatürde montaj bandındaki öbek büyüklüklerini, ara stok alanlarını, paralel istasyonları ve serbest işçileri aynı anda göz önüne alan bir çoklu model sıralama algoritması bulunmamaktadır. Bu nedenle, önerilen yöntem bilimde mevcut çözümlerden esinlenen yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir.

4.2 Genel yaklaşım

Önerdiğimiz sistem birbirini takip eden iki tane Benzetilmiş Tavlama sezgisel metodu kullanarak Arçelik Ankara’da tanımlanan problemleri çözer. Günümüzde bir çok alandaki kombinasyonel eniyileme problemlerini çözmeye kullanılan Benzetilmiş Tavlama, astçözümlere küçük bir olasılıkla geçerek bölgesel eniyi çözümlerden kaçma özelliğine sahiptir. Geliştirmeye dayalı bir sezgisel metod olan Benzetilmiş Tavlama, temel olarak sisteme girilen bir başlangıç sıralamasından yeni sıralamalar oluşturarak iyileştirme sağlamaya çalışır. Eğer amaç fonksiyonunda bir iyileştirme sağlanırsa mevcut sıralama çözümü iyileştirilen çözümle değiştirilir ve sürece devam edilir.



Şekil 1. Önerilen Yöntembilim

Genel olarak bakacak olursak, Arçelik Ankara için özelleştirilen Benzetilmiş Tavlama sezgisellerinde değişik çözümleri karşılaştırmakta kullandığımız amaç fonksiyonu bütün parametreler girildiğinde son ürünün çıkış süresini hesaplayıp bir nevi kendi içerisinde sistem benzetimi yapar.

İlk Benzetilmiş Tavlama, bir vardiyadaki son ürünün banttan çıkış süresini küçültmek amacıyla ürünlerin montaj hattına hangi sıraya göre girmeleri gerektiğini söyler. İkinci Benzetilmiş Tavlama ise, ilk Benzetilmiş Tavlama’da bulunan sıralama sonunda en yoğun istasyonlara göre serbest işçilerin ilk atamalarını yapar. Buradan sonra, serbest işçi atamalarını değiştirerek ilk Benzetilmiş Tavlama’ya benzer şekilde son ürünün banttan çıkış süresini küçültmeyi hedefler. Yöntembilim şematik olarak Şekil 1’ de görülebilmektedir.

Ayrıca kullanılan yöntem bilimde aşağıdaki varsayımlar kabul edilmiştir:

- bütün serbest işçilerin çalışma hızlarının eşit yani eşlenik operatör oldukları,
- yan montajdan tedarik edilen parçaların gecikmesiz geleceği.

4.3 Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Benzetilmiş Tavlama metotlarında, işletmeden alınan parametreler ve benzetilmiş tavlama parametreleri olmak üzere iki çeşit girdi kullanılır (Ek 1).

4.3.1 Benzetilmiş Tavlama I

Çözüm Gösterimi

Bir vardiyada toplam $\sum D_m$ tane model üretilir. Her model BS_m öbek büyüklüğüne sahip olduğu için herhangi bir sıralama çözümünde o modelden yanyana en az BS_m miktarda bulunması gerekir. Ancak $D_m < 2 * BS_m$ ise, yani ürünün üretilmesi gereken miktar öbek büyüklüğünün iki katından küçükse D_m tane model birlikte sıralanır. Eğer üretilmesi gereken miktar $2 * BS_m$ 'den büyükse ürün öbeklere bölünerek sıralanır. Sıralama sonucu kaç tane değişik öbek olacağı verilen üretim planına göre değişir. Bir vardiyadaki öbek sayısına NB diyebiliriz. Her öbekteki ürünün adeti ve tipi şu şekilde tanımlanır:

MT_b : b'inci sıradaki öbekteki modelin tipi

V_b : b'inci sıradaki öbekteki modelin adeti; öyleki,

$$\sum_{MT_b=m} V_b = D_m, \forall m$$

Vardiyadaki ürünlerin öbeksiz yani tek tek gösterilmesi ise SQ ile yapılır:

SQ_p : p'inci sıradaki modelin tipi; öyleki,

$$SQ_p = \begin{cases} MT_1, 1 \leq p \leq V_1 \\ MT_2, V_1 < p \leq \sum_{j=1}^2 V_j \\ \dots \\ MT_{NB}, \sum_{j=1}^{NB-1} V_j < p \leq \sum_{j=1}^{NB} V_j \end{cases}, \forall p.$$

İlk Çözüm

İlk çözüm direk olarak girilen üretim planından elde edilir. Her model için öbek büyüklüklerine uyularak toplam üretim miktarı öbeklere bölünür. Bu öbekler göz önüne alınarak ürünlerin tekli sırası olan SQ oluşturulur.

Amaç Fonksiyonu

Son ürünün banttan çıkış süresi amaç fonksiyonu olarak alınmıştır.

Son ürünün çıkış süresinin hesaplanması için bir nevi sistem

benzetimi algoritması kullanılarak her modelin her istasyondan çıkış süresinin hesaplanması gerekir.

Sistem benzetiminde kullandığımız değişkenler literatürde Profil Bulma diye bilinen karışık model sıralama metodu temel alınarak oluşturulmuştur (Pinedo, 2009). Kullandığımız karar değişkeni aşağıdaki gibidir:

$DT_{p,s}$ = p'inci ürünün s'inci istasyondan ayrılma zamanı

Arçelik A.Ş.'de bulunan montaj bandı asenkronize hat olduğundan istasyon aralarında iş bekleme sürelerini azaltmak için belirli kapasitesi olan tampon alanlar kullanılmaktadır. Matematiksel anlamda iki istasyon arasındaki her bir tampon bölgesi ile tüm ürünler için işleme zamanı sıfır olan bir istasyon arasında hiç bir fark yoktur (Pinedo, 2009). Bu yüzden tampon kapasitelerini modele entegre etmek için modelde kullanılan $OT_{m,s}$ (işleme zamanı) matrisine, her s istasyonundan önce BC_s tane tamamı sıfırlardan oluşan sütunlar eklenir.

Bu modelde, banta giren ilk ürünün hiç bir kısıtlama ve bekleme olmadan bütün istasyonlardan geçeceği varsayılmıştır. Buna göre ilk sırada giren ürünün istasyon s'den çıkış süresi:

$$DT_{1,s} = \sum_{z=1}^s OT_{SQ_1,z}$$

Üretim sıralamasındaki herhangi bir bulaşık makinesi için istasyonlardan ayrılma zamanları da aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$DT_{p,1} = \max \{DT_{p-1,1} + OT_{SQ_p,1}, DT_{p-1,2}\}$$

$$DT_{p,s} = \max \{DT_{p,s-1} + OT_{SQ_p,s}, DT_{p-1,s+1}\}, s = 2, 3, 4, \dots, S-1$$

$$DT_{p,S} = DT_{p,S-1} + OT_{SQ_p,S}$$

Yukarıda verilen algoritma fonksiyon test ünitesi olmasaydı tüm istasyonlar için uygulanacaktı fakat FT için yeni bir algoritma geliştirilmiştir.

Öncelikle, $s=FT$ 'ye kadar tüm ürünlerin istasyonlardan çıkış süreleri hesaplanır. Fonksiyon teste geldiğinde ise $DT_{p,FT}$ ürünlerin fonksiyon testen çıkış süresi olarak değiştirilir. Bu ise ilk FTC ürün için fonksiyon testen çıkış süreleri eklenerek hesaplanır:

$$DT_{p,FT} = DT_{p,FT} + FT_{SQ_p}, 1 \leq p \leq FTC$$

Ondan sonra gelecek her ürün için fonksiyon testin tüm kapasitesiyle kullanılıp kullanılmadığına bakılır. Eğer test edilen ürünlerin sayısı fonksiyon testin kapasitesinden azsa, ürünlerin fonksiyon test süreleri benzer şekilde eklenerek çıkış süresi hesaplanır. Eğer, ürünün fonksiyon teste girebileceği boş yer yoksa, mevcut test edilen ürünler içinde en yakın zamanda çıkacak olan ürünün süresi hesaplanır ve ürünün fonksiyon test süresine eklenerek çıkış süresi hesaplanır.

Ürünlerin hepsinin fonksiyon testten çıkış süresi hesaplandıktan sonra, ürünler $DT_{p,FT}$ süresi en az olandan en fazla olana doğru sıralanırlar ve yeni bir SQ oluşur. Bu sıralama sonrasında, ürünlerin diğer istasyonlardan çıkış süreleri $DT_{p,FT}$ değerleri üzerine iteratif şekilde eklenerek Pinedo'nun algoritmasında verildiği gibi hesaplanır.

Amaç fonksiyonunu, vardiyadaki son ürünün son istasyondan çıkış süresine eşitleyerek $obj(SQ(MT, V))$ diye gösterebiliriz.

Komşu Çözümlere Geçiş

Mevcut çözümden başka çözüme geçilmesi, sıralamada bulunan iki öbeğin rassal olarak seçilmesi ve yerleri değiştirilmesi sonucunda olur.

Yöntem

Benzetilmiş Tavlama I'nin adımları Ek 2'de gözlemlenebilir. Klasik Benzetilmiş Tavlama sezgisel yöntemlerine benzer şekilde, sıcaklıkları değiştirerek astçözümlere geçme olasılığını değiştirir. Düşük sıcaklıklarda, yöntem iyi çözümlere yoğunlaşır.

4.3.2 Benzetilmiş Tavlama II

Bu yöntemde, Benzetilmiş Tavlama I'de kullanılan parametrelerin üzerine yeni girdiler eklenir: P, W ve RR. Periyot uzunluğu, işçilerin hangi sıklıkla istasyonlara atanacaklarını belirtir. RR ise istasyona yeni bir işçi atandığında, o istasyonun süresinde meydana gelebilecek azalmayı ifade eder. Buradaki amacımız işçilerin çalıştığı istasyonları değiştirerek son ürünün çıkış süresini azaltmaktır. Benzetilmiş Tavlama I'de kullanılan T_0 , T_f ve α değerleri bu yöntemde de kullanılmıştır.

Çözüm Gösterimi

Bu yöntemdeki çözüm $FW_{pr,w}$: periyot pr 'de serbest işçi w 'nin hangi istasyonda çalıştığını belirtir. Ayrıca, herhangi bir periyotta aynı istasyona iki serbest işçi atanmaz:

$$FW_{pr,w_1} \neq FW_{pr,w_2}, \forall w_1, w_2 \in 1...W, \forall pr .$$

İlk Çözüm

Serbest işçilerin ilk ataması Benzetilmiş Tavlama I sonucunda verilen en iyi üretim sırasına göre her periyotta W tane en yoğun istasyon belirlenip serbest işçilerin atanmasıyla elde edilir. Amaç fonksiyonu hesaplanırken ilk kısımda bulunan en iyi sıra kullanılır. Elimizde üretilecek tüm ürünlerin bütün istasyonlardan çıkış zamanı olduğu için bir istasyonun bir periyot boyunca ne kadar çalıştığı buradan hesaplanır. Son ürünün çıkış zamanından toplam kaç tane periyot olduğu (PR) hesaplanabilir.

Amaç Fonksiyonu

Benzetilmiş Tavlama I'de olduğu gibi son ürünün son istasyondan çıkış süresi amaç fonksiyonu olarak alınmıştır. Benzetilmiş Tavlama I'de yapılan hesaplamaların üzerine, ürünlerin istasyonlardaki operasyon zamanlarını OT olarak almak yerine eğer o anda o istasyonda

çalışan serbest bir işçi varsa RR değeri ile çarpılarak alınmıştır. Buradaki son ürünün son istasyondan çıkış süresi obj2(FW) olarak gösterilebilir.

Komşu Çözümlere Geçiş

Verilen bir çözümden başka bir çözüme geçiş rassal bir periyot ve W tane istasyon seçerek gerçekleştirilir. Seçilen bu periyottaki serbest işçiler, seçilen istasyonlara atanırlar ve bunun sonucunda tekrardan son ürünün çıkış süresi hesaplanıp bir önceki çözümle karşılaştırılır. Burada $RR_s=1$ değerine sahip olan istasyonlar oluşturulan komşu çözümlerin içine dahil edilmezler. Bu istasyonlar iki işçinin aynı anda çalışmasının fiziksel olarak mümkün olmadığı ya da çalıştıkları zaman üretim süresinde bir azalma meydana gelmeyen istasyonlardır.

Yöntem

Benzetilmiş Tavlama I'e benzer bir yöntem kullanılır. Amaç fonksiyonunda ilk aşamada kullanılan çözümle birlikte işçi atamalarının değiştirilmesiyle son ürünün çıkış süresini azaltmayı hedefler. Kullanılan yöntemin adımları Ek 3'de görülebilir.

4.4 Arayüz

Geliştirilmiş olan karar destek sistemi, Java programlama diliyle yazılmış olup tümleşik geliştirme ortamı olarak Netbeans 7.0 kullanılmıştır (Ek 4). Geliştirmiş olduğumuz arayüz, sonuç ekranında Benzetimsel Tavlama 1 sonucunda önerilen ürün sıralamasını, son ürünün çıkış süresindeki öngörülen dakika ve yüzde bazında iyileşmeyi ve serbest işçilerin hangi periyotta hangi istasyonda çalışacaklarını gösterir. Sistem tarafından önerilen çözümlerin, mevcut sisteme olan iyileştirici etkilerinin daha iyi anlaşılması için sıralama çözümü yapılıp gerekli istasyonlara işçi atamaları yapıldıktan sonraki durum ile ilk durum karşılaştırılır. Karşılaştırma ölçütü istasyon verimlilikleridir ve çubuk grafiği vasıtasıyla kullanıcıya sunulur (Ek 5). Bunun yanısıra önerilen çözümler uygulandığı takdirde her bir periyot için her istasyonun verimlilikleri de ayrı ayrı çubuk grafikleri olarak görüntülenir.

5. Algoritma Doğrulama ve Performans Ölçülmesi

Senaryo analizi

İşletmede 800 ürünün tüm istasyonlardaki toplam operasyon süresi veri olarak hazır bulunmadığı için, 14 ürün ailesi üzerinden operasyon zamanları alınmıştır. Bunun yanında bu ürün ailelerinin bir aylık üretim planında günlük üretim miktarları da alınmıştır. Ara stok alanları ise verilen dengeleme üzerinden statik olarak hesaplanır. Bu ürün ailelerinin öbek büyüklükleri ise işletmenin tecrübesine dayanarak belirlenmiştir. Ayrıca serbest işçi sayısı işletme tarafından sağlanan bilgiye göre dört olarak alınmıştır.

Önerilen benzetimsel tavlama metodları çeşitli parametre değerleri için Intel CORE i7 2.0 GHz işlemcili bilgisayarda test edilip $I_{iter}=50$, $\alpha=0.95$, $T_0=100$, $T_f=0.15$ ve $P=3600$ değerleri için sistemin en iyi değerleri verdiği gözlemlenmiştir. Ortalama çözüm süresi 120 saniyedir. Önerilen sistem her vardiyada kullanılacağı için çözüm süresinin kısa olması uygulanabilirlik açısından önem taşımaktadır.

Sağlanan veriler üzerinden yapılan koşturum sonuçları Ek 6'da görülmektedir. Koşturum sonuçlarında bir vardiyada 15 dakika yani %3'e varan gelişmeler sağlanmıştır. Koşturum sonuçlarının şirkete faydaları 7. bölümde anlatılmaktadır.

Sistemin performansını etkileyen faktörler

- 800 farklı ürünün 14 ürün ailesinde toplanması, ürünler arasındaki değişkenliği azalttığından dolayı, sistemin performansına doğrudan etki etmektedir. Ürün aileleri arasındaki değişkenlik arttıkça sistem tarafından önerilen geliştirmelerin artması beklenir.
- Öbek büyüklüğü sistem performansını etkileyen bir diğer faktördür. Öbek büyüklükleri azaldıkça sistemin daha iyi geliştirmeler sunduğu görülmüştür fakat küçük öbek büyüklüklerinin uygulanabilirliği daha zordur. Sık sık ürün değişmesi üretim hattında kurulum zamanlarının artmasına neden olur. Bu yüzden, her model için doğru öbek büyüklüğünün hesaplanması sistemin performansı açısından önemlidir.
- Dengeleme çözümü de sistemin performansında önemli bir rol oynar. Eğer yapılan dengelemede istasyonlar arasında yüksek operasyon süreleri farkı varsa, bu fark önerilen sistem tarafından ürünlerin sıraları değiştirilerek ve serbest işçi atamaları yapılarak kapatılmaya çalışılır.
- Üretim planı da sistemin performansında önemli rol oynar. Plandaki modellerin bant üzerindeki toplam adam-saat değerleri arasındaki fark arttıkça önerilen sistemin daha iyi geliştirme gösterdiği gözlenmiştir.

6. Uygulama

6.1 Sistemin uygulanması için gerekli altyapı

Java tabanlı geliştirilen sistem bağımsız yürütülebilen bir program olduğundan, sistemin kullanılacağı bilgisayarlarda JDK 6.0 ve üzeri bulunması yeterlidir. Sistemin çalışması için gerekli olan girdiler ise şirketin şu an mevcut sisteminde kullandığı MS Excel dosyalarından okunmaktadır.

6.2 Uygulama planı

Uygulama planı çerçevesinde bir aylık üretim planı alınarak sisteme aktarılmıştır. Sistemin eksiksiz çalıştığı test edilmiş olup şirketteki ilgili kişinin bilgisayarına kurulmuş ve gerekli bilgilendirme

yapılmıştır. Sistem şu an deneme aşamasında olup, sistemin Mayıs 2011 sonu itibariyle uygulamaya geçmesi planlanmaktadır.

7. Genel Değerlendirme

Proje kapsamında geliştirilen model, sadece Arçelik Ankara'ya özgü olmayıp özellikle ara stok alanlarıyla ve öbek büyüklükleriyle çalışan üretim sistemlerine uygulanabilir niteliktedir. Sistemin esnek yapısı işletmedeki olası dengeleme, ara stok alanı, işçi sayısı değişimlerine ve yeni ürün girişlerine uyum sağlayabilmektedir.

Arçelik Ankara'daki montaj bandını bir bütün olarak ele alan sistem, yerel eniyi çözümler geliştirmek yerine sistemin tamamının eniyilemesini göz önüne almıştır. Genel olarak, önerilen sistemin en önemli artıları esnek, uygulanabilir ve sürdürülebilir olmasıdır.

7.1 Firmaya katkılar

İşletmedeki mevcut sistemde üretim sıralama sistemi eksikliği tespit edilmiş ve önerilen sistemde bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. İşletmeden alınan verilerle yapılan testler sonucunda bir vardiya için toplam üretim süresinin ortalama 10 dakika azaldığı gözlemlenmiştir. Hattın ortalama çevrim süresinin 23 saniye olduğu göz önüne alınırsa, geliştirilen sistem, her bir vardiya için aynı kaynaklarla, aynı bantta 25'ten fazla ekstra ürün üretilmesini mümkün kılmaktadır. Geliştirilen sistemin zor ve kolay ürünlerin aynı anda üretildiği Montaj 1 bandına uygulanması düşünülmektedir. Montaj 1 üretim bandında günlük iki vardiya çalışıldığından, geliştirilen sistemle günlük ortalama 50 ürün fazladan üretilmektedir.

Bu ürün artışının şirkete önemli bir mali getiri olarak dönmesi beklenir. İşletmeye sağlanan faydanın, ortalama bir bulaşık makinesinin satış fiyatı 1.100 TL olarak alındığında, 300 günde %6,2 kar marjıyla çalışıldığında

$1.100 \text{ TL/ürün} * 278 \text{ gün/yıl} * 50 \text{ ürün/gün} * 0,062 = 947.980 \text{ TL/yıl}$ olması beklenir.

Finansal katkılarının yanında, darboğazları ve istasyon verimliliklerini önceden veren bir mekanizmanın geliştirilmesi montaj hattının kontrolünü kolaylaştırıcı niteliktedir. Ayrıca, geliştirilen sistem işgücü, fonksiyon test kapasitesi, ara stok alanı eniyileme ve dengeleme verimlilik analizi gibi çalışmalarda yardımcı olarak kullanılabilir.

7.2 İleriye dönük / geliştirme konularında öneriler

Geliştirilen iş sıralama ve işçi atama sistemi kullanıma hazır durumdadır. Sistem şirkette kullanılan tüm dengelemelerle entegre edildiğinde daha verimli çalışacaktır. Gelecekte, üretilen modellerin her istasyondaki operasyon sürelerinin hesaplanarak güncel tutulmasının şirkete fayda sağlaması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Altunbaşak,N.; Ayrancı, M.; Güner, S.; Paç, B.; Türkmen, S. ve Ulusan, E. (2006), “Bulaşık Makinesi Montaj Hattı Tasarımı Projesi-Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası”, Bitirme Projesi Raporu, Endüstri Mühendisliği, Bilkent Üniversitesi, Ankara
- Atasever, M.; Baran, S.; Gültemiz, B.; Gürbüz, A.; Koyuncu, G. ve Mısırcı, M. (2007), “Otobüs Montajında Verimlilik için Hat Tasarım ve Planlama Yöntemleri- MAN Türkiye A.Ş.”, Bitirme Projesi Raporu, Endüstri Mühendisliği, Bilkent Üniversitesi, Ankara
- Becker, C., Scholl, A., 2006. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research* 168, 694-715.
- Boysen, N., Fliedner, M., Scholl,A., 2009b. Sequencing mixed-model assembly lines: Survey, classification and model critique. *European Journal of Operational Research* 192(2), 349-373
- Candan, C.; Ersözlü, D.; Kocabıyık, C.; Uslu, T. ve Tekin, M. (2010), “Bulaşık Makinesi Fabrikası Montaj Hattında Esneklik ve Verim Arttıran Karar Destek Sistemi Tasarımı-Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası”, Bitirme Projesi Raporu, Endüstri Mühendisliği, Bilkent Üniversitesi, Ankara
- Pinedo, Michael L. (2009), *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services* (Second Edition), Springer, New York

EKLER

Ek 1. Benzetilmiş Tavlama'da kullanılan parametreler

Dizinler

m : model, s: istasyon, w: serbest işçi, p: ürün, pr: periyot

Parametreler

M: toplam model sayısı

S: toplam istasyon sayısı

$OT_{m,s}$: model m'nin s'inci istasyodaki toplam operasyon zamanı

D_m : model m'nin vardiyada montaja girecek model adedi

BS_m : model m'nin öbek büyüklüğü

BC_s : istasyon s'nin ara stok seviyesi

RR_s : istasyon s'e serbest işçi atandığında toplam operasyon süresinin azaltılmış katsayısı

FT_m : model m'nin fonksiyon test süresi

FT: fonksiyon test ünitesinden önceki istasyon

FTC: fonksiyon test ünitesini kapasitesi

W: toplam serbest işçi sayısı

P: bir periyodun uzunluğu

Benzetilmiş Tavlama Parametreleri

T_0 : ilk sıcaklık

T_f : son sıcaklık

T: şimdiki sıcaklık

α : sıcaklık azaltma katsayısı

I_{iter} : toplam iterasyon sayısı

I: şimdiki iterasyon

Ek 2. Benzetilmiş Tavlama I'in adımları

SA1($T_0, T_f, \alpha, I_{iter}, OT, D, BS, BC, FT, FTC$)

Adım 1: Manuel olarak belirlenen ilk sıralamayı dosyadan oku ve D_m değerlerinin (MT,V) olarak öbek büyüklüklerine bağlı kalarak oluştur.

Adım 2: $T=T_0$; $I=0$; $F_{best} = \text{obj}(\text{SQ}(\text{MT},V))$; $(\text{MT}_{best}, V_{best}) = (\text{MT},V)$;

Adım 3: $I=I+1$;

Adım 4: (Mevcut çözümden komşu çözüm oluşturulması) (MT,V) içindeki öbeklerden rassal olarak iki tane seçip yerlerini değiştir ve (MT^*V^*) 'a eşitle

Adım 5: $\Delta = \text{obj}(\text{SQ}(\text{MT}^*V^*)) - \text{obj}(\text{SQ}(\text{MT},V))$

Adım 5.1: Eğer $\Delta \leq 0$ ise $(\text{MT},V) = (\text{MT}^*V^*)$

Adım 5.1.2: Eğer $\text{obj}(\text{SQ}(\text{MT}^*V^*)) < F_{best}$ ise

$F_{best} = \text{obj}(\text{SQ}(\text{MT}^*V^*))$ ve $(\text{MT}_{best}, V_{best}) = (\text{MT}^*, V^*)$

Adım 5.2: Eğer $\Delta > 0$ ise [0,1] aralığından rasgele r sayısını oluştur.

Eğer $r < \exp(-\Delta/T)$ ise $(\text{MT},V) = (\text{MT}^*V^*)$

Adım 6: (Sıcaklık değişimini kontrol et)

Adım 6.1: Eğer $I=I_{iter}$ ise, $T = \alpha T$; $I=0$

Adım 6.2: Eğer $I < I_{iter}$ ise, Adım 3'e git

- Adım 7: (Sezgiseli bitir ya da devam et)
Adım 7.1: Eğer $T < T_f$ ise SA1'i bitir
Adım 7.2: Eğer $T \geq T_f$ ise Adım 3'e git

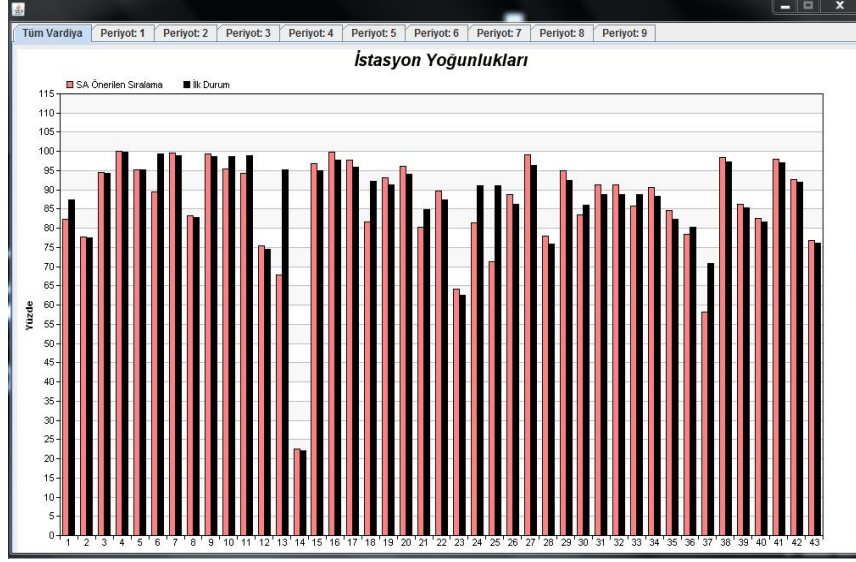
Ek 3. Benzetilmiş Tavlama II'nin adımları

- SA2($T_0, T_f, \alpha, I_{iter}, OT, D, BS, BC, FT, FTC, MT_{best}, V_{best}, RR, P, W$)
Adım 1: MT_{best}, V_{best} 'i kullanarak her periyottaki en yoğun istasyonları belirle ve bunu FW'ye ata
Adım 2: $T=T_0; I=0; F2_{best} = obj(FW); FW_{best} = FW;$
Adım 3: $I=I+1;$
Adım 4: (Mevcut çözümden komşu çözüm oluşturulması) FW içindeki periyotlardan rassal olarak bir tane seç. Ayrıca W tane rassal istasyon seçip serbest işçileri ata. Yeni çıkan atamayı FW^* 'ye eşitle
Adım 5: $\Delta = obj2(FW^*) - obj2(FW)$
Adım 5.1: Eğer $\Delta \leq 0$ ise $FW = FW^*$
Adım 5.1.2: Eğer $obj2(FW^*) < F2_{best}$ ise
 $F2_{best} = obj2(FW^*)$ ve $FW_{best} = FW^*$
Adım 5.2: Eğer $\Delta > 0$ ise $[0,1]$ aralığından rasgele r sayısını oluştur.
Eğer $r < \exp(-\Delta/T)$ ise $FW = FW^*$
Adım 6: (Sıcaklık değişimini kontrol et)
Adım 6.1: Eğer $I=I_{iter}$ ise, $T = \alpha T; I=0$
Adım 6.2: Eğer $I < I_{iter}$ ise, Adım 3'e git
Adım 7: (Sezgiseli bitir ya da devam et)
Adım 7.1: Eğer $T < T_f$ ise SA2'yi bitir
Adım 7.2: Eğer $T \geq T_f$ ise Adım 3'e git

Ek 4. Ana Ekran



Ek 5. Grafikselle raporlama



Ek 6. Koşurum sonuçları



Hastane Randevu Sisteminin Yeniden Düzenlenmesi

Ankara Güven Hastanesi

Proje Ekibi

Merve Avcı
Deniz Bayraktaroğlu
Aslı Kurşuncu
Hayriye Sakarya
Serkan Sarper

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, Güven Hastanesi, Eğitim ve Geliştirme Müdürü

Akademik Danışman

Asst. Prof. Ayşegül Toptal, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ankara Güven Hastanesi'nde randevu verme işlemi esnasında hastaların riayet etmeme riski göz önünde bulundurulmadan randevu verilmektedir. Riayet etmeyen hastalar aynı saat için talepte bulunmuş olan başka hastaların boş yere randevu alamamasına, hastane kaynak kapasitelerinin verimli kullanılmamasına ve finansal kaynaklarda kayıplara yol açmaktadır. Bu sebeplerle, randevu verme anında randevu riayetini göz önünde bulunduran bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Randevu riayetine etki eden faktörlerin tespiti sonucu, Java programlama diliyle yazılmış, mevcut sisteme entegre edilebilecek yeni bir randevu sistemi geliştirilmiştir. Proje performans kazanımları benzetim modelleri üzerinden tespit edilmiş, kaynak kapasite kullanımında ortalama %7.7'lik bir artış, randevularına gelmeyen hasta yüzdesinde ise %10.81'lik bir azalma sağlanmıştır. Projenin uygulamaya geçirilmesi hastane tarafından onaylanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Randevu Riyeti, Risk Faktörleri, Stokastik Hasta Davranışı, Kaynak Kapasite Kullanımı

1. Şirket Tanıtımı

Türkiye'nin önde gelen hastanelerinden biri olan Güven Hastanesi 1974 yılında Küçükkel ailesi tarafından Ankara'nın ilk özel hastanesi olarak kurulmuştur. Misyonları, uzman kadrosu ve gelişmiş teknolojisiyle, etik değerler çerçevesinde, hizmetinin her safhasında tam bir güvenle insan hayatına değer katıp en yüksek kalitede sağlık hizmeti sağlamaktır. Ankara Güven Hastanesi, 40 farklı branşta 140 doktor ve 261 hemşire olmak üzere toplam 1011 kişilik çalışanıyla sağlık hizmeti vermekte olup hem devlet hem de özel sağlık sigorta şirketleriyle anlaşması vardır. CEREBRUM adı verilen sistem sayesinde ise beyaz yaka çalışanların arasındaki hastane içi iletişim sağlanmaktadır. CEREBRUM hastane işletim sistemi hastanenin kendi lisanslı ürünü olup, bu işletim sisteminin farklı sektörlere ihracı da söz konusudur. Bu konuda Bilkent Cyberpark'ta bulunan "BNK Bilgi İşlem Teknolojileri Danışmanlık Hizmetleri Ltd. Şti." ile faaliyetlerini sürdürmektedir.

2. Projenin Tanımlanması

2.1 Mevcut sistem analizi

Randevu verme süreci tüm hastane sisteminin işleyişi açısından kritik bir süreçtir. Hastalar çağrı merkezini ya da poliklinikteki hasta danışmanlarını arayarak randevu alabilmektedir. Tüm hastane randevu süreci hastane içi iletişim sistemi CEREBRUM tarafından yürütülmektedir. Randevu talepleri ilgili çağrı merkezi çalışanı ya da hasta danışmanı tarafından 30 dakikalık zaman dilimleri halinde CEREBRUM sistemine girilmektedir. Hastalar hastaneye randevu alarak, ya da randevu almadan aradan hasta olarak gelebilmektedirler.

Randevusuz olarak gelen hastalar, randevulu hastalar tarafından doldurulmayan zaman dilimlerinde hizmet görebilmektedirler. Aradan gelen hasta yoğunluğu gün içerisinde saatlere göre belli bir dağılım göstermektedir. Ancak hastalara belirli bir saat için randevu verilirken o saatteki aradan gelen hasta yoğunluğu dikkate alınmamaktadır.

Son bir yıl içerisindeki veriler gözlemlenerek A Blok polikliniğe başvurarak randevu alan hastaların %23'ünün randevularına riayet etmediği sonucuna varılmıştır.

2.2 Şikayet ve belirtiler

Mevcut sistemde, bir hastaya belirli bir saat için randevu verildiğinde o saat dilimi dolu olarak işaretlenmekte ve daha sonra gelen randevu taleplerine kapatılmaktadır. Ancak hasta davranışı stokastik bir süreçtir ve verilen her bir randevu riayet edilmeme riski taşımaktadır. Randevularına riayet etmeyen hastalar; aynı saat için talepte bulunmuş olan başka hastaların boş yere randevu alamamasına, doktorların zamanının boş geçmesine ve hastane kaynaklarının verimsiz kullanımına yol açmaktadır. Ayrıca sıradaki hastaya hizmet verilmeden önce,

gelmeyen hasta geç gelebilme ihtimaline karşı bir süre beklenildiği için hasta bekleme sürelerinin artmakta ve hasta memnuniyeti azalmaktadır.

2.3 Problem tanımı

Riayet etmeme durumu stokastik bir süreç olduğu ve hastanın riayet edip etmeyeceği önceden belirlenemeyeceği halde, bu durum bazı deterministik faktörlerle ilişkilendirilerek belirli bir ölçüye kadar tahmin edilebilir kılınabilir. Ancak, mevcut sistemde riayet etmemeye yol açan etkenlerin tespiti yapılmamakta ve randevular hastaların gelmeme riski göz önünde bulundurulmadan verilmektedir. Bu durum hastaların verilen randevulara riayet etmeme riskini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra, randevu verilirken bazı saat dilimleri boş kalmakta, bazı saat dilimleri ise aradan gelen hastaların da etkisiyle fazla yoğun olmaktadır.

2.4 Projenin amaçları ve kapsamı

Bu proje kapsamındaki amaçlar randevu verme anında istenilen randevunun riayet eğiliminin tespit edilerek değerlendirilmesi, hastaya bu değerlendirme sonucunda randevulara riayet etmeme riskini azaltacak şekilde randevu verilmesi, bu şekilde doktor kapasite kullanımını arttırmak ve tüm hastane kaynaklarını daha verimli şekilde kullanmak olmuştur. Bu amaçlara ulaşmamızı sağlayacak, hastane mevcut randevu sistemine entegre edilecek şekilde tasarlanmış yeni bir randevu sistemi hastaneye önerilmiştir. Önerilen yeni sistemin seçilen bir pilot bölümde uygulamaya başlamasına karar verilmiştir. Fazla geçmiş veriye sahip olması, randevuya riayet etmeme oranının yüksek olması, yüksek sayıda hasta kapasitesine sahip olması ve büyük sistemin özelliklerini birebir yansıtan bir alt sistem olması gibi etkenler sonucunda pilot bölüm A Blok "Dahiliye" bölümü olarak seçilmiştir. Bu proje kapsamındaki öneri, uygulama ve iyileştirmelerin tamamı seçilen pilot bölüm üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3. Literatür Araştırması

Sağlık hizmetleri sistemlerindeki ve zaman planlanması konularındaki önemli araştırmalar detaylı olarak analiz edilmiştir. Denton ve Gupta (2008) bu konu hakkında yazılan tüm kaynakların incelemesini yapmışlardır. Proje kapsamında, bu incelemeler arasından çağrı merkezi ve sağlık hizmeti sistemleri uygulamaları için geliştirilen modellere odaklanılmıştır. Söz konusu modeller ile tarafımızdan geliştirilen modelin benzerlikleri talebin stokastik özelliklerine dayanmaktadır.

Takakuwa ve Wijewickrama (2008) ise randevu kuralları ve hastaların özelliklerini birlikte düşünerek hastanelerde kullanılan randevu sistemini değerlendirmişlerdir. Randevu kuralları ve hasta özelliklerinin birlikte düşünülerek değerlendirilmesi, bizim modelimizde de var olan bir özelliktir. Lacy vd. (2004) randevularına riayet etmeyen hastaların davranışlarını ve klinikteki iş akışına olumsuz

etkilerini analiz etmişlerdir. Hastaların randevularına riayet etmeme nedenlerini araştırmak için bir aile kliniğinde birçok anketler yapmışlardır. Bu anket sonucunda ortaya çıkan nedenler, önerdiğimiz modelde randevu riayetine etki etmesi olası olan faktörlerin belirlenmesinde yol gösterici olmuştur. Projemizin hedeflerinin de bu çalışmalarla paralellik gösterecek şekilde hastane kaynaklarının kullanımını arttırmak ve hastaların problemsiz bir şekilde gelmelerini sağlamak olmasından dolayı, söz konusu çalışmalar izlenecek yöntem hususunda yol gösterici olmuştur.

4. Sistemin Tasarlanması

4.1 Kısıtlar ve varsayımlar

Kısa vadede, dahiliye departmanında çalışan doktor sayısının sabit kalacağı, hasta davranışlarının ve hasta riayetine etki eden faktörlerin ve aradan gelen hasta sayısının gün içerisindeki dağılımının değişmeyeceği varsayılmıştır.

Randevular 30 dakikalık zaman dilimleri halinde verilmektedir ve mevcut işleyiş randevu sürelerinin değişmesine olanak vermemektedir. Hasta randevu talebinde bulunurken istediği doktoru belirtebilmektedir. Hasta sistem tarafından önerilen hiçbir randevu saatini kabul etmezse, riayet etmeme riski yüksek bile olsa hastanın istediği saate randevu vermek zorunludur. Doktorların alışma saatleri ve programları önceden belirlenmiştir ve değiştirilemez. Ayrıca acil bir durum olduğunda doktorlar tüm mevcut randevularını iptal edebilirler.

4.2 Sistem girdilerinin belirlenmesi

Randevu riayetinde etkili olan faktörlerin doğru tespit edilmesi sistemin tasarlanması aşamasında en önemli süreçtir. Güven Hastanesi'nin dahiliye departmanı için, Mayıs 2009-Mayıs 2010 tarih aralığında 1 yıllık hasta kayıt verileri alınmıştır. Randevu riayetinde etkili ve etkisiz olan faktörlerin belirlenmesi için Pearson'un Ki-Kare testi en uygun hipotez testi olarak seçilmiş, önem derecesi 0.01 olarak alınmıştır. Çeşitli faktörlerin etkisi altında randevularına gelen ve gelmeyen hasta sayılarının değişimi incelenmiştir. (Ek 1). Yapılan testler sonucunda, etkili faktörler gün farkı (randevu talep edilen gün ile randevu günü arasındaki fark), randevu saati, doktor ve mevsimsellik olarak ortaya çıkmıştır.

Belirlemiş olduğumuz risk faktörleri sonucunda oluşturulan sezgisel algoritma (Ek 2), randevu verme anında riayet etmeme riskini en aza indirgeyecek şekilde randevu vermeyi, bunu yaparken bir yandan da hastane kaynaklarının kapasitesini en etkin ve verimli şekilde kullanmayı amaçlamaktadır. Sezgisel algoritmanın bir parçası olarak, risk faktörlerine uygun ağırlıkların atanması sonucu hasta randevu riayet eğilimlerini hesaplayan $F_i = A_{(i,slot)jkm} * (1/R_{i,slot}) * (1/W_{i,slot}) * S_{ki}$ formülü oluşturulmuştur. Bu formülün gün farkı, randevu saati, doktor ve

mevsim girdilerine göre kazandığı farklı değerleri göstermek amacıyla bu girdilerin her türlü kombinasyonuna göre ayrı ayrı matrisler oluşturulmuştur. Bu matrislere gün içerisindeki iki randevu saati için örnek Şekil 1’de görülebilir.

Fi Doktor 1- Eylül								
	0	1	2	3	4	5	6	7
09:00:00	218	199	191	210	201	205	209	215
16:00:00	82	87	75	104	68	59	89	74

Şekil 1. F_i matrisine bir örnek.

Matrislerde yer alan değerler ne kadar yüksekse, hastanın randevuya riayet etme eğilimi de o kadar yüksek demektir. Bu yüzden F_i değeri büyük olan bir slota randevu vermek daha değerlidir. Formülden anlaşıldığı üzere F_i 'nin değeri i slotunun aradan gelen hastalarla doldurulabilirliği olan $W_{i,slot}$ ve başka randevularla doldurulabilirliği olan $R_{i,slot}$ ile ters orantılıdır. Yani bir slot aradan gelen hastalarla ya da başka randevularla zaten doldurulabiliyorsa bu slota randevu vermenin değeri daha az, doldurulması daha zor bir slota randevu vermenin değeri ise daha fazladır. Mevcut randevu verme sistemi ile önerilen randevu verme sistemi benzetim modelleri üzerinde karşılaştırılarak, doktor verimliliği ve hasta riayet oranındaki değişimler gözlenmiş, oluşturulan sezgisel algoritma bu şekilde test edilmiştir.

4.3 Önerilen sistem

Sezgisel algoritma sonucu hesaplanan riayet etme eğilimleri önerilen sistemin girdileri olarak kullanılacaktır. Bu sistem Java programlama diliyle kodlanıp hastanenin mevcut randevu sistemine entegre edilecektir. Böylelikle, hangi zaman dilimlerinde hangi doktorların boş veya dolu olduğu bilgisi yeni sisteme aktarılacak ve bu yeni sistem üzerinden randevu verilebilecektir. Randevu çizelgeleri yedi günlük açılmakta ve yedi günde bir yenilenmektedir. Yeni randevu sisteminin işleyişi aşağıda verilmiştir:

1. Öncelikle hastanın randevu talep ederken spesifik bir saat belirtip belirtilmediğine bakılır.
 - a. Hasta saat talep etmişse ekranda yer alan “Saat istendi” butonu işaretlenir.
 - b. Hasta saat talep etmemişse istenilen saatle ilgili herhangi bir işlem yapılmadan 2. adıma geçilir.
2. “Bir tarih seçin” butonundan hastanın talep ettiği randevu tarihi seçilir.

3. Seçilen günün tüm randevu saatleri hastanın riayet etme eğilim değerinin en büyük olduğu saatten en küçük olduğu saate kadar alt alta dizilir. Her saatin yanında riayet etme eğilim değeri yazmaktadır. Sol tarafta ise yedi günlük randevu çizelgesi görülmektedir. Doktorun uygun olmadığı ya da başka hastalar tarafından daha önce doldurulmuş olan saatlerin değerleri “0” olarak gösterilir.
4. Ekranın sağ tarafında en yüksek değere sahip ilk üç zaman dilimi turuncuyla gösterilir. Randevuyu veren kişi hastaya randevu saati önermeye turuncu saat dilimlerinden başlamalı, hasta önerdiği saatin onaylamazsa bir aşağıdaki saati önermeli ve hasta tarafından onaylanan ilk randevu saati için randevuyu vermelidir.
5. Hasta randevu saati belirtmişse bu saat sağ taraftaki kısımda mavi olarak görülür. Hastanın talep ettiği saatin iki saat gerisindeki ve iki saat ilerisindeki saatler ise yeşil ile gösterilir. Böylelikle, yeşille gösterilen saatlerin içinde gelme eğilimindeki sıralaması yüksek olan bir saate randevu verildiği takdirde hem hastanın talep ettiği saate yakın hem de gelme eğilimi yüksek olan bir saate randevu verilmiş olunacağı konusunda kullanıcı bilgilendirilir.
6. Soldaki randevu çizelgesinde dolu ya da boş olan zaman dilimlerini görmek mümkündür. Eğer bir saat doluyorsa o saat kırmızı ile gösterilir. Boş olan saate yeni bir randevu verildiğinde de o saat artık kırmızı gözükmeye başlar.
7. Ekranın sağ alt köşesinde “Randevuyu geri al” butonu vardır. Eğer randevuyu veren kişi yanlış bir saate basarsa ya da hasta fikrini değiştirip başka bir zamana randevu almak isterse bu buton kullanılarak önceden kırmızı ile dolu gösterilen saat geri alınarak boş olarak gösterilebilir. Bu yeni sistemle randevuların gelme eğilimini arttıracak şekilde verilmesinin sağlanması amaçlanır.

Önerilen sistemin ekran görüntüsü Şekil 2’de görülebilir.



Şekil 2. Önerilen sistem ekran görüntüsü

5. Sistemin Test Edilmesi ve Çözüm Analizi

5.1 Benzetim modeli üzerinden performans değerlendirme

Proje kapsamında önerilen randevu sisteminin nasıl bir iyileştirme sağlayacağını sistemi değiştirmeden öngörebilmek açısından benzetim modellerine başvurulmuştur. Bu sayede önerilen sistemin gerçekten faydalı olup olmadığı ve entegrasyon sürecindeki emeğin ne tip bir sonuç vereceği daha değişiklikler yapılmadan önce fark edilebilmiştir. Ayrıca, benzetim üzerinde yapılan değişikliklerle önerilen sistemin acil durumlarda nasıl bir tepki vereceği de sınanabilmiştir.

Mevcut sistemin modelinde geçmiş zamanda alınan verilere göre, randevu talep sıklığının dağılımı belirlenmiştir. Modelde hastaların günlere, bu günlerdeki saatlere ve doktorlara olan talebi verilerdeki tercihlerle aynı kabul edilmiştir. Örneğin toplam randevuların geçmişte %15’i Pazartesi gününe alınmışsa; model, randevu alan hastaların da %15’ini Pazartesi gününe randevu istemekte olarak kabul etmiştir. Randevu taleplerinin bu dağılıma göre ortaya çıktığı varsayılarak her bir randevu için randevu saatleri ve bunlara karşılık gelen doktorlar için taleplerde bulunulmuş ve istedikleri saatler boşsa buralara yerleştirilmişlerdir. Hastaların hangi doktora ve randevu saatine yerleştirildiklerinin yüzdeleri, 1 yıllık geçmiş verilerde randevu taleplerinin doktora ve randevu saatine göre dağılım yüzdeleri üzerinden belirlenmiştir. Sistemin performansı hastaların geçmiş tarihteki

randevularına gelme yüzdeleri aynı kabul edilerek test edilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, hastanenin hastanın randevu talebi üzerinde hiç bir etkisi olmamasıdır. İstenen randevu, talep edilen saat müsait olduğu takdirde hastaya, başka hiç bir etkene bakılmaksızın verilmiştir.

Bundan sonraki aşamada önerilen sistemin benzetim modeli hazırlanmıştır. Bu modelde de randevu talepleri geçmiş veriler üzerinden elde edilen gelen randevu talebi sıklığına göre oluşturulmuş, hastalar belirli yüzdeler karşılığında kendi istedikleri gün ve doktor kapsamında gelme eğilimleri daha yüksek ve hastane için doluluk bakımından daha uygun saatlere yönlendirilmişlerdir. Önerilen sisteme ait mevcut bir geçmiş veri olmadığı için, iki doktora yerleştirilme yüzdelerinin %50'ye %50 olduğu ve hastaların sistem tarafından önerilen ilk randevu saatini kabul etme yüzdelerinin %70 olduğu varsayılmıştır. Gerçekçiliğe daha yaklaşmak için, hastaların kimi zaman önerilen seçenekleri istememesi hatta kimi durumlarda kendi istedikleri saatten vazgeçmeme durumları da göz önüne alınmıştır.

Ardından bu iki sistemin sonuçları kaynak kapasite kullanımı ve riayet etmeyen hasta yüzdesi performans ölçütlerine göre karşılaştırılmış ve duyarlılık analizi uygulanmıştır. Böylece performans ölçütleri için daha önce yapılmış olan varsayımlar da duyarlılık analizine tabi tutulmuştur. Sistemin parametrelerinin normal dışı geliştiği durumlarda da sistemin nasıl tepki verdiği ölçülmüştür. Bu testler bir hafta boyunca çalıştırılmış ve sistemdeki rassallığın hata payını önlemek adına her ayrı parametre için sistemden 50 farklı sonuç çıkarması istenmiştir.

5.2 Duyarlılık analizi

Benzetim modeli üzerinden olası farklı senaryoların sonuçları incelenerek bu sonuçlara göre duyarlılık analizi yapılmıştır. Dahiliye bölümünden randevu alan hastaların hangi yüzde ile birinci hangi yüzde ile ikinci doktoru tercih edecekleri ve hangi olasılıklarla karar destek sisteminin önereceği saatleri tercih edecekleri gibi konuların herhangi bilinen bir olasılığı olmaması nedeniyle duyarlılık analizine ihtiyaç duyulmuştur.

Duyarlılık analizinde farklı senaryolar göz önüne alınmış ve bunlar üzerinden benzetim modeli tekrar çalıştırılıp çıkan performans ölçümleri ışığında karar destek sisteminin sağlayacağı faydalar belirlenmiş, bu faydalar grafikler üzerinde gösterilmiştir (Ek 3).

Randevu almak isteyen hastaların tercih ettikleri doktordan randevu alma şansları vardır. Fakat yeni kurulacak karar destek sisteminde tercih olasılıklarının ne olacağı hakkında herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılmış olan benzetim modelinde doktor tercihiyle ilgili kısımda değişiklik yapılmış ve her doktor için farklı farklı yüzdeler atılarak sistemin performansı ölçülmüştür.

Randevu alan hastalara karar destek sisteminin önereceği zaman dilimlerinin hangi yüzdelerle kabul edileceği ile ilgili mevcut sistemden gelen herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu durumda performans ölçümü yapılabilmesi için duyarlılık analiziyle çeşitli senaryolar üzerinden ölçüm yapılmıştır. Buna göre hastaların sistem tarafından sırayla sunulan önerileri kabul etme yüzdeleri sürekli olarak benzetim modeli üzerinden değiştirilmiş ve çıkan sonuçlar analiz edilmiştir.

5.3 Ekstrem durumların incelenmesi

Oluşturulan benzetim modelinin geçerliliğini test edebilmek için sistemin parametrelerinin normal dışı geliştiği durumlarda sistem performans ölçütlerinin buna nasıl tepki verdiği ölçülmüştür.

Örneğin, hastaların %95 gibi çok büyük bir olasılıkla birinci doktoru tercih ettiği durumda, hastalara gelme eğilimleri en yüksek olan doktor ve saatler için randevu verilmesi süreci sekteye uğramış ve bu durumda hasta gelmeme oranında %9'luk bir artış görülmüştür.

Bir başka ekstrem durum olarak, hastaların kendisine önerilen saatleri çok düşük bir olasılıkla kabul edip gelme eğilimi düşük olan saatleri daha yüksek bir olasılıkla kabul etmesi durumunda, hastalara gelme eğilimi yüksek olan saatler için randevu verilmesi engellenmiş olup bunun sonucunda beklenildiği gibi hasta gelmeme oranında %30'luk bir artış görülmüştür. Buna örnek olarak, hastaların %90 gibi büyük bir olasılıkla gün içinde gelme eğilimi en düşük saat olan 17:30-18:00'e randevu istemesi gösterilebilir. Bu durumda da hasta gelmeme oranında %6'lık bir artış yaşanmıştır.

Sistemin ekstrem durumlarda performans ölçütlerini beklenen yönde etkiliyor olması oluşturulan modelin geçerliliğine kanıttır.

6. Proje Sonuçları ve Değerlendirme

6.1 Performans kazanımları

Bu proje kapsamında randevulara riayet etmeme riski azaltılarak, doktor kapasite kullanımının artırılması ve tüm hastane kaynaklarının daha verimli şekilde kullanılması amaçlanmıştır. Benzetim modelleri sonuçlarına göre, hastaların doktor tercih yüzdelerinin %50'ye %50, sistem tarafından önerilen ilk randevu saatini kabul etme yüzdelerinin %70 olduğunun varsayıldığı ortalama bir durumda; önerilen sistemin dahiliye departmanında görev yapan iki doktordan birincisinin kapasite kullanımında amaçlandığı üzere %7.46, ikincisinin kapasite kullanımında ise %7.94'lık bir artış, randevularına riayet etmeyen hasta yüzdesinde de %10.81'lik bir azalma sağlandığı görülmüştür.

6.2 Projede geliştirilebilecek noktalar

Proje uygulanmaya pilot bölge seçilen A Blok dahiliye bölümünden başlanmıştır. Uzun vadede, farklı sistem dinamikleri ve hasta riayetini etkileyen faktörler diğer bölümler için de ayrı ayrı belirlenip projenin uygulama alanı diğer bölümlere de genişletilebilir.

Ayrıca, sistem çalışıkça ve önerilen sistem üzerinden veri tutuldukça, Şu anda mevcut olmayan hastanın önerilen randevu saatini kabul etme olasılığı, hastanın ilk talep ettiği saate ve doktora randevu alabilme olasılığı, doktor verimliliği gibi veriler hakkında da bilgi sahibi olunabilecek, bu Şekilde sistemin daha doğru bir Şekilde iŐleyecektir.

Örneğin, mevcut sistemde aradan gelen hastaların ayrıca kaydı tutulmamaktadır. Bu sebeple, aradan gelen hasta yoğunluğunun tespit edilmesi esnasında, randevu saatinden en fazla iki saat önce randevu talebinde bulunmuş olan hastalar, aradan gelen hasta olarak kabul edilmiştir. Ancak önerilen yeni sistemin çalışması esnasında aradan gelen hastaların kaydının da ayrıca tutulması halinde, aradan gelen hasta yoğunluğuyla ilgili daha doğru sonuçlar elde edilmesi sağlanabilecektir.

Benzer Şekilde, mevcut sistemde hastaların ilk önce talep ettikleri randevu saatlerinin ya da doktorların kaydı tutulmamakta, bu yüzden hastanın talep ettiği saate yakın bir saatte ya da istediği doktordan randevu almış olabilmemesinin hasta riayetinde etkili olup olmadığı tespit edilememektedir. Bu sebeple, geliştirilen sistemde hasta önerilen belirli bir randevuyu kabul ettiği sürece, randevu saatinin ya da doktorun ilk baŐtaki talebine uygun olup olmadığı fark etmeksizin, eşit olasılıkla riayet edileceği varsayılmıştır. Ancak önerilen sistemden alınan veriler sonucunda hastanın en başta talep ettiği doktorun ve randevu saatinin de kaydı tutulacağından, ileride bu verilere ulaşım ile hasta riayeti sürecinin anlaşılabilmesi daha mümkün olacaktır. Ayrıca, önerilen sistemden alınan veriler sonucunda hastaların kendilerine ilk önerilen randevuyu kabul etme ya da doktorları tercih etme olasılıklarının Őansa bağlılığı azalacak, bu faktörler daha tahmin edilebilir kılınacaktır.

6.3 Sistemin hastane tarafından kullanılması

Önerilen sistem, Mayıs 2009-Mayıs 2010 verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Sistem bir yıllık veriler temel alınarak oluşturulduğu için, her sene yeni verilerle güncellenmesi ve bu yeni verilerin modelde kullanılan formüllerin hesaplandığı Excel dosyasına aktarılması yeterlidir. Yeni verilere göre Excel'de otomatik olarak hesaplanan girdiler modele aktarılacak, böylelikle sistem güncellenmiş olacaktır. Ayrıca yeni randevu sistemini kullanacak olan çağrı merkezi elemanları ve hasta danışmanları için daha kolay bir kullanım sağlayacak bir kullanım kılavuzu hazırlanacaktır. Önerilen sistemin yalnızca Excel kullanımıyla verilerin güncellenmesini gerektirdiğinden, kullanımı oldukça pratik olacaktır. Ayrıca sistemin kontrolünün tamamen kullanıcıda olması ve kullanıcının herhangi bir özel durumda sistemi devre dışı bırakma opsiyonuna sahip olması, sistemi risksiz bir hale getirmekte ve tercih edilirliliğini arttırmaktadır.

KAYNAKÇA

- Denton, B., Gupta, D. 2003. "A sequential bounding approach for optimal appointment scheduling", IIE Transactions (2003) 35, 1003-1016.
- Denton, B., Gupta, D. 2008. "Appointment scheduling in health care: Challenges and opportunities", IIE Transactions, 40 (9), 800-819.
- Lacy, N., L., Paulman A., Reuter, M., D., Lovejoy B. 2004. "Why We Don't Come: Patient Perceptions on No-Shows", Annals of Family Medicine, Bölüm 2, 6.
- Takakuwa S., Wijewickrama A. 2008. "Outpatient Appoinement Scheduling in a Multifacility System", Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, J. W. Fowler eds.

EKLER

Ek 1. Randevu riayeti üzerinde etkili faktörleri bulmak için yapılan ki-kare hipotez testleri

Terminoloji	Sembol
Boş Hipotez	H_0 :Randevu riayeti söz konusu faktörden bağımsızdır.
Alternatif Hipotez	H_a :Randevu riayeti söz konusu faktöre bağımlıdır.
Sınama İstatistiği	$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
Ret Bölgesi	Reddet H_0 $X^2 > X^2(\alpha, n_1 - 1, n_2 - 1)$ için

O_i : i faktörünün farklı değerleri için gözlenen gelen sayısı

E_i : i faktörünün farklı değerleri için beklenen gelen sayısı

$i = \{\text{Randevu saati, Gün farkı, Doktor, Ay, Haftanın günü}\}$

Gözlenen (O_i):

Randevu saati	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00
Gelen sayısı	727,64	769,648	763,647	369,07085	177,78413	604,61607	612,86766	528,10138	655,62586
Gelmeyen sayısı	242,36	256,352	254,353	122,92915	59,21587	201,38393	204,13234	175,89862	218,37414

Beklenen (E_i):

Randevu saati	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	Toplam
Gelen sayısı	806	824	825	387	191	602	593	479	502	5209
Gelmeyen sayısı	164	202	193	105	46	204	224	225	372	1735
Toplam	970	1026	1018	492	237	806	817	704	874	6944

Gözlenen (O_i):

Gün farkı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gelen sayısı	1525	1544	706	472	319	209	129	104	64	32	24	23	13	4	10
Gelmeyen sayısı	607	440	221	139	97	62	34	32	26	12	15	9	14	1	9

Beklenen (E_i):

Gün farkı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gelen sayısı	1601	1490	696	459	312	203	122	102	68	33	29	24	20	4	14
Gelmeyen sayısı	531	494	231	152	104	68	41	34	22	11	10	8	7	1	5

Gözlenen (O_i):

İç Hastalıkları Uzmanı	İç Hastalıkları Uzmanı 1	İç Hastalıkları Uzmanı 2
Gelen Sayısı	2747	2462
Gelmeyen Sayısı	724	1011

Beklenen (E_i):

İç Hastalıkları Uzmanı	İç Hastalıkları Uzmanı 1	İç Hastalıkları Uzmanı 2
Gelen Sayısı	2747	2462
Gelmeyen Sayısı	724	1011

Gözlenen (O_i):

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	Tem	Aug	Eylül	Ekim	Kasım	Ara
Gelen sayısı	438	441	511%	409	423	440	407	377	325	426	449	563
Gelmeyen sayısı	154	114	154%	108	152	156	159	171	132	138	116	181

Beklenen (E_i):

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	Tem	Aug	Eylül	Ekim	Kasım	Ara
Gelen sayısı	444	416	499	388	431	447	425	411	343	423	424	558
Gelmeyen sayısı	148	139	166	129	144	149	141	137	114	141	141	186

Gözlenen (O_i):

Günler	Ptsi	Salı	Çarş	Perş	Cuma	Ctsi
Gelen sayısı	999	927	984	865	865	569
Gelmeyen sayısı	381	291	339	277	276	171

Beklenen (E_i):

Günler	Ptsi	Salı	Çarş	Perş	Cuma	Ctsi
Gelen sayısı	1035	914	992	857	856	555
Gelmeyen sayısı	345	304	331	285	285	185

Ek 2. Sezgisel algoritma

Riayet üzerinde etkili faktörler:

$P_{(i,slot)j}$: i randevu slotuna j gün farkıyla alınan randevuya gelme oranı

9.00 ve 9.30 için gün farkına göre gelme oranları ($P_{(i,slot)j}$ matrisi):

$P_{(i,slot)j}$	DAYS' DIFFERENCE (j)							
SLOT (i.slot)	0	1	2	3	4	5	6	7
09:00:00	0,90	0,82	0,79	0,87	0,83	0,85	0,86	0,89
09:30:00	0,78	0,88	0,87	0,80	0,81	0,84	0,81	0,83

D_k (doktor etkisi): k doktoruna gelme oranı / tüm doktorlara ortalama gelme oranı

$k=\{1,2\}$ için

M_m (mevsimsellik etkisi): m ayında gelme oranı / tüm aylardaki ortalama gelme oranı

$m = \{1, \dots, 12\}$ için

$A_{(i,slot)jkm} : P_{(i,slot)j} * D_k * M_m * 100$

$R_{i,slot}$ (i slotunun başka randevularla doldurulabilirliği): (bir yılda i slotu için alınmış olan tüm randevular/ bir yılda alınan tüm randevular) / (%100/17)

$W_{i,slot}$ (i slotunun aradan gelen hastalarla doldurulabilirliği) : (bir günün herhangi bir i slotunda aradan gelmiş olan tüm hastalar / hastaneye gün içinde aradan gelen tüm hastalar) / (%100/17)

$R_{i,slot}$ ve $W_{i,slot}$ 'nin hesaplanması (9.00 ve 9.30 slotları):

			W_i	$1/W_i$	R_i	$1/R_i$	$(1/W_i)*(1/R_i)$
09:00:00	12	1,75%	0,30	3,37	2,37	0,42	1,42
09:30:00	14	2,04%	0,35	2,89	2,37	0,42	1,22

$S_{ki} = 1$ eğer k doktoru ve i slotu randevu almaya uygunsa

0 if eğer k doktoru ve i slotu randevu almaya uygun değilse

$f_i = A_{(i,slot)jkm} * (1/R_{i,slot}) * (1/W_{i,slot}) * S_{ki}$

Adım 1: Yeni bir randevu talebi için bekle. Talep geldiğinde randevu günü bilgisini hastadan al.

1.1 Eğer doktor talebi hasta tarafından belirtildiyse

1.1.1 Hangi k doktorunu talep ettiği bilgisini hastadan al, $k = \{1,2\}$

1.1.2 Randevudan sorumlu doktoru k değerine sahip doktor olarak belirle

1.2 Eğer doktor talebi hasta tarafından belirtilmediyse

1.2.1 Talep edilen randevu günü için, tüm k'lar için $\sum_{i,slot=09:00}^{17:30} S_{ki,slot}$

değerini bul.

1.2.2 Bu değerini maksimumunu veren k değerini doktor değeri olarak belirle

Adım 2: Belirtilen gün için hasta tarafından randevu saati talebinde bulunulup bulunulmadığına bak.

2.1 Eğer randevu saati i.slot setindeki herhangi bir slot olan a.slot olarak belirtildiyse

2.1.1 Her slot için $f_i = A_{(i,slot)jkm} * (1/R_{i,slot}) * (1/W_{i,slot}) * S_{ki}$ değerini hesapla.

2.1.2 Tüm bu değerleri oluşturulan bir B setine koy.

2.1.3 B setindeki değerleri büyükten küçüğe sırala.

2.1.4 i.slot = a.slot -4, ..., a.slot+4 değerleri için tüm f_i değerlerini rekli olarak göster.

2.2 Randevu saati hasta tarafından belirtilmediyse

2.2.1 Her slot için $f_i = A_{(i,slot)jkm} * (1/R_{i,slot}) * (1/W_{i,slot}) * S_{ki}$ değerini hesapla.

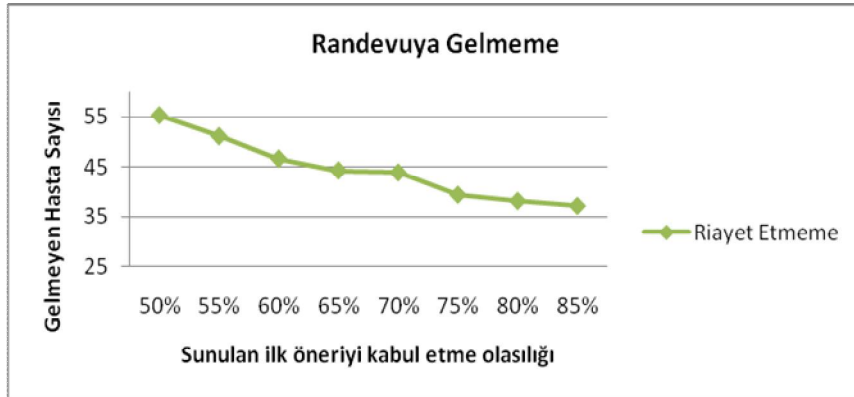
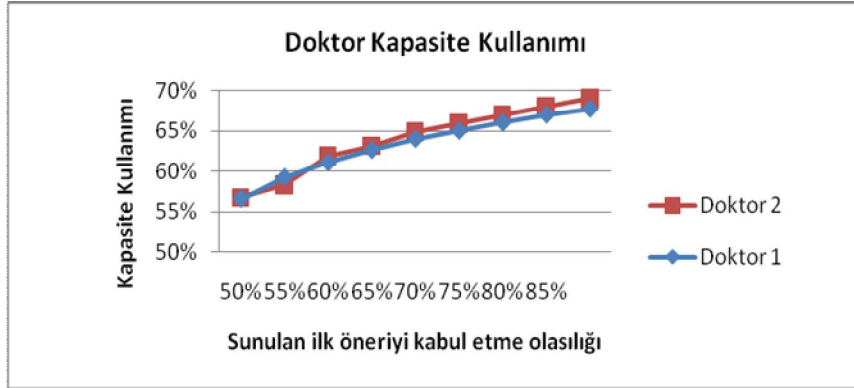
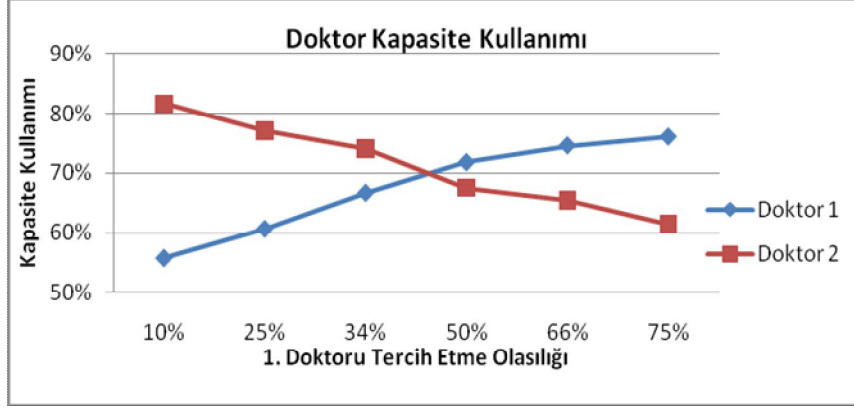
2.2.2 Tüm bu değerleri oluşturulan bir B setine koy.

2.2.3 B setindeki değerleri büyükten küçüğe sırala.

Adım 3: Müşteri tarafından kabul edilen en yüksek f_i değerindeki slotu hasta randevu saati olarak belirle.

Adım 4: $S_{ki} = 0$ yap. Adım 1'e geri dön.

Ek 3. Hastaların doktoru ve randevu saatlerini tercih etme yüzdelerinin performans ölçütlerine etkileri



B/S/H/ A-Cool Fabrikası'nın Ortak Ambar ve Üretim Tesisi Arası Lojistik Sistemi'nin Tasarımı

B/S/H/ Ev Aletleri A.Ş FIK2 Fabrikası

Proje Ekibi

Can Akalın
Muhammed Gökdemir
Hikmet Günel
Bilgehan Tamkoç
Yusuf Said Umaç

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Taner Ağtaş, B/S/H/ FIK2 Fabrikası, Lojistik, Projeler Mühendisi
Suat Memiş, B/S/H/ FIK2 Fabrikası, Lojistik, Planlama Mühendisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç.Dr. Niyazi Onur Bakır, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

B/S/H/, Çerkezköy yerleşkesindeki 5 fabrika için ortak bir ambar yapma ve yerleşkedeki fabrikaların ambarlarını merkezileştirme kararı almıştır. Projenin amacı FIK2 fabrikasının, bu merkezileştirme sürecinde malzeme yönetiminde de iyileştirme yaparak ve önüne çıkacak olan durumları senaryo analizleriyle inceleyerek fabrika için iç lojistik stratejisi belirlemektir. Geliştirilen KadeSim esnek entegre çözüm modeli, MS Access platformu üzerinde Visual Basic programlama dili ve Arena benzetim programı kullanılarak geliştirilmiştir. Kurulan sistem sayesinde kanban malzeme yönetim sistemiyle yönetilen malzemelerin oranı %30'dan %60'a, ambar verimliliği %60'tan %81'e çıkarılmıştır. Ayrıca tasarlanan benzetim modelinin çalıştırılmasıyla, merkezileştirme sonrası oluşabilecek 7 senaryonun sonuçları, gereken ambar alanları, envanter miktarları ve olası envanter risklerine göre analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre senaryo 6, merkezileştirme sonrası en uygun senaryo olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Ambar merkezileştirme, benzetim, MRP, kanban

1. İşletme Tanıtımı

1.1 Fabrika bilgileri

B/S/H/ FIK2 (İstanbul Buzdolabı Fabrikası), Bosch Siemens Ev Aletleri Sanayi A.Ş'nin (B/S/H/) gardrop tipi ankastré buzdolapları üreten fabrikasıdır. Yerleşkesi Çerkezköy/Tekirdağ'da olup Gaggenau, Thermador, Bosch ve Siemens markaları adı altında üretim yapmaktadır. Ayrıca firma, 177 farklı tedarikçiyle çalışmaktadır.

1.2 FIK2 üretim sistemi

FIK2 iki farklı üretim bandına sahip olup ürünlerini tek kapılı (SD) ve çift kapılı (BM) olmak üzere iki ana kategoriye ayırmıştır. Fabrika 7 ana hücreden oluşan hücresel üretim sistemine sahiptir. Bunlar, Gövde Hazırlama, Kapı Hazırlama, Metal Hazırlama, Dikey Montaj Hattı, Yatay Montaj Hattı, Kiefel ve Paketlemedir. İstasyonlardaki yarı bitmiş parçalar son montaj için montaj hattının sonundaki RP noktasına gelir. RP noktasından sonra ürünler performans testlerine tabi tutulur ve pakatlendikten sonra Çerkezköy yerleşkesindeki ana lojistik ambarına sevk edilir.

2. Analiz

2.1 Sistem analizi

Lojistik değer zinciri hammaddenin fabrikaya ilk girişiyle başlar. Malzemelerin çoğunluğu ayrıntılı bir şekilde kalite kontrolden geçmeden ve elleçleme yapılmadan raflara kaldırılır. Kalite kontrolden önce malzemeler raflarda orijinal kutularıyla saklanır. Hammadde fabrikaya karton kutularda ya da geri dönüşümlü kutularda getirilir. Bu geri dönüşümlü kutuların avantajı tedarikçi ile fabrika arasında tekrar tekrar kullanılabilmesidir.

Elleçleme: Malzemeler tedarikçiden belirli sayıda ayrılmış olarak, parti büyüklüğüne göre ayrılmış olarak ya da herhangi bir parti sayısına ayrılmadan ambara gelir. Ambardaki elleçleme bölümünde çalışanlar tarafından parti büyüklüğüne göre kutulara ayrılır ve üretime verilir. Elleçleme ve aksesuar malzemesi alanı toplam 520 m²'dir.

Taşıma araçları: Fabrikanın en önemli taşıma araçları milkrunlardır. Fabrikada iki adet milkrun bulunur, her saat başında bir milkrun üretim bandına malzeme taşır.

Malzeme yönetimi (Kanban – MRP): Ambarda tutulan malzemelerin üretim alanına taşınması kanban veya MRP olmak üzere iki farklı şekilde yönetilir. Yalın üretimi gerçekleştirebilmek için B/S/H/ kurumsal stratejisi olarak olası tüm malzemelerin kanbanla yönetilmesi istenmektedir. Ancak üretimdeki stok yerlerinin dar olması, malzemelerin bazılarının büyük hacimde ya da değişik sayıda partilerle üretime yollanması, üretimdeki raf yerlerinin sistematik bir şekilde yerleştirilmemesi gibi kısıtlar bütün malzemelerin kanban olmasını zorlaştırmaktadır. Bu gibi durumlarda MRP kullanılır. Halihazırda

ambardaki malzemelerin %30'u kanbanla geriye kalanı MRP sistemiyle yönetilmektedir.

3. Sistem Tanımı

3.1 Semptomlar ve şikâyetler

B/S/H/ şirketi Çerkezköy'deki 5 fabrikasının ambarını tek bir ortak ambarda birleştirme kararı almıştır. Bu kararı almada etkili olan semptomlar ve şikâyetler aşağıda özetlenmiştir:

- Üretim bantlarındaki istasyonlarda stok yerleri için alan yetersizdir. Şirket yetkilileri, yeterli yerin olmaması nedeniyle kanban ile yönetilmesi gereken bazı malzemeleri MRP ile yönetmektedir.
- Üretim bandındaki alan kısıtı nedeniyle bazı ürünlerin emniyet stoğu tutulamamaktadır. Sıra dışı durumlar meydana geldiğinde üretim istasyonlarındaki malzeme eksikliğinden dolayı durmaktadır.
- Üretimde kullanılan ana malzemelerin üretim bandında tutulması zorunluluğu nedeniyle geniş yer kaplaması ve çalışma alanlarının daralması da sorun teşkil etmektedir.
- Ambarda ilk kalite kontrol alanının olmaması nedeniyle gelen malzemelerin daha sonra kalite kontrol yapılmak üzere raflara kaldırılması ve bunun sonucunda gereksiz iş gücü, zaman ve raflardaki alan kaybı dikkat çekmektedir.
- Tekrarlanan elleçleme operasyonları nedeniyle malzemelerin gereksiz taşınması ve ambarın verimli kullanılmaması sorunu da gözlemlenmiştir.
- Ambar hücrelerinin sistematik bir şekilde belirlenmemesi sebebiyle ambarda malzemeler, buldukları hücrelerin ancak %60 ını kaplamaktadır.

Ortak ambar projesinin uygulanmaya başlanmasıyla yeni semptomların da ortaya çıkması beklenmektedir. Ortak ambar projesi hayata geçirilmeden önce aşağıda saydığımız konuların da çözüme kavuşturulması gerekmektedir. Öngörülen semptomlar:

- Fabrika içi ambarda tutulacak olan stok miktarı, malzeme çeşidi ve bu malzemelerin kaplayacağı alanın belirsizliği.
- Ortak ambarda ankastre buzdolabı fabrikası için ayrılacak olan stok alanının büyüklüğünün belirsizliği.
- Üretim bandına malzemenin zamanında yetiştirilememesi nedeniyle üretimin aksama ihtimalinin olması.
- Elleçleme operasyonunun hangi ambar ya da ambarlarda olacağıının belirsiz oluşu.

3.2 Problem tanımı

Bu proje kapsamında çözmek istediğimiz problem, yeni faaliyete geçecek merkezi ambarın, FIK2 fabrikasına parça akışını, kanban – MRP sayısı, elleçleme ve kalite kontrol alanının yeri, milkrun sıklığı gibi parametreleri dikkate alarak en iyi şekilde düzenleyecek ve sürekli üretimi sağlayacak esnek bir sistemin eksikliğidir.

4. Önerilen Sistem

4.1 Literatür taraması

Projemizin son halini oluşturana kadar aştığımız süreçlerde kanban, MRP ve Fabrika içi Lojistik Aktivitelerinin aynı anda kullanıldığı özel bir alan çalışmasına rastlamadık. Alt problemlerimizden biri olan benzetim modelimizin vardığı nokta ise Visual Basic Application ile Arena'nın bağlanmasının ötesinde Arena üzerinde hiçbir veriyi tutmadan tüm veri depolama, manipülasyonu ve sonuç kayıtlarını Access veritabanı üzerinden yürütmeyi, tüm mantıksal işlemleri ise Visual Basic Application üzerinden yürütmeyi içermektedir. Kurgulanan bu yöntem sayesinde sistemimiz Arena'nın hantal veri yapısından kurtulmuş, son derece esnek bir yapıya kavuşmuş ve işlem sürelerinde ciddi derecede azalma olmuştur. Halbuki bu konu hakkında yazılmış (Seppanen 2000) gibi makaleler sadece Arena içerisinde Visual Basic Application (VBA) elamanlarının nasıl konumlandırılabilceğini incelemişlerdir.

4.2 KadeSim entegre çözüm sistemi

Proje kapsamında, şirkete bir karar destek sistemi geliştirdik. Kullanıcı dostu bir ara yüze sahip olan bu yazılım, kullanıcıdan farklı zamanlarda değişkenlik gösteren verileri (model ve modele ait malzemeler, malzeme, istasyon bilgileri vs.) girdi olarak almaktadır. Sistemimiz yukarıda bahsedilen kararları verirken aynı zamanda hali hazırda kullanıcı tarafından alınmış kararların doğruluğunu da test etmektedir. Sistemimizde bir çok modül aynı anda farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu modüllerin çalışması sonucunda elde edilen veriler ve alınan kararlar benzetim modellerimizde test edilip doğrulanmakta ve olası iyileştirmeleri ortaya koymaktadır.

Yeni sistem Çerkezköy'deki diğer fabrikalar için bir pilot uygulama konumundadır. Sistemimiz, esnekliği sayesinde işlev alanı sadece Çerkezköy Yerleşkesi'yle sınırlı kalmayıp farklı üretim alanlarında da kullanılacak dinamik bir tasarıma sahiptir.

Modelin odaklandığı ana konu var olan bir sistemi geliştirmek değil, yeni bir sistem tasarlamaktır. Çerkezköy'de ortak ambar kurma kararı bütün fabrikalar için yeni bir malzeme tedarik sistemi gerektirmektedir. Bu proje kapsamında biz sadece FIK2 fabrikasının olası iç lojistik sistemini tasarladık. Entegre Çözüm Sistemimiz KadeSim, Kanban-MRP Karar Destek Sistemi ve Benzetim Modeli

olarak iki ana alt sistemden oluşmaktadır. Bu adımlar ve projemizin diğer parçaları aşağıdaki gibidir:

4.2.1 Kanban-MRP karar destek sistemi

B/S/H/, üretimde yalın üretim prensiplerini benimsemiş ve gerek üretimde tam zamanında ilkesine yaklaşabilmek gerekse envanter miktarı, yönetsel kolaylıkları gibi avantajlarından faydalanabilmek için malzemeleri mümkün olduğunca kanban sistemiyle yönetmek istemektedir. Ayrıca kanban sistemi sayesinde üretim alanında MRP ile yönetilen malzemelerin siparişini veren elemanları ve üretim alanında sipariş için ayrılan fiziksel mekanları ortadan kaldırarak hem eleman hem de alan kazancı sağlanacağı için B/S/H/, kurumsal malzeme yönetimi stratejisi olarak kanbanla yönetilen malzeme miktarını arttırmak istemektedir.

B/S/H/ FIK2 fabrikası, üretim alanındaki yer kısıtından dolayı kanbanla yönetilmesi gereken birçok malzemeyi kanbanla yönetememektedir. KadeSim entegre çözüm sisteminin alt sistemi olarak Kanban – MRP karar destek sisteminin amacı, raf aralıklarını malzeme kümelenme yöntemiyle, matematiksel ve sistematik bir yöntemle yeniden belirleyerek ve raf malzeme yerleştirmeyi kendi sezgisel yaklaşımıyla matematiksel ve sistematik bir şekilde yaparak kanbanla yönetilecek malzeme miktarını arttırmaktır. Sistemin girdilerini istasyonların genişlik, yükseklik, bulundurduğu malzeme ile malzemelerin genişlik, yükseklik, kutu sayısı, tüketim hızı, maliyeti oluşturmaktadır. Hangi malzemenin kanbanla yönetileceği ve malzemenin kullanıldığı istasyonun hangi rafının neresinde duracağı sistemin çıktısı olacaktır. Kanbanla yönetilecek malzemelerin kutu içi miktarı, kanban kart sayısı 2, güvenlik katsayısı 0.1 olacak şekilde Toyota formülüne (Vollman 2005) göre belirlenmiştir:

$$\text{Kutu İçi Miktarı} = \frac{(\text{Milkrun Frekansı}) * (\text{Bu Süredeki Malzeme İhtiyacı}) * (1.1)}{(\text{Kanban Kart Sayısı})}$$

Burada hatırlatılması gereken en önemli husus ise malzeme kanbanla yönetildiğinde, sadece o malzeme için rafta özel bir yer ayırmak gerekmektedir; buna karşın MRP sistemi ile yönetildiğinde ise rafın aynı konumuna aynı modele ait olmadığı sürece istenildiği kadar malzeme atanabilmektedir. Bu da yer kısıtında malzemeyi kanbanla yönetmeyi son derece zorlaştıran bir durumdur. Tüm bu durumlar rafları sistematik bölmeyi ve malzemeyi raflara sistematik olarak yerleştirmeyi ve Kanban – MRP karar destek sistemini son derece önemli kılmaktadır. Ayrıca MRP ile yönetilen malzemenin kanbanla yönetilmesi kutu içi miktarı ve kutu sayısının milkrun sıklığına uyumu gibi yeni kısıtları ortaya çıkarmaktadır. Sistemin verdiği kararların doğruluğu ve işlerliği

benzetim modelimiz tarafından test edilip sonuçları elde edilmekte, gerekli iyileştirmelerin yapılmasına imkan sağlamaktadır.

Problemin çözümü için ilk olarak bir matematiksel model geliştirilmiştir. Fakat geliştirilen model, değişkenlerin çokluğu sebebiyle makul bir zamanda çalışmamaktadır. Ayrıca, bu tür bir optimizasyon çalışmasının yapılabilmesi için ek olarak optimizasyon alanında özelleşmiş CPLEX, XPRESS gibi ticari yazılımların kullanılması gerekmektedir. Bu da projenin maliyetini artıracak ve grubumuz tarafından geliştirilen sezgisel metotlar kullanılarak elde edilen sonuçlar firmaya ek bir maliyet getirilmeden bekleneni karşılayabildiği için bir sezgisel metod geliştirilmiştir (Ek 1). Geliştirilen sezgisel metodun ilk aşamasında, her raf için raf aralıkları yeniden belirlenmiştir. Bu aşamada kullanılan sezgisel metodun amacı, benzer yüksekliğe sahip kanban kutularının aynı rafa konması suretiyle kazanç sağlamaktır. Sistem, her istasyon için kutu yüksekliklerine göre gruplanmış malzemeleri, kanban – MRP ayırımı yapmadan raflara yerleştirmektedir. Bu sayede sistem, oluşan raflar arasından, yükseklik çeşitliliğini maksimum tutacak şekilde istasyonu, yükseklik kısıtını da göz önünde bulundurarak raflara bölmektedir(Ek 1).

İkinci aşamada sistem, bütün malzemeleri raf yüksekliği belirlenmiş istasyonlara sığdırmak şartıyla, kanbanla yönetilen malzeme sayısını önceliklendirme ölçütüne göre arttırarak malzemelerin bu raflara atanmasını sağlayacaktır. Bir malzemenin malzeme yönetim sistemine karar verilirken çok ölçütlü ABC Analizinden yararlanılmıştır (Flores & Whybark, Multiple Criteria ABC Analysis 1986). XYZ Analizi ile tüketim hızı, ABC Analizi ile maliyeti gruplandırılarak önceliklendirilir (Flores & WhyBark 1987). Bu sayede sistem, yer kısıtında mümkün olan en fazla malzemeyi kanban sistemiyle yönetecek şekilde malzemelerin yönetim şekillerini belirlemiştir (Ek 1).

Firmanın ambar hücreleri verimlilik oranı %60 seviyelerinde olup verimliliği arttırabilmek için malzeme geliş şartları ve boyutları göz önüne alınarak ambar hücre tipleri yeniden belirlenmiştir. Malzemelerin kutu özellikleri, palet boyu, üst üste konma miktarı gibi veriler işlenerek malzemelerin hücrede kaplayacağı miktar belirlenmiş, bu miktarların kümelenmesiyle malzemelerin verimli bir şekilde sığabileceği malzeme rafları için 9, tava tipi raflar içinse 6 çeşit yeni raf tipi belirlenmiştir. Ayrıca her malzeme için belirlenen raf tiplerinden en uygun olanı atanmak suretiyle ambar hücre verimliliğinde artış amaçlanmaktadır.

4.2.2 Benzetim modeli

B/S/H/ FIK2 fabrikasının ortak ambara geçiş sürecinde fabrika yöneticileri ile yapılan çalışmalar sonucu en olası 7 farklı senaryo belirlenmiştir (Ek 2). Benzetim modelinin amacı, ortak ambara geçiş sürecinde ortaya çıkan, malzeme yönetim sistemlerine dayalı, farklı

senaryoların sonuçlarını önceden görebilmek ve yeni sistemi ortaya çıkan önsonuçlar göz önüne alarak tasarlanmasına yardımcı olmaktadır. Bu model, fabrikanın senaryo sonuçlarına etki edecek temel parçalarının, bilgisayar ortamında benzetilmesi ve yürütülmesi yoluyla oluşturulmuştur. Benzetim modeli, üretim, malzeme taşıma sistemleri (milkrun ve tren), envanter yönetim sistemleri ve ambar yönetimi modüllerinden oluşmaktadır. Bu sistemler arasındaki bilgi alışverişleri, benzetim modelimiz tarafından düzenlenmektedir. Benzetim modelimizi parametre değerlerini belirleyen farklı senaryolar üzerinden çalıştırmamızın sebebi, modelimizin karmaşıklığı sebebiyle parametre optimizasyonu yapılmasının mümkün olmamasındandır.

Benzetim modeli işleyiş olarak, envanter miktarları, araç durumları gibi ilk durum bildirimleriyle başlar. Kullanıcıdan arayüz vasıtasıyla alınan üretim planları ve model reçeteleri kullanılarak, modellenen üretim istasyonlarında gerçek zamanlı olarak üretimin yapılması sağlanır. Üretim esnasında istasyonlara tanımlı malzemelerin envanter miktarları azaltılarak, iç ve dış lojistiği sağlayan araçlara iş planları oluşturulur. Malzemeler araçlar tarafından taşınırken, malzemelerin kanban, MRP gibi farklı yönetim politikaları göz önünde bulundurulur. Malzeme taşınması sırasında ortaya çıkan, envanter seviyelerinde meydana gelen değişimler de sistem tarafından hesaplanmaktadır ve güncellenmektedir.

Bu kapsamda, ince detaylar ve sistem entegrasyonları içeren benzetim modellerinde veri yönetimi ciddi problem oluşturmakta ve sistemin esnekliğini ortadan kaldırmaktadır. Projenin uygulandığı FIK2 fabrikasında yaklaşık 3000 malzeme, 120 son ürün tipi ve bunlara bağlı olarak her biri yaklaşık 400 malzemeden oluşan ürün reçeteleri, 23 üretim istasyonu bulunmaktadır. Bunların yanı sıra, Kadesim benzetim modelinin çalıştırıldığında, sistemdeki envanter hareketlerini kaydedilmesini sağlayan günlük yaklaşık 100000 log kaydı depolanmaktadır. Bu noktada, benzetim sistemi esnekliğini kaybetmeden, tüm veri manipulasyonlarına cevap verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemimize bu esnekliği sağlayan, verilerin Arena benzetim yazılımı içerisinde değil de ayrı veritabanında tutulması ve modelin çalışması sırasında, verilerin bu veritabanı üzerinden manipule edilmesidir. Veritabanı olarak MS Access kullanılmıştır. Arena ile MS Access veritabanı arasındaki etkileşim ve mantıksal işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan Visual Basic altyapısı yine proje ekibimiz tarafından geliştirilmiştir. Sağlanan esneklik sayesinde KadeSim entegre çözüm sistemi, arayüz aracıyla veritabanına girilen her türlü veriyle çalışabilmektedir. Bu da sistemimize sadece B/S/H/ FIK2 fabrikasında değil, benzer malzeme akış sistemine sahip bütün üretim tesislerinde uygulanabilme esnekliğini sağlamaktadır.

Senaryo sonuçları olarak, benzetim sisteminde gözlemlemeye çalıştığımız değişkenler aşağıdaki gibidir:

- Fabrika ambarı ve merkez ambarda FIK2 fabrikası için ayrılacak alan
- Merkez ambardan üretim hattına sevkiyat (Ship to Line) olarak belirtilen senaryoda, sevkiyat için kısıt oluşturan ve üretime zamanında yetiştirilemeyen malzemelerin tespiti
- Üretim alanı ve ambarlarda tutulan envanter seviyelerinin takibi
- Fabrika içi sevkiyatta kullanılan milkrun araçlarının ve ambarlar arası sevkiyat için kullanılan trenin, hareket frekanslarının lojistik yükünü kaldırıp kaldırmadığı.

Ambar kullanım verimliliği
Benzetim sisteminin girdi olarak aldığı ve veri işleme için ihtiyaç duyduğu bilgiler şunlardır:

- Başlangıç üretim ve ambar envanter seviyeleri
- Tedarikçiden ambara malzeme girişleri
- Mamul üretiminde baz alınan ve ürün modeline göre kullanılan malzemelerin tanımlandığı malzeme reçeteleri.
- Tanımlı olan bütün malzemelerin, malzeme yönetim politikaları, tanımlandıkları ambar, yerleştirme kısıtları gibi bilgileri içeren detaylı malzeme bilgileri. Bu bilgilerin bir kısmı, Kanban-MRP sistemimiz tarafından üretilmektedir.
- Lojistik araçlarının çalışma frekansları
- Üretim sistemi

Benzetim modelimiz çalışma prensibi olarak, deterministik metodla ihtiyaç duyulan operasyonları, gerçeğe en yakın şekilde modellemeyi amaçlamaktadır. Benzetim modelimizde modellediğimiz operasyonlar aşağıdaki gibidir:

- Üretim istasyonlarında, gerçek zamanlı olarak, verilen üretim planına göre sıralı üretim yapılması
- Üretim istasyonlarında, üretime bağlı olarak tüketilen malzemelerin istasyon stoğundan tüketilmesi ve envanter değerlerinin güncellenmesi
- Üretim istasyonlarının malzeme ihtiyaçlarını karşılamak üzere yürütülen milkrun sisteminin doğru olarak çalıştırılması, boşalan malzeme kutularının toplanması, ihtiyaç yaratılması ve getirilen malzemelerin istasyon stoğuna eklenmesi
- Malzeme ihtiyacı gözetilerek, merkezi ambardan fabrika ambarına, tanımlanacak tren sistemiyle malzeme sevkiyatının yapılması
- Malzeme dolaşımını sağlayan milkrun ve tren araçlarının operasyonları sonrası, ambar stoklarının güncel tutulması

- Sistemin genel malzeme ihtiyacını karşılamak üzere, tedarikçiden malzeme gelişlerinin sağlanması

4.3 Arayüz

KadeSim Entegre Çözüm Sistemi MS Access üzerinde hazırlanmış ve Access Runtime üzerinde paket program haline getirilmiş kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. KadeSim arayüzü 3 ana modülden oluşmaktadır. Bu modüller Veri Manipülasyonu modülü, Kanban - MRP karar destek sistemi modülü ve Benzetim modülüdür (Ek 3).

Kullanıcı dostu arayüzümüz veri manipülasyonu modülüyle kullanıcıya, malzeme bilgileri, istasyon bilgileri gibi temel tüm verileri kolaylıkla değiştirme imkanı sağlamaktadır. Kanban - MRP karar destek sistemi modülü sayesinde kullanıcı, malzeme yönetiminde iyileştirmeler yapabilme ve bu iyileştirmelerin tüm detaylı sonuçlarını görebilmektedir. Benzetim modülümüz ise istenilen senaryonun milkrun sıklığı, tren sıklığı, elleçleme ve kalite kontrol alanlarının hangi ambarda olacağı ve hangi malzemenin hangi ambarda tutulacağı bilgilerini kullanıcıdan isteyerek sistemi çalıştırmakta ve bunun sonucunda maksimum raf yüksekliği, raf arası yürüme yolu uzunluğu bilgilerini de kullanıcıdan isteyerek her iki ambar içinde kaç metrekare alan ihtiyacı olduğunu kolaylıkla ortaya koymaktadır (Ek 4).

KadeSim arayüzü, istenildiğinde Kanban - MRP karar destek sistemini çalıştırmadan direkt benzetim modelinde senaryo analizi yapma imkanını da kullanıcıya vermektedir. Benzetim modelinin sonucunda kullanıcı isterse arayüz üzerinden, benzetim boyunca ambar doluluk oranlarını, ambar verimliliğini, ambarlarda veya üretimdeki malzeme stok durumlarını anlık veya uzun dönem grafiği halinde görebilmektedir. Bu istatistik desteği sayesinde KadeSim Entegre Çözüm Sistemi, kullanıcıya malzeme yönetiminin nerelerde aksadığını kolaylıkla görebilme ve iyileştirme imkanını da sağlamaktadır.

5. Sonuçlar

5.1 Sistem performansı ve altyapısı

Projemizin sonucunda ortaya çıkardığımız KadeSim Entegre Çözüm Sistemimizin ilk ayağı olan Kanban-MRP Karar Destek Sisteminin sonuçları, sistemimizin ikinci ayağı olan Benzetim Modelinde girdi olarak kullanılmaktadır. Malzeme yönetiminde iyileştirme istenilmediği veya gerek duyulmadığı takdirde ilk aşama uygulanmadan direk benzetim modeli de çalıştırılabilmektedir. Ayrıca firmaya, farklı nitelikteki tüm bilgilerini, bilgi tutarlılığını garanti altına alarak girebileceği bir veritabanı geliştirilmiştir ve bu veritabanına firmanın tüm güncel verileri işlenmiştir. Bu sayede kullanıcı sadece verilerde değişiklikler olduğu zaman bu değişiklikleri girecektir. Bunun dışında kullanıcıdan sadece senaryo parametrelerini girmesi

beklenmektedir. Kanban-MRP karar destek sistemimiz bütün malzemeler için yaklaşık 3 dakikalık bir sürede 250 civarındaki malzeme depolama platformunun raf aralıklarını belirlemekte, malzemeleri bu raflara yerleştirip yerlerini belirlemekte ve yer kısıtına göre hangi malzemenin nasıl yönetileceğine karar vermektedir (Kanban veya MRP). Benzetim sistemimiz ise yaklaşık 10 dakikalık bir sürede bir senaryoyu, üretim ve malzeme akışlarını 1 aylık üretim planı için uygulayıp sonuçları verebilmektedir. Tüm bu sonuçlar için MS Access ve Arena programlarının tam sürümleri gerekmektedir.

5.2 Mevcut sistem ile önerilen sistemin karşılaştırılması

KadeSim programımızın çalıştırılması için girilen veriler fabrikanın 2011 Mart ayına aittir ve karşılaştırma, mevcut sistemin Mart ayı içindeki durumu temel alınarak yapılmıştır.

5.2.1 Kanban-MRP karar destek sistemi

İki farklı seçim seçeneğiyle çalışan sistemimizde eğer bazı malzemelerin malzeme yönetim sistemleri önceden belirlenmek isteniyorsa sistem, varolan 2459 malzemedan 1536 tanesi için kanbanla yönetme kararı vermektedir. Kanban olarak yönetilen malzemeler %30'dan %62'ye çıkarılarak ciddi bir artış sağlanmıştır. Kullanıcı eğer bazı malzemelerin malzeme yönetim sistemlerini önceden girerek özel kısıtlar koyma seçeneğini tercih etmezse sistemimiz 1497 malzemeyi kanban yapmakta ve kanbanla yönetilen malzemelerin sayısını %61'e çıkarmaktadır. Her iki seçenekte de firmada kanbanla yönetilen malzeme sayısı yaklaşık %100 arttırılmıştır.

5.2.2 Senaryo analizleri

Firmanın yakın geçmişte uyguladığı ve gelecekteki üretimini temsil edebilecek 20 günlük üretim planı firma yetkilileri tarafından belirlenmiş ve benzetim modelinin bu plan üzerinden 20 günlük çalıştırılmasıyla senaryo sonuçları elde edilmiştir. Malzeme özellikleri ve geliş şartları temel alınarak belirlenen yeni ambar hücre tipleri sayesinde, ambar doluluk oranı en iyi senaryoda %60'tan %81'e çıkartılmıştır. İncelediğimiz senaryolar arasından ambarda kapladığı alan, ambar hücre verimliliği ve eksiye düşen malzeme sayısı kriterlerine göre en iyi sonucu veren senaryo 6'dır. Buna göre, merkezi ambardan malzeme sevkiyatı iki saatte bir kanban kutularıyla, ihtiyaç kadar elleçlenerek getirilmeli, elleçleme ve aksesuar malzemeleri alanı merkezi ambarda, kalite kontrol alanı fabrika ambarında bulunmalı, fabrika ambarından üretim alanına malzeme sevkiyatı saatte bir olmalı ve ihtiyaç ön süresi iki günden az olan malzemeler fabrika ambarında, diğer malzemeler merkezi ambarda tutulmalıdır. Bu parametrelerle merkezi ambarda gereken alan 2782 m², fabrika ambarında gereken alan 1317 m² olmak üzere toplamda 4099 m² alana ihtiyaç duyulmaktadır. Eksiye düşen malzemelerin sebebi ise, malzemelerin ambara geliş

tarihlerinin benzetim modelinin çalışmaya başlama tarihinden önceye denk gelmesi ve sistemde gösterilememesidir.

Tablo 1. Senaryo Sonuçları

Senaryo*	Merkezi Ambarda Gereken Alan	Fabrika Ambarında Gereken Alan	Gereken Toplam Alan	Eksiye Düşen Malzeme Sayısı	Ambar Hücre Verimlili ği
1	2508	1982	4490	221	%80
2	2428	1902	4330	172	%81
3	2905	1379	4284	205	%79
4	2399	1851	4250	212	%80
5	2917	1354	4271	198	%80
6	2782	1317	4099	156	%81
7	2941	1349	4290	196	%80

*Senaryoların detaylı açıklaması için Ek 2'ye bakınız.

6. Genel Değerlendirme

Geliştirilen KadeSim entegre çözüm sistemi kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. Sistem Arena, Access, SQL, Visual Basic uygulama ve programlama bilgisi gerektirmeden arayüz üzerinden kolayca kullanılabilir. Bunun yanı sıra kullanıcı sistem parametrelerini arayüz üzerinden değiştirerek kolayca kullanabilmektedir. Bu sayede kullanıcı, değişen operasyonel koşullara sistemi kolayca adapte edebilmektedir. Sistemin esnek bir yapıda kurgulanmasının en temel amacı halihazırda B/S/H/'ın sisteme sadece FIK2 fabrikası için değil, yerleşkedeki diğer 4 fabrika için de ihtiyaç duymasıdır. Ayrıca, 2012 yılında yerleşkede faaliyete geçecek küçük ev aletleri fabrikasının da lojistik sisteminin tasarlanmasında KadeSim entegre çözüm sisteminin sonuçlarının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu da sistemimize sadece B/S/H/ FIK2 fabrikasında değil, öncelikle Çerkezköy yerleşkesinde ortak ambara geçecek diğer 4 fabrika olmak üzere, benzer malzeme akış sistemine sahip bütün üretim tesislerinde uygulanabilme esnekliğini sağlamaktadır.

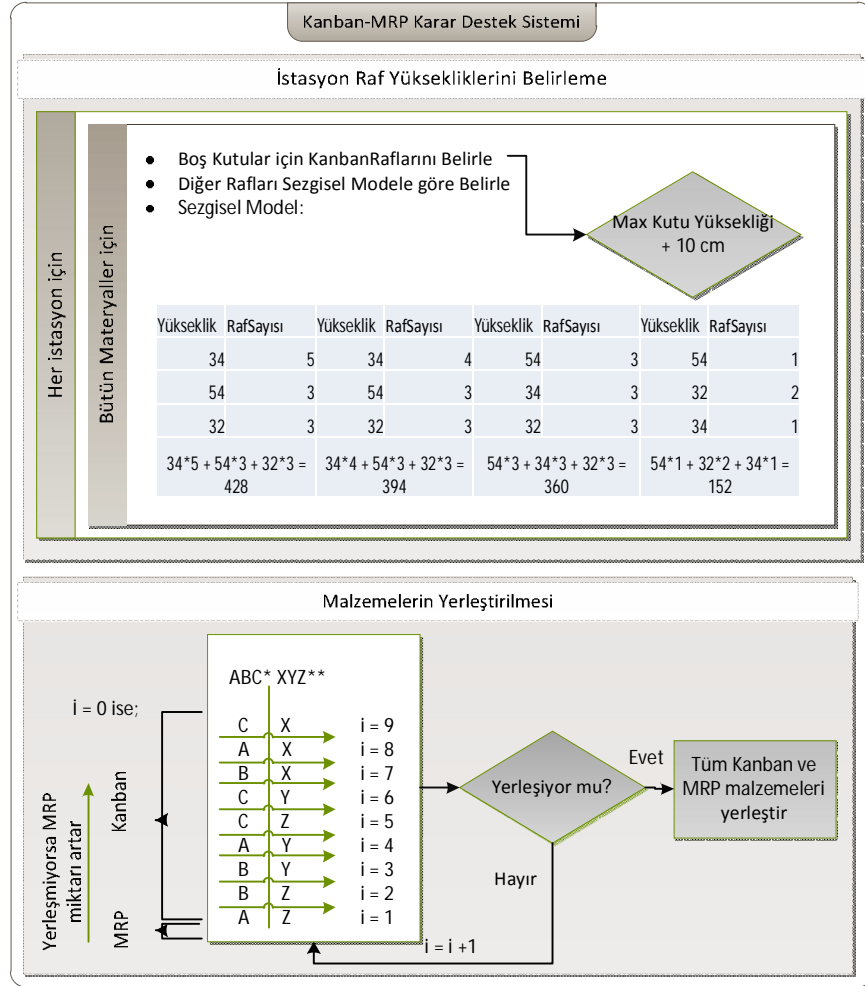
Yapılan bu proje, devamında yapılabilecek önemli projelerin de temelini oluşturmaktadır. Geliştirilen KadeSim sistemi üzerinde yapılacak çalışma ve geliştirmelerle fabrika kapasite belirlenmesi, hat dengelenmesi, ambar yerleştirilmesi ve dizaynı, ambar verimliliği artırma, iş istasyonlarındaki eleman ihtiyacının belirlenmesi gibi konularda çözümler geliştirilebilir. Sistem altyapısı bunu destekleyecek şekilde geliştirilmiştir.

KAYNAKÇA

- Flores, B. E., & Whybark, D. C. (1986). "Multiple Criteria ABC Analysis". *International Journal of Operations and Production Management* 6, 3
- Flores, B. E., & WhyBark, D. C. (1987). "Implementing Multiple Criteria ABC Analysis". *Journals of Operations Management* 7, September no. 2.
- Seppanen, M. S. (2000). "Developing Industrial Strength Simulation Models Using Visual Basic For Applications (VBA)". *Winter Simulation Conference*, 77-82.
- Vollman. (2005). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*. Boston: McGraw-Hill International Edition. 318-319

EKLER

Ek 1. Kanban-MRP karar destek sistemi akış diyagramı



Not: Malzemelerin yerleştirilmesi sezgisel modeli başlarken bütün malzemeleri kanban olarak kabul eder, yer kısıtıyla karşılaştıkça ağırlığa göre MRP yapar ($i = i+1$).

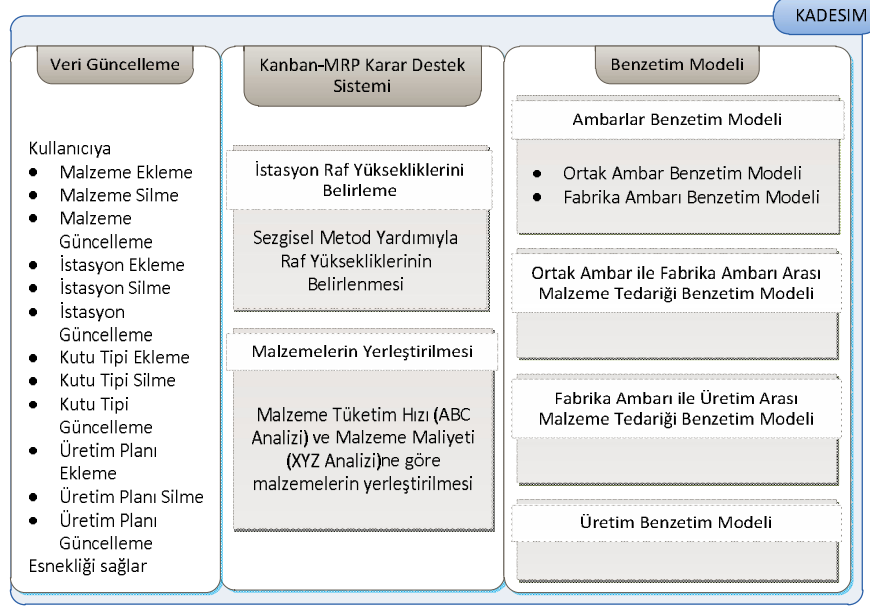
*ABC analizi: Malzeme maliyetine göre gruplanması (A: En yüksek maliyetli)

**XYZ analizi: Malzeme tüketim hızına göre gruplanması (X: En yüksek tüketim hızına sahip malzeme)

Ek 2. Kullanılan senaryoların parametreleri

Malzemenin merkezi ambardan	Geliş sıklığı	Geliş şekli	Geliş miktarı	Malzeme elleçlenerek mi geliyor	Elleçleme alanı nerede	Kalite kontrol alanı nerede	İhtiyaç ön süresi –günden az olanlar fabrika ambarında tutulmalı	Mikrun sıklığı (saat)
Senaryo								
1	Günlük	Palet	Palet miktarı kadar	Hayır	Fabrika ambarı	Fabrika ambarı	2	1
2	2 saat	Palet	Palet miktarı kadar	Hayır	Fabrika ambarı	Fabrika ambarı	2	1
3	Günlük	Palet	İhtiyaç kadar	Hayır	Merkez ambar	Fabrika ambarı	2	1
4	2 saat	Palet	İhtiyaç kadar	Hayır	Merkez ambar	Merkez ambar	2	1
5	5 saat	Kanban Kutusu	İhtiyaç kadar	Evet	Merkez ambar	Fabrika ambarı	2	1
6	2 saat	Kanban Kutusu	İhtiyaç kadar	Evet	Merkez ambar	Fabrika ambarı	2	1
7	5 saat	Palet	İhtiyaç kadar	Hayır	Merkez ambar	Fabrika ambarı	2	1

Ek 3. KadeSim alt sistemleri



Ek 4. Arayüz görünümü

Simulasyon

KADESİM Karar Destek Sistemi

Senaryo Parametreleri Giriş Paneli

Tren sıklığı: 2 saatte bir

Milkrun sıklığı: 1 saatte bir

İhtiyaç ön süresi: 2 günden az olanlar fabrika ambarında depolanmalı

Merkez ambardan malzeme geliş şekli: Palette

Merkez ambardan malzeme geliş miktarı: İhtiyaç kadar

Eleçleme alanının yeri: Merkez ambar Boyutu (m2): 520

Kalite kontrol alanının yeri: Ortak ambar Boyutu (m2): 200

Ambar Parametreleri

Maksimum raf yüksekliği (mt): 8

Maksimum raf uzunluğu(mt): 15

Raf arası yol genişliği (mt): 3

Simulasyona Başla

Ana Sayfa

Simulasyona başlamadan önce tüm parametrelerin eksiksiz doldurulduğundan emin olunuz

Record: 1 of 1 No Filter Search

Karar Destek ve Stratejik Rota Yapılandırma Sistemi

Coca-Cola İçecek A.Ş.

Proje Ekibi

Zeynep Evcimen
Neslihan Kahyaoğlu
Osman Atakan Ocakoğlu
Pamir Öktem
Merve Özen
Onur Tosyalı

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Barış Kaptan, Coca-Cola İçecek A.Ş. Alan Satış Müdürü

Akademik Danışman

Doç. Dr. Oya Ekin Kardeşan, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Coca-Cola İçecek A.Ş.'de stok dışı kalma problemi nedeni ile dağıtım ağı ve zamanında iletim sistemi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu projenin amacı, maliyeti iyileştirerek dağıtım sebepli gelir kayıplarını ve stok dışı kalma sorununu, tasarlanan sistem ile gidermek ve çeşitlilik gösteren rotaları maliyet kalemleriyle beraber gösterebilmektir. Program, Microsoft.NET platformu üzerinde, VisualBasic.NET programlama dili ve MS SQLServer veritabanı kullanılarak geliştirilmiştir. Tasarlanan “Karar Destek Sistemi” Mayıs 2011 itibarıyla Coca-Cola İçecek bünyesinde kullanılmakta olup, az maliyetli alternatif rotalandırma seçenekleri ile dağıtım ağını daha verimli hale getirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karar destek, Rota yapılandırma, Nakliye maliyeti

1. Şirket Bilgisi ve Sistem Analizi

Coca-Cola İçecek, Coca-Cola Company'nin uluslararası düzeydeki; 8 fabrika, 4 ana depo, 342 bayi ve %85'lik pazar payı ile en büyük ayaklarından biridir. Coca-Cola, Fanta, Sprite, Powerade, Burn, Cappy ve Schweppes gibi markalar CCI adı altında tüketicilere sunulur. Sadece Türkiye'ye hizmet vermenin dışında, Suriye, Irak, Lübnan ve Azerbaycan gibi ülkelerde de satış, dağıtım ve pazarlama açısından CCI sorumludur. Üretim, satış ve pazarlamayı bir koordinasyon içinde götürerek kazançları eniyilemeye çalışmak şirket politikası olarak belirlenmiştir.

Bu eniyilemenin sağlanması amacıyla ve üretim, satış, pazarlama üçlüsünün tam bir mekanizma olarak çalışabilmesi için verimli bir dağıtım sisteminin olması bu bütünün en önemli parçasıdır. Sistemin bu dört parçasını ve birbirleriyle olan ilişkilerini gösteren akış şemasını Ek 1'de bulabilirsiniz. Üretim çekme sistemine göre yapılırken üçlü mekanizmanın satış ayağında itme sistemi uygulanır. Satış kanalı modern ve geleneksel olarak satışlarını ikiye ayırır.

2. Şikâyet ve Bulgular

Şirket yetkilileriyle yapılan görüşmeler ve yerinde analizler sonucu projenin odağını oluşturan problemin tanımlanması doğrultusunda şikâyetler dinlenmiş, bulgular toplanmıştır. Projenin çözüm getireceği nokta nakliye maliyetlerinin detaylı gösterimi sonucu en uygun veya en uyguna yakın rota seçimi yapabilmeyi ve en uygun rotadaki herhangi bir fabrikada stok dışı kalındığında, bu ürünler başka noktalardan tedarik edildiğinde oluşan ekstra nakliye maliyetini öngörmektir. Rafta bulunamama ya da stok dışı kalma sorunlarının oluşma nedenleri üretim ve lojistik bazlı sebeplerdir. Projenin odağının lojistik süreçleri olduğu göz önüne alınırsa, bu kapsamda stok dışı kalma ve rafta bulunamama problemlerinin ana kaynakları; düşük hacimli bayilerin dolu kamyon ürün satın almadaki zorlukları ve Powerade, Schweeps gibi B ve C tipi olarak tabir edilen; talep ve tüketimleri düşük olan ürünler olarak sıralanabilir. Problem tanımında, B ve C tipi ürünlere odaklanılmasının sebebi ise, Ankara fabrikasının geçmiş stok dışı kalma verileri kullanılarak gerçekleştirilen 2-sigma analizi sonuçlarıdır. Bu analizler sonucu, bayi talepleri ile nihai olarak bayinin eline ulaşan ürün tip ve miktarlarının incelenmesi sonucunda, geçmiş 4 ay boyunca stok dışı kalınan ürünlerin %42'sini B ve C tipi ürünlerden oluştuğu verisine ulaşılmıştır. Buna ek olarak geçmiş veriler üzerinden yapılan diğer analizlere göre, CCI'nin düşük hacimli bayi taleplerini karşılamak için fabrikalar arası mal taşımaya yönelmesi dağıtım maliyetlerini ortalama %15 arttırmaktadır. Detaylı bilgi için lütfen Ek 2'ye bakınız. Son olarak ise, yapılan analizler ve şirket yetkililerinden dağıtım şefi ile yapılan görüşme sonucu çıkarımına

vardığımız en önemli bulgu ise dağıtım ağına geleneksel ve tecrübeye dayalı bir yöntem izlendiği, karar aşamasında rakamsal veri kullanılmadığıdır.

3. Problem Tanımı

Problemin CCI tarafından proje ekibine ilk olarak aktarılış biçimi özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde, B ve C tipi ürünlerde talep hacminin düşük oluşundan doğan, nakliyenin maliyetinin yüksek olması ve bu sebeple de talep birleşimi için bekleme ya da yollamama kararları alınması durumunda rafta bulunamama problemine yol açması şeklindeydi. Fakat çözüme yönelik düşünmeye geçmeden önce, bu problemi sebeplerine inerek tanımlamak gerekiyordu. Bu doğrultuda, 1 ve 2 no'lu başlıklarda olan sistem analizi yapıldı ve CCI'daki gözlemler sonucunda bulgu ve şikâyetler derlendi.

Dönem başında CCI tarafından belirlenen problem tanımı rafta bulunmama iken yapılan analizler ve bulgular sonucu, süreç içerisinde, projenin odaklanacağı problem aşağıda belirtilen sebepler doğrultusunda rafta bulunmama nakliye kalem maliyetlerini detaylı gösteren stok dışı kalma sorununa çözüm sağlayan bir rota yapılandırma ve karar destek sistemine dönüştürülmüştür. Stok dışı kalma probleminin, tedarik zincirinin farklı halkalarından kaynaklandığı tespit edilmiş ve bunlar aşağıdaki gibi detaylandırılmıştır.

3.1 Üretim bazlı sebepler

Üretimin talebi karşılamakta yetersiz kalması, ürünün rafta bulunmamasının direkt sebeplerinden biridir. Üretimin talebi karşılayamamasının ise birden fazla sebebi olabilir. Bunlardan bazılarını talep tahminindeki yanılma payı, mevsimsel değişiklikler, talebin hızlı artışı, kapasitenin yetersiz olması, hammadde eksikliği, üretim planlamayla ilgili hatalar olarak sırayabiliriz. Fakat projenin odağındaki problem üretilmiş ürünlerin, özellikle talebi düşük olanların, nakliyesinde maliyetlerin, bekleme ve gecikmelerden ötürü bu ürünlerde stok dışı kalmasıdır ve bu problem üretime dayanan bir sorun değildir.

3.2 Lojistik bazlı sebepler

Lojistik bazlı sebepler de üretimi tamamlanmış olan bir ürünün zamanında rafa ulaştırılmaması durumu ele alınmıştır. Genel anlamda, lojistik bazlı problemler, CCI dağıtım ağının üç seviyesinin herhangi birinden kaynaklanıyor olabilir. Bu üç seviye üretilmiş ürünün satış merkezine, bayiye ya da müşteriye ulaştırılmasıdır. CCI dağıtım ağına üretilen ürünler fabrikadan direkt bayiye ve fabrikadan direkt müşteriye gönderilebilirler. Bunun yanında, sistem analizinde de anlatıldığı gibi, ürünlerin CCI içinde duraklama yapmaları da gerekebilir. Bu durumda ise üretilen ürünler fabrikadan satış merkezine bazı durumlarda ise fabrikadan başka bir fabrikaya gönderilirler. CCI içi nakliye ulaşım maliyetini arttırdığından istenilen bir durum değildir.

Özellikle bu projede CCI'nin yaşadığı problem lojistik tabanlı olarak incelenmektedir. Düşük miktarda bir talep girildiğinde, bu talep tek başına bir kamyonu koyularak yollanırsa ürün başına maliyet çok artar ki bu istenilen bir durum değildir. Yanına aynı bayinin başka talepleri ya da başka yakın bir bayinin talepleri koyularak birleştirme yapmak en akıllıca çözüm olmakla birlikte, o gün girilmiş olan taleplere göre her zaman mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda birleştirme yapılabilecek taleplerin oluşması beklendiğinden ihtiyaç duyulan ürün bayiye ve dolayısıyla nihai tüketiciye geç ulaşır ve bu süre zarfında stok dışı kalır.

3.3 Diğer sebepler

Rakip firmaların müşteri anlaşmaları, bayi anlaşmaları, bayi stokları, firma içi iletişim eksikliği ve sisteme dayalı ortaya çıkabilecek diğer her türlü problem bu başlık altında değerlendirilebilir.

Problemi en basit şekliyle, Doğu Karadeniz Bölgesinde'nde B ve C tipi ürünlerin taleplerinin düşük olması sonucu, nakliye maliyetlerinin artması ve maliyetleri düşürmeye çalışırken ortaya çıkan bekleme, birleştirme, göndermeme gibi kararların bayinin stok dışı kalışına sebep olması olarak tanımlayabiliriz.

4. Çözüm Yolları

Problemin lojistik bazlı sebeplere dayalı olarak tanımladıktan sonra, iki çözüm yolu izlendi. Bunlardan ilki, rotaların belirlenmesinde maliyeti düşürmek ve bu yoldan dağıtım sistemini daha etkin kılmak fikri doğrultusunda literatürde var olan “Araç Rotalama Modelleri” temel amaç fonksiyonu ve kısıtları kullanıldı. Ardından, probleme uygun, özgün bir matematiksel model yazarak maliyet açısından rota optimizasyonu yapıldı. Bu yaklaşımla amaçlanılan, hali hazırda kullanılan rotalara daha düşük maliyetli alternatifler sunarak toplam nakliye maliyetini düşürmek ve bu elde edilen karı düşük talepli, yüksek maliyetli ürünlerin nakliyesinde esneklik kazanmak için kullanmaktır. Bu esneklik sayesinde aynı toplam maliyet ile daha fazla ürün sevkiyatı yaparak stok dışı kalınan durumları azaltmak hedeflerimizden bir diğerydi. Bunun için geliştirilen matematiksel model Xpress'te kodlandı. Matematiksel modelin lojistik maliyetlerini düşürmekle birlikte tek rota maliyeti sunduğundan, sonuç verme hızının yavaşlığından ve günlük bazda oluşabilecek değişikliklere uygun olmadığından CCI için kullanışlı olmayacağına karar verildi ve CCI'a daha esnek, günlük olarak daha kısa zamanda ve kolaylıkla kullanılacak bir sezgisel algoritma hazırlandı. Bu şekilde olası rotalar ve talep birleştirme seçenekleri görünür hale getirilmekte ve nakliye kararlarının daha sağlıklı bir biçimde alınması sonucu maliyet düşürülmektedir. Maliyet düşüşünden edilen kar ile talebi düşük ürünlerin nakliyesinde bir esneklik elde ederek daha çok ürünün

zamanında bayilere sevk edilebilmesini ve bu sayede bayilerin, gecikmeden doğacak stok dışı kalma, sorununa çözüm sağlanmaktadır. Çözüme yönelik iki yaklaşım da aynı mantığa oturmakla birlikte sezgisel algoritmaya, çözüm önerisinin uygulanabilirliği ve maliyete etkisi arttırılmaktadır. İki çözüm yaklaşımı da aşağıda detaylı bir biçimde anlatılmış ve karşılaştırılmıştır.

Bunlara ek olarak altının çizilmesi gereken bir diğer nokta sezgisel algoritma, teslim edilecek programın uzun süreli kullanılabilirliğini ve esnekliğini sağlamak adına sadece üzerinde çalışılan Doğu Karadeniz Bölgesi için değil, tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde geliştirilmiştir.

4.1 Matematiksel Model

Çözüm sürecinde, öncelikle problemin uygun bir çözümüne ulaşabilmek için matematiksel model kullanılmıştır. Modelin oluşturulma aşamasında, ARM temel alınarak başlıca kısıtlar ve amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Kısaca bu kısıtlar ve amaç fonksiyonundan bahsetmek gerekirse, ARM'de maliyeti içeren amaç fonksiyonu ve bir kamyonun alabileceği maksimum yol gibi kısıtlar zaman penceresi kullanılarak matematiksel modelin ana hatlarını oluşturmuştur. Bunun yanında, problem tanımının gerektirdiği ve şirketin özel olarak belirttiği kısıtlar ve maliyet kalemleri de modele eklenmiştir. Sonuçta elde edilen model, literatürde yer alan herhangi bir lojistik modelinden oldukça farklı ve üzerinde çalıştığımız probleme özel bir hale getirilmiştir.

Problem için bir en küçültme modeli tasarlanmıştır. Amaç fonksiyonu; uzaklık bazlı nakliye maliyeti, araç maliyeti, siparişin gecikme maliyeti ya da gönderilmeme maliyeti, yükleme/indirme maliyetlerinden oluşmaktadır. Bunun yanında amaç fonksiyonuna gelir de negatif işaretli olarak eklenmiştir. Amaç fonksiyonu bu haliyle maliyet-gelir arasındaki ilişkiyi göz önünde bulunduracak şekilde tasarlanmıştır.

Modelde tanımlanan her bir sipariş için gecikme maliyetini hesaplamada kullanılmak üzere “zaman pencereleri” belirlenmiştir. Bunun yanında kısıtlardan genel hatlarıyla bahsedecek olursak; her rotaya bir araç atanması, bir rotada yer alan tüm noktalarda siparişin bırakıldığı zamanlar arasındaki ve o noktaya giriş/çıkıştaki kamyon yükleri arasındaki ilişkinin kurulması kısıtları belirlenmiştir. Bunun yanında, bir aracın rotası üzerinde yapabileceği en fazla duruş sayısı ve alacağı en fazla yol da kısıtlarla sınırlandırılmıştır. Matematiksel model Ek 3'te görülebilir.

4.2 Sezgisel Algoritma

CCI'daki sistem analizi süreci bittikten sonra problemin lojistik tabanlı bir problem olduğu gözlemlenmiştir. Bu problemi çözmek adına literatürde bulunan ARM modellerin varyasyonları incelendiğinde sisteme en uygun iki modelin ZPARM (Zaman Pencere Araç Rotalama Modeli) ve ÇDARM (Çoklu Depo Araç Rotalama Modeli) modelleri olduğu kararlaştırılmıştır. Bu iki modelin tanımladığımız problemin farklı noktalarına cevap vermesi sebebiyle, iki modelin de sadece yararlı öğelerini içeren ancak üzerinde çalıştığımız probleme özel bir model yaratılmaya çalışılmıştır. Matematiksel model kâğıt üzerinde uygun değere ulaşılmasını sağlarken gerçek hayattaki aksiyonları kapsamadığından dolayı uygulanabilirlik ve süre bakımından yetersiz kalmaktadır. Sezgisel algoritma ise matematiksel modelin altyapısıyla donatılmış fakat farklı senaryolar sayesinde gerçek hayata uygulanabilir bir model oluşturulmuştur. Bu model matematiksel modelin en uygun sonucunu içermekle birlikte olası diğer alternatifleri de kullanıcıya sunmaktadır. Bu sebeple, sezgisel algoritma arkasında herhangi bir matematiksel model eniyilemesi çalışmamaktadır. Sezgisel algoritmanın altyapısını daha çok aşağıda bahsedilen senaryolar oluşturmakta ve en uygun alternatifleri matematiksel modelin amaç fonksiyonu doğrultusunda sunmaktadır. Sonuç olarak tanımlanan probleme özel bir model oluşturulmuş ve modelin bilgisayar ortamına aktarılma süreci başlamıştır.

Maliyet hesabı, CCI tarafından temin edilen veriler doğrultusunda hesaplanmaktadır. Matematiksel modelde de olduğu gibi sezgisel algoritmanın maliyet kalemlerini taşıma, yükleme/indirme ve araç maliyeti oluşturmaktadır. Yükleme/indirme maliyeti kamyonun durduğu her durak başına hesaplanırken araç ve taşıma maliyetleri katedilen yol bazında hesaplanmaktadır. Matematiksel modeldeki gibi sezgisel algoritma maliyeti en küçültme şeklinde çalışmaktadır. Bu yüzden göndermeme durumunun karşılığı olarak ciro hesaplamalara çıktı olarak eklenmiştir.

Modelin uygulanma kolaylığını sağlamak amacıyla toplamda beş senaryo oluşturularak belirli mantıksal kısıtlar çerçevesinde, model bölümlere ayrılmıştır. Öncelikle veritabanına herhangi bir ürün girişi yapıldığında program model çerçevesinde iki farklı fabrika seti oluşturmaktadır. Bu setlerden, "f*" setinde veritabanına girilen ürünün üretildiği fabrikalar yer alırken, "f" setinde ürünün üretiminin yapılmadığı fabrikalar yer almaktadır. Sezgisel algoritmanın teknik altyapısını ve basamaklarının gösterildiği akış şeması Ek 4'te görülebilir.

4.2.1 Senaryo 1: Siparişi yollamama

Bu senaryo, veritabanına talebi yollayan bayiye siparişini yollamama dâhilinde CCI'nin ciro kaybını hesaplamak için tasarlanmıştır. Yollamama alternatifi stok dışı kalmanın sebeplerinden biri olduğu için algoritmaya dâhil edilmiştir.

4.2.2 Senaryo 2: Siparişi direkt yollama

Bu senaryo veritabanına bir sipariş girildiği zaman siparişi en yakın fabrikadan gönderme seçeneğinin maliyetini göstermektedir. Bu senaryoda programda yaratılan f* kümesi kullanılmaktadır. İlk önce ürünün üretildiği fabrikalar belirlenip sonra en yakın fabrikadan gönderme seçeneğinin maliyeti hesaplanır. Bu senaryo için hiçbir fabrika, kamyon veya bayi birleştirmesi göz önünde bulundurulmamaktadır.

4.2.3 Senaryo 3: Ürünün üretilmediği noktadan yollanması

Bu senaryo, veritabanına girilen siparişi ürünlerin üretildiği fabrika noktasından değil daha önceden transfer edildiği fabrika depolarından yollama seçeneğinin karlılığını öngörebilmek için oluşturulmuştur. Üretilen fabrika ile fabrika depoları arasında bir iç taşıma söz konusudur. Senaryoda en önemli nokta aslında ürünlerin daha önceden fabrika deposuna gelirken en az bir kere taşındığı varsayımdır. Bu yüzden talebin, üretilen fabrika - fabrika deposu - bayi rotasını izlediğini hesaba katılmıştır. Bunu yapabilmek adına fabrika deposundan bayiye taşıma maliyetlerine ek olarak ürünlerin üretildiği fabrikadan bir diğer fabrika deposuna taşınırken ortaya çıkan maliyetleri de göz önünde bulundurularak sonuca ulaşıldı. Senaryonun yaratılış amacı yukarıda bahsedilen CCI içi taşımanın kalem maliyetleri ile kullanıcıya sunmaktır.

4.2.4 Senaryo 4: Fabrika birleştirme

Bu senaryo veritabanına aynı bayi tarafından birden fazla sipariş girildiği zaman izlenecek rotayı belirleyebilmek için yaratılmıştır. İki farklı sipariş tek bir bayiye götürüleceği zaman algoritma girilen ürünlerin üretildiği fabrikaları bulup, her ürün için bir f* seti oluşturmaktadır. Bazı ürünlerin belirlenen f*'da üretimi olmasa dahi stoklarda bulunması sebebiyle, bayinin farklı siparişlerinin bir fabrikadan tek seferde götürülmesi durumu bu senaryoda ele alınmaktadır. Yine bu senaryonun maliyeti hesaplanırken ürünlerin daha önceden fabrikanın deposuna getirilme maliyetleri rotanın maliyetine eklenmiştir. Sezgisel yöntemin ilk adımında deponun bayiye en fazla 100 km uzaklığında olması gerektiği kısıtlanması konulmuştur. Bu kısıtlamayla uzaklık bazlı maliyeti azaltmak amaçlanmıştır. İkinci adım olaraksa ürünün üretildiği fabrika - fabrika deposu - bayi üçgenindeki üç noktanın ortasında bulunan açının 90°den büyük olması kısıtlanması getirilmiştir. Tüm bu kısıtların pratikteki karşılıkları CCI tarafından

onaylanmıştır. Böylece fabrikaya daha yakın olan bayinin siparişini depolardan alıp daha uzun bir yol gitmesi durumu ortadan kaldırılmıştır.

4.2.5 Senaryo 5: Bayi birleştirme

Bu senaryo ise farklı bayiler tarafından veritabanına girilen siparişlerin bayilerin yakınlıklarına göre birleştirip birleştirmeme kararını verebilmek adına yaratılmıştır. Eğer iki bayi arası uzaklık 100 km'den az ise ve siparişleri aynı fabrika veya depodan gönderilebiliyor ise sipariş birleştirme seçeneğinin maliyeti hesaplanmaktadır. Böylelikle dolu kamyon çıkaramayan bayilerde stok dışı kalma problemi ortadan kalkacaktır. Bu durumda sonuç, tek kamyon çıkarılarak iki farklı bayiye nakliye yapılmasının oluşturduğu maliyettir. Senaryo daha önceki bütün senaryoları kapsadığından, önceki kısımlarda belirtilen bütün kısıtlar bu senaryoda da geçerlidir.

5. Teknik Detaylar

Sezgisel algoritmanın kodlanması, aktif olarak ulaşılabilir hale getirilmesi ve programın farklı verilerle koşulabilir kılınması aşamalarında kullanılan teknik yapılanma aşağıdaki gibidir:

- Yazılım Geliştirme Platformu: Microsoft.NET
- Programlama Dili: Asp.NET ve C#.NET
- Veri Tabanı Sistemi: MS Sql Server

6. Modellerin Doğrulanması

6.1 Matematiksel Modelin Doğrulanması

Hazırlanan matematiksel model geçmiş veri ile doğrulanması, veri azlığından gerçekleştirilememiş ve bunun sonucu, gerçekleşmesi olası uç senaryolar yardımıyla doğrulanmıştır. Bu senaryolardan biri; uzak bir noktadaki düşük talepli bir bayiye talebin yollanmaması veya geç yollanmasıdır. Bu noktada amaç fonksiyonunun ciro ve karşılanmamış talep zararını içermesi sayesinde beklenen sonuca ulaşılmıştır. Bir diğer senaryo ise yine uzak ve düşük kapasiteli talepler yollayan iki bayinin taleplerinin bir kamyonla birleştirilmesi ile denenmiş ve bu senaryoda da matematiksel model ile beklenen rotaya ulaşılmıştır. En son olarak kullandığımız doğrulama yöntemi ise duruş noktalarını azaltmak olmuştur. Bu işlem matematiksel modelde indirme/bindirme maliyetinin amaç fonksiyonuna aktarılması ile sağlanmış ve rotada durak sayısı en aza indirgenmiştir.

6.2 Sezgisel Algoritmanın Doğrulanması

Gerçekleşen internet tabanlı algoritmanın doğrulamasını CCI çalışanı ve dağıtımşefinin yardımlarıyla gerçekleştirdik. Bu çalışmada; dağıtımşefinin tutmuş olduğu, bir hafta boyunca sisteme girilmiş bayi taleplerini hangi fabrikalardan ve nasıl bir rota ile yollandığı verisi kullanıldı. Verideki birkaç bayi talepleri hazırlanan sisteme girildi ve sonuçları geçmiş veri sonuçları ile karşılaştırıldı. Bu doğrulama sürecinde amaçlanan CCI-Karar Destek ve Stratejik Rota Yapılandırma

Sistemi'nin çıktılarının mantıksal sonuçlar vermesi ve CCI tarafından tutulan geçmiş verilerle örtüşmesiydi. Doğrulama üç bayi talebi için çalıştırıldı ve sonuçlar aşağıdaki gibi yorumlandı.

Veriden alınan taleplerin detaylı bilgisi Ek 5'te sunulmaktadır. İnternet tabanlı sistemden çıkan sonuçların detaylı bilgisi Ek 6'da verilmektedir.

6.2.1 Demirkollar Meşrubat (ID-50001)

Sistem çıktısında da görülebileceği gibi maliyeti en uygun senaryo ürünlerin üretildiği fabrikadan direkt çıkması fakat program her şekilde dolu kamyon çıkacağına programlandığından dolayı ekte görülen sonucu vermektedir. Bunun dışında girilen dört talebin dağıtımşefinin yollamış olduğu şekilde yollama seçeneğini de içermektedir. Fakat bazı noktalarda sistemde güncel stok bilgilerinin bulunmaması dağıtımşefinin yolladığı geçmiş verileri ile örtüşmemesine neden olmuştur. Bu talep senaryosunda veriler doğrultusunda yollamanın maliyeti ise 608,98 TL olarak hesaplanmıştır. Senaryolar daha düşük maliyetli olası rotaları gösterdiği için karar verecek CCI çalışanına ışık tutacaktır.

6.2.2 Turanlar Ticaret (ID-616162)

Elazığ fabrikasından yollanmış olarak gözüken bu talep programımızda yer almamaktadır. Çünkü girilen iki talep Bursa fabrikada üretilmekte ve diğer talep Elazığ fabrikasında üretilmektedir. Şirket içi taşımanın günlük %3 nakliyatı geçmemesi doğrultusunda ve fabrikalar arası taşımanın hem maliyet hem de zaman açısından uygun olmadığı göz önüne alınmış ve sezgisel algoritma hazırlanırken bu noktalar sisteme dâhil edilmiştir. Tüm bu sebepler incelendiğinde veriden farklı ve belki istisnai taşımayı sistemimiz içermemektedir. Dört üretim yerinden taşıma iki fabrikaya düşürülmüş ve kamyonlar yine de fabrika durağı ile birleştirilmiştir.

6.2.3 Karışık bayiler

Bu doğrulama çalışmasının amacı daha yukarıda da bahsedildiği gibi bayi birleştirme ve yakın talepleri aynı kamyon ile taşımayı göstermektir. Çıkan senaryolar incelendiğinde görülmektedir ki 100 km'den yakın bayilerde talep birleşimi düşünülmekte ve bu birleşim yine en az maliyet hesaplanarak bulunmaktadır.

Sistem, karara yardım amacı güttüğünden senaryolar bu amaç ışığında hazırlanmış ve en önemli kıstas matematiksel modelde de olduğu gibi maliyeti düşürmek olmuştur. Toplanan veriler ve sistem çalıştırmaları sonucunda yapılan çıkarım, karar destek sisteminin belirlenen mantık kısıtları çerçevesinde tüm olası dağıtım noktalarını belirlediğidir.

7. Karar Destek Sistemi

Problem tanımı ve proje kapsamında; geliştirdiğimiz internet tabanlı yazılım çözümüyle CCI'ya sunulan “Karar Destek Sistemi” kullanıcıya nakliye kararlarında maliyet tabanlı bir yönlendirme yapmayı amaçlamaktadır.

Karar Destek Sistemi; şirket bünyesinde dağıtım şefi pozisyonundaki çalışanlar için tasarlanmıştır. Şirkette mevcut durumda hareket memurları; bayi siparişleri için tüm gönderim, sipariş birleştirme, erteleme ve göndermeme kararlarını özel bayi taleplerini göz önünde bulundurarak ve tümüyle tecrübelerine dayanarak vermektedir. Bu pozisyonda, hızlı karar verme gereksiniminden doğan zorluklar sebebiyle dağıtım şefi alternatif nakliye yollarını ve bu alternatiflerin maliyetlerini yeterince değerlendirememektedir. Bunun sonucunda, alışılmış rotalar dışında maliyeti azaltacak olsa dahi aynı bayi ya da farklı bayiler için sipariş birleştirme alternatifi göz önünde bulundurulmamaktadır. Bir diğer seçenek ise, nakliye maliyetinin o siparişten elde edilecek karı geçtiği durumlarda siparişi yollamama olmasına karşın karar verme sürecinde yine göz önünde bulundurulmamaktadır.

Bu noktada kullanıcıya sunulan “Karar Destek Sistemi”, sezgisel algoritmaya belirlenen mantıksal kısıtlar çerçevesinde tüm olası rota ve sipariş birleştirme alternatiflerini maliyetleriyle birlikte sunmaktadır. Sistem temelde, Türkiye genelinde fabrikalarda görev yapan altı dağıtım şefinin kullanımı için tasarlanmasına rağmen şirketin Intranet ağında paylaşılacağından tüm diğer çalışanların da yazılıma ulaşması sağlanacaktır.

Geliştirilen sistemde sonuçları görebilmek için, siparişi hazırlanacak bayi adının, ürün tipinin ve ürün miktarının girilmesi yeterlidir. Sistem, kullanıcının görmek istediği belirli bayiler ve bu bayilerin siparişleri için çalışabilmesinin yanında; dağıtım şefinin sorumlu olduğu bölgede toplanan tüm siparişlerin bir Excel dosyasıyla “Karar Destek Sistemi” ne aktarılmasıyla da tüm rota ve sipariş birleştirme alternatiflerini gösterebilmektedir. Karar destek sisteminin girdi ve çıktıları gösteren arayüzleri Ek 6'da bulabilirsiniz. Kullanıcının dosya aktarımı yapmadan, programı manuel kullanmak istediği noktada, her bir bayi ve her bir ürün tipi için yeni talep girilmesi beklenmektedir. Kullanıcı girdiği taleplerin listesini, her bir talebi girdikten sonra güncel bir şekilde görebilmektedir. Rota ve sipariş birleştirme alternatiflerinin görülmek istediği bayi talepleri sisteme girildikten sonra, program sezgisel algoritmayı çalıştırmakta ve tüm nakliye senaryolarını görüntülemektedir.

Programın kullanım kolaylığı sağlayan ve sonuç alma süresini hızlandıran önemli bir özelliği ise, kullanıcının sonuçları filtrelemesine

imkân sağlamasıdır. Kullanıcı eklediği her bir talep için görüntülenecek sonuçları filtrelemek isterse; “Siparişi Gönderme, En Yakın Depodan Gönder, Başka Taleple Birleştirerek Gönder, Başka Bayi Talebiyle Birleştirerek Gönder, Direkt Gönder” seçeneklerinden herhangi birini, talebin karşısındaki listeden seçebilir. Böylelikle bir yandan programın kullanımını kullanıcı önceliklerine göre özelleştirmeyi sağlayıp, diğer yandan da istenilen sonuca daha hızlı ulaşmanın yolunu açarak; CCI’ye kullanımı kolay ve özelleştirilebilir bir program sağlanmaktadır.

Projenin, adına yapıldığı Coca-Cola İçecek A.Ş.’ye sağlayacağı faydalar özet olarak belirtilecek olursa; yıllık nakliye bütçesinde kazanç ve stok dışı kalma nedeni oluşan ekstra nakliye maliyetinin raporlandırılabilmesi olarak iki başlık altında toplanabilir. Program senaryoları altında yer alan bayi talep birleştirme senaryosu ile de bayi taleplerinin tam dolu kamyonu ulaşması beklenmeksizin, programın çalışan algoritmasına dayanarak birleştirdiği bayilerin taleplerini hızlıca karşılayarak talebin gecikmesinden oluşabilecek rafta bulunmama probleminde de çözüm getirilecektir.

8. Proje Planı

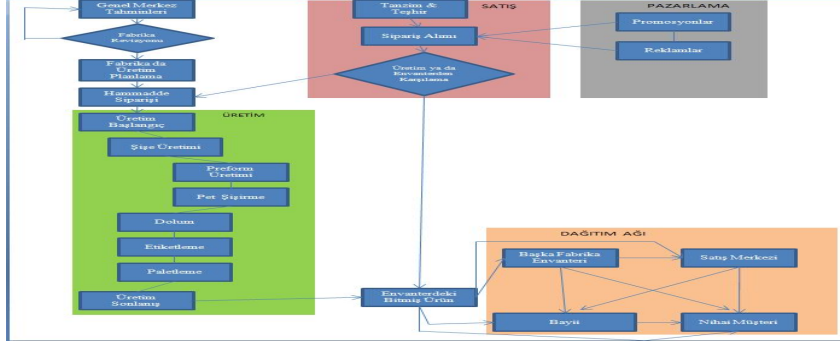
Projenin bundan sonraki aşaması, geliştirilen sistemin şirket kullanıcıları tarafından kullanımı sürecidir. Bu süreçte, sunucu CCI’nin Intranet ağından ulaşılabilir hale getirilecektir. Bu amacın CCI yazılım güvenlik politikalarına takılması durumunda ise program “.exe” dosyasına çevrilerek, çevrimiçi kullanıma olanak sağlanacaktır. Bu süreçte ise şirketin Bilişim Sistemleri birimiyle ortak çalışma yürütülecektir.

9. Sonuç

Coca-Cola Company ürünleri her gün, dünyanın 203 farklı ülkesinde 1.5 milyon insanla buluşuyor. Bu heyecanlı buluşma, üretilen ürünlerin her gün CCI lojistik ağı dâhilinde katettiği binlerce kilometre sonucu gerçekleşiyor. CCI’ya sunmuş olduğumuz çözüm, şirketin en önemli maliyet kalemi olan dağıtım ağında, piyasaya ve müşterilere olabildiğince hızlı cevap verilmesi beklenen bir sistemde, verilen kararların; maliyet esaslı değerlendirilmesini sağlayacaktır. Tasarladığımız “Karar Destek Sistemi” verilen kararları maliyet bakış açısıyla yönlendirerek sunulan; sipariş birleştirme, alternatif rotaları değerlendirme, siparişi erteleme ya da göndermeme seçenekleriyle nakliye maliyetlerini azaltmış olacaktır. Aynı şekilde, alternatif rotaların göz önünde bulundurulması ve kullanılması; daha kısa rotaların tercih edilmesini, dağıtım sisteminin hızlanmasını ve teslimat süresinin kısalmasını sağlayacaktır. Sürecin sonunda, “Karar Destek Sistemi” tasarlandığı amaca uygun olarak, doğru zamanda, doğru rotaların seçilmesi sürecini hızlandırması özelliğiyle müşteriye cevap verme süresini kısaltacak ve rafta bulunurluğu artıracaktır.

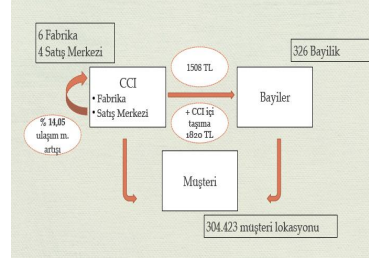
EKLER

Ek 1. Sistem Akış Şeması



Ek 2. Fabrika İçi Taşıma Maliyet Artışı

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Sarıno	Talep	Durak 1	Durak 2	Durak 3	Durak 4	Maliyet	Maliyet	Karşı	Tüpan
2	1036	Talep 1	ALTINDAG FABRİKA (4444410)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			269,25 TL	90,49 TL	0,00 TL	446,74 TL
3	1036	Talep 2	ALTINDAG FABRİKA (4444410)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			61,22 TL	22,07 TL	0,00 TL	
4	1012	Talep 2	ALTINDAG FABRİKA (4444410)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			136,89 TL	22,82 TL	0,00 TL	
5	5604	Talep 3	MERSİN FABRİKA (4444440)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			134,41 TL	24,96 TL	0,00 TL	
6	5604	Talep 4	BURSA FABRİKA (4444420)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			26,73 TL	20,64 TL	0,00 TL	
7	5604	Talep 1	ALTINDAG FABRİKA (4444410)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			391,05 TL	116,45 TL	0,00 TL	507,50 TL
8	1036	Talep 1	ALTINDAG FABRİKA (4444410)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			61,22 TL	22,07 TL	0,00 TL	
9	1012	Talep 1	ALTINDAG FABRİKA (4444410)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			136,89 TL	22,82 TL	0,00 TL	
10	5604	Talep 1	MERSİN FABRİKA (4444440)	ALTINDAG FABRİKA (4444410)	DEMİRKOLLAR		139,37 TL	49,92 TL	0,00 TL	
11	5608	Talep 1	MERSİN FABRİKA (4444440)	DEMİRKOLLAR MESRUBAT			53,57 TL	20,64 TL	0,00 TL	



Ek 3. Matematiksel Model

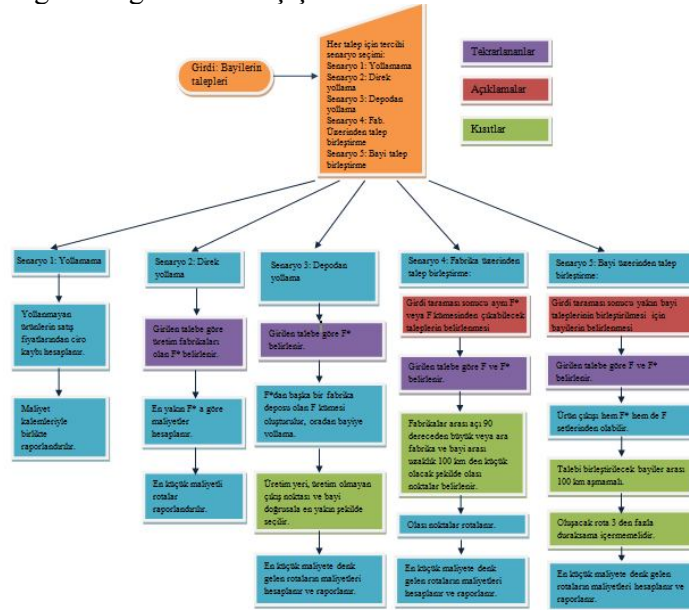
Matematiksel Model	
1. Notasyon ve Model Parametreleri	
Kümelere:	
$G = (N, A)$; N : (Fabrikalar v Satış Merkezleri v Bayiler), $A = \{(i,j) \mid i \in N, j \in N \mid i \neq j\}$	
Fabrikalar = 1..3	
Satış Merkezleri = 9..12	
Bayiler = 13..n	
Kamyonlar = 1..k	
Ürünler = 1..p	
Genel Parametreler:	
C_{ij} : Taşıma maliyeti (i,j) ; $(i,j) \in A$	
//Taşımanın sabit maliyeti * i ve j arasındaki km bazındaki uzaklık	
CF: Taşıma sırasında yüklenen miktara göre her palet için birim maliyet	
//10 tondan fazla taşıyan kamyonlar için (Şirket bilgisi)	
CFTON: Kamyon başına sabit maliyet	
//Her kamyon için 10 tona kadar ödenecek	
t_{ij} : Taşıma için gereken zaman (i,j) ; $(i,j) \in A$	
//Bir kamyonun ortalama hızı 50 km/saat olarak kabul edildi ve $(km/h) / ortalama hız$ olarak hesaplandı	
km_{ij} : Ark (i,j) in km bazında harita uzaklığı; $(i,j) \in A$	
I_{ij} : p ürününün i noktasındaki başlangıç envanter seviyesi; i e Fabrikalar	
d_{ij} : p ürünü için i noktasındaki $[a_{ij}, b_{ij}]$ zaman aralığındaki talep	
$[a_{ij}, b_{ij}]$: i noktası için ürün önemi baz alınarak belirlenen zaman aralığı; i e Bayiler, p e Ürünler	
CL_{ij} : p ürünü için i noktasına geç yollama maliyeti; i e Bayiler, p e Ürünler	
//Rafta bulunmaması durumunda oluşan maliyet Katia Campo et al. 2000 baz alınarak hesaplanacaktır	
UDC _{ij} : p ürünü için i noktasında karşılanamamış talep maliyeti; i e Bayiler, p e Ürünler	
//Rafta bulunmaması durumunda oluşan maliyet Katia Campo et al. 2000 baz alınarak hesaplanacaktır	
t_{ind} : Her paleti kamyonlardan indirme zamanı	
//Şirketten ölçülmüş veri olarak alındı	
t_{ind} : Her paleti kamyonlardan indirme zamanı	
//Şirketten ölçülmüş veri olarak alındı	
C_{ind} : Her palet için indirme/bindirme işi maliyeti	
//Şirketten ölçülmüş veri olarak alındı	
Q: Kamyon kapasitesi (Palet bazında)	
PSize: Palet boyutu	
CSize: Kasa boyutu	
PR_{ij} : p ürünün birim satış fiyatı; p e Ürünler	
PM_{ij} : p ürününün sabit palet ağırlığı; p e Ürünler	
Rota Kısıtlayıcı Parametreler:	
T: Bir rotada kaydedilebilecek maksimum zaman	
L: Bir rotada harcancak maksimum yol (km bazında)	
N: Bir rotada maksimum durak sayısı	
K: Kasa Dışlıkları	
X_{ijk} : $\begin{cases} 1 & \text{k kamyonun}(i,j) \in A \text{ içinde ise} \\ 0 & \text{diğer} \end{cases}$	

$v_k = \begin{cases} 1 & k \text{ kamyonu varsa} \\ 0 & \text{diğer} \end{cases}$
 $initialNode_{i,k} = \begin{cases} 1 & k \text{ kamyonu noktasında başlıyorsa} \\ 0 & \text{diğer} \end{cases}$
 $Y_{i,p,k} = \begin{cases} 1 & UNLOAD_{i,p,k} \text{ sıfırdan büyük ise} \\ 0 & \text{diğer} \end{cases}$

$Tcontent_{p,k}$: i noktasından çıkıştan sonra k kamyonunda taşınan p ürününün toplam miktarı; i e (Fabrikalar, SatışMerkezleri), p e Ürünler, k e Kamyonlar
 TON_k : k kamyonu için toplam yüklemiş ağırlık (ton bazında); k e Kamyonlar
 $UNLOAD_{p,k}$: i noktasında k kamyonundan p türünden indirilen palet bazında miktar; i e Bayiler, p e Ürünler, k e Kamyonlar
 $LOAD_{p,k}$: i noktasında k kamyonuna p türünden bindirilen palet bazında miktar; i e (Fabrikalar, SatışMerkezleri), p e Ürünler, k e Kamyonlar
 $D_{i,k}$: k kamyonunun i noktasında çıkış zamanı (ya da indirme/bindirme bitiş zamanı); i e N, k e Kamyonlar
 $DP_{i,p,k}$: i noktasında k kamyonundan p türünün indirilmesinin bitiş zamanı; i e N, k e Kamyonlar
 $USD_{i,p}$: i noktasında p ürünü için karlanamamış talep miktarı; i e Bayiler, p e Ürünler
 $L_{i,p,k}$: k kamyonunun p ürünü için i noktasına geç kaima miktarı; i e Bayiler, p e Ürünler, k e Kamyonlar
 $VarTruckCost_k$: i noktasına k kamyonu ile taşınan tona bağlı değişken maliyet; i e (Fabrikalar, SatışMerkezleri), k e Kamyonlar
Model
 $Min \left(\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} (C_i \cdot X_{i,k}) \right)$
// Taşıma maliyeti
 $+ \sum_{i \in N} (CF_{TON} \cdot v_k + VarTruckCost_k)$
// Kamyon maliyeti
 $+ \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} \sum_{p \in P} (L_{i,p,k} \cdot CL_{i,p} \cdot d_{i,p})$
// Geçiş maliyeti
 $+ \left(\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} \sum_{p \in P} (LOAD_{i,p,k} + UNLOAD_{i,p,k}) \cdot c_{over} \right)$
// İndirme/Bindirme maliyeti
 $+ \sum_{i \in N} \sum_{p \in P} (USD_{i,p} \cdot UDC_{i,p})$
// Karlanamamış Talep maliyeti
 $- \left(\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} \sum_{p \in P} UNLOAD_{i,p,k} \cdot PR_p \cdot Prize \cdot CS_{i,p} \right)$
// - Ciro
Bağlı olarak
(1) $L_{i,p,k} \geq (D_{i,k} - b_{i,p}) - M \cdot (1 - Y_{i,p,k})$; $\forall i \in \text{Bayiler}, \forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall p \in \text{Ürünler}$
(2) $\sum_{p \in P} UNLOAD_{i,p,k} \leq M \cdot \sum_{i \in N} X_{i,k}$; $\forall i \in \text{Bayiler}, \forall k \in \text{Kamyonlar}$

(3) $\sum_{p \in P} LOAD_{i,p,k} \leq M \cdot \sum_{i \in N} X_{i,k}$; $\forall i \in \text{Bayiler}, \forall k \in \text{Kamyonlar}$
(4) $\sum_{p \in P} Tcontent_{p,k} \leq Q \cdot \sum_{i \in N} X_{i,k}$; $\forall i \in \text{Bayiler}, \forall k \in \text{Kamyonlar}$
(5) $USD_{i,p} + \sum_{k \in K} UNLOAD_{i,p,k} = d_{i,p}$; $\forall i \in N, \forall p \in \text{Ürünler}$
(6) $\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} X_{i,k} \leq v_k \cdot M$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}$
(7) $\sum_{i \in N} X_{i,k} - \sum_{i \in N} X_{i,k} = 0$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall j \in N$
(8) $D_{i,k} \geq D_{i,k} + \sum_{p \in P} (UNLOAD_{i,p,k} \cdot t_{unload}) + (X_{i,k} \cdot t_{ij}) + (LOAD_{i,p,k} \cdot t_{load}) - M \cdot (1 - X_{i,k}) - M \cdot (initialNode_{i,k})$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall (i,j) \in A$
(9) $\sum_{i \in N} X_{i,k} \cdot M \geq D_{i,k}$; $\forall (i,j) \in A$
(10) $\sum_{i \in N} LOAD_{i,p,k} = \sum_{i \in N} UNLOAD_{i,p,k}$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall p \in \text{Ürünler}$
(11) $I_{i,p} \geq \sum_{k \in K} LOAD_{i,p,k}$; $\forall p \in \text{Ürünler}, \forall i \in (\text{Fabrikalar}, \text{SatışMerkezleri})$
(12) $TON_k = \sum_{i \in N} \sum_{p \in P} LOAD_{i,p,k} \cdot PW_p$; $\forall i \in (\text{Fabrikalar}, \text{SatışMerkezleri}), \forall k \in \text{Kamyonlar}$
(13) $VarTruckCost_k \geq (TON_k - 10) \cdot CF$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}$
(14) $Q \cdot X_{i,k} + Tcontent_{p,k} \leq Q + LOAD_{i,p,k} - UNLOAD_{i,p,k} + Tcontent_{p,k}$; $\forall i \in N, \forall j \in N, \forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall p \in \text{Ürünler}$
(15) $DP_{i,p,k} \geq D_{i,k} + M \cdot (UNLOAD_{i,p,k} - d_{i,p} \cdot X_{i,k})$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall j \in (\text{Fabrikalar}, \text{SatışMerkezleri})$
(16) $Tcontent_{i,p,k} \leq LOAD_{i,p,k} + M \cdot (1 - initialNode_{i,k})$; $\forall i \in (\text{Fabrikalar}, \text{SatışMerkezleri}), \forall j \in N, \forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall p \in \text{Ürünler}$
(17) $v_k = \sum_{i \in N} initialNode_{i,k}$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}$
(18) $\sum_{i \in N} initialNode_{i,k} = 0$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}$
(19) $D_{i,k} \leq (1 - initialNode_{i,k}) \cdot M$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall i \in N$
(20) $UNLOAD_{i,p,k} \leq Y_{i,p,k} \cdot M$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall i \in N, \forall p \in \text{Ürünler}$
(21) $UNLOAD_{i,p,k} = Y_{i,p,k} \cdot d_{i,p}$; $\forall k \in \text{Kamyonlar}, \forall i \in N, \forall p \in \text{Ürünler}$
(22) $\sum_{i \in N} Y_{i,p,k} \leq 1$
Rotu Kısıtları
(23) $\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} X_{i,k} \leq N$; $\forall k \in K$
(24) $X_{i,k}(0,1), Y_{i,k}(0,1), UNLOAD_{i,p,k} \geq 0, LOAD_{i,p,k} \geq 0, L_{i,p,k} \geq 0, D_{i,k} \geq 0, USD_{i,p} \geq 0, TCL_k \geq 0, VarTruckCost_k \geq 0, v_k \geq 0$

Ek 4. Sezgisel Algoritma Akış Şeması



Ek 5. Geçmiş Talep Verileri

				ANKARA PLANT	BURSA SALES CENTER	MERSİN PLANT	ELAZIĞ PLANT
TR/50001	EREĞLİ DEMİRKOL	101299	COCA-COLA PET2.5YD	300			
		103526	COCA-COLA PET1.5 CKML10	220			
		191299	FANTA PORT.PET2.5	256			
		420800	CAPPY PORT.TETRA-1000			68	
		430499	CAPPY WİNE KUTU330 YD			528	
		450499	CAPPY SEFTALİ KUTU330 YD			264	
		460499	CAPPY KARİSİK KUTU330 YD			264	
		490700	CAPPY KAYISLI TETRA-200 SHR	152			
		502700	CAPPY MIXX KAY-ELMA TETRA 200			152	
		570702	CAPPY MIXX KTN SF-AYVA T200			152	
		580702	CAPPY MIXX KTN WİS-UZUM T200			152	
		620400	NESTEA LİMON KUTU330			264	
		630400	NESTEA SEFTALİ KUTU330			264	
		730300	CC ZERO ÇAN330 1X12			132	
		920400	NESTEA MANGO-ANANAS ÇAN 330X12			264	
TR/616162	MAÇKA-ERDENLER TİCARET	100399	COCA-COLA KUTU 330				130
		101299	COCA-COLA PET2.5YD				300
		101968	COCA-COLA PET1-F1.65 CKML10				84
		150499	COKE LIGHT-ÇAN330X12-YD				22
		191299	FANTA PORT.PET2.5				192
		420499	CAPPY PORT.KUTU330 YD				22
		430499	CAPPY WİNE KUTU330 YD				88
		430799	CAPPY WİNE KARTON TETRA-200				57
		450799	CAPPY SEFTALİ KARTON T-200				57
		460499	CAPPY KARİSİK KUTU330 YD				88
		490499	CAPPY KAYISLI KUTU330 YD				22
		490799	CAPPY KAYISLI KARTON T-200				38
		730316	CC ZERO KUTU330*12 TRON GORSEL				22
		920400	NESTEA MANGO-ANANAS ÇAN 330X12				22

Ek 6. Sisteme Eklenen Talepler ve Sistem Çıktısı

Bayi	Bayi Basis No	SKU	Quantity	Seccenekler	
DEMİRKOLLAR MEŞRUBAT İNŞ. OTOM. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	50001	5508	1	TUM	Delete
DEMİRKOLLAR MEŞRUBAT İNŞ. OTOM. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	50001	1035	2	TUM	Delete
DEMİRKOLLAR MEŞRUBAT İNŞ. OTOM. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	50001	5604	2	TUM	Delete
DEMİRKOLLAR MEŞRUBAT İNŞ. OTOM. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	50001	1012	4	TUM	Delete

Her zaman yönlü **Çalıştır**

Bayi	Bayi Basis No	SKU	Quantity	Seccenekler	
TURANLAR TİCARET	616162	1012	4	TUM	Delete
TURANLAR TİCARET	616162	6689	1	TUM	Delete
TURANLAR TİCARET	616162	1003	1	TUM	Delete
TURANLAR TİCARET	616162	5857	1	TUM	Delete

Her zaman yönlü **Çalıştır**

Bayi	Bayi Basis No	SKU	Quantity	Seccenekler	
KÖKDENİZLER GIDA VE TEM. ÜR. TAŞ. TUR. TİC. SAN. LTD. ŞTİ.	615701	1003	2	TUM	Delete
DAŞEŞMİŞ GIDA VE MEŞ. PAZ. TİC. LTD. ŞTİ.	50086	1003	2	TUM	Delete
AYÇİÇEKLER GÖLL. ŞTİ.	616102	1019	1	TUM	Delete

Her zaman yönlü **Çalıştır**

Senaryo	Talep	Durak 1	Durak 2	Durak 3	Durak 4	Tasima Maliyeti	Yükleme/İndirme Maliyeti	Ciro Kaybı	Toplam Maliyet
1						233.77 TL	88.12 TL	0.00 TL	321.89 TL
	Talep 1	BURSA FABRIKA (4444420)	KÂ-KOEMİRLER GIDA VE TEM. Âzer. TAS. TUR. TIC. SAN. LTD. STI. (615701)	-	-	128.68 TL	22.44 TL	0.00 TL	
	Talep 2	BURSA FABRIKA (4444420)	MAHMUDIYE FABRIKA (444037)	DANISMAZ GIDA VE MES.PAZ.TIC.LTD.STI. (50086)	-	55.25 TL	44.89 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	AVÂHİÂTEKLER KOLL. STI. (616102)	-	-	49.84 TL	20.79 TL	0.00 TL	
2						231.49 TL	65.68 TL	0.00 TL	297.17 TL
	Talep 1	BURSA FABRIKA (4444420)	KÂ-KOEMİRLER GIDA VE TEM. Âzer. TAS. TUR. TIC. SAN. LTD. STI. (615701)	-	-	128.68 TL	22.44 TL	0.00 TL	
	Talep 2	BURSA FABRIKA (4444420)	DANISMAZ GIDA VE MES.PAZ.TIC.LTD.STI. (50086)	-	-	52.97 TL	22.44 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	AVÂHİÂTEKLER KOLL. STI. (616102)	-	-	49.84 TL	20.79 TL	0.00 TL	
3						250.27 TL	110.57 TL	0.00 TL	360.84 TL
	Talep 1	BURSA FABRIKA (4444420)	ALTINDAG FABRIKA (4444410)	KÂ-KOEMİRLER GIDA VE TEM. Âzer. TAS. TUR. TIC. SAN. LTD. STI. (615701)	-	145.19 TL	44.89 TL	0.00 TL	
	Talep 2	BURSA FABRIKA (4444420)	MAHMUDIYE FABRIKA (444037)	DANISMAZ GIDA VE MES.PAZ.TIC.LTD.STI. (50086)	-	55.25 TL	44.89 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	AVÂHİÂTEKLER KOLL. STI. (616102)	-	-	49.84 TL	20.79 TL	0.00 TL	
4						248.00 TL	88.12 TL	0.00 TL	336.12 TL
	Talep 1	BURSA FABRIKA (4444420)	ALTINDAG FABRIKA (4444410)	KÂ-KOEMİRLER GIDA VE TEM. Âzer. TAS. TUR. TIC. SAN. LTD. STI. (615701)	-	145.19 TL	44.89 TL	0.00 TL	
	Talep 2	BURSA FABRIKA (4444420)	DANISMAZ GIDA VE MES.PAZ.TIC.LTD.STI. (50086)	-	-	52.97 TL	22.44 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	AVÂHİÂTEKLER KOLL. STI. (616102)	-	-	49.84 TL	20.79 TL	0.00 TL	

Senaryo	Talep	Durak 1	Durak 2	Durak 3	Durak 4	Tasima Maliyeti	Yükleme/İndirme Maliyeti	Ciro Kaybı	Toplam Maliyet
1						484.96 TL	106.79 TL	0.00 TL	591.74 TL
	Talep 1	MERSİN FABRIKA (4444440)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	93.14 TL	21.22 TL	0.00 TL	
	Talep 2	ÂİTORLU (4444413)	BURSA FABRIKA (4444420)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	105.04 TL	41.32 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	207.11 TL	22.82 TL	0.00 TL	
	Talep 4	BURSA FABRIKA (4444420)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	79.67 TL	21.43 TL	0.00 TL	
2						463.88 TL	86.13 TL	0.00 TL	550.01 TL
	Talep 1	MERSİN FABRIKA (4444440)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	93.14 TL	21.22 TL	0.00 TL	
	Talep 2	ÂİTORLU (4444413)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	83.97 TL	20.66 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	207.11 TL	22.82 TL	0.00 TL	
	Talep 4	BURSA FABRIKA (4444420)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	79.67 TL	21.43 TL	0.00 TL	
3						477.98 TL	128.01 TL	0.00 TL	605.99 TL
	Talep 1	MERSİN FABRIKA (4444440)	ELAZIG (4444888)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	86.16 TL	42.44 TL	0.00 TL	
	Talep 2	ÂİTORLU (4444413)	BURSA FABRIKA (4444420)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	105.04 TL	41.32 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	207.11 TL	22.82 TL	0.00 TL	
	Talep 4	BURSA FABRIKA (4444420)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	79.67 TL	21.43 TL	0.00 TL	
4						456.90 TL	107.35 TL	0.00 TL	564.25 TL
	Talep 1	MERSİN FABRIKA (4444440)	ELAZIG (4444888)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	86.16 TL	42.44 TL	0.00 TL	
	Talep 2	ÂİTORLU (4444413)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	83.97 TL	20.66 TL	0.00 TL	
	Talep 3	ELAZIG (4444888)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	207.11 TL	22.82 TL	0.00 TL	
	Talep 4	BURSA FABRIKA (4444420)	TURANLAR TİCARET (616162)	-	-	79.67 TL	21.43 TL	0.00 TL	

Karışık Palet Tasarımı Destek Sistemi

Coca Cola İçecek A.Ş.

Proje Takımı

Ahmet Çınar

Duygu Zerrin Erşahin

Ebru Balantekin

Sinan Ziya Padak

Yusuf Oğuz Selimoğlu

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Endüstriyel Danışman

Mehmet Yorgun, Coca-Cola İçecek A.Ş.,

Ankara Ambar Şefi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Alper Şen, Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Coca Cola İçecek A.Ş. karışık palet tasarımı sürecinde hasarlı ürün, eksik yükleme, ambarda fazla zaman harcama ve mevsimsel işçilerin sisteme adaptasyon sürelerinin uzun olması gibi problemler gözlenmiştir. Bu projenin amacı ambar yerleşim planını göz önünde bulundurarak palet tasarlama süresini azaltmak, hasarlı ürün olasılığını ortadan kaldırmak, eksik ve yanlış yüklemelere son vererek müşteri memnuniyetsizliğini önlemektedir. Bu bağlamda Java programlama dili kullanılarak platformdan bağımsız bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım günlük sipariş listelerini okuyup dağıtım çıkacak her kamyon için yükleme listeleri oluşturmaktadır. Kurulan sistem yardımıyla örnek çalışmalar yapılmış, bu çalışmalar sonunda %20'e varan zaman kazancı sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: CCI (Coca Cola içecek), CCI-MIX(geliştirilen yazılımın adı), sezgisel yöntem.

1. Firma Tanıtımı

Coca-Cola Sistemi'nin satış hacmine göre 5. büyük şişeleycisi olan Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCİ), The Coca-Cola Company (TCCC) markalarından oluşan gazlı ve gazsız içeceklerin üretim, satış ve dağıtımını gerçekleştirmektedir. CCİ Türkiye, Pakistan, Kazakistan, Azerbaycan, Kırgızistan, Türkmenistan, Ürdün, Irak ve Suriye'de 9,000'e yaklaşan çalışanı ile faaliyet göstermektedir. CCİ ayrıca Tacikistan pazarına ihracat yapmaktadır.

CCİ 20 fabrikası ile 350 milyona yaklaşan tüketici kitlesine gazlı içeceklerin yanı sıra meyve suyu, su, enerji ve sporcu içecekleri, buzlu çay ve çaydan oluşan gazsız içecekler kategorisinde de zengin bir ürün portföyü sunmaktadır. Türkiye'deki mevcut ürün yelpazesi şöyledir:

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

CCİ Türkiye 8 fabrikaya sahiptir ve bu fabrikaların yıllık üretim kapasitesi 400 milyon birimdir. Türkiye genelinde 350'den fazla dağıtıcı bulunmaktadır. CCİ hisseleri İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda "CCOLA.IS" sembolü ile işlem görmektedir.

2. Projenin Tanımı

"Karışık palet tasarımı destek sistemi" projesi karışık palet hazırlama sürecinin iyileştirilmesi esasına dayanır. Karışık palet birden fazla çeşit ürünün bir araya getirilerek bir palette toplanmasıyla oluşur. CCİ Türkiye ağı içerisinde bulunan fabrikalardan Ankara ambara tek üründen oluşan tam paletler gönderilir. Bu paletler Ankara ambarda günlük siparişlere göre tam paletler şeklinde ya da siparişin hacmine bağlı olarak farklı ürünlerin bir palette toplanması suretiyle karışık paletler şeklinde hazırlanarak dağıtıma gönderilir. Karışık palet hazırlama süreci palet tasarımının işçilere bağlı olduğu bir zeminde yürütülmektedir. Bu durum karışık palet hazırlama sürecinde işçinin tecrübesine bağlı olarak palet hazırlama zamanı ve tasarım kalitesi gibi konularda performans farklılıklarına sebep olmaktadır. Tasarım kalitesi; ürün hassasiyetleri, palet içinde bulunan ürün miktarı ve ürünlerin ambar konumları kıstasları göz önünde bulundurularak değerlendirilir. Bu projede tasarlanan sistem ambar konumları aynı olan ürünlerin dayanıklılıklarına göre karışık palet içinde dizilmesini sağlar. Bu proje palet hazırlama sürecini bilgisayar ortamında standartlaştırarak işçi tecrübesinden kaynaklanan farklılıkları ortadan kaldırmayı, hasarlı ürün yüzdesini azaltmayı, siparişlerin tam, doğru ve eksiksiz bir şekilde dağıtımını sağlamayı, mevsimsel işçilerin adaptasyon sürecini hızlandırmayı ve palet oluşumu sırasında harcanan süreyi azaltmayı amaçlamaktadır.

3. Analiz

3.1. Kullanılan Sistem Analizi

Karışık palet hazırlama süreci ön satış elemanlarının tüketici bölgelerinden topladığı sipariş bilgilerinin gün içerisinde belirli bir zamana kadar BASIS adı verilen bilgisayar tabanlı sistem aracılığı ile Satış Destek Uzmanına (ürünlerin kamyonlara atanmasından sorumlu görevli) ulaştırılması ile başlar. Satış Destek Uzmanı günlük siparişleri göz önünde bulundurarak kamyonların rotasına göre yükleme planlarını oluşturur. Oluşturulan planlar paletlerin hazırlanması ve kamyonlara yüklenmesi için ambara gönderilir.

Ambar görevlilerine verilen planlar kamyonların hazırlanmasından sorumlu olan işçilere iletilir. Her kamyon için hazırlanan paletlerden sadece bir işçi sorumludur. İşçiler, palet çeşitleri (karışık palet veya tam palet) ve palet sayılarını tecrübelerine göre belirler. Karışık palet hazırlayan işçiler, su şişelerinin çok fazla yük taşıyamaması yüzünden gazlı içecek şişelerin altına yerleştirilememesi gibi çeşitli kısıtları da göz önünde bulundurur. Ayrıca, dağıtım yapan kişilerin daha az çaba sarf etmesini sağlamak amacıyla, işçiler az miktarda olan kolileri paletin en üstüne yerleştirir. CCI Ankara ambarında her gün yaklaşık 450 karışık palet hazırlanır.

Hazırlanmış olan paletler önce yükleme alanına taşınır, daha sonra forkliftler yardımıyla kamyonlara yerleştirilir. Kamyonların %90'ı 8 palet kapasitesine, diğerleri ise 6 paletlik kapasiteye sahiptir.

Bir kamyon için gerekli tüm paletlerin hazırlanmasından sonra 3 farklı sayım süreci gerçekleştirilir. İlk sayım ambar memuru tarafından hatalı ya da eksik yüklemeyi önlemek amacıyla yapılır. İkinci sayım, şoförler tarafından doğru miktarın yüklendiğinden emin olmak için yapılır. Son sayım, bağımsız finans denetleme memuru tarafından faturalama için yapılır.

Sayımı tamamlanan kamyonlar dağıtımaya çıkar. Dağıtımını gerçekleştiren kamyonlar ek siparişlerin dağıtımını için ambara geri döner.

Özellikle yüksek sezonlarda günde 3-4 defa yükleme gözlenir. Düşük sezonlarda yükleme sıklığı azalır ve günlük yükleme miktarı en fazla 2 olur. Sezonlara bağlı olarak mevsimlik işçiler kullanılır.

3.2. Semptomlar ve Şikâyetler

Paletlerin hazırlanma ve dağıtım süreçlerinde önemli sorunlarla karşılaşmıştır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Mevsimlik işçilerin deneyimsizliği karışık paletlerin hazırlanma sürelerinin uzamasına sebep olmaktadır.
- Karışık paletleri hazırlayan işçiler fazla mesai yapmak zorunda kalmaktadır.

- Yükleme ve dağıtım süreçlerinde bazı paketler zarar görmektedir. Örneğin; bazı şişelerin kapakları ezilmekte veya kopmakta, bazı tetra paketler çeşitli deformasyonlara uğramaktadır.
- Sayım işlemleri çok uzun zaman almaktadır.
- Dağıtım personeli karışık paletlerden doğru kolileri bulmak ve almak için çok fazla zaman ve çaba sarf etmektedir.
- Özellikle yaz sezonunda geç teslimatlar oluşmaktadır

3.3. Problem Tanımı ve Kapsamı

Karışık palet tasarımı problemi kübik ölçülere sahip ürünlerin sınırlı sayıda ve belirli bir hacme sahip paletlere ürün dayanıklılığı, envanter konumları, ve sipariş hacmi göz önünde bulundurularak atanmasıdır. İçecek sektöründe pazara erken girişi sağlamak, müşteri kaybı ve pazar payında gözlemlenebilecek olası azalmayı önlemek açısından büyük önem arz eder. Bundan dolayı firma yetkilileri ürünlerini müşterilerine mümkün olduğunca erken ulaştırmayı hedefler. Verimli, sistematik ve seri bir şekilde hazırlanamayan karışık paletler pazara giriş sürecinde gecikmeye sebep olur. İşçiler tarafından karışık palet hazırlanarak oluşturulan yüklemelerin müşteri siparişleri ile birebir örtüşmemesi ürün iadesi ve müşteri memnuniyetsizliği gibi sorunlar yaratır. Bunun yanı sıra istem dışı, ürün dayanıklılıklarını göz ardı eden hatalı dizilimler ürünlerde hasar oluşmasına ve ambara geri dönüşlere neden olur. Kullanılmakta olan sistemde paletler sistematik olmayan bir şekilde tasarlanmaktadır. İşçiler paletleri nasıl oluşturacaklarına bir kamyonun toplam yükünün yazılı olduğu çarşaf listelere göre kendileri karar vermektedir. CCI Ankara ambarda karşılaşılan temel sorun palet tasarımı problemi için sistematik ve jenerik bir çözüm yönteminin eksikliğidir. Karışık palet tasarımı karar destek sistemi projesi palet oluşturma esnasında karşılaşılabilecek hasarlı ürün ve yanlış yükleme sorunlarını ortadan kaldırarak, karışık palet hazırlama süresini azaltmayı amaçlar. Bu sayede pazara erken girememe ve müşteri memnuniyetsizliği ortadan kaldırılacaktır.

3.4. Literatür Taraması

Palet tasarımı projesi çok sayıda farklı özelliklere sahip ürünlerin kısıtlı sayıda paletlere, ürünlerin envanter içi yerleşim planına ve hassasiyetine göre dizilmesi probleminin çözüm önerilerinden oluşur. Literatürde “Çoklu-palet yükleme problemi” adıyla geçen problem için değişik yıllarda farklı çözüm önerileri sunan akademik makaleler yayınlanmıştır. Genelde üç boyutlu cisimlerin belirli bir hacme sahip paletlere hızlı ve etkili bir biçimde yerleştirilmesi ekseninde çözümler üretilmiştir. Literatürde var olan çalışmalar çoğunlukla ürünlerin paletlere boyutlar göz önünde bulundurularak atanmasını kolaylaştırmak için geliştirilmiştir. Palet tasarımı projesi literatürde yer alan araştırmaların bir adım ötesine giderek ürünlerin envanterdeki

yerleştirilme planını da göz önünde bulundurmıştır. Bu açıdan var olan makaleler bir esin kaynağı olmakla beraber CCI için tasarlanan projeye birebir uyarlanabilecek makaleye rastlanmamıştır.

Literatürdeki araştırmalar çözüm yöntemleri açısından iki genel başlık altında toplanmıştır. Bu yaklaşımlar kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel çözüm yöntemleridir. Karışık palet tasarımı probleminin NP-zor olarak kategorize edilen problemler sınıfında olması(Yaman ve Şen, 2008) sezgisel yöntemler için büyük esin kaynağı olmuştur. Bunun yanında palet oluşturma sürecinin dinamik yapısı ve ürün çeşitliliğinin fazlalığı en iyi tasarımı elde etmek fikrinin önüne geçmektedir. CCI palet oluşturmanın kısa sürede tamamlanıp dağıtımına çıkılmasının gerekliliğini müteaddit defalar vurguladığı için, en uygun yolun belirli koşulları ve kısıtları göz önünde bulunduran sezgisel bir yaklaşım olduğu kararına varılmıştır. Sezgisel yöntemler geliştirilmesi kararı literatür araştırmalarının kesin çözüm yöntemlerinden sıyrılıp sezgisel yaklaşım üzerinde devam ettirilmesine neden olmuştur. Palet yükleme problemleri çözülürken literatürde en sık rastlanan objektif boş alan kullanımının maksimizasyonu olmuştur. Bischoff ve Ratcliff (1995) boş alan maksimizasyonundan başka oryantasyon kısıtları, ürünlerin taşıyabilecekleri ağırlık, yükleme sağlamlığı, sevkiyat öncelikleri gibi pratik objektifler belirlemişlerdir. Eley (2002) açgözlü sezgisel yönteminde değişiklikler yaparak palet tasarımı problemine çözüm yolları geliştirmiştir. Pissinge (2002) birden fazla sırt çantası problemini dal-sınır algoritması ile çözerek palet yükleme problemine farklı bir bakış açısı getirmiştir. Bortfeldt, Gehring ve Mack Tabu Arama (Bortfeldt ve Gehring, 1998, Bortfeldt, Gehring ve Mack, 2003), Tavlama Benzetimi, Genetik (Gehring ve Bortfeldt, 1997) ve Hibrit algoritmalar (Bortfeldt ve Gehring, 2001, Mack, Bortfeldt ve Gehring, 2004) geliştirerek palet yükleme problemine hızlı ve uygulanabilir çözümler geliştirmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen makalelerde geçen çözüm yöntemleri belirli objektifleri göz önünde bulundururken ambar içindeki ürünlerin yerleşim planlarını göz önünde bulundurmamaktadır. Karışık palet tasarımı projesi çerçevesinde geliştirilen sezgisel yaklaşım genel olarak ambar yerleşim planı ve ürün hassasiyetini göz önünde bulundurarak envanter içinde harcanan zamanı ve muhtemel hasarlı ürün sayısını minimize etmektedir.

4. Önerilen Yöntembilim

Palet oluşturma problemi paletlerin en uygun kullanımı objektifi ışığında ürünlerin palet içi koordinatlarının saptanmasını gerektirir. Literatürde en uygun çözüm yöntemleri tarandığında baskın algının ürünlerin palet koordinatlarının belirlenmesi olduğu gözlemlenmiştir. Bazı çözüm yöntemleri koordinatlara ek olarak kübik cisimlerin

oryantasyonlarını da göz önünde bulundurmıştır. Bu durum yüklerin hangi yüzeylerinin x, y, z eksenlerine paralel olacağını belirlemek için düşünülmüştür. Bu çözüm yöntemlerinde ürün koordinatları ikili değişkenler olarak tanımlanmıştır. Ortalama durum analizleri göz önünde bulundurularak yapılan teorik incelemelerde bir paletin sıra sayısının 13'e çıkabileceği ve bir ürünün bir sırada alabileceği 32 farklı pozisyon olduğu gözlemlenmiştir. CCI bünyesinde kullanılan 8 paletlik kamyonlar göz önünde bulundurulduğunda 3328 farklı ikili değişkenin gerektiği anlaşılmıştır. Karışık palet tasarımı problemin NP-zor olması değişken sayısı büyük olan bir örneklem için zaman ve veri depolama açısından sorun teşkil etmektedir. CCI ambarda mevsimsel değişikliklere göre 300-600 arası değişen ürün çeşitliliği en uygun bir çözüm yönteminin koşturum süresinin uzun olmasına neden olacaktır. Pazara erken girme olgusu palet tasarlama probleminin kısa sürede çözülmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Zaman, maliyet, veri depolama, CCI ambarın dinamik yapısı, karışık palet tasarımı problemin boyutu ve ürün çeşitliliği gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda matematiksel programlamaya yönelik bir modellemenin pratik hayata yönelik bir getirisinin olmayacağı gözlemlenmiştir. Bundan dolayı matematiksel program geliştirilmemiş, aşağıda izah edilen sezgisel yöntem geliştirilmiş ve kodlanmıştır.

Önerdiğimiz sistem, işçilerin aldıkları inisiyatifi azaltmak ve bu inisiyatif neticesinde oluşan hataları önlemek amacıyla bilgisayar tabanlı karışık palet oluşturan bir karar destek sistemidir. Bu sistemde programa günlük sipariş listeleri her bir dağıtıcı kamyon için verilir. Program listede verilen ürünleri karışık palet oluşturmada istenilen tüm standartları ve kısıtları sağlayacak şekilde karışık paletleri oluşturur ve dizilimi yapan işçilerin anlayabileceği bir çıktı verir. Bu çıktıda; sipariş listelerindeki ürünlerin buldukları palet, palette buldukları sıra ve sıralardaki miktarları belirtilmektedir. Böylece dizimi yapacak olan işçilerin dizim sırasında aldıkları inisiyatifler en aza indirilmiştir.

Geliştirilen algoritmada, ana ürün deposunda aynı yerlerde bulunan ürünlerin kendi arasında değerlendirilerek paletlerde olabildiğince bir arada tutulmaları amaçlanmıştır. Ürünlerin paletlerde bir arada bulunmasıyla karışık palet oluştururken işçilerin harcayacakları güç ve fazla işlerin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Algoritmada ayrıca ürünlerin farklı paletlere dağılımı önlenmektedir. Böylece işçilere paletleri oluştururken kolaylık sağlanmış olup ürünlerin kamyonlara yüklenirken ve kamyonların teslimatı sırasındaki sayımlarda da kolaylık sağlayacağı beklenmektedir. Bu algoritmada uygulanan sezgisel yöntem ile öncelikle tam palet oluşturacak olan ürünler atanmakta ve depoda aynı yerde bulunan ürünler bir arada

olacak şekilde atama yapılmaktadır. Programın altyapısında bulunan algoritmanın şematik modeli ek-1’de verilmiştir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1. Sistem Bilgisi

“Karışık palet tasarımı destek sistemi” projesinin temel işlevi palet oluşturma süresini en aza indirmektir. CCI ambar planını göz önünde bulundurarak ambar içi koordinatları aynı olan ürünleri aynı palette toplayan, sezgisel bir yaklaşıma dayanarak sonuçlar veren bir sistemdir. Bu sistem sayesinde forkliftler bir palet için mümkün olduğunca az zaman harcamaktadır. Ön tasarımı sürecinin ambar çalışanlarının deneyimine bağlı olduğu hali hazırda kullanılmakta olan sistem, palet hazırlama aşamasında harcanan zamanda büyük değişikliklere yol açmaktadır. Kamyon bazındaki sipariş listelerine bakıp, hangi ürünlerin hangi palette ve hangi sırada atanması gerektiğine karar verme süreci tamamen ambar işçilerinin inisiyatifine bırakılmıştır. Bu durum ambar işçilerinin farklı performans sergilemelerine yol açmaktadır. “Karışık palet tasarımı destek sistemi” işçi performansları arasındaki farkı tamamen ortadan kaldırmaya yönelik bir tasarım üretmektedir. Mevsimsel değişikliklere göre günlük 150 kamyonu ulaşan sipariş hacmi saniyelerle ifade edilecek bir süre içinde paletlere dağıtılmakta ve her kamyon için harcanacak tasarım süreci yok edilmektedir. Envanter planı göz önünde bulundurularak atamaları tamamlanan paletler kendi içlerinde tekrar bir eniyileme sürecine tabi tutulur. Ürün hassasiyetleri tabanında yapılan palet içi eniyileme süreci, meydana gelecek olası hasarlı ürünleri önlemek için geliştirilmiştir.

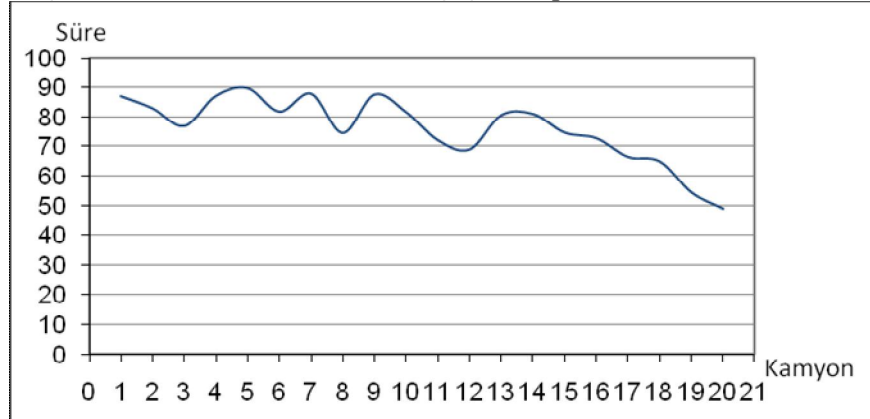
5.2. Yazılım ve Donanım Bilgisi

CCI’nın satış yaptığı 289 farklı ürün için gerekli bilgilerin tutulduğu veri tabanı sistemi ile hangi ürünün hangi üründen daha hassas olduğu geliştirilen program tarafından bilinmektedir. Geliştirilen sistemin bilgisayar işletim sistemlerinden bağımsız olması için tasarlanan algoritma Java dili ile yazılmıştır. Kullanıcıların bilgisayar dillerini bilmiyor olması göz önünde bulundurularak basit, kısa süre içinde öğrenilebilir ve herkes tarafından kullanılabilir bir ara yüz tasarlanmıştır. Geliştirilen sistem ‘jar’ dosyası haline dönüştürülüp java ortamından soyutlanmıştır. Son kullanıcı CCI MIX diye adlandırılan programı çalıştırdığında nasıl devam edilmesine dair direktiflerin olduğu bir ara yüz ile karşılaşacaktır. Geliştirilen programın içerisinde ürünlerin boyutları, hassaslıkları, envanter içi pozisyonları gibi bilgilerin takip edildiği bir veri tabanı vardır. Veri tabanı herhangi bir güncellemeye karşı esnek bir şekilde oluşturulmuştur. Yeni ürünlerin eklenmesi, var olan ürünlerin çıkarılması, ürün bilgilerinin değiştirilmesi gibi durumlar programın işlevi ile ilgili herhangi bir aksamaya neden olmamaktadır. Tasarlanan sistem jenerik bir tabanda

çalışır. Ürün bazında bir sistem takip edilmez. Geliştirilen sistem herhangi bir karışıklığı önlemek amacı ile sadece siparişlerin tutulduğu formattaki dosyaları okur ve o formattaki dosyaların görünmesine izin verir. CCI MIX programı sonuç olarak siparişlerin geldiği gün ile aynı adda bir klasör yaratır. Bu klasör o gün ürün dağıtımına çıkacak kamyon adları ile aynı adı taşıyan 'csv' dosyalarından oluşmaktadır. Dosyalar her kamyon için 8 farklı paletin hangi sırasında hangi üründen ne kadar olduğu bilgisini içerir.

5.2. Koşturumun Sonuçları

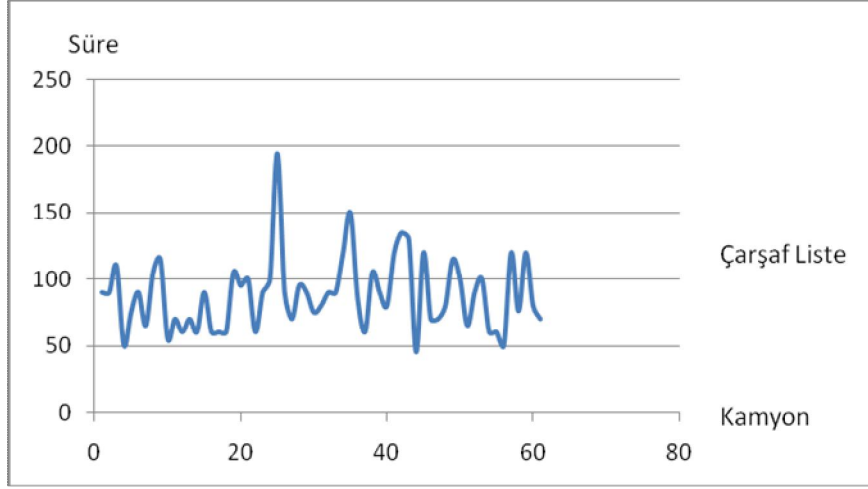
Geliştirilen sistemin etkinliğini ölçmek için 2011 Nisan ayı boyunca CCI Ankara ambarında gerçek çarşaf listeler kullanılarak canlı testler gerçekleştirilmiş ve bu testler yoluyla, CCI Ankara ambardaki mevcut durumda kullanılan palet oluşturma sistemi ile CCI MIX sisteminin üretmiş olduğu sonuçlar karşılaştırılmıştır. 578 karışık palet için yapılan bu karşılaştırmanın sonucunda kamyon hazırlama süresinde %20'lik bir iyileştirme görülmüştür. Benzer yük dağılımlarına sahip paletler üzerinde mevcut kullanan sistem ile CCI MIX sistemi test edilmiş ve palet hazırlama süreleri hesaplanmıştır. Grafik-1'de görüleceği üzere CCI MIX programının kullanılmaya başlanması palet oluşturma sürelerinde önemli bir düşüşe sebep olmaktadır.



Grafik-1: Palet oluşturma süresi

Grafik-1 son kamyonlara doğru CCI MIX programının kullanılmaya başlanması ile kamyon hazırlama sürelerindeki düşüşü gözler önüne sermektedir. 52 farklı dağıtım bölgesi ve toplamda 50906 sipariş için yapılan analizde 52 kamyonun 51 inde tam atama, bir kamyonunda eksik atama gözlenmiştir. Eksik atama yapılan kamyon için toplamda 651 sipariş verilmiş, sistem 641 ürünün atamasını yapmıştır. Eksik atamalar sipariş miktarının kamyon kapasitesini geçtiği durumlarda gerçekleşmekte ve eksik atanan ürünler sistem tarafından belirlenerek raporlanmaktadır.

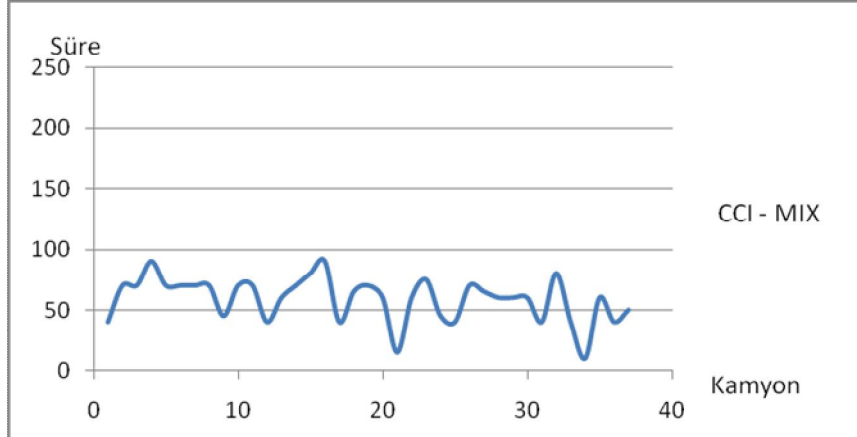
5.4. Veri Analizi



Grafik-2: Mevcut sistem palet hazırlama süreleri

Geliştirilen sistemin etkinliğini ölçmek için mevcut sistemde ve CCI-MIX sistemi ile gerçekleşen karışık palet hazırlama süreleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Grafik-2 mevcut sistemde hazırlanmış olan 60 değişik kamyon için harcanan süreyi göstermektedir. Grafik incelendiğinde kamyon hazırlama süresinin kabul edilemez sürelerde gerçekleştiği birçok kamyon görülmektedir. Bu uç durumlar yanlış palet tasarımından kaynaklı yüklemeler sonucu oluşmuştur. Eksik yükleme ya da hatalı yükleme yapılmasından kaynaklanan bu durumlarda, paletler bozularak doğru bir şekilde tekrar hazırlanır. İstatistiksel analizeler %7,5 oranında hatalı yükleme olduğunu göstermektedir.



Grafik-3: CCI-MIX palet hazırlama süreleri

Grafik-3 benzer yük dağılımına sahip 37 kamyonun CCI-MIX programı tasarımları ile hazırlanma sürelerini göstermektedir. Kamyon hazırlık süreleri mevcut durumdaki (45,195) dakikalık aralıktan (10,90) dakikalık bir aralığa çekilmiş, uç düzeydeki yüksek kamyon hazırlama süreleri tamamen ortadan kaldırılmıştır. CCI-MIX tasarımları kamyon hazırlama zamanlarındaki azalmanın yanında eksik ve yanlış yükleme durumunu ortadan kaldırmıştır.

6. Uygulama Planı

Yapılan projedeki uygulama planı şu şekildedir:

- Öncelikle kendi belirlediğimiz örnek kamyon yüklemeleri yazılıp onlar üzerinde testler alındı.
- Daha sonra ambardan günlük yükleme özetleri istendi ve güncel olarak yaklaşık iki hafta boyunca ambardan gelen yükleme özetleriyle testler yapıldı ve bu testlerin sonuçları ambardaki yetkililere gösterildi
- Yetkililerin isteği üzerine programda değişiklikler yapıldı.
- En son programda bu testlerden geçtikten sonra yetkililerden onay alındı ve saha uygulamalarına başlandı.

Bu süreçte karşılaşılan en büyük zorluk daha önce böyle bir programın literatürde bulunmaması oldu. Çok farklı birkaç program bir araya getirilip aynı zamanda kendi orijinal fikirlerimiz de kullanarak değiştirilip son programa ulaşıldı. Başka bir zorluk ise şirketten alınan bilgilerin güncel olmayıştı fakat bu problem de şirketteki yetkililerin yoğun çabaları sayesinde aşıldı.

Karşılaşılan zorluklar da göz önüne alınarak, şirkete önerilerimiz şunlardır:

- Ambardaki stokların ürün bilgilerinin sık sık güncellenmesi.
- Yeni ürün bilgilerinin yükleme yapılmadan sisteme girilmesi.
- Şirkette her zaman bu program ile ilgilenen bir kişinin bulunması ve en azından programın çalışması tam olarak sağlanana kadar programın içeriği hakkında bilgi sahibi olan bir kişinin şirkette bulunması.

7. Genel Değerlendirme

Projenin başlangıç aşamasında CCI yetkililerinin başlıca beklentileri şu şekildeydi:

- İşçi inisiyatifine bağlı olarak yapılan karışık palet tasarımı sisteminin bilgisayar tabanında sistematik bir yapıya kavuşturularak muhtemel hasarlı ürünlerin ve yanlış tasarımların ortadan kaldırılması.
- Mevsimsel taleplere göre yoğun olan dönemlerde alınan işçilerin 2 aya varan adaptasyon sürelerinin kısaltılması.
- Karışık palet hazırlama süresinin azaltılması.

- Sayım sürecinde ürünlerin kamyon içindeki konumlarının bilinmemesinden dolayı sayıma harcanan fazla zamanın azaltılması

CCI MIX programı Mart ve Nisan aylarında test aşamalarını tamamlamış olup 29 Nisan 2011 tarihi itibari ile Ankara CCI ambarda çarşaf liste sisteminin yerine kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarih itibari ile bütün yüklemeler CCI MIX programından alınan yükleme yönergelerine göre yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Yüksek sezona geçiş dönemlerinde alınan mevsimlik işçilerin 2 ay tutan adaptasyon süreleri 2 haftaya indirilmiştir. Bu sayede mevsimlik işçi maliyetlerinde %25'lik bir azalma elde edilerek ortalama 16.500 TL kazanç sağlanması ön görülmektedir.
- Geliştirilen sistemin karışık palet tasarımından kaynaklanan hasarlı ürün yüzdesini ortadan kaldırdığı ambar şefleri tarafından gözlemlenmiş ve onaylanmıştır.
- Sayım memurunun kamyon içindeki ürünleri aramakla kaybettiği zaman ortadan kaldırılmıştır.

Palet hazırlama zamanında %20 civarında bir azalma gözlenmiştir. CCI Ankara satış müdürü, iş geliştirme müdürü ve tedarik zinciri yetkililerine yapılan sunum sonrası 'CCI MIX' programının öncelikle İstanbul Dudullu, İstanbul Avrupa, İzmir, Mersin, Antalya ambarlarından başlayarak toplamda 360 bayide kullanılması kararlaştırılmıştır.

CCI MIX programının sürdürülebilirliği göz önünde bulundurularak programa ekleme yapma olanağı mümkündür. Ürün bilgilerinin otomatik olarak güncellendiği bir sistem de bu projenin uygulanması açısından daha verimli olacaktır.

KAYNAKÇA

H. Yaman and A. Sen. "Manufacturer's mixed pallet design problem." European Journal of Operational Research, 2008.

Bischoff, E.E. Ratcliff, M.S.W. Issues in the development of approaches to container loading. Omega 23, 377–390 (1995)

Eley, M. Solving container loading problems by block arrangement. Eur. J. Oper. Res. 141, 393–409 (2002)

Pisinger, D. Heuristics for the container loading problem. Eur. J. Oper. Res. 141, 382–392 (2002)

Mack, D. Bortfeldt, A., Gehring, H. A parallel hybrid local search algorithm for the container loading problem. Int. Trans. Oper. Res. 11, 511–533 (2004)

Bortfeldt, A. Gehring, H. A hybrid genetic algorithm for the container loading problem. Eur. J. Oper. Res. 131, 143–161 (2001)

Bortfeldt, A. Gehring, H., Mack, D. A parallel tabu search algorithm for solving the container loading problem. Parallel Comput. 29, 641–662 (2003)

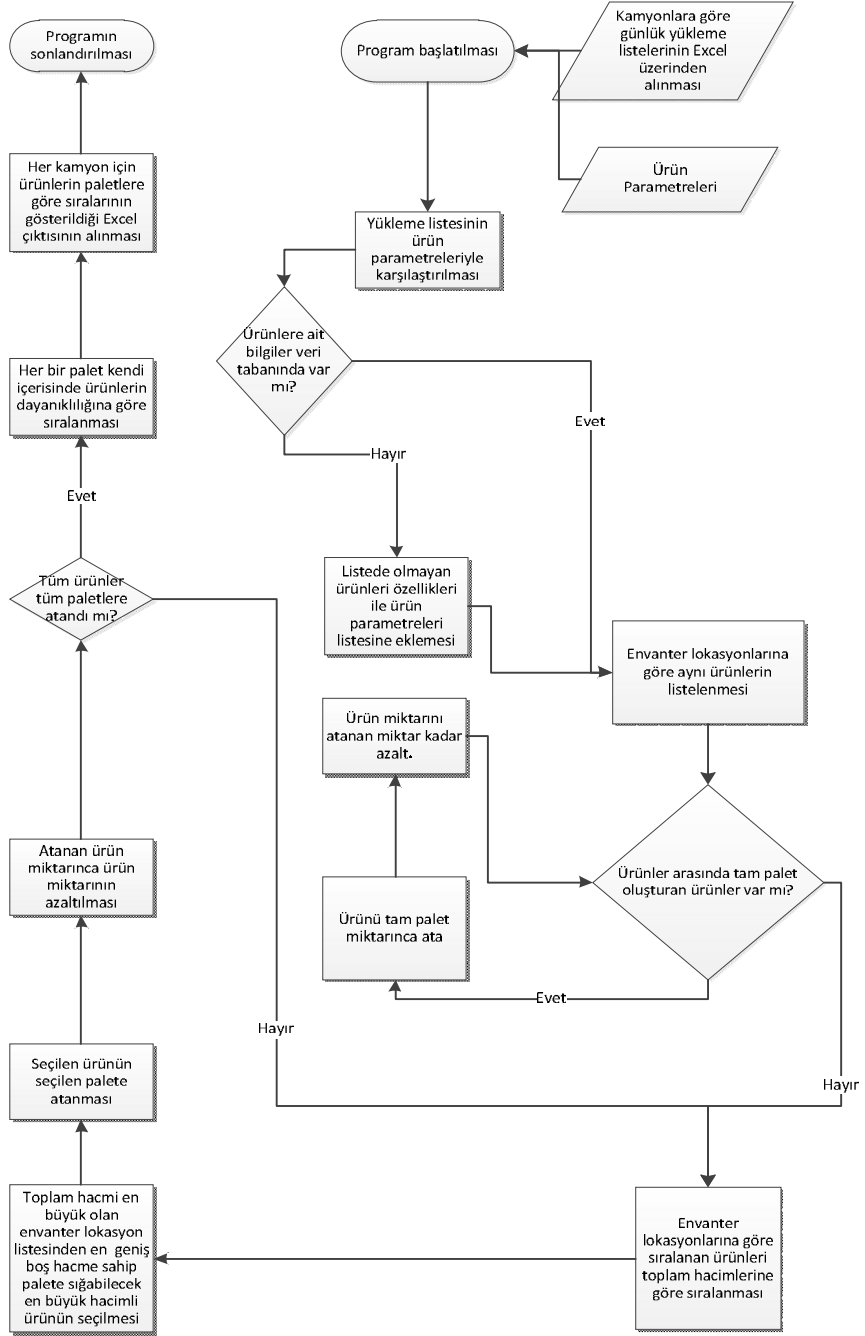
Gendreau M. Iori M., Laporte G., Martello S. A tabu search algorithm for a routing and container loading problem. Transportation Science 40, 342-350 (2006)

Parreno F., Alvarez-Valdes R., Oliviera J.F., Tamarit J.M. Neighborhood structures for the container loading problem: a VNS implementation. Journal of Heuristics 16, 1-22 (2008)

Eley M. A bottleneck assignment approach to the multiple container loading problem. OR Spectrum 25, 45-60 (2003)

EKLER

Ek 1. Sezgisel Modelin Şematik Gösterimi



Ek 2. Örnek Yükleme Yönergesi

C9910

Palet 1

863400 DAMLA PET5 LT (20LT)-BURSA- 48

Paletteki koli sayısı: 48

Palet 2

871400 DAMLA PET500-12LU (6LT) 150

Paletteki koli sayısı: 150

Palet 3

871400 DAMLA PET500-12LU (6LT) 150

Paletteki koli sayısı: 150

Palet 4

871400 DAMLA PET500-12LU (6LT) 150

Paletteki koli sayısı: 150

Palet 5

100399 COCA-COLA KUTU 330 50

630400 NESTEA SEFTALI KUTU330 46

460499 CAPPY KARISIK KUTU330 YD 36

150499 COKE LIGHT-CAN330X12-YD 30

730300 CC ZERO CAN330 1X12 22

450499 CAPPY SEFTALI KUTU330 YD 20

430499 CAPPY VISNE KUTU330 YD 16

620400 NESTEA LIMON KUTU330 16

290399 SPRITE KUTU330 3

784300 DOĞ.SOG.CAY KIR.CAY-BOGRT.K330 1

Paletteki koli sayısı: 240

Palet 6

863400 DAMLA PET5 LT (20LT)-BURSA-	2
360600 SCH.MANDALINA DPTSUZ ŞİŞE250	9
430800 CAPPY VISNE TETRA-1000	1
450800 CAPPY SEFT.TETRA-1000	1
460800 CAPPY KARISIK TETRA-1000	1
730300 CC ZERO CAN330 1X12	8
190341 FANTA PORT.KUTU330-YÜZ	5
290399 SPRITE KUTU330	4

Paletteki koli sayısı: 31

Ek 3. CCI-MIX Giriş Ara yüzü



Kaynağında Ayrıştırılmış Geri Dönüştürülebilir Atık Miktarının Arttırılmasını Hedefleyen Sistem Tasarımı

Çankaya Belediyesi

Proje Grubu

Cankut Semih Dinçer
Gözdem Çalıkoğlu
Levent Ödemiş
Melda Yasemin Köksal
Yiğit Dizdarer

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Banu Altun, Çankaya Belediyesi,
Çevre Mühendisi

Akademik Danışman

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

ÖZET

Çankaya Belediyesi, ÇEVKO Vakfı ve SİMAT firması işbirliği ile 2006 yılında başlatılan “Ambalaj Atıkları Geri Kazanım Projesi” proje başlangıcından dört yıl geçmiş olmasına rağmen, geri dönüştürülebilir atığın sadece %16,6’sını geri kazandırmaktadır. Bu projenin amacı, kaynağında ayrıştırılan atık miktarının düşük kalmasına sebep olan etkenleri bulup, bu etkenlerden yola çıkarak, ayrıştırılan atık miktarını arttıracak yeni bir toplama sistemi tasarlamaktır. Raporda mevcut sistemin nasıl işlediği, çözüm yöntemleri, çözüm yöntemlerinin uygulama çalışmaları ve sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Geri dönüşüm, kaynağında ayrıştırma, verimlilik artışı, regresyon analizi

1. İşletme ve Proje Tanıtımı

Geri dönüşüm, kullanım dışı kalan geri dönüştürülebilir atık malzemelerinin çeşitli geri dönüşüm yöntemleri ile hammadde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılmasıdır. Geri dönüşüm, günümüzde ekonomi ve çevre açısından önemli bir yer teşkil etmektedir. Geri dönüştürülebilir ambalaj atığının oluştuğu noktada organik atıktan ayrıştırılması işlemine kaynağında ayrıştırma denir. Kaynağında ayrıştırma geri dönüşümün en önemli ayağıdır. Yasalarımıza göre belediyeler geri dönüştürülebilir atıkları toplayacak sistemler geliştirip toplamakla veya bu işi özel bir şirkete yaptırmakla yükümlüdür. Çankaya Belediyesi de ambalaj atığı toplama ve ayrıştırma işini SİMAT firmasına vermiştir.

Çankaya, nüfus ve kapsadığı alan olarak Ankara'nın en büyük ilçesidir. İçerisinde barındırdığı işyeri merkezleri ile gündüz nüfusu bakımından Türkiye'nin en büyük ilk 10 ilçesi arasındadır. Çankaya Belediyesi, merkezi Kızılay'da olan 3000'e yakın çalışanı ile Türkiye'nin önde gelen belediyelerindendir.

Çankaya Belediyesi ÇEVKO Vakfı ve SİMAT firması işbirliği ile Mayıs 2006'da "Ambalaj Atıkları Geri Dönüşüm Projesi"ni başlatmıştır. Bu projenin amacı pilot bölgelerden başlayarak kaynağında ayrıştırılmış ambalaj atığı toplama uygulamasını tüm Çankaya bölgesine yaymaktır. Bu projede ÇEVKO Vakfı'nın rolü ise SİMAT firmasına finansal destek sağlamaktır.

2010'un ilk altı ayı için yayınlanan Bakanlık Raporu'na göre, proje şu an 134.242 konutu kapsamaktadır. Bu rakam nüfus bazında değerlendirildiğinde, projenin 450.000 insana ulaştığı görülmüştür. Çankaya belediyesinin nüfusunun 800.000 civarında olduğu göz önüne alındığında, dört buçuk yıl gibi bir sürede bölgenin yarısının uygulama olarak proje kapsamına alındığı belirlenmiştir.

2. Problem Tanımı

2.1 *Semptom ve şikâyetler,*

2006'dan itibaren uygulanan geri kazanım projesinin en büyük katılımcısı alışveriş merkezleridir. SİMAT firması haftalık düzenli ve en çok oranda geri dönüştürülebilir atığı alışveriş merkezlerinden toplamaktadır. Her ne kadar alışveriş merkezlerinden toplanan atık hanelere göre fazla olsa da food-court adı verilen yemek alanlarından geri dönüştürülebilir atıklar SİMAT konteynerlerine değil, organik atık çöp kutularına atılmakta veya yasal olmayan geri dönüşüm yollarıyla satılmaktadır.

Kaynağında ayrıştırılan atıkların sorunsuz olarak toplanamaması da SİMAT firmasının ve Çankaya Belediyesi'nin en büyük şikâyetlerinden biridir. Ortak bölgelere konulan toplama kutularının içlerinin açılıp SİMAT firması için kaynağında ayrıştırılan atıkların

alınıp yasa dışı yollarla başka firmalara satılması, alınamaması durumunda toplama kutularının parçalanıp yakılması, zaman zaman toplama kamyonlarının atıklara ulaşmasının engellenmesi ya da apartmanlar ve alışveriş merkezlerinde toplanan atıkların apartman görevlileri tarafından yasal olmayan yollarla sokak toplayıcılarına satılması SIMAT firmasının çevre mühendisi tarafından belirtilen şikâyetlerdendir.

Tüm kamu kurumlarının, özel kuruluşların, sitelerin ve apartmanların geri dönüştürülebilir atıkları kaynağında ayrıştırma konusunda Ambalaj Atığı Komisyonu'nun kararlarına göre zorunluluğu olmasına rağmen yasadaki bazı açıklardan, ceza ve yaptırımlardaki eksikliklerden dolayı istenilen her yerden toplama yapılamamaktadır. Bazı alışveriş merkezlerinden (KİPA AVM), güvenlik nedeni ile bazı kamu kurum ve kuruluşlarından (YÖK, ÖSYM, TBMM) ve okul yurtlarının çoğundan geri dönüştürülebilir atıklar toplanamamaktadır.

2.2 Problem tanımı ve kapsamı

Projenin başlangıç noktası tüketicidir. Bu projede tüketicinin evsel atığını organik ve ambalaj atığı olarak ayrıştırması beklenmektedir. Organik atığın belediye tarafından yerleştirilmiş olan alışılmış çöp bidonlarına, ambalaj atığının ise üzerinde ÇEVKO ibaresi olan ve SİMAT tarafından konumlandırılmış özel toplama kutularına atılması beklenmektedir. Sistemin detaylı şeması Ek 1' de verilmiştir. Mevcut sistemde toplanan veriler Çankaya bölgesindeki geri dönüşüm oranının sadece %16,6 olduğunu ortaya koymaktadır. Bu rakam Avrupa'nın bu konuda önde gelen ülkelerinin %50'ye yakın geri dönüşüm oranları ile kıyaslandığında oldukça düşüktür. Bu projenin temeli, kaynağında ayrıştırılmış ambalaj atığı miktarını arttırmak ve bu atıkların toplanmasını sağlayan güvenli bir sistemin oluşturulmasını sağlamaktır.

2.2.1 Projenin mevcut verimliliğinin hesaplanması

İSTAÇ tarafından hazırlanmış 2005 verilerine bakıldığında, İstanbul'da bir insanın oluşturduğu ortalama çöp miktarı günlük 1,28 kilogramdır. Bu atığın %39'u geri dönüştürülebilir atıktır (Plastik %18, Kağıt %13, Cam %6, Metal %2). Çevre Bakanlığı tarafından hazırlanmış, Ambalaj Atığı Geri Dönüşüm Faaliyet Raporu'na göre geri dönüştürülebilir atıkların %60-70'ini ambalaj atıkları oluşturmaktadır. Dolayısıyla bir insanın günlük oluşturduğu toplanabilir kaynağında ayrıştırılmış geri dönüştürülebilir atık miktarı 0,35 kilogramdır. İstanbul ve Ankara arasındaki sosyo-ekonomik benzerlik göz önünde bulundurulduğunda, bu rakamların Çankaya bölgesindeki veriler ile örtüşeceği söylenebilir. Çankaya Belediyesi tarafından hazırlanmış olan 2010 Altı Aylık Bakanlık Faaliyet Raporu dikkate alındığında, şu anki toplanan günlük kişi başı ambalaj atığı miktarı 0,058 kilogramdır.

Toplanan ambalaj atığı miktarının, oluşturulan miktara oranı ile projenin verimliliğinin %16,6 civarında olduğu hesaplanmıştır. BBC tarafından gerçekleştirilen bir çalışmaya göre, İsviçre bugün %52'lik geri dönüşüm oranıyla en başarılı ülke pozisyonundadır (BBC 2005).

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

Proje kapsamında toplanan geri dönüştürülebilir atıklar; plastik, cam, metal, kâğıt olmak üzere dört çeşittir. Geri dönüşümün gerçekleştirilebilmesi için birlikte toplanan bu atıklar SİMAT tesisinde birbirinden ayrıştırılmaktadır.

Çankaya bölgesi, ayrıştırılmış atıkların toplanmasını kolaylaştırmak amacıyla SİMAT firması tarafından dört bölgeye ayrılmıştır. 1. ve 2. bölgelerden düzenli toplama yapılırken, 3. ve 4. bölgelerden talep üzerine toplama yapılmaktadır (Ek 2).

3.2 Literatür araştırması

Literatür çalışması yurt-içi ve yurt-dışı çalışmalar olarak iki kategoride gerçekleştirilmiştir. Yapılan ön çalışmada insanları kaynağında ayrıştırmaya teşvik eden unsurlar bulunmuştur. "Urban Waste Series 7" adlı rapor göz önünde bulundurularak, alışkanlık, dinsel-sosyal durum, bağış, sosyo-ekonomik statü, evin büyüklüğü, evde bir hizmetli olup olmaması ve çevresel sorumluluk gibi kriterlerin kaynağında ayrıştırmada etkili olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye'de daha önce gerçekleştirilmiş benzer çalışmalar araştırıldığında, projenin İstanbul Küçükçekmece'de uygulanan bir çalışma ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Açık alanlara atılan çöp miktarı ile bir geri dönüşüm uygulaması gerçekleştirmeye karar veren Küçükçekmece Belediyesi, nüfusu ve sosyo-ekonomik statüsü ile Çankaya'ya benzerlik göstermektedir. Küçükçekmece'de pilot çalışma için seçilen Başakşehir'de konteynerlerden yapılan toplamanın yanısıra haftada iki gün kapıdan toplama yapılmıştır. İsveç'ten örnek alınan bu sistemin uygulaması sonucunda geri dönüşüm oranlarında artış görülmüştür.

Yurtdışındaki projeler incelendiğinde ise İngiltere'de geri dönüşüm oranlarını arttırmaya yönelik bir çalışma bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda, kapıdan toplamanın, geri dönüşüm oranlarına katkıda bulunduğu, konteynerlerin daha sık toplanmasının insanların katılımını arttırdığı ve sosyo-ekonomik statünün geri dönüşüme doğrudan etkisi olduğu görülmüştür.

Geçmişte yurtiçi ve yurtdışında yapılan benzeri çalışmaların incelenmesi sonucunda olası gelişmeler öğrenilmiş ve bunların ışığında bir proje planı hazırlanmıştır.

3.4 Regresyon analizi

Literatür çalışmaları sonucunda ortaya çıkan kaynağında ayrıştırılmayı etkileyen faktörlerden Çankaya bölgesi için geçerli olanlar seçilmiştir. Çankaya Belediyesi ve SİMAT'tan alınan verilere ve gözlemlere dayanarak, Çankaya bölgesinde kaynağında ayrıştırılmayı etkileyen faktörler; sosyo-ekonomik durum, bilinçlendirme çalışmaları, merkezi iş alanları sayısı, bölgede bulunan konteynerlerin toplam hacmi, gece nüfusu, AVM sayısı, site sayısı, sokak toplayıcılarının sayısıdır. Regresyon analizi ile bu faktörlerin kaynağında ayrıştırılmış atık miktarına etkilerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bunun için anakütle olan projenin yürütüldüğü Çankaya bölgesindeki mahalleleri temsil edecek bir örneklem seçilmiştir. Örneklem 1. ve 2. bölge mahallelerinden seçilmiştir. Bunun sebebi 3. ve 4. bölgelerden talep üzerine toplama yapılmakta olduğu için sağlıklı veri toplanamamasıdır. 1. ve 2. bölgelerdeki tüm mahalleleri baz alarak analiz başlatılmış ancak bu mahallelerden sokak toplayıcıları ile ilgili veri toplanamadığı için analize bu etken dahil edilmemiştir. Analiz toplamda 12 mahalleyi kapsamaktadır. Analizin sonucunda merkezi iş alanları, sosyo-ekonomik durum ve toplam konteyner hacminin kaynağında ayrıştırılmayı %67 oranında etkilediği tespit edilmiştir (Ek 3). Bu faktörler için kesinlikle etkili denilebilirken, analiz edilen diğer faktörler için kesinlikle etkisiz denilemez. Yeterli veri olmaması sonucunda bu faktörler etkisini analizde gösterememiş olabilir. Model doğrulaması için kullanılan R^2 istatistiği gibi sayısal yöntemler aynı zamanda arta kalan değerlerinin grafiklerinin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Regresyon denklemindeki değer ile gerçek değer arasındaki sapma olan arta kalan değerlerinin frekans histogramı çizildiğinde dağılımın normal olmadığı görülmüştür. (Ek 4-5). Bu da geri kalan % 33'lük etken kısmın analizde uygulanmayan başka faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Analizde kullanılmayan faktörler dışında etkili olduğu düşünülen ve analizi yapılamayan faktörler; sokak toplayıcıları, evlerde hizmetli olup olmaması, site yöneticilerinin ve görevlilerinin etkisi olarak belirlenebilir; ancak bunların %33'lük kısmın tamamını oluşturduğu söylenemez.

%67'lik etken kısmı oluşturan faktörlere bakıldığında ise gece nüfusunun etkisinin olmadığı, gündüz nüfusunun toplandığı iş alanlarının ise etkili olduğu görülmüştür. Bu veri tüketicilerin evde atıklarını ayrıştırmadığını göstermektedir. Bir diğer önemli nokta ise bilinçlendirme çalışmalarının etkisinin düşünüldüğü gibi olmamasıdır. Diğer bir etken olan bölgede bulunan toplam konteyner hacmine bakılacak olursa, konulan konteynerler çıkan atığı etkilemiş ya da çıkan atık miktarına göre konteyner konulmuş olabilir. Bu durumda çıkan atık

miktarını etkileyen faktörlerin kontrol edilemeyecek faktörler olduğu ortaya çıkmıştır. Regresyon analiz denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Toplanan Ambalaj Atığı(ton/gün)} = 3,04 + 0,000314 \text{ MİA Sayısı} + 0,00380 \text{ Toplam Konteyner Hacmi(m}^3\text{)} - 0,915 \text{ Sosyo Ekonomi}$$

Denklemin de gösterdiği gibi, değişkeni etkileyen faktörlerin katsayılarına bakıldığında en etkili faktörün sosyo-ekonomik durum olduğu görülmektedir.

Bu analizden elde edilen sonuçlar ile önerilecek çözüm yöntemleri de şekillenmeye başlamıştır. Etkili olan faktörler incelendiğinde daha fazla etkisi beklenen hanelerin aslında hiç etkisi çıkmaması hanelere yönelik çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca AVM'lerin de sistemde gereken etkiyi göstermediği regresyon analizinde görülmektedir. Bu iki alt sistemde yapılacak geliştirmelerle toplanan atık miktarına etkileri sağlanıp, verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır.

4. Önerilen Yöntemler

4.1 Haneler

4.1.1 Çift bölmeli çöp kutusu dağıtımı

Bu projenin en önemli alt sistemlerinden biri de evlerdir, ancak insanların bu konudaki bilinçsizliğinden ya da evlerinde ayrıştırma yapabilecekleri uygun bir alan olmamasından ötürü evlerden toplanan geri dönüştürülebilir ambalaj atığı miktarı oldukça düşüktür.

Evlerde projeye katılımı arttırmak ve insanların bu konudaki işgücünü azaltmak amacıyla, dairelere organik ve geri dönüştürülebilir atıkları ayırabilecekleri çift gözlü bir çöp kutusu dağıtılacaktır. Dağıtılan çöp kutusunun iki bölmesinde farklı renklerde çöp torbaları kullanılacaktır. İnsanlar evlerinde hazır bulunan çöp kutularında ayırma işlemini gerçekleştirip, çöp torbaları ile organik ve ambalaj atığını kaynağında ayrıştırılmış hale getireceklerdir.

Bu çöp kutusunun dizaynında dikkat edilecek üç önemli nokta, büyüklük olarak yeterli, kullanışlı ve insanları görsel olarak katılıma teşvik edecek bir çöp kutusu tasarlamaktır. Bu bağlamda PREKONS firması ile çalışılmış ve dağıtımı yapılacak çöp kutuları geliştirilmiştir (Ek 6).

4.1.2 Şaft(Boru) entegrasyonlu toplama sistemi

Çankaya bölgesinde toplanan verilerin sonucunda yapılan regresyon analizinde, merkezi iş alanlarının ayrıştırmada etkili bir payı olduğu, nüfusun ise etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca başka bir açıdan bakılacak olursa, gece nüfusunun ambalaj atıklarını organik atıklardan yeterli oranda ayırmadıkları ortaya çıkmaktadır. Daha önce yapılan literatür araştırmalarında gece nüfusunun ayrıştırmama sebepleri incelenmiştir. Bu sebeplerden ilki, apartman

görevlilerinin ayrıştırılan ambalaj atıklarını ayrı bir şekilde toplayıp ambalaj atığı konteynerlerine götürmemesi ve bu nedenle hane halkının bunu yapmak zorunda kalmasıdır. İkincisi ise, müstakil evler için evlerin önünde sadece organik atıklar için konteyner bulunması, ambalaj atıkları için olan konteynerlerin uzak olmasıdır.

Evlerde çöp ayrıştırmak için yeterli yer olmaması gibi sebepler bulunmaktadır. Bu bağlamda ilk sebebin etkisini en aza indirmek için boru entegrasyonlu bir toplama sistemi uygulanabilir. Sistemin detaylı çizimi Ek 7'de görülmektedir. Sistem sadece apartmanları kapsamaktadır. Apartmanın her katında bir çöp odası olacaktır ve bodrum katında apartmanın bütün çöpünün toplandığı iki adet konteyner bulunacaktır. Bu konteynerlerden bir tanesi organik atık için diğeri ise ambalaj atıkları için olacaktır. Bu konteynerlerle her kattaki çöp odalarının bağlantısı ise borular ile sağlanacaktır. Her kattaki çöp odasında iki adet duvara monteli kapak bulunacaktır (bir tanesi organik atık için diğeri de ambalaj atıkları için). Hane halkı bu kapakların içine ayırmış oldukları atıkları kolayca atabilecekler ve kapaktan atılan bu atıklar apartman boşluğuna yerleştirilmiş boruların içinden apartmanın bodrum katındaki konteynerlere ulaşacaktır. Apartman görevlisi ise organik çöpün bulunduğu konteyneri belediyenin topladığı alana götürecektir, ambalaj atıklarının bulunduğu konteyneri ise toplayan şirketin görevlisine elden teslim edecektir. Böylece insanların hem konteynerlere ulaşım zorluğu ortadan kalkmış olacak hem de apartman görevlisinin çöp toplama görevi ortadan kalkacaktır. Aynı zamanda bu sistemle sokak toplayıcıları da engellenebilecektir. Bu sistemin yeni yapılan apartmanlara kolayca ve az bir maliyetle yapılabilmesinin yanı sıra, sistem var olan apartmanlara da sonradan yerleştirilebilmektedir. Ancak sonradan yerleştirme yıkım gerektirdiği için oldukça maliyetli olmaktadır. PREKONS Ltd. ile yapmış olduğumuz görüşmeler sonucu böyle bir sistemin entegrasyonunun 37100TL gibi bir maliyetinin olduğu saptanmıştır. Eğer yeni inşa edilen apartmanlar bu sistemle inşa edilirse ekstra maliyet sadece malzeme maliyeti olacaktır. Bu nedenle yeni yapılan binalara bu sistemin getirilmesi sokak toplayıcıları ve hane halkının ayrıştırma zorluğu gibi iki problemi ortadan kaldırarak ayrıştırılan ambalaj atığı miktarında artış sağlayacaktır.

4.2 Alışveriş merkezleri

Günlük en çok geri dönüştürülebilir atık üreten alt sistemlerden biri olan alışveriş merkezlerinde mağazaların envanter aktarımı sırasında elde edilen karton kutu, kâğıt vb. atıklar elde edilen atığın yüzde olarak tamamına yakını oluşturmaktadır. Alışveriş merkezlerinin sisteme olan bu katkısının yanında, günlük insan miktarının en yoğun olduğu yemek alanlarından geri dönüştürülebilir atık toplanmadığı SIMAT firması ile yapılan görüşmeler ve yaptığımız

alan incelemelerinde görülmüştür. Alışveriş merkezlerinin diğer alanlarından çıkan atığın tamamına yakınının toplanması çözüm önerilerimizi yemek alanlarına odaklamamıza neden olmuştur.

4.2.1 Çift gözlü toplama kutusu

Alışveriş merkezlerinin yemek alanlarındaki atık, yemek yenildikten sonra görevliler tarafından tek gözlü toplama kutuları ile toplanmaktadır. Pet şişe, meşrubat kutuları gibi geri dönüştürülebilir atıklar da diğer organik atıklar ile birlikte çöp kutularına gitmekte ve geri dönüşümleri sağlanamamaktadır. Görevlilerin kullandığı araçlara eklenecek ek bir toplama gözü ile toplamadaki kısa bir süre artışı ile geri dönüştürülebilir atıklar belirlenmiş göze, diğer organik atıklar ise diğer göze atılarak yemek alanlarından geri dönüştürülebilir atık elde edilebilecektir. Mevcut sistemde alandan elde edilen miktar sıfır olduğu için uygulamanın toplanan geri dönüştürülebilir atık miktarında artış yapmaması mümkün değildir.

4.2.2 Barkod entegrasyonlu toplama sistemi

Uygulama AVM'lerin yemek alanlarında, ambalaj atıklarını organik atıklardan ayırmak için geliştirilen bir sistemi kapsamaktadır. Bu sistemin temelini depozito uygulaması oluşturmaktadır. Yemek satış noktalarından alınan yiyecek, içecek veya menülere AVM yönetimi tarafından belirlenen ekstra bir ücret alımı uygulanacaktır. Alınan yiyecek veya içeceklerin üzerine satış noktası tarafından bir barkod yapıştırılacaktır. Yemeğin yenilmesinin ardından projeye katılacak olan müşteriler, barkodlu geri dönüşüm noktasına gidip, görevli yardımı ile barkodu makinaya okutup geri dönüştürülebilir atıkları ilgili göze atacaktır. Bu işlem karşılığında da alışveriş sırasında ödedikleri depozito miktarını geri alacaklardır. Bu sistem sayesinde hem yemek alanlarındaki toplama yapan görevli ihtiyacı azalacak, hem de insanlar depozito sayesinde bu konuda teşvik edilip atık ayrıştırılması sağlanacaktır.

5. Uygulama Planı ve Analiz

5.1 Kutu dağıtımı pilot çalışması

Çift gözlü çöp kutusu tasarımının sonrasında çözüm önerisinin pilot çalışması için fizibilite çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çankaya bölgesinde yapılan geniş bir inceleme sonrasında, çözüm yönteminin etkilerinin, projenin en büyük engellerinden birini teşkil eden sokak toplayıcıları olmadan gözlemlenebilmesi adına ve daha önce bu çözümün uygulandığı Başakşehir ile benzerliği göz önünde bulundurularak Bilkent 1 Çamlık Sitesi'nde bir pilot çalışma yapılması öngörülmüştür.

Hazırlanan çizimler ve yapılan fizibilite çalışmaları sonrasında Çankaya Belediyesi ile yapılan son görüşmelerde, proje bütçe kısıtlamaları dolayısı ile pilot çalışma uygulaması askıya alınmıştır.

5.2 Barkod entegrasyonlu toplama sistem benzetimi

Alışveriş merkezlerinin yemek alanlarına gelecekte entegre edilebilmek üzere önerilen barkodlu sistemin analizini ve geçerliliğini yapmak için benzetim yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle CEPA Alışveriş Merkezi'nde 100 kişiyi kapsayan bir anket yapılmıştır ve insanların bu çözüm önerisi uygulandığı takdirde yapacakları katılım oranı anket sonuçlarında elde edilen veriler ile saptanıp, benzetim uygulamasında kullanılmıştır. Günlük ortalama insan sayısı da Cepa yönetiminin yaptığı ölçümler sonucu elde edilmiştir.

Sistemde iki ayrı yerde barkodlu geri dönüşüm noktası bulunmaktadır. Hafta içi bu noktaların her birinde iki kişi, haftasonu ise yoğunluktan dolayı dört kişi çalışmaktadır. Yemeğini bitiren insanlardan projeye katılacak olanlar bu noktalardan herhangi birine eşit olasılıklar ile gelip barkodlarını okutup görevli yardımı ile depozitolarını geri almaktadırlar. Öncelikle insanlara kaç kişilik bir sıranın onları ayrıştırma işleminden vazgeçireceği sorulmuş ve ortalama olarak 10 kişilik bir sıra çıkmıştır. Daha sonra insanların 10 kişilik bir sıra gördüklerinde nasıl bir davranış göstereceği yapılan anket sonucunda elde edilen verilere göre hesaplanmıştır. Benzetim sırasında kullanılan ve elde edilen veriler;

- Haftaiçi toplam yemek yiyen insan sayısı : 14.478
- Haftasonu toplam yemek yiyen insan sayısı : 13.277
- Anket sonucu projeye katılacak insan oranı : %42
- 10 kişilik bir sıra gördüğünde katılmaktan vazgeçecek insan oranı : %70
- Haftiçi projeye katılan insan sayısı : 6186
- Haftasonu projeye katılan insan sayısı : 5699
- Toplam katılan insan sayısı : 11.885
- Kişi başı ortalama atık miktarı : TRIA(0,04;0,05;0,06)
- Haftalık toplanan atık miktarı : 593 kg

Kuyruktaki insan sayısının ayrıştırmaya etkisinin daha iyi gözlemlenebilmesi için ayırma işlemine atanan görevli sayısının etkisi analiz edilmiştir. Benzetimde yapılan bir hassasiyet analizi ile en optimal ambalaj atığı miktarına 16 görevli katılımı ile ulaşıldığı tespit edilmiştir. 16 görevliden daha fazla görevli ayırma işlemine atandığı zaman bir artış gözlenememiştir.

Bu uygulama sonucunda benzetimden elde edilen veriler göstermektedir ki; Cepa AVM'den aylık toplanan geri dönüştürülebilir atık miktarı iki tondan fazla artış göstermektedir. SİMAT firmasının aylık toplama verilerine göre ortalama 30 ton geri dönüştürülebilir atık elde edilmektedir. Elde edilen sonuç göstermektedir ki, çözüm uygulandığı takdirde aylık toplam atık miktarında %10'luk bir artış sağlanabilir.

5.3 Cepa AVM pilot bölge çalışması

Çift gözlü toplama kutusu çözüm önerisi için seçmiş olduğumuz Cepa AVM'nin ortalama olarak hafta içi günlük 20.000 hafta sonları ise günlük 45.000 ziyaretçisi vardır. Bu ziyaretçilerin günlük olarak ortalama 4.000'i yemek alanını aktif bir şekilde kullanmaktadır. Çözüm önerimizin uygulaması yapılmadan önce Cepa AVM'nin yemek alanından da diğer alışveriş merkezlerindeki gibi hiçbir toplama yapılmamaktaydı. SİMAT firmasının haftada iki ya da üç kez talep üzerine toplama yaptığı merkezden aylık 25 ile 35 ton arası geri dönüştürülebilir atık çıkmaktadır. Uygulama öncesi Cepa AVM'nin yemek katında kullanılan toplama kutuları Ek 8'de görülmektedir. Sodexo firması ve Cepa yönetimi ile yapılan görüşmeler sonucu çift gözlü toplama kutusu kullanılması uygun görülmüş ve önerdiğimiz çözüm yöntemi hayata geçmiştir (Ek 9).

5 Mart'tan itibaren uygulanmaya başlanan çözüm yöntemi bazı ekstra maliyetler getirmiştir. Yemek alanlarında eski sistemde atık toplamada haftaiçi 13 komi, haftasonu ise 18 komi çalıştırılmaktadır. Çözümün uygulanmaya başlaması ile birlikte ek olarak haftaiçi iki komi, haftasonu ise dört komi ihtiyacı doğmuştur. Dönüşümlü olarak 18 personele sahip olan sisteme 6 personel daha eklenmesi ile iş gücü ihtiyacında %33 lük bir artış olmuştur. Toplama kutularının tasarımlarındaki değişiklik de Cepa AVM yönetiminin hesap defterinde 1.000 TL'lik bir masraf olarak görülmektedir. Bu harcamaların dışında alışveriş merkezinin tüm geri dönüştürülebilir atıklarının toplandığı genel bölümde de bazı değişiklikler gerekmektedir. Çözüm yöntemi ile birlikte artan geri dönüştürülebilir atık miktarı yeni konteyner alımını gerektirmiştir. Mevcut durumda 30 konteynere sahip Cepa AVM'nin ihtiyaç doğrultusunda yaptığı 20 yeni konteyner alımı ile 15.000TL'lik ek yatırım masrafı ortaya çıkmıştır.

Uygulamanın etkilerini ölçmek amacı ile Cepa AVM'den SİMAT firmasına gelen toplama kamyonunun tesise girişinde özel ağırlık ölçümünün yapılması talep edilmiştir. Bazı özel durumlar haricinde, uygulama öncesinde ve sonrasında yapılan 20'şer günlük ölçümlerde uygulamanın genel geri dönüştürülebilir atık miktarında artış sağladığı açıkça görülmektedir. Toplam 40 günlük süreç içerisinde 12 kez toplama yapılmış ve görülmüştür ki çözümün uygulanmasından önce atık elde edilemeyen yemek alanları genel sistemde artışı sağlamıştır. Toplama periyotları üç veya dört günden oluşmaktadır. Özel durumlar haricinde üç günlük periyotlar perşembe, cuma ve cumartesi günlerini kapsamaktadır, dört günlük periyotlar ise pazar, pazartesi, salı ve çarşamba günlerini kapsamaktadır. İnsan yoğunluğunun cumartesi ve pazar günleri arttığını göz önünde bulundurursak, o günlerde yemek alanlarından elde edilen geri dönüştürülebilir atıklarda bir artış

olmaktadır. Bu nedenle periyotların kapsadığı günler göz önünde bulundurulduğunda, periyotlar çöp yoğunluğuna göre homojen olarak seçilmiştir. Ek 10'da görüldüğü gibi özel durumların görüldüğü periyotlar dışında pilot AVM olarak belirlenen Cema'dan çıkan atık miktarı günlük ortalama 200-300 kg. artmıştır.

6. Genel Değerlendirme

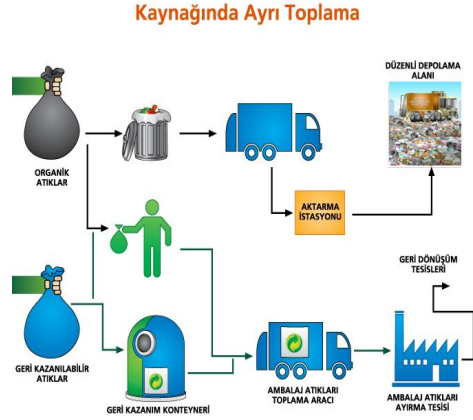
Yapılan analizler ve Çankaya Belediyesi tarafından iletilen şikayetler doğrultusunda geliştirilen çözüm yöntemleri bir rapor halinde hem Çankaya Belediyesi'ne hem de projenin uygulayıcı firması olan SİMAT firmasına sunulmuştur. Önerilen çözüm yöntemleri hanelere yönelik ve alışveriş merkezlerine yönelik olmak üzere iki ana başlığa ayrılmıştır. Daha sonra bu çözüm yöntemlerinin yakın zamanda hayata geçirilmesi mümkün olanlar için pilot bölge çalışması yapılmıştır. Geleceğe yönelik çözüm yöntemlerinin ise benzetim yöntemi ile sisteme yapacağı katkılar gözlemlenmiştir. Çözüm yöntemlerinin maliyet analizleri de Çankaya Belediyesi'ne sunulmuştur. "Kaynağında Ayrıştırılmış Geri Dönüştürülebilir Atık Miktarının Arttırılmasını Hedefleyen Sistem Tasarımı" projesinin bölgede toplanan geri dönüştürülebilir atık miktarını arttırabileceği hem pilot çalışmaları hem de benzetim çalışmaları ile doğrulanmıştır. Rapor kapsamında; Çankaya bölgesinde yapılan regresyon analizi sonuçları, Cema'da yapılan anketler, anketlerin benzetim çalışması, mimari sistem çizimleri ve yapılan pilot bölge çalışmalarının sonuçları bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akçay Han, G.S. "Evaluation of Recycling Packaging Waste and Küçük Çekmece case". MSC Thesis, Kocaeli, Turkey, 2008.
- BBC, "Recycling Around the World", 2005,
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/4620041.stm> Son erişim tarihi: Aralık, 2010.
- Çankaya Belediyesi, "Çankaya Ambalaj Atıkları Geri Kazanım Projesi 2010 Yılı İlk Altı Aylık Çalışma Raporu", 2010.
- ÇEVKO Vakfı, "Kaynağında Ayrı Toplama", 2008,
<http://cevko.org.tr/cevko/Ic-Sayfa/Yerel-Yonetimler/K-A-T--Yontemleri.aspx> Son erişim tarihi: Ekim 2010.
- Environmental Assistance Office (EAO), "Use of Media to Cause Recycling Behavior Change", İlkbahar 2009,
<http://www.p2pays.org/ref/50/49992.pdf> Son erişim tarihi: Aralık, 2010.
- Friends of the Earth (FOE), "Maximizing Recycling Rates", 2002,
http://www.foe.co.uk/resource/briefings/maximising_recycling_rates.pdf Son erişim tarihi: Aralık, 2010.
- ISTAC. "ISTAC (Istanbul Municipality Environment Protection and Waste Material Recycling Industry and Trade Co.)" İnternet Sitesi, Mayıs 2007,
<http://www.istac.com.tr> Son erişim tarihi: Kasım, 2010.
- Turkish İstatistik Enstitüsü (TUIK), 2009,
http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?tb_id=24&ust_id=7 Son erişim tarihi: Kasım, 2010.
- Zamorano, M. Resources, Conservation and Recycling 54, 2009, 123-133.

EKLER

Ek 1. Sistemin akış şeması



Ek 2. Çankaya bölgesi bölgeler tablosu

1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
Mutlukent	Aşağı Dikmen	Ayrancı	Anıttepe
Mustafa Kemal	Oran	Güven	Eti
Çukurambar	Nasuh Akar	Aziziye	Maltepe
Söğütözü	Balgat	İlkadam	Korkutreis
Kızırlamak	Ehlibeyt	Güzeltepe	Sağlık
İşçi blokları	Cevizlidere	Naci Çakır	Fıdanlık
Çiğdem	Oğuzlar	Osman Temiz	Cumhuriyet
Universiteler	Yıldız	Metin Akkuş	Kızılay
Ahlatlıbel	Yakubabdal	İlker	Namık Kemal
Beytepe	Çankaya	Yukarı Dikmen	Meşrutiyet
Emek	Birlik	Kazım Özalp	Kocatepe
Devlet	Kırkkonaklar	Büyükesat	Kültür
Bahçelievler	İlkbahar	Bağcılar	
Yukarı Bahçelievler	Hilal	G.O.P	
Mebusevleri	Sancak	100 yıl	
Yücetepe	Aşağı İmrahor	Murat	
	Orta İmrahor	Bayraktar	
	Yeşilkent	Boztepe	
	Karataş	Aşık Paşa	
	Bademlidere	Ümut	
	Şehit Cengiz Karaca	Muhsin Ertuğrul	
	Malazgirt	Barbaros	
	Akpınar	Küçükesat	
	Keklik Pınarı	Kavaklıdere	
	Şehit Cevdet Özdemir	Esatoğlu	
	Ata	Remzi Oğuz	
	Karapınar	Arka Topraklık	
	Gökkuşuğu	Cebeci	
	Huzur	Çamlıtepe	
	Aydımlar	Dilekler	
	Mursel Uluç	Doğuş	
	Aşağı Öveçler	Ertuğrul Gazi	
	Harbiye	Erzurum	
	Öveçler	Fakülteler	
	Yukarı Öveçler	Göktürk	
	Sokullu Mehmet Paşa	İleri	
	Akarlar	Metin Oktay	
	Çavuşlu	Mimar Sinan	
	Evciler	On Cebeci	
	Karahasanlı	Seyranbağları	
	Kömürcü	İnaztepe	
	Tohumlar	Topraklık	
	Yayla	Zafertepe	

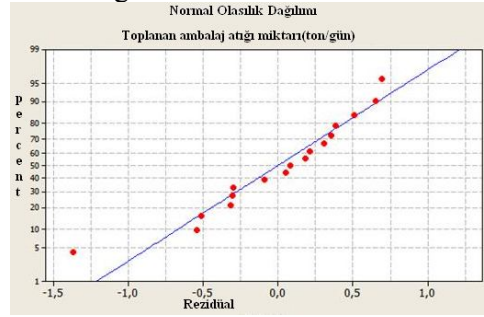
Ek 3. Minitab çıktısı

The regression equation is
Collected package waste(ton/day) = 3,04 + 0,000314 number of CBD
+ 0,00380 Total container volume(m³)
- 0,915 socio-economic rate

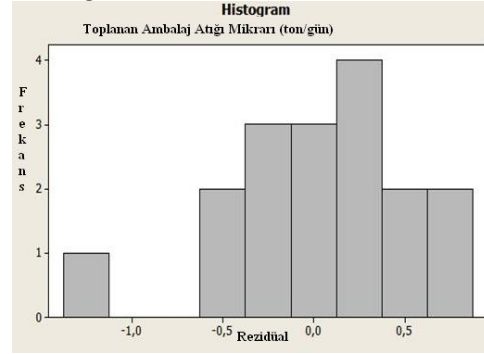
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,0424	0,7825	3,89	0,002
number of CBD	0,00031358	0,00009017	3,48	0,004
Total container volume(m ³)	0,003802	0,002118	1,80	0,096
Socio-economic rate	-0,9151	0,2782	-3,29	0,006

S = 0,577482 R-Sq = 73,4% R-Sq(adj) = 67,3%

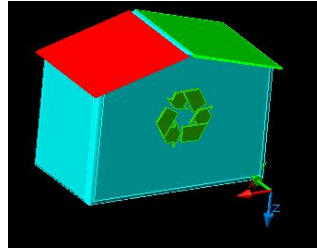
Ek 4. Normal olasılık dağılımı



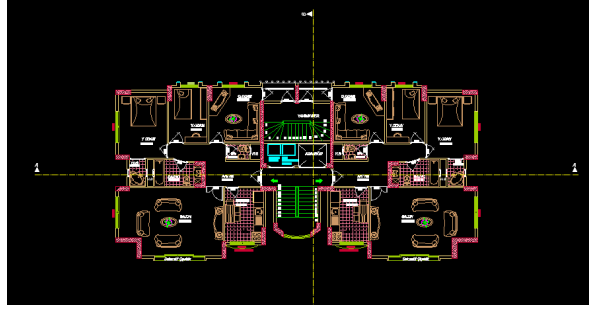
Ek 5. Arta kalan histogramı



Ek 6. Çift bölmeli çöp kutusu



Ek 7. Şaft(boru) entegrasyonlu toplama sistemi



Ek 8. Uygulamadan önceki toplama kutuları



Ek 9. Uygulama sonrası toplama kutuları



Ek 10. Cepa AVM toplama miktarları

AYLAR	TARİH	ATIK MİKTARI(KG)	PERİYOD	ÖZEL DURUMLAR	GÜNLÜK ATIK MİKTARI	PERİYOD KAPSAMINDA GÜNLER
ŞUBAT	02.02.2011	4200				
	05.02.2011	3820	3 GÜNLÜK		1273,3	PERŞ-CUMA-CTS
	09.02.2011	4820	4 GÜNLÜK		1205	PAZAR-PZT-SALI-ÇARŞ
	12.02.2011	3400	3 GÜNLÜK		1133,3	PERŞ-CUMA-CTS
	16.02.2011	5960	4 GÜNLÜK	*SEVGİLİLER GÜNÜ	1490	PAZAR-PZT-SALI-ÇARŞ
	19.02.2011	3720	3 GÜNLÜK		1240	PERŞ-CUMA-CTS
	MART	02.03.2011	3920			
05.03.2011		4100	3 GÜNLÜK		1366,7	PERŞ-CUMA-CTS
10.03.2011		4840	5 GÜNLÜK	*YOĞUN KAR YAĞIŞI	968	PAZAR-PZT-SALI-ÇARŞ-PERŞ
12.03.2011		3020	2 GÜNLÜK		1510	CUMA-CTS
16.03.2011		4920	4 GÜNLÜK		1230	PAZAR-PZT-SALI-ÇARŞ
19.03.2011		4280	3 GÜNLÜK		1426,7	PERŞ-CUMA-CTS

Hammadde Stok Yönetim Sistemi Tasarımı

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

Proje Ekibi

Barış Menteş
Bengisu Ilgıt
Bilgesu Çetinkaya
Gonca Sıdika Akyol
Tuğçe Gül Türk
Tuğçe Olkun

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Ercüment Balcı, Doğadan Gıda Ürünleri Endüstri & Pazarlama A.Ş.,
Kıdemli Üretim Planlama ve Lojistik Sorumlusu
Cem Okur, Doğadan Gıda Ürünleri Endüstri & Pazarlama A.Ş.,
Satın alma ve Lojistik Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur Bakır, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu projenin temel amacı Doğadan Gıda Ürünleri Endüstri & Pazarlama A.Ş için taleplerde oluşan dalgalanmaları karşılayacak etkili ve standartlaşmış bir envanter yönetim sistemi tasarımıdır. Bu amaçla geçmiş hammadde talepleri incelenmiş, hammaddeler için envanter politikaları belirlenmiş ve hammadde gruplamaları oluşturulmuştur. Bu karar destek sistemi ile hem taleplerin karşılanamama durumunun, hem de envanter maliyetinin minimuma indirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: CCI (Coca Cola İçecek), envanter yönetimi, S (maksimum sipariş miktarı), s (minimum envanter pozisyonu) , R (envanter kontrol periyodu), Q (sipariş miktarı)

1. Firma / İşletme Tanıtımı

Doğadan şirketi, artan pazar payı ve Ankara Akyurt'ta bulunan modern ve teknolojik poşetleme tesisiyle lider konumunda olan bir çay üretim şirketidir. 1975 yılında kurulmuştur. Doğadan şirketi meyveli, bitkisel, yeşil ve siyah çay üretmektedir. Doğadan şirketi meyveli ve bitkisel çay üretiminde %52'lik; siyah çay üretiminde ise %4 lük pazar payına sahiptir. Makine başına yıllık üretim miktarı 540000 kutudur. Şirkette 45 beyaz yaka ve 75 mavi yaka kişi çalışmaktadır. Doğadan, ürünlerinin %81 ini yerel pazara %19 unu ise dış pazara sunup ihraç etmektedir. İhraç edilen ülkeler arasında İngiltere, Almanya, Azerbaycan ve Kıbrıs gibi ülkeler yer almaktadır.

2. Projenin Tanımı

Hammadde Stok Yönetim Sistemi Tasarımı isimli projemiz Doğadan ürünlerinde kullanılan hammaddeler için en uygun envanter yönetimi politikasını bulmayı amaçlamaktadır.

2.1 Proje kapsamı

Doğadan ürünlerinden 52 stok tutma birimi ele alınmaktadır. CCI ve yerli büyük müşterilerin yüksek talepleri proje kapsamına alınırken, ihracat ve müşteri markalı ürünler proje kapsamının dışında kalacaktır. Bunun dışında, talep tahminleri de proje kapsamında yer almamaktadır. Ayrıca, proje kapsamında hammadde tedarik süresi 2 ay olarak belirlenmiştir ve değiştirilememektedir. Bu projeyi azami bitirme süresi ise altı ay olarak belirlenmiştir.

2.2 Firma beklentileri

Firmanın bu projeden beklentileri, hammadde envanteri tutma durumlarının maliyet analizi yapılması ve bu çalışmanın sonuçları göz önüne alınarak dinamik bir model tasarlanmasıdır. Doğadan, bu dinamik program ile stok yetersizliği içeren durumları, ortalama stok miktarını en aza indireyecek ve önceden öngörülen emniyet stok seviyesini tutturmada daha başarılı olabilecektir.

3. Analiz

3.1. Mevcut sistemin analizi

3.1.1 Sistemin yapısı

Doğadan'ın mevcut sisteminde, siyah çayın ham maddesi Doğadan'ın Rize'deki fabrikasından gelir ve meyveli ve bitkisel çayların ham maddesi Martin Bauer tarafından Almanya'da üretilir. Martin Bauer, Doğadan'ın tek meyveli ve bitkisel çay tedarikçisidir. Bu çaylar Almanya'dan tedarik edildiğinden dolayı, bu ham maddelerin tedarik süresi 8 hafta sürmektedir. Doğadan ürünlerini hem ülke içinde hem de ülke dışında satmaktadır. Fakat proje kapsamında sadece iç piyasadaki ürünlerle ilgilenilecektir. Bunun sebebi ihracat ürünlerinin talep miktarının, iç piyasa ürünlerine göre çok küçük kalmasıdır. İç piyasada, Doğadan, CCI ve Bim, Tesco-Kipa ve Migros gibi yerli büyük

müşterilerle çalışmaktadır. Siparişlerin %70'i CCI'dan ve %30'u yerli büyük müşterilerden gelmektedir. Bunlara ilaveten, CCI siparişlerini her ayın başında vermektedir. Bunların en az yarısının ayın ortasında yollanması, geri kalanının da ayın sonunda sevk edilmesi gerekmektedir. Yerli büyük müşteriler ise siparişlerini her gün veya haftada iki ya da üç kez vermektedirler. Bunlara ek olarak, CCI ve yerli büyük müşterilerin talep tahminleri farklı olarak hazırlanmaktadır. CCI iki tane talep tahmini yollar. Bu talep tahminleri ilgili aydan 1 ay ve 2 ay önce verilir. Yerli büyük müşterilerin tahminleri Doğadan tarafından hazırlanır. Bunlara ek olarak, bir ürünün talebi mevsimsel değişikliklere göre değişebilir ya da artan veya azalan bir eğilim gösterebilir. Örneğin, ıhlamurun talebi kış aylarında artabilir ve aynı zamanda bazı bitki çaylarına olan talep, hastalıklardan (örneğin domuz gribi) dolayı artabilir. Bunlara ek olarak, sipariş tahminlerinin 2/3'ü emniyet stoğu olarak tutulmaktadır. Fakat emniyet stoğu seviyesi, kapasite kısıtlarından dolayı değişebilir. Son olarak, Doğadan ürünlerini 2 grup altında toplamaktadır. Bunlar A grup ürünleri ve B grup ürünleridir. A grup ürünleri için, takip eden 20 günün talepleri stokta saklanmakta, B grup ürünleri için ise takip eden 45 günün talepleri stokta saklanmaktadır.

3.1.2 Belirtiler ve şikâyetler

Doğadan'da ürünler talep tahminleri baz alınarak üretilmektedir. Doğadan, CCI tarafından gönderilen ilk ve ikinci talep tahmini arasındaki yüzde farkının %50'den fazla olmamasını istemektedir. Bir başka önemli nokta da talep tahmini ve gelen talep arasındaki yüzde farkının (-%15, +%15) aralığında bulunması gerektiğidir. Bunlara ek olarak, Doğadan, CCI tarafından talep edilen ürün miktarının yarısını talebin geçerli olduğu ayın ortasından önce karşılamayı şirket politikası haline getirmiştir fakat talep tahminlerinin yeterli düzeyde doğru olmaması durumunda bunu gerçekleştirmeyi engelleyebilmektedir.

Mevsimsellik ve bazı dönemlerde çeşitli hastalıkların yayılması sebebiyle de bazı ürünlerin taleplerinde beklenmedik değişiklikler gözlenebilmektedir. Bu durum ay içinde ek siparişlerin gelmesine ve talep tahminlerinin güvenilirliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bundan başka, Doğadan stok üzerine üretim yapan bir firmadır. Üretim gerçek talepler yerine talep tahminlerine dayanmaktadır. Migros, Bim ve Tesco-Kipa gibi yerli büyük müşterilerin siparişleri CCI siparişleri gibi önceden belirlenen günlerde gelmemektedir. Bu bulgular, stok seviyesinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Amacımız her ürünün ortalama stok seviyesini olabildiğince azaltmaktır. Ayrıca, tedarik süresinin 8 haftaya ulaşması taleplerdeki pozitif yüksek dalgalanmalarda CCI siparişlerinin hammaddelerinin tedarik edilmesinde soruna yol açabilmektedir. Bu nedenle stok seviyelerinin ideal seviyede

tutulabilmesi için üretim miktarına karar verme aşamasında tedarik süreleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Eylül 2010'a kadar, A ve B grubu ürünleri için sırasıyla 30 günlük ve 60 günlük stok tutulmaktaydı fakat Eylül 2010'da yeni bir düzenlemeye gidilerek bu süreler sırasıyla 20 gün ve 45 gün olarak değiştirilmiştir. Bu durum grup A ürünleri için %33 oranında ve grup B ürünleri için %25 oranında stok tutma sürelerinin azalmasına karşılık gelmektedir fakat bu uygulamanın en uygun yöntem olduğu konusunda kesin bir bulgu yoktur.

3.2 Problem

3.2.1 Problem tanımı

Bu proje kapsamında çözmek istediğimiz problem, çevre ve piyasa kaynaklı sebeplerden dolayı taleplerde oluşan dalgalanmaları karşılayacak etkili ve standartlaştırılmış bir envanter planlama ve kontrol politikasının eksikliğidir.

3.2.2 Literatür araştırması

Literatür araştırması kapsamında, şu an kullanımda olan stok tutma politikaları ve bunların uygulandığı koşullar incelendi. Çok basamaklı envanter sistemlerinde emniyet stoğu optimizasyonu hakkında Karl Inderfurth (1991) uygun emniyet stokuna karar vermenin önemini anlatmıştır. Maliyet ve servis kısıtlamaları altında optimum emniyet stoğuna karar verme yaklaşımları çok basamaklı envanter sistemlerinde çok az bir kısım için sonuç verebilmektedir. Bu yaklaşımlar özellikle dağıtım ve emniyet stoğu miktarı arasındaki ilişkinin son ürün talebi üzerindeki etkisini dikkate alma imkânını vermiştir. Bunu sağlamak için iraksak sistemlerdeki risk havuzu etkileri kullanılır (Inderfurth 1991). Stefan Minner (1997) bu tarz çok basamaklı emniyet stoğu optimizasyonu için dinamik programlama algoritması geliştirmiştir. Envanter sistemleri temel stok politikası taban alınarak kontrol edilir. Bu amaçla envanterdeki her stok seviyesi dönemsel olarak gözden geçirilir ve gerekiyorsa sipariş verilerek istenilen seviyeye çekilir. Ayrıca stok azlığını önlemek ya da oluşan stok azlığının miktarını en aza çekmek için uygun kısıtlar her bir ürün için belirlenmiştir (Minner 1997).

4. Önerilen Yöntembilim

Önerilen modelin dinamik olması, firmanın bazı verileri sürekli güncellenmesine ve değiştirmesine yardımcı olmaktadır. Kullanıcı için bir arayüz oluşturularak veri girişi ve güncellenmesi kolaylaştırılacaktır. Bu model sayesinde firma hammaddelerin ceza maliyeti, envanter tutma maliyeti ve sipariş maliyetinden oluşan toplam maliyetini en aza indirebilecektir. Ceza maliyeti, karşılanamayan talep miktarından kaynaklanan maliyettir. Envanter tutma maliyeti, hammaddelerin stokta tutulmasından kaynaklanan işletme ve bakım giderlerinden

oluşmaktadır. Sipariş maliyeti ise hammaddelerin satın alma maliyetinden oluşmaktadır. Karar destek sistemi ile hammadde stok yönetimi politikasının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Hammaddelerin geçmiş satış verilerine göre talep dağılımları belirlenmiştir. Bu dağılımlar belirlenirken mevsimsellik göz önünde bulundurulmuştur. Çünkü her mevsimde talep miktarları farklılık göstermektedir. Bu bilgiler ışığında tasarlanan benzetim modelinde hammaddelerin mevsimsel geçişleri de göz önünde bulundurulmuştur.

4.1 Önerilen yöntembilimin girdi ve çıktıları

Yöntembilimin girdileri hammaddelerin talep miktarları, değişken ve sabit birim maliyetleridir. Çıktıları ise minimum envanter miktarı(s), maksimum envanter seviyesi(S), envanter kontrol periyodu(R), optimum hammadde tutma politikası, ceza maliyeti, envanter tutma maliyeti, toplam maliyet ve talep karşılayamama oranıdır.

4.2 Sistemin önemli bileşenleri

Önerilen yöntembilim hammadde, üretim ve son ürün olma üzere 3 bileşenden oluşmaktadır. Bunlardan hammadde ve son ürün sistemin ana bileşenleridir. Bu proje kapsamına üretim kısmı ve son ürünler dahil edilmeyip, üretim önerilen sistemin müşterisi olarak ele alınmaktadır.

4.4.1 ABC analizi:

Hammadde gruplamasında envanter yönetim politikalarını gruplama yöntemlerinden ABC Analizi kullanılmıştır. Bu analizde her mevsim kendi içinde gruplanmıştır. Bunun sonucunda ise toplamda 12 hammadde grubu ortaya çıkmıştır.

4.4.2 Analitik formüllerin uygulanması

Modelin parametreleri analitik yöntemler kullanılarak optimize edilmemiştir çünkü hammadde talepleri olasılıksal bir özellik göstermektedir. Bu nedenle analitik formüller sadece envanter politikalarının başlangıç değerleri hesaplanırken kullanılmıştır. Ayrıca, analitik formüller uygulanırken hammadde talepleri için bulunan normal dağılımlardan yararlanılmıştır. Bunun sebebi literatürde var olan analitik formüller yalnızca normal dağılım varsayımı altında kullanılabilir. (R,S) politikasında, 1. tip servis seviyesi değerlerinde (talep karşılayama oranının sıfır olması olasılığı) şirketten gönderilen değerler esas alınmıştır (Ek 1). Kullanılan formüller Ek 2'de görülebilir (Silver vd. 1998). (R,s,S) politikasında, normal yaklaşımına sezgisel yöntemi kullanılmıştır. s ve S değerlerinin başlangıç değerlerini bulmada kullanılan formüller Ek 2'de görülebilir (Nahmias 2009). (s,Q) politikasında başlangıç sipariş miktarı EOQ varsayılmış ve prosedür s ve Q değerleri önceki yinelemenin s ve Q değerlerine eşit olana kadar devam ettirilmiştir. Formüller Ek 2'de görülebilir (Nahmias 2009). (s,S) envanter politikasının başlangıç değer

hesaplaması (s,Q) politikasının hesaplamaları ile aynıdır. Başlangıç S değeri s+Q olarak alınmıştır.

4.4.3 Uygulanan Envanter Politikaları

1. (R,S) Politikası:

Üretici her R periyotta, S seviyesine kadar sipariş verir. Benzetim modeli şu şekilde tasarlanmıştır. Öncelikle, talep miktarları benzetim modelinde hammaddelerin talep dağılımlarına göre belirlenir. Modelin koşması sonucu sipariş miktarları, envanter pozisyonları ve değişen envanter seviyeleri elde edilir. Modelin en önemli kısımlarından biri envanter kontrol periyodudur. Yüksek seviyede talep karşılayamama olsa bile, envanter kontrol periyodu süresince sipariş verilemeyecektir. Bu durum şirket için yüksek bir ceza maliyetine yol açmaktadır. Arena Optimizer ile envanter kontrol periyodunun (R) ve maksimum envanter seviyesi (S) en iyi değerleri elde edilir. R ve S değerleri Optimizer’da kontrol değişkenleri olarak tanımlanır. Bu değişkenlerin değerleri en iyileme sürecinde değiştirilir ve toplam maliyeti en aza indiren değerler bulunur. Talep karşılayamama olasılığını kabul edilebilir bir seviyeye indirebilmek için de modele kısıt eklemek gerekir (Ek 3).

2. (R,s,S) politikası

Her R periyodunda, eğer envanter pozisyonu s’in altına düşerse, envanter pozisyonu S seviyesine ulaşmaya kadar sipariş verilir. Talepler ayda bir kez geldiğinden dolayı, benzetim modelinde, R değeri 30 gündür. Talep miktarları kendi dağılımlarına göre alındıktan sonra, envanter pozisyonu, modeldeki talep miktarına göre azaltılır. Her 30 günde, eğer envanter pozisyonu s’in altına düşerse, S’e ulaşmaya kadar sipariş verilir. Sipariş miktarları atanır ve ilgili modüllerde envanter pozisyonu artırılır. Minimum envanter pozisyonunun(s), maksimum envanter seviyesi(S) ve envanter kontrol periyodunun(R) optimum değerleri, Arena Optimizer tarafından elde edilir. R,S ve s değerleri, optimizer modelinde kontrol değeri olarak tanımlanır (Ek 3).

3. (s,S) politikası

Envanter seviyesi, minimum envanter seviyesi olan s’in altına düştüğü anda envanter seviyesini, maksimum envanter seviyesi olan S’e çıkaracak miktarda hammadde siparişi verilir. Benzetim modelinde, sistemin sürekli envanter seviyesini kontrol etmesi de sağlanmıştır. S ve s değerlerine Arena Optimizer kullanılarak karar verilmiştir. Bu değerler kontrol değerleri olarak kullanılmış ve bu doğrultudaki optimum sonuçlar kaydedilmiştir.

4. (*s,Q Politikası*)

Envanter pozisyonu, minimum envanter pozisyonu seviyesine(s) ulaşırsa, Q birim hammadde sipariş verilir. Envanter pozisyonu hiçbir zaman s seviyesine düşmüyorsa, sipariş verilmez. Talepler, ayda bir kez geldiğinden dolayı, hammadde girişleri arasındaki zaman aralığı 30 gündür. Ayrıca, talep miktarlarının dağılımları, Arena Input Analyzer'dan elde edilen şekilde kullanılacaktır. İlgili modüllerde, envanter seviyesi ve pozisyonu, talep miktarına göre azaltılır veya artırılır. Envanter pozisyonu s'ten küçük ise, Q miktar sipariş verilir. Envanter pozisyonu Q miktar kadar artırılır ve ilgili maliyetler Arena modülünde tanımlanmış olduğu gibi hesaplanır. Minimum envanter pozisyonunun(s) ve sipariş miktarının(Q) optimum değerleri, Arena Optimizer ile hesaplanır. Q ve s değerleri, Optimizer modelindeki kontrol değişkenleri olarak tanımlanır.

1.4.4 *Hammadde Gruplaması*

ABC analizi sonucu ortaya çıkan gruplama gerçekçi bir gruplama olmamıştır (Nahmias, 2009). Bunun nedeni A grubundaki ilk birkaç hammaddenin kullanım miktarının diğer hammaddelere göre çok yüksek olması ve A grubunun son hammaddesi ile B grubunun ilk hammaddesinin gelire katkısı veya B grubunun son hammaddesi ile C grubunun ilk hammaddesinin gelire katkısı arasında çok büyük bir fark olmamasıdır. Bu nedenle farklı bir gruplama yöntemi kullanılmıştır.

Kullanılan yöntemde periyodik envanter kontrol yöntemleri dikkate alınmıştır. Bunun sebepleri tedarik süresinin 2 ay olması, sürekli envanter kontrol yöntemlerinin uygulanmasının şirketin şu anki uygulamasında mümkün gözükmemesi ve bu yöntemin yüksek maliyet gerektirmesidir. Yeni gruplamada yine mevsimsellik dikkate alınmıştır ve envanter kontrol periyodu (R) değeri için 15, 30 ve 45 gün değerleri kullanılmıştır. Bu değerler, şirketin uygulama esasları göz önüne alınarak ve oluşturulacak grup sayısını en aza indirmek amacıyla belirlenmiştir. Ortaya çıkan gruplama Ek 4'te görülebilir.

4.5 *Modelin doğrulanması*

Önerilen yöntemimizin sonuçlarını doğrulamak için analitik modelden elde edilen sonuçlarla karşılaştırma yapıldı. Modele girilen ilk değerleri (S,s,Q) belirlemek için normal dağılım formüllerinden yararlanılmıştır. İlk değerlerin analitik olarak bulunabilmesi normal dağılımla mümkündür. Başlangıç değerleri belirlendikten sonra minimum maliyetteki olası çözümleri bulmak için OptQuest programı kullanılmıştır. Programı kullanılırken her hammadde için talep karşılayamama oranları firmadan alınmıştır. Programın verdiği olası çözümler ayrıntılı maliyet ve talep karşılayamama oranlarını içermektedir (Ek 5). Programın verdiği çözümler mevcut sistemin

analitik yöntemlere uyarlanmış haliyle karşılaştırılmıştır. Örneğin, kış mevsimi için HM.0039'un 3 aylık mevsimsel toplam maliyeti %5,7 oranında azaltılmıştır. Önerilen yöntembilim sonucunda elde edilen iyileştirme yüzdeleri Ek 5'te görülebilir.

4.6 Çözüm yöntemleri

CCI ve yerli büyük müşteriler tarafından talep edilen ürün miktarı için gerekli olan hammadde miktarları belirlenmiş ve talep analizi yapılmıştır. Hammadde miktarlarının mevsimsel dağılımını belirlemek için Arena Input Analyzer kullanılmış, her hammaddenin talep dağılımları bulunmuştur. Bulunan bu mevsimsel dağılımlara göre her hammadde için çeşitli envanter politikaları Arena'da modellenmiş ve Arena Optimizer OptQuest kullanılarak bu politikalardan maliyeti en aza indireni belirlenmiştir. Aynı politikanın en az maliyeti verdiği hammaddeler her mevsim için gruplanmış, böylece hammaddeler için mevsimsel yeni gruplar oluşturulmuştur.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1 Programın İşleyişi

Kullanıcı arayüzü C Sharp programı ile oluşturulmuştur. Programın üç işlevi vardır. Bunlar sorgulama, güncelleme ve yeni hammadde giriştir. Benzetim modelinden elde edilen çıktılar arayüzün sadece sorgulama menüsünün girdisi olarak kullanılmıştır. Güncelleme ve yeni hammadde girişi menülerinde benzetim modelinde kullanılan algoritma C Sharp programında normal dağılım varsayımı altında ayrıca kodlanmıştır. Bu arayüz Arena benzetim modeline bağlı olmamaktadır.

Analizlerimizi mevsimsel gerçekleştirdiğimizden dolayı, bütün menülerde öncelikle mevsim seçimi yapılması istenmektedir. Sorgulama menüsünde, mevsim seçiminden sonra üç tip sorgulama gerçekleştirilebilir. Bunlar hammadde, grup ve periyot sorgulamadır. Hammadde sorgulamasında öncelikle hammadde seçilerek, uygulanan envanter politikası, R, s, S değerleri, toplam maliyet, ceza maliyeti, envanter tutma maliyeti ve sipariş maliyeti yüzdeleri, talep karşılayamama oranı, optimum envanter politikası ve optimum maliyet verileri görüntülenebilmektedir. Periyot sorgulamasında öncelikle R envanter kontrol periyodunun değeri seçilmektedir (15, 30 ve 45 gün) ve seçilen R değerini veren hammaddelerin, hammadde sorgulama menüsündeki çıktıları verilmektedir. Grup sorgulamasında seçilen mevsimde var olan gruplardan biri seçilmektedir. Seçilen gruptaki hammaddelerin hammadde sorgulama menüsündeki çıktıları verilmektedir.

Güncelleme menüsünde, hammadde seçilerek bu hammaddeye yeni veri girişi veya hammaddenin mevcut grubunun değiştirilmesi sağlanabilir. Yeni veri girişinde seçilen mevsime ait yeni talep miktarı girilmektedir. Girilen talep miktarına göre toplam maliyet, ceza

maliyeti, envanter tutma maliyeti yüzdeleri, s, S ve R değerleri tekrar hesaplanmaktadır ve minimum maliyeti veren periyodik envanter politikası çıktıları verilecektir. Grup değiştirme menüsünde ise istenildiği takdirde hammaddenin grubu yeni veri girişi menüsünde minimum maliyeti veren politikaya değiştirilebilir.

Yeni hammadde girişi menüsünde, yeni hammadde ve o mevsimde gerçekleşen aylık talep değerleri girilecektir. Veri girişlerinden sonra program, güncelleme menüsünde olduğu gibi çalışacaktır.

Güncelleme ve yeni hammadde veri girişi ekranlarında, maliyetler ve s, S, R değerleri normal dağılım varsayılarak hesaplanmaktadır.

6. Uygulama Planı

Hammaddelerin ortalama tedarik süresi 8 hafta olduğu için, bu proje kapsamında projeyi uygulayıp sonuçlarını inceleme şansını elde edemedik. Firma yetkilileri, C Sharp tabanlı bu stok yönetim sistemini kullanmaya başladıktan 2 ay sonra, önerilen sistem sonuçlarını var olan sistemle karşılaştırabilecektir. Bu programı kullanırken dikkat edilecek en önemli hususlardan birisi hammadde miktarlarının mevsimsel bazda alınmasıdır. Yani, program kullanıcıları artık 1 aylık değil, 3 aylık veri girişi/çıkışı yapacaktır.

7. Genel Değerlendirme

Firmaya proje kapsamında teslim edilecek program, istenildiği kullanıcılar tarafından güncellenebilecek ve yeni veri girişi yapılabilecektir. Örneğin, bu program sayesinde var olan hammaddelere gerçekleşen yeni talep miktarları girilerek program dinamik bir şekilde işleyebilecektir. Buna ek olarak, sisteme giren yeni hammaddeler de programa dahil edilebilecektir.

Yeni hammadde girişlerinde hammadde talepleri normal dağılım varsayılarak hesaplanmıştır. Ancak, kullanılan model ileride geliştirilerek hammadde taleplerinin gerçek dağılımları kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Doğadan Gıda Ürünleri Endüstri ve Pazarlama A.Ş., 19.11.2010, <<http://www.dogadan.com>>
- Inderfurth, K. 1991. "Safety Stock Optimization in Multi-Stage Inventory Systems", International Journal of Production Economics, 24(1-2), 103-113.
- Minner, S. 1997. "Dynamic Programming Algorithms for Multi-Stage Safety Stock Optimization", OR Spectrum, 19(4), 261-271.
- Nahmias S. (2009). "Production and Operations Analysis", McGraw Hill, Singapur.
- Silver, E.A., Pyke, D.F., and Peterson, R. (1994). "Inventory Management and Production Planning and Scheduling", John Wiley & Sons, Üçüncü Baskı.

EKLER**Ek 1: İzin Verilen En Yüksek Talep Karşılıyama Oranları**

Hammadde	Maksimum Talep Karşılıyama Oranı	Hammadde	Maksimum Talep Karşılıyama Oranı
HM.0001	3%	HM.0027	7%
HM.0002	3%	HM.0028	1%
HM.0003	10%	HM.0029	3%
HM.0004	3%	HM.0030	10%
HM.0005	10%	HM.0031	10%
HM.0006	3%	HM.0032	10%
HM.0007	3%	HM.0033	1%
HM.0008	10%	HM.0034	1%
HM.0009	3%	HM.0035	1%
HM.0010	3%	HM.0036	3%
HM.0011	3%	HM.0037	3%
HM.0012	3%	HM.0038	3%
HM.0013	3%	HM.0039	1%
HM.0014	1%	HM.0040	7%
HM.0015	10%	HM.0041	7%
HM.0016	10%	HM.0042	7%
HM.0017	2%	HM.0043	7%
HM.0018	7%	HM.0044	7%
HM.0019	2%	HM.0045	7%
HM.0020	10%	HM.0046	7%
HM.0021	2%	HM.0047	7%
HM.0022	10%	HM.0048	7%
HM.0023	2%	HM.0049	1%
HM.0024	2%	HM.0050	1%
HM.0025	2%	HM.0051	1%
HM.0026	7%	HM.0052	1%

Ek 2: Envanter Politikalarının Analitik Formülleri

(R,S) Politikası

D: hammadde talep miktarı (kg)

SS: emniyet stoğu miktarı (kg)

L: tedarik süresi (2 ay)

R: envanter kontrol periyodu (1 ay)

$$SS = k \sigma_{R+L}, \quad k = 1.645$$

$$\sigma_{R+L} = \sqrt{3} \sigma, \quad S = D_{R+L} + SS,$$

$$D_{R+L} = 3\mu$$

(R,s,S) Politikası

μ : ortalama

K: her hammadde siparişi için sabit sipariş verme maliyeti (Euro)

h: birim envanter tutma maliyeti (Euro/kg)

p: birim ceza maliyeti (Euro/kg)

τ : tedarik süresi (ay)

R: envanter kontrol periyodu (ay)

σ : standart sapma

s: minimum envanter miktarı

S: maksimum envanter seviyesi

Normal Yaklaşımlama Sezgisel Yöntemi:

Adım 1: $EOQ = \sqrt{2\mu K/h}$ değerini hesaplayınız.

Adım 2: $G(k) = \frac{h EOQ}{p\sqrt{\tau + R\sigma}}$ eşitliğini sağlayan k değerini bulunuz.

Adım 3: Eğer $EOQ > 1.5(R\mu)$,

$$s = (\tau + R)\mu + k\sqrt{\tau + R\sigma}, \quad S = s + EOQ$$

aksi takdirde, Adım 4'e gidiniz.

Adım 4: $\Phi(m) = \frac{p}{p+h}$ (kritik oran)

$$w = \min(k, m)$$

$$s = (\tau + R)\mu + w\sqrt{\tau + R\sigma}$$

$$S = (\tau + R)\mu + \min[k\sqrt{\tau + R\sigma} + EOQ, m\sqrt{\tau + R\sigma}]$$

(s,Q) Politikası:

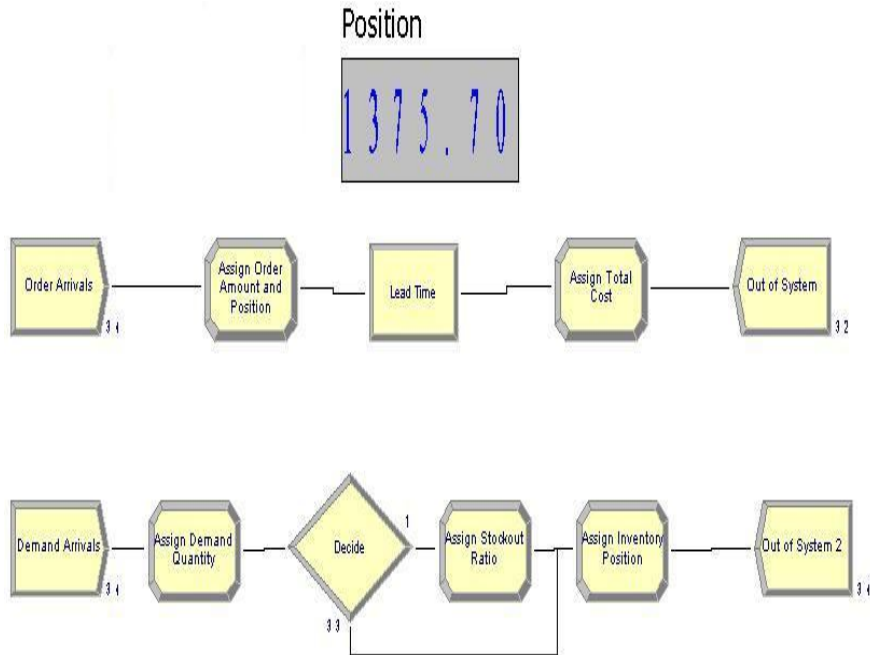
n(s): talep karşılayamama sayısı

Q: sipariş miktarı

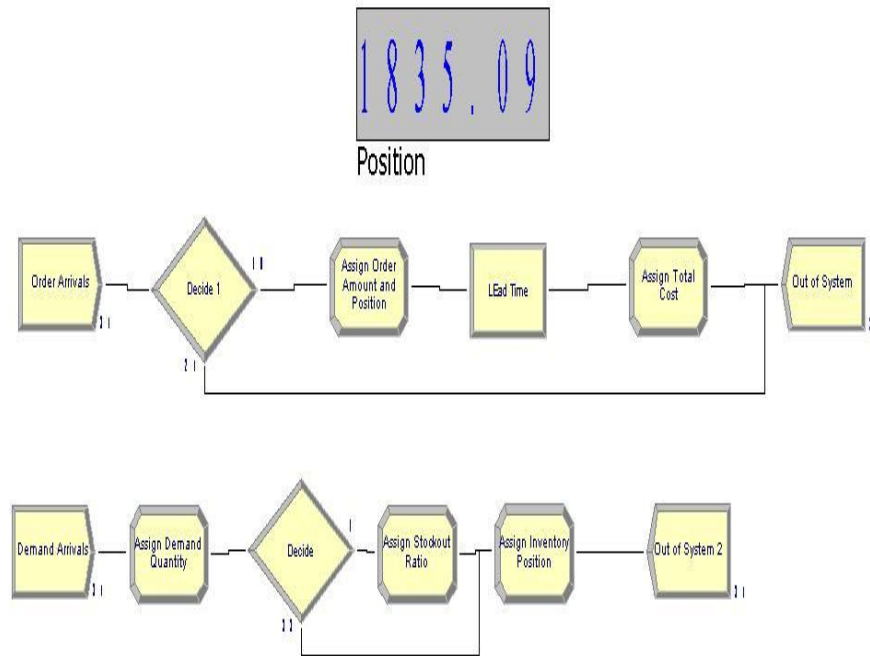
$$Q^* = \sqrt{\frac{2\lambda\{K + pn(s^*)\}}{h}}, \quad 1 - F(s^*) = \frac{hQ^*}{p\lambda}$$

$$n(s) = \sigma G\left(\frac{s - \mu}{\sigma}\right), \quad G\left(\frac{s - \mu}{\sigma}\right) = L(z).$$

Ek 3: Arena Benzetim Modeli
(R,S) Politikası:



(R,s,S) Politikası:



Ek 4: Hammadde Grublaması

Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
(R,s,S) 15	(R,s,S) 15	(R,s,S) 15	(R,s,S) 15	(R,S) 45	(R,S) 45	(R,S) 45	(R,S) 45
HM.3	HM.1	HM.1	HM.1	HM.1	HM.2	HM.2	HM.2
HM.4	HM.4	HM.4	HM.3	HM.2	HM.3	HM.12	HM.11
HM.5	HM.5	HM.5	HM.4	HM.6	HM.6	HM.13	HM.12
HM.7	HM.7	HM.6	HM.5	HM.11	HM.12	HM.14	HM.13
HM.8	HM.8	HM.7	HM.6	HM.12	HM.13	HM.33	HM.14
HM.9	HM.9	HM.8	HM.7	HM.13	HM.14	HM.39	HM.21
HM.10	HM.10	HM.9	HM.8	HM.14	HM.25	HM.11	HM.27
HM.15	HM.15	HM.10	HM.9	HM.29	HM.29	HM.29	HM.33
HM.16	HM.16	HM.15	HM.10	HM.33	HM.33		HM.39
HM.17	HM.17	HM.16	HM.15	HM.39	HM.39		HM.29
HM.18	HM.18	HM.17	HM.16	HM.52	HM.11		
HM.19	HM.19	HM.18	HM.17				
HM.20	HM.20	HM.20	HM.19				
HM.21	HM.21	HM.21	HM.20				
HM.23	HM.23	HM.23	HM.23				
HM.24	HM.24	HM.24	HM.24				
HM.25	HM.26	HM.25	HM.25				
HM.26	HM.27	HM.26	HM.26				
HM.27	HM.28	HM.27	HM.28				
HM.28	HM.30	HM.28	HM.30				
HM.30	HM.31	HM.30	HM.31				
HM.31	HM.40	HM.31	HM.32				
HM.32	HM.41	HM.32	HM.40				
HM.40	HM.42	HM.40	HM.41				
HM.41	HM.43	HM.41	HM.42				
HM.42	HM.44	HM.42	HM.43				
HM.43	HM.45	HM.43	HM.44				
HM.44	HM.46	HM.44	HM.46				
HM.45	HM.48	HM.45	HM.48				
HM.46	HM.49	HM.46	HM.49				
HM.48	HM.52	HM.48	HM.52				
HM.49	HM.32	HM.49	HM.18				
		HM.52	HM.45				
		HM.3					
		HM.19					

Ek 5: Maliyet Doğrulaması

(Bütün maliyetler euro bazında verilmiştir. Koyu renkle gösterilen maliyetler en iyi politikaları göstermektedir.)

Önerilen Yöntembilim:

HAMMADDE	(R,s,S)	(R,S)	(Q,s)	(S,s)
HM.0039-KIŞ	69.088,18	67.452,06	70.884,25	70.697,75
HM.0013-KIŞ	16.281,61	16.130,04	16.944,83	16.811,57
HM.0016-KIŞ	6.533,57	6.928,91	6.858,93	6.854,50
HM.0014- İLKBAHAR	37.475,54	36.866,39	39.770,86	39.554,56
HM.0028-YAZ	15.165,73	33.573,71	35.160,93	36.396,35
HM.039- SONBAHAR	70.784,62	71.490,37	79.315,89	77.382,04

Analitik Model:

HAMMADDE	(R,s,S)	(R,S)	(Q,s)	(S,s)
HM.0039-KIŞ	72.709,15	71.529,44	71.711,92	71.426,60
HM.0013-KIŞ	16.979,33	17.320,41	17.150,43	17.008,22
HM.0016-KIŞ	6.995,91	7.570,93	6.967,68	6.953,56
HM.0014- İLKBAHAR	39.306,17	38.974,95	40.190,13	40.081,68
HM.0028-YAZ	16.679,49	35.715,83	38.048,10	36.848,43
HM.039- SONBAHAR	74.669,10	74.539,06	80.130,36	78.184,79

İyileştirme Yüzdeleri:

HAMMADDE	İYİLEŞTİRME YÜZDESİ
HM.0039-KIŞ	5,700282289
HM.0013-KIŞ	6,872643315
HM.0016-KIŞ	6,608718523
HM.0014- İLKBAHAR	5,410039012
HM.0028-YAZ	9,075577251
HM.039- SONBAHAR	5,202259034

Malzeme Envanteri Takip ve Yönetim Sistemi

Durukan Şekerleme Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Proje Ekibi

Aslıcan Arınsoy
Büşra Aydın
Alın Ekşioğlu
Bekir Karakayalı
Berk Şen

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Orçun Koçak, Durukan Şekerleme Sanayi ve Ticaret A.Ş.,
Üretim Planlama Müdürü

Akademik Danışman

Figen Eren, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Şekerleme sektöründe saygın bir yere sahip olan Durukan Şekerleme A.Ş., lolipop üretiminde kullanılan malzemelerin envanter yönetimini geçmiş tecrübelerine dayanarak yürütmektedir. Bu durum, gereğinden fazla envanter tutulmasına ve buna bağlı olarak yüksek envanter tutma maliyetinin oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca anlık envanter seviyesinin takibi, mevcut bu koşullar altında oldukça zordur. Bu projenin amacı, dinamik ve bilimsel bir envanter politikası uygulayarak, yüksek envanter seviyesine bağlı gelişen problemleri en aza indirmektir. Geliştirilen yazılım ve takip kart sistemi ile sipariş zamanı ve envanter maliyeti açısından etkili sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: malzeme envanteri yönetim sistemi, sistem takip kartı, (Q,r) politikası, ERP, C#

1. Şirket ve Sistem Tanıtımı

Durukan A.Ş 1976 yılında kurulmuş, 30'dan fazla ülkeye ihracat yapan bir lolipop üreticisidir. Satış yapılan ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Rusya bulunmaktadır. Şirkette 20 beyaz yakalı, 75 mavi yakalı çalışan vardır. Durukan bünyesinde üretilen 16 ana ürün vardır ve bu ürünler aroma çeşitlerine göre gruplandığında 32 alt ürün çeşidi listelenebilir. Örneğin Gum Maxi ana ürünün dört farklı aroma çeşidi bulunmaktadır. Ülkelere göre satılan ürün yelpazesinde değişiklikler gözlemlenmektedir. Gum Maxi Balkan ülkelerinde çok talep görünürken, Rusya'da Yogurto ürünleri tercih edilmektedir.

Durukan A.Ş, Frito Lay şirketinin Rocco markalı lolipoplarını Türkiye pazarı için üretmektedir. Frito Lay, Durukan'a altı hafta sonra teslim almak için sipariş vermektedir ve düzenli bir sipariş verme zamanları bulunmamaktadır.

Yurt dışından gelen talepler, üretim planlama departmanı tarafından incelenmekte ve mevcut stok ve üretim planı göz önünde bulundurularak teslim edilebilecekleri tarih müşteriye iletilmektedir. Karşılıklı anlaşma sağlanması durumunda üretim planı yeni gelen talepler doğrultusunda yenilenmektedir. Bu aşamada satın alma ve üretim planlama departmanlarının koordineli çalışması büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde, malzemelerin alımındaki bir sıkıntı, planlanan üretim takviminde kaymalara ve büyük sorunlara sebep olmaktadır.

2.Problem Tanımı

2.1. Güncel sistemin analizi

Veriler, Durukan firması tarafından sağlanan 32 farklı Excel dosyasından alınmıştır. İncelenen dosyalar genel başlıklar halinde, malzemelerin üretime giriş çıkış verilerini, ürünlerin satış verilerini, malzeme anlık stok verilerini, ürünlerin formüllerini, bütçe verilerini ve tahmin verilerini kapsamaktadır. İncelenen veriler sadece 2009 ve 2010 yıllarını kapsamaktadır. 2009 yılında şirkette gerçekleşen yeni yapılanmadan dolayı, daha önceki yıllara ait veriler atıl hale gelmiştir ve bu proje kapsamında değerlendirilmemiştir.

2010 yılı verileri incelendiğinde gelen tüm siparişlerin karşılandığı tespit edilmiştir. Bitmiş ürünler ve malzemeler, kapasitesi 1800m² olan depo alanında saklanmaktadır.

Fabrikada iki üretim hattı vardır. Üretim planlama sistemi tek vardiya (günde sekiz saat) düzenine göredir, yüksek sezonda vardiya sayısı artırılabilir.

Ürünler arası geçişte hazırlık zamanı vardır. Gün içinde üretilen ürün çeşidini değiştirmek, üretim kapasitesinde %25'lik kayba sebep olmaktadır. Bu nedenle gün içinde üretimde ürün değişikliğine gidilmemektedir ve hazırlık aşamaları gün sonunda tamamlanmaktadır.

Malzemeler, yurtdışındaki tedarikçilerin Türkiye distribütörlerinden veya Türkiye'deki tedarikçilerden sağlanmaktadır. Alınan malzemeye göre tedarik süresi değişiklik göstermektedir.

Bazı malzemelerin ürün reçeteleri Durukan'a özeldir. Bu yüzden tek bir yurtdışı tedarikçisi ile çalışılmaktadır. Durukan ihtiyaç tahminlerini aroma tedarikçileri ile paylaşmaktadır ve tedarikçiler gerekli olan miktarı Durukan için bir süre envanterlerinde tutmaktadır.

Üretimde kullanılan bütün hammaddeler belirli bir raf ömrüne sahiptir ve bu yüzden envanterde altı aydan fazla tutulamamaktadır.

2.2 Şirketin Sorunları ve Gözlemlenen Semptomlar

- Envanterde tutulan bazı malzemelerin son kullanma tarihi yaklaşmış olduğundan bazı malzemeler kullanılmadan atıl hale gelmektedir. Örneğin, bazı aromalarda ihtiyaç duyulan miktarın daha fazla envanter tutulması bazı aromaların kullanılmadan bozulmasına sebep olmaktadır.
- Envanter seviyesinde düzensiz dalgalanmalar gözlemlenmektedir.
- Fazla mesai yapılması durumunda malik ve sitrik asit tüketimi beklenen düzeyin üstünde olmaktadır, bu durum denetlenmediği için beklenmedik bir zamanda, bu malzemelerin envanteri tükenmektedir ve üretimde ciddi aksaklıklar meydana gelmektedir.
- Envanter tutma maliyeti toplam bütçenin %27'sini oluşturmaktadır.
- 2010 yılında toplam bitmiş ürün ciro çevirim oranı (turnover ratio) 1,52'dir
- Depoda yeterli yer olmaması durumunda, malzemeler açık havada bekletilmektedir. Bu durum da malzemeleri bozulma riski ile karşı karşıya getirmektedir.
- Deponun ortalama doluluk oranı %70'tir.

2.3 Problem tanımı ve kapsamı

Yapılan analizler sonucunda Durukan Şekerleme San. Tic. A.Ş.'nin temel sorunu şu şekilde tanımlanmıştır: "Bilimsel, dinamik ve maliyet etkin bir envanter yönetiminin eksikliği, buna bağlı olarak üretim planında aksaklıklar olması ve yüksek envanter maliyetinin oluşması". Planlanan projenin kapsamı, uygun envanter yönetimi stratejisinin belirlenmesi ve uygulanmasıdır.

2.4 Literatür taraması

Problem analiz edildikten sonra, uygun çözümün malzeme envanterini sürekli takip ederek envanter seviyesini minimum düzeyde tutmayı hedefleyen bir envanter yönetim modeli kullanmak olduğuna karar verilmiştir. Envanteri sürekli inceleyen modeller, sipariş zamanından çok sipariş miktarlarını ve yeniden sipariş verilmesi gereken envanter seviyesini kıstas alan modeller olarak tanımlanır. Bu

envanter modelleri, envanter seviyesi için en b ve yeniden sipariş seviyesini belirlemektedir. Bu sayede envanter miktarı yeniden sipariş seviyesine indiğinde envanter düzeyinde en büyük seviyesine çıkartacak şekilde malzeme siparişi gerçekleştirilmektedir. Envanteri sürekli inceleyen modellerin bazı avantajları şu şekilde listelenebilir:

- Her malzeme ekonomik miktarda temin edilir.
- Güvenlik stoğu taşıma harcaması azalır.
- Envanter kontrolü kolay takip edilebilir.

Envanteri sürekli inceleyen modellerden hangisini kullanmanın daha uygun olacağına karar vermek için literatür taramasına devam edilmiştir. Genelde (s,S) modeli, diğer envanter politikalarına göre daha iyi performans göstermesi rağmen mevcut problemin çözümünde (Q,r) modelinin daha uygun olduğuna karar verilmiştir. (Q,r) modelininin seçilmesinin nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- (Q,r) modeli belirli parti büyüklüklerine izin vermektedir. (Silver et al., p.331, 1998)
- (Q,r) modeli fabrikaya (s,S) modelinden daha kolay bir şekilde adapte edilebilir. (Q,r) modelinin anlaşılması (s,S) modeline göre daha kolaydır (Silver et al., p.359, 1998); çünkü (s,S) modeli için optimum sonucu bulmak daha zordur. (Nahmias, p.250, 2009)
- (Q,r) modeli bozulabilir özelliği olan ve pozitif teslim zamanına sahip malzemeler için (s,S) modelinden daha uygundur. (Silver et al., p.403, 1998)
- Son zamandaki gelişmeler, (Q,r) modelinde acil durum siparişlerine ve siparişin birden fazla tedarikçiden gelmesine olanak sağlamaktadır. (Johansen and Thorstenson, p.1, 1993)

Envanteri sürekli inceleyen modele, yani (Q,r) politikasına, ek olarak malzemenin üretimdeki takibini ve envanterdeki durumunu kontrol etmek için sistem takip kartları kullanmaya karar verilmiştir. Literatür araştırmasında Kanban Takip Sistemi'nin faydaları incelenmiş; ancak gıda sektöründe uygulanmasının zor olduğu anlaşılmıştır. Bu yüzden Kanban Takip Sistemi'nin bu proje için yararlı olabilecek kısımlarını içeren "takip kart sistemi" geliştirilmiştir.

3.Geliştirilen Modeller ve Çözüm Yöntemleri

Projenin hedefi envanter tutma maliyetini kayda değer oranda azaltmaktır. Bu hedefe ulaşmak için, aşırı stok tutma oranı azaltılacak, satış tahminleri ile hesaplanacak, emniyet stoğu tutulacaktır.

3.1 Kısıtlar ve varsayımlar

- Kurulum zamanı ve maliyeti yüksek olduğu için, şirket bir günde sadece tek tip ürün üretmektedir.
- Hammadde teslimat süresi uzun ve dengesizdir. (iki gün ve dokuz hafta arasında değişmektedir)

- Envanter alanı kapasitesi 90.000 kolidir ve yazılım envanter seviyesini en küçük seviyede tutmayı hedeflediğinden, bilimsel tahmin projesiyle desteklendiğinde bu kapasitenin aşılmayacağı varsayılmıştır.
- Hammaddelerin son kullanma tarihleri vardır. (Altı ayla bir yıl arasında değişmektedir)

3.2 Uygulanan Envanter Modeli

(Q,r) politikası: Bu politikanın uygulaması, politikanın anlaşılması ve oldukça basit olması nedeniyle rahattır ve hata oranı oldukça düşüktür. Tedarikçi ile entegre edilmesi kolaydır ve tahmin edilebilir sonuçlar yaratmaktadır. Envanter seviyesi r değerine düştüğünde Q kadar sipariş vermeyi öngörür. Hesaplama algoritması Ek 1’de sunulmuştur.

3.3 Çözüm aracı - bilgisayar yazılımı

Geliştirilen bu yazılımın temel amacı, gerekli malzemeden uygun zaman ve miktarda sipariş verilmesini sağlamak, böylece tutulan envanter miktarını üretimi aksatmayacak ve stok tutma maliyetlerini en aza indirecek seviyeye çekmektir. Malzeme sipariş zamanı ve miktarını belirlemek için öncelikle malzemeler ERP’den alınan yıllık tahmini tüketim miktarları ve birim fiyatları baz alınarak gruplanmıştır. ABC analizinde baz alınan ölçekler şirket ve akademik danışmanlarla tartışılarak, basit ve etkili olması açısından birim fiyatlar ve tüketim miktarları olarak karar verilmiştir. ABC analizi yılda bir defa yazılım tarafından yenilenmektedir ve yıl içindeki değişikliklere göre kullanıcı tarafından düzenlenebilmektedir.

Her malzeme grubu için üç ay boyunca kullanılacak sipariş verme noktası ve miktarları (Q,r) envanter politikasına göre belirlenmektedir. Kullanıcı, “Sipariş Zamanı ve Miktarı” ekranında malzeme kodu veya adı ile sorgulama yaptığında, sipariş verme envanter seviyesi (r) ve sipariş miktarı (Q) hesaplanır ve ekranda gösterilir.

Bu ekranda ayrıca, anlık envanter seviyesini ve sipariş verme noktası takip edebilmek için kullanılan malzeme takip kart sayıları da hesaplanmakta ve gösterilmektedir (örnek uygulama için çözüm aracı-takip kartları bölümüne bakınız) (Ek 2).

Bu hesaplamalar ön tanımlı olarak bir çok malzemenin tedarik süresi olan iki haftalık tedarik süresi ve %95’lik servis seviyesi baz alınarak yapılmaktadır. Kullanıcı servis seviyesini ve tedarik süresini değiştirerek yeniden sorgulama yapabilmektedir.

Yazılımdaki “Tahmin Hatası” ekranında, istenen malzeme için yıl/ay seçilerek geçmişe yönelik gerçekleşen ve tahmini tüketim miktarları karşılaştırılır. Hata yüzdesi %20’nin üstünde olan malzemeler, listede sarı renk ile gösterilmektedir. Böylece bir önceki ay hata oranı %20’den yüksek olan malzemelerin bu ayki tahmini tüketim

değerleri yenilenecek daha isabetli (Q,r) değerleri hesaplanabilmektedir (Ek 3).

“Geçmiş Veriler” ekranında, istenilen malzemenin tahmini ve gerçekleşen tüketim miktarları, kullanılan (Q,r) değerleri, uygulanan takip kart sayıları görüntülenebilmektedir (Ek 4).

Yazılımın internetle bağlantısı bulunmaktadır. Üretim planlama müdürü, sipariş vereceği zaman yazılımda bulunan tedarikçi listesinden ilgili tedarikçiyi seçip malzeme siparişi verebilmektedir (Ek 5).

3.4 Çözüm aracı- takip kartı

Depodaki mevcut ve kullanılan malzeme miktarlarını görmek ve kalan malzeme miktarına göre zamanında sipariş verebilmek için malzeme takip kartları kullanılmaktadır. Malzeme takip kartları, ABC analizi sonucunda belirlenen malzeme gruplarına göre ayrılmaktadır. Her takip kartı, her malzeme grubu için envanter kontrol sistemiyle belirlenen paket büyüklüğünü simgelemektedir. Depodan ayrılan malzemelerin takip kartları depoda kendi grubunun kutusunda biriktirmektedir. Aynı malzemeler her zaman aynı miktar içeren paketlerle temin edilmektedir. Bu yüzden takip kartları her malzeme paketi için bu miktarı temsil etmektedir. Her salı ve cuma günleri kart sayıları kontrol edilmesi önerilecektir. Sistem aracılığıyla daha önceden belirlenen sipariş için gerekli kart sayısına ulaşıldığında ise üretim planlama departmanı siparişi verilecektir.

Takep kartları malzeme gruplarına göre renklere ayrılır ve üstünde malzeme adı, malzeme kodu, tedarikçi firma, paket büyüklüğü, hangi gruba ait olduğu, kart numarası ve depodaki yeri bilgileri yer almaktadır (Ek 6).

Örneğin; Mart-Nisan-Mayıs periyodunda “Aroma C” malzemesinin içinde bulunduğu B grubu için belirlenen kritik kart sayısı ve takip kart sayısı, sırası ile 19 ve 11’dir. C aroması 10 kg’lık paketlerde temin edilmektedir. Bu durumda elma malzemesinden fabrikada maksimum 190 kiloluk envanter olacaktır ve 19 kart bu üç aylık periyod için fabrikada C aromasının takibini sağlayacaktır. Depoda 11 adet “Aroma C” takip kartı biriktiğinde, bu kartlar üretim planlama müdürüne iletilecektir. Üretim planlama müdürü de 11 karta karşılık gelen miktarda “Aroma C” malzemesinden sipariş verecektir.

Bu takip kartları sayesinde üretim planı dışında gerçekleşen malzeme tüketimi (örn. fazla mesai) de kontrol edilebilmektedir.

Geliştirilen bu sistem takip kartları, pilot olarak Malik Asit, Aroma D, Aroma B ve Boya X için uygulanmıştır.

3.5 Proje Uygulaması

3.5.1 Şirket kurulacak olan sistemi nasıl kullanacaktır?

Durukan ürün ve hammadde miktarlarının kayıtlarını tutmak için SAP uygulamasını kullanılmaktadır. Bizim önereceğimiz sistem,

envanter seviyelerini takip edip ERP'den gelen satış tahminleri sonucu en uygun emniyet stok miktarını hesaplayacaktır.

3.5.2 Proje Uygulama Süreci

Projenin gelişme sürecinde; modellerimiz kısıtlamalar doğrultusunda revize edilmiş, yazılımın kodlamaları tamamlanmış, sistem takip kartları oluşturulmuş, depoya takip kartlarının birikme kutuları monte edilmiştir. Yazılımın kodlama aşamasında C# kodlama dili kullanılmıştır. C# programında geliştirilen yazılım, ERP sistemindeki Excel dosyalarını okuyarak geliştirilen modeli çalıştırmaktadır.

Yazılan programın şirket bilgisayarlarında çalışabilmesi için Netframework3 programının yüklenmesi gerekmektedir. Uygulama esnasında fabrikada bu programın bulunmadığı bilgisayarlara program yüklenerek geliştirilen yazılımın çalışması sağlanmıştır.

Program, verileri farklı Excel dosyalarından dosya isimlerine göre çekmektedir. Her yıl Excel dosyalarının isimleri değiştirilmektedir ve bu durum programın sürdürülebilirliğinde sıkıntılara yol açabilmektedir. Bu nedenle, her yıl için dosya isimlerinin sabit kalıp yıl eklerinin “_” sembolüyle dosya isimlerine eklenmesi, programın her yıl kendini yenileyerek sıkıntısız çalışmasını sağlamaktadır.

Şirket tarafından sağlanan verilerde, malzemelerin 10 kg'lık paketler halinde tedarik edildiği belirtilmişti. Fakat depo gözlemleri sırasında bazı malzeme türleri için bu sayının farklı olduğu gözlemlendi. Ancak aynı malzeme her zaman aynı miktar içeren paketlerle temin edilmekteydi. Bu yüzden her malzeme için farklı paket miktarlarına uygun takip kartları atanmıştır. Günlük kullanım miktarı çok sık olan (tonlara yaklaşan) malzeme türlerinin 25 kg'lık paketlerde gelmesi, takip kartlarının her paket için takip edilmesinde zorluk ve zaman kaybına yol açtı. Bu paketlerin bir tonluk jelatin kutularda gelmesi nedeniyle her paletin açılıp, 40 adet takip kartını tek tek paketlere yapıştırılması gerekmekteydi. Bu nedenle, bu tip malzemelerde takip kartları paketler üzerine değil, paletler üzerine takılarak gerekli takibin yapılmasına karar verilmiştir.

4. Proje Sonuçları

4.1 Projenin kazanımları

Uygulanan (Q,r) politikası sayesinde malzeme deposunda belirgin bir şekilde yer kazancı olmuştur. Bu da hem malzeme deposu yönetimini kolaylaştırmış hem de acil durumlarda bitmiş ürünlerin depolanması için ek yer sağlamıştır. Mart-Nisan-Mayıs 2010 aylarında, aromaların anlık envanter seviyeleri ve sistem uygulandığı takdirdeki ortalama envanter seviyesi karşılaştırması Ek 7'de gösterilmiştir. Aroma envanterinde ortalama %11'lik yer kazancı gözlemlenmiştir. Bu

durumda, şirketin yıllık toplam envanter taşıma maliyeti yıllık ortalama 47,238 TL azaltılmıştır.

Aynı zamanda, depo düzenli olarak yazılım tarafından takip edildiği ve siparişler önerilen sistem tarafından hesaplandığı için malzeme satın alma maliyeti de büyük oranda azaltılmıştır. Yine Mart-Nisan-Mayıs aylarında satın alınması planlanan malzeme maliyeti 53,740 Avrodur. Önerilen envanter takip sistemi kullanıldığı takdirde aynı aylarda satın alınması planlanan malzeme maliyeti 36,715 Avro olarak hesaplanmıştır ve 2010 Mart Nisan Mayıs döneminin üç aylık kazancı: 17,025 Avrodur. Bu hesaplamalara göre, beklenen ortalama yıllık kazanç 68,100 Avrodur. Malzeme alma maliyetinin azalmasının nedeni, daha önceden bilimsel bir sipariş verme sistemi olmaması nedeniyle gerektiğinden fazla sipariş verilerek maliyetlerin fazla olmasıdır. Sistem sayesinde, fazla sipariş vermenin önüne geçilmiş olup, sipariş verme bütçesi düşürülmüştür.

Projeden önce envanter seviyesini düzenli bir şekilde kontrol eden bir sistem olmadığı için tedarikçi firmalar şirket tarafından yapılan yıllık tüketim tahminlerine göre kendi envanterlerini ayarlıyorlardı. Bu durumda, tedarikçi firma Durukan'ın bir yıllık tahmini tüketim miktarını ellerinde bulunmadığı takdirde Amerika'daki genel tedarikçiden sene başında satın alıyor ve bu şekilde firmanın siparişlerini karşılıyorlardı. Bu proje sonunda, firmanın üç aylık (Q,r) değerleri belli olduğu için tedarikçi firma sadece bu süre için gerekli envanteri tutmaya başlamıştır. Bu da tedarikçi firmanın tuttuğu envanter miktarını ve buna bağlı olarak envanter maliyetini ciddi oranda düşürmüştür. Tedarikçinin bu kazanımı, tedarikçi-firma ilişkisine pozitif katkı sağlamıştır.

Bu projeden önce envanter seviyesinin belirlenmesi depo görevlisinin düzenli olarak malzeme sayımı yapması sonrsında belirlenebiliyordu. Bu durum, hem çalışan performansına negatif olarak yansımakta ve zaman kaybına yol açmaktaydı. Şu anda kullanılmaya başlanan sistem, takip kartları vasıtası ile anlık envanter seviyesi kontrolü ve kutudaki takip kartları sayımı daha bilimsel ve pratik şekilde yapılabilir.

Aynı zamanda program minimum seviyede envanter tutmayı hedeflediğinden envanterde aşırı stok tutmaktan kaynaklanan yetersiz alan problemi azalacaktır ve devir hızı artacaktır.

- Sistemin her zaman emniyet stoğu taşınması sayesinde beklenmedik durumlara karşı toptancılara dayanıklılığı artacaktır.
- Üretim planlama görevlisinin beklenmedik durumlarla karşılaşması engellenecektir.
- Kullanılan malzemeler ve miktarları hakkında üretim planlama müdürü bilgilendirilecektir.

- Üretim süreci esnasında meydana gelebilecek değişimleri tespit edilecektir.
- Takip edilen ürünlerin üretimdeki miktarı azaldığında depodan o ürünlerin tamamlanması konusunda operatör uyarılacaktır.
- Üretimde kullanılan miktarların kontrol altına alınması sağlanacaktır (fazla ve az malzeme kullanım riski azaltılacaktır).
- Kullanılacak ürünlerin rafta ve üretim hattında rahat bir şekilde bulunabilmesini sağlanacaktır.
- Aromalar için sadece tek bir tedarikçi vardır ve Durukan için lezzet açısından tek olduğundan değiştirilmesi mümkün değildir.

5. Projenin Geliştirilebilir Yanları

Bu proje, kullanılmakta olan malzemenin azami envanter seviyesini, kritik envanter seviyesini, bu malzemeyi takip etmek için kaç adet takip kartının gerektiğini ve o malzeme ile ilgili geçmişte yapılmış satış tahminlerini vermektedir. Aynı zamanda proje, malzeme ekleme ve çıkarma işlemlerini yapabilen, duruma göre ABC analizini düzenleyebilen ve bütün malzeme listesi değişse bile uyum sağlayabilen dinamik bir yapıya sahiptir.

Kısaca şu anki proje sürdürülebilir özelliktedir; fakat önceden yapılmış satış tahmin hataları çok yüksek olduğu için proje, gerçekçi kararlar verememektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için gelecekte satış tahmini projesi gerçekleştirilebilir. Bu sayede şirket, satış tahminlerini daha isabetli yapabilir ve doğru satış tahminleri ile şu anki proje kullanıcıya daha gerçekçi bilgiler verebilir. Bu projede geliştirilen envanter takip ve yönetim sistemi, uzun vadede şirket için daha faydalı olacaktır. Şimdiki tahmin hata yüzdelerinin düşmesi ve sistemin fabrikaya uyum süreci tamamlandığında (beklenen tahmini süre sekiz-on ay arasındır), sistemin daha yüksek verimle çalışması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Johansen, Soren G., and Anders Thorstenson. Optimal and Approximate (Q,r) Inventory Policies with Lost Sales and Gamma-Distributed Lead Time. International Journal of Production Economics, 1993

Nahmias, Steven. Production and Operations Analysis. McGrawHill, 2009.

Silver, Edward A., David F. Pyke, and Rein Peterson. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Wiley, 1998.

Order Point System / Fixed Order System
<http://www.materials-manage.com/inventory/fixed-order-quantity-system.htm>

EKLER

Ek 1. En uygun Q ve r değerlerinin hesaplanması

İzlenecek adımlar:

1. Type 1 servis seviyesinin seçilmesi. (Değerler 0.95 ile 0.99 arasında seçilebilir).
2. Servis seviyesine hitap eden k değeri tablodan çekilir.
3. Tedarik süresinde gerçekleşen talep (X(L)) hesaplanır.
4. Emniyet stok miktarı $SS=k * \sigma L$ formülüyle hesaplanır.
5. r değeri $r = SS + X(L)$ hesaplanır.
6. Q değeri, EOQ ya eşittir ve değeri şu formülle hesaplanır:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{H}}$$

Ek 2. Sipariş miktarı ve zamanı ekranı

Sipariş miktarı ve zamanı

Sipariş Miktarı Hesaplama Mart, Nisan, Mayıs periyodu.

Malzeme Kodu Giriniz veya Malzeme Adı Giriniz

Sipariş Miktarı (Q) :

Sipariş Noktası (R) :

Tedarik Süresi (Hafta) :

Takip Kart Sayısı :


Emniyet Stok Miktarı :

Servis Seviyesi :

Kritik Kart Sayısı :

Ek 3. Tahmin hatası ekranı

Tahmin Hatası

 Malzeme Kodu Giriniz: 150 003 0010 Ay Seçiniz: Nisan

veya

Malzeme Adı Giriniz: Yı Seçiniz: 2010


Göster

Malzeme Kodu	Malzeme Adı	Tahmini Değerler	Gerçekleşen De...	Hata Yüzdesi	Tarih
150 003 0010	AROMA SIVI LIMON	104292	78116,035	25	04.2010

Ana Menü

Ek 4. Geçmiş veriler ekranı

Geçmiş Veriler

 **Geçmiş Veriler**

Yı Seçiniz: 2011 Malzeme Adı: Malzeme Kodu: Göster

Hammadde Kodu	Hammadde Adı	Gerçekleşen Üretim	(Q, R)	Takip Kart Sayısı	Tarih
150 003 0012	AROMA SIVI MUZ	243	(34, 435)	4	02.2011
150 003 0018	AROMA SIVI VIŞNE	1026	(108, 24102)	11	09.2010
150 003 0030	AROMA SIVI NANE	106	(121, 894)	13	06.2010
150 003 0051	AROMA SIVI NAR	891	(82, 554)	9	03.2010

Ana Menü

Ek 5. Tedarikçi iletişim ekranı

Tedarikçi İletişim

Tedarikçi İletişim Bilgileri

Firma Adı	Yetkili Kişi	Telefon Numarası	Faksa Numarası	Adres
GÖRSEL	LEVENT AĞAOĞLU	(212) 649 2218	(212) 649 5095	KUÇUKKÖY CEBECİ CADDESİ 569 SOK NO:12 34080 GAZIOSMANPAŞA/İSTANBUL
Gloxy Innovations...	Flora Chang	886 2 6605 6668 #3117	Mobile: 886 911 123 736	No 43, Wugung 6th Rd., Wugu Shiang, Taipei Taiwan 248,R.O.C.
YILMAZ KİMYA	SELMA KABAN	(212) 294 9937	(212) 294 5228	YAHYA KEMAL MH. SAN. CD. NO.7 KAGITHANE / İSTANBUL
TEKNORAMA	LEVENT USLU	(216) 455 9201	(533) 581 8682	GADENYA PLAZA3 KAT NO:14 ATAŞEHİR / İSTANBUL
BMT	ÜZÜYR AYAN	(262) 658 07 70	(262) 658 9777	TUFGUT OZAL CAD. NO:121 P. K.41425 GEBZE/KOCAELİ
PEYMA HANSEN	AYÇA YUKLU	(212) 275 52 53	(212) 275 5160	MEVLUT PEHLIVAN SOKAK NO:24 YILMAZ İŞ HANI KAT:2 34394 GAYRETTEPE
TEKNAROMA	LEVENT USLU	(216) 455 9201	(533) 581 8682	GADENYA PLAZA3 KAT NO:14 ATAŞEHİR / İSTANBUL
AROMSA	GÜLNARA UZUN-İLKİNR...	(262) 751 1384	(262) 751 0330	GEBZE ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ İHSAN DEDE CAD. NO:108 41480 GEBZE KOCA...
BRENNTAG	DEMET AKPINAR	(216) 331 3966	(216) 537 8724	KAVACIK MAH. EKİNCİLER CAD. MUHTAR SOK. NO:1 KAT:1-6 BEYKOZ/İSTANBUL

Tedarikçileri Düzenle Email Ana Menü

Ek 6. Sistem takip kartı örneği

DURUKAN A.Ş.
(SİNCAN)

GRUP A1

MALZEME TAKİP KARTI
AROMA

MALZEME KODU: 150 003 0007

MALZEME ADI: AROMA SIVI KİVİ

TEDARİKÇİ FİRMA:

DEPODAKİ YERİ:

KART NO:

MİKTAR:

Ek 7. Mart-Nisan-Mayıs 2010 aylarında, aromaların anlık envanter seviyeleri ve sistem uygulandığı takdirdeki ortalama envanter seviyesi karşılaştırması

		Önerilen yazılımla ortalama envanter miktarı (kg)	Anlık envanter miktarları (kg)	Fark
150 003 0001	AROMA A	120	84,062	-35,938
150 003 0002	AROMA B	148	171,6	23,6
150 003 0003	AROMA C	114	94,272	-19,728
150 003 0007	AROMA D	18	30,9	12,9
150 003 0008	AROMA E	120	78,602	-41,398
150 003 0010	AROMA F	114	131,411	17,411
150 003 0012	AROMA G	120	113,213	-6,787
150 003 0013	AROMA H	114	134,311	20,311
150 003 0014	AROMA I	114	111,6	-2,4
150 003 0016	AROMA J	10	52,386	42,386
150 003 0017	AROMA K	120	100,83	-19,17
150 003 0018	AROMA L	120	77,138	-42,862
150 003 0022	AROMA M	18	32,476	14,476
150 003 0027	AROMA N	120	468,359	348,36
150 003 0030	AROMA O	18	11,4	-6,6
150 003 0031	AROMA P	10	28,513	18,513
150 003 0047	AROMA R	120	46,82	-73,18
150 003 0049	AROMA S	114	22,6	-91,4
150 003 0050	AROMA T	18	38,8	20,8
150 003 0052	AROMA U	18	44,706	26,706
	TOPLAM	1668	1873,999	206

Ford Otosan A.Ş. Gölcük Fabrikası ile Köln Konsolidasyon Merkezi Arası Malzeme Akışı Karar Destek Sistemi

Ford Otosan A.Ş. Gölcük Fabrikası

Proje Ekibi

Gizem Özbaygın
Murat Tiniç
Ezgi Uzunhasanoğlu
Ceren Ünal
Tankut Yıldız

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Haluk Aşar, Ford Otosan A.Ş. Gölcük Fabrikası,
Yurtdışı Tedarik Yönetimi ve Parça İhracatı Ekip Lideri

Akademik Danışman

Prof. Dr. Barbaros Tansel, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ford Otosan A.Ş. Kocaeli Fabrikası, yurtdışından seri üretim yedek parça ihtiyacının %80'ini Almanya, Köln'de bulunan Huppertz ASC adlı konsolidasyon ve parça ihracat merkezi aracılığıyla karşılamaktadır. Temel olarak, ASC'de parçaları sevkiyat tiplerine göre ayrıştırırken uygulanan etiketleme işleminde baz alınan kriterden ve sevkiyat tipi sayısının etiket sayısı ile eşleşmemesinden kaynaklanan hatalar sonucunda yüksek sevkiyat maliyetleri, işgücü ve zaman kaybı ortaya çıkmaktadır. Geliştirilen çözüm algoritması doğrultusunda VBScript 6.0 ile kodlanan karar destek sisteminin bir haftalık test sonuçları, yanlış etiketlemede %76,52 oranında, sevkiyat maliyetlerinde ise uzun vadede en az %25 oranında azalma olacağını göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Etiketleme, eşik değerleri, karar destek sistemi, tedarik zinciri operasyonları, konsolidasyon ve parça ihracat merkezi.

1. Firma Tanıtımı

Ford Otosan A.Ş. 1959 yılında kurulmuş olup Türkiye’de İstanbul Fabrikası (1960), Eskişehir İnönü Fabrikası (1982) ve Kocaeli Fabrikası (1997) olmak üzere üç tesiste hizmet vermektedir. Ford Otosan, yıllık toplam 320.000 parça üretim kapasitesi, 8.199 çalışanı ve %15,5’lik pazar payı ile Türkiye’nin önde gelen otomobil üreticilerinden biridir.

Kocaeli Üretim Tesisi 1,6 milyon metrekaarelik üretim alanı, modern teknolojiye sahip makine ve ekipmanları ile Ford’un Avrupa’daki en önemli fabrikalarından biridir. Ford Otosan Kocaeli Fabrikası’nda, Transit ve Transit Connect olmak üzere iki çeşit stok tutma ünitesi üretilmektedir. Dünyada yalnızca Kocaeli tesisinde üretilen Transit Connect 2003 yılında “Yılın Ticari Aracı Ödülünü” kazanmıştır.

2. Proje Tanımı

Ford’un yüksek üretim hızı ve üretimde kullandığı hammaddelerin bir bölümünü Avrupa’dan sağlaması dolayısıyla, Global Tedarik Zinciri Yönetimi’nin bir parçası olan lojistik operasyonları firma için hayati önem taşır. Bu operasyonları etkin bir şekilde yönetebilmek için Ford Otosan A.Ş., “Huppertz Lojistik Çözümleri” firması ile beraber çalışmaktadır. Avrupalı üreticilerden tedarik edilen hammaddenin %80’i Gölcük Tesisi’ne sevk edilmeden önce Almanya, Köln’de bulunan “Huppertz Automotive Synchronization Center (Huppertz ASC)” isimli konsolidasyon ve parça ihracat merkezinde toplanmaktadır. Burada gerekli ayrıştırma işlemlerinden geçirilen malzemeler, Gölcük Tesisi tarafından planlanan şekilde Huppertz ASC’den sevk edilirler.

Projenin amacı, üreticiden Huppertz ASC’ye gelen parçaların doğru bir biçimde ayrıştırılarak, uygun sevkiyat tipiyle Gölcük Üretim Tesisi’ne gönderilmesini sağlayacak bir karar destek sistemi tasarlanmasıdır. Buna ek olarak mevcut sistemdeki manuel işlemlerin azaltılması hedeflenmektedir.

3. Analiz

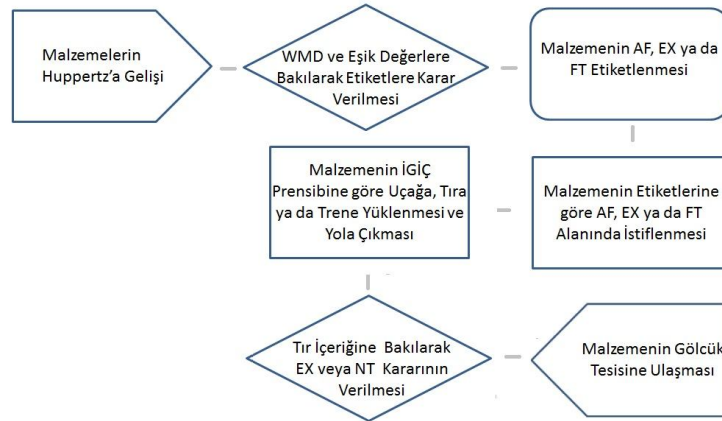
3.1 Mevcut sistem analizi

3.1.1 Sistemin tanımı

Huppertz ASC’de malzeme bekletilen alanlar, malzemelerin Gölcük Tesisi’ne sevk edileceği taşıma yöntemlerine göre ayrılmıştır; mevcut sistemde bulunan taşıma yöntemleri uçak, tır ve tren olmak üzere üç çeşittir. Tırla gönderiler de kendi içinde normal (NT) ve ekspres (EX) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu iki gönderi tipinin maliyetleri farklıdır; ekspres tırlar normal tırlara göre %15 daha fazla maliyetlidir. Malzemelerin ASC’den Gölcük Tesisi’ne ortalama ulaşım süreleri uçak için bir veya iki gün, ekspres tır için dört gün, normal tır için altı gün ve tren için 10 gündür. Bu süreler, içinde bulunulan koşullara göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Malzemeler, Huppertz ASC'ye ulaştıklarında, Will-Make-Day (WMD) değerlerine bakılarak etiketlenirler. Bu değer, parçaların Gölcük Fabrikası stoklarında bulunan ve Köln'den Gölcük'e doğru yola çıkmış olup, stoklar tükenmeden tesise ulaşması beklenen miktarlarının üretim hattını durmaksızın kaç gün çalıştırabileceği bilgisini içermektedir. Bir parçanın WMD değeri dört günün altındaysa uçak ile sevk edilmek üzere "AF", dört ile 10 gün aralığındaysa ekspres veya normal tır ile sevk edilmek üzere "EX", 10 gün veya üzerindeyse trenle sevk edilmek üzere "FT" olarak etiketlenir ve bu üç taşıma yöntemine göre ayrılmış alanlarda istiflenir.

En az maliyete sahip olan taşıma aracı tren olduğundan, bütün parçaların ASC'ye giriş yaptıkları anda varsayılan etiketleri FT'dir. Ancak, Gölcük Fabrikası'ndaki tedarik zinciri operasyonları mühendisleri tarafından gönderilen EX malzeme listesi ve gerekli görüldüğü takdirde uçakla sevk edilmesi talep edilen gönderiler doğrultusunda parçaların etiketleri Huppertz ASC'ye önceden bildirilir. Parçalar istiflendikleri alanlardan, ilk-giren-ilk-çıkar (İGİÇ) prensibine göre Ford Otosan A.Ş. tarafından planlanan zamanlarda sevk edilirler.



Şekil 1. Mevcut sistem akış şeması.

3.1.2 Semptomlar

Mevcut sistemdeki problemlere bağlı olarak ortaya çıkan semptomlar iki bölüm halinde incelenebilir.

Yüksek sevkiyat giderleri:

Malzeme taşıma maliyetlerinin yüksek olmasının temel nedeni, sevkiyatlarda yoğun bir şekilde EX tır kullanılmasıdır. Gereğinden fazla EX tır kullanımının ise iki sebebi vardır. Bunların ilki, sistem tanımında da belirtildiği gibi iki çeşit tır sevkiyatı olmasına rağmen, bu yöntemle taşınacak malzemelerin ayrıştırılması sırasında tek tip etiket

kullanılmasıdır. Bu sebeple EX etiketlenen tüm malzemeler, hangi tır gönderi şekliyle sevk edilmesi gerektiğine bakılmaksızın, ortak bir alanda bekletilmektedir. Bu ortak alandan İGİÇ prensibine göre tırlara yükleme yapılmaktadır. Bir tır yüklenip yola çıktıktan sonra, Gölcük Tesisi'ndeki tedarik zinciri operasyonları mühendisleri tarafından tır içeriğindeki malzemelerin WMD değerlerine bakılır; eğer tır içerisindeki malzemelerin tamamı yedi gün ve üzeri WMD değerine sahipse, tır NT olarak yoluna devam eder. Ancak, eğer WMD değeri yedi günün altında olan herhangi bir malzeme saptanırsa, tırın EX olarak yoluna devam etmesine karar verilir. İki farklı tır sevkiyat çeşidinin tek bir etiketle temsil edilmesi ve dolayısıyla ortak bir alanda bekletilmesi, NT ve EX olarak gönderilmesi gereken malzemelerin tırlara karışık olarak yüklenmesine; bu da gereğinden fazla EX tır kullanımına ve sonuçta sevkiyat giderlerinin artmasına yol açmaktadır.

Gereğinden fazla EX tır kullanılmasının diğer sebebi de parçaların yanlış etiketlenmesi sonucu EX alanda aşırı malzeme birikmesidir. Yanlış etiketleme, etiketlemede baz alınan WMD değerlerinin sistemin bazı yönlerini doğru bir biçimde yansıtamaması sonucunda gözlemlenmektedir. Bir parçanın WMD değeri, ASC'den fabrikaya doğru yola çıkmış olduğu halde stoklar tükenmeden fabrikaya ulaşması beklenmeyen miktarını yansıtmamaktadır. Buna ek olarak, henüz yola çıkmamış olan; yani, Huppertz ASC envanterinde bulunan, fakat fabrika stokları tükenmeden fabrikaya ulaşacağı bilinen miktarını da gözardı etmektedir. Ayrıca, parçaların WMD değerleri günde dört defa çalıştırılan bir makro ile güncellenmektedir. Ardışık iki güncelleme arasında yapılan veya yapılacak sevkiyatlar WMD değerlerine geç yansımaktadır. Bu zaman diliminde yola çıkan veya çıkacak malzemelerden ASC'ye gelirse, son güncellemede elde edilen WMD değerleri baz alındığı için, bu malzemeler, olması gerekenden daha hızlı bir yöntemle taşınmak üzere etiketlenebilmektedirler.

Yanlış etiketlemeye yol açan faktörler dolayısıyla, gerçekte FT etiketlenmesi gereken bir parça, EX olarak etiketlenebilmektedir. Bu şekilde, EX alanda fazla malzeme birikimi olmakta ve özellikle EX tır olmak üzere, gereğinden çok daha fazla tır sevkiyatı yapılmaktadır. Sonuç olarak, etiketlemede baz alınan WMD değerlerinin, malzemelerin doğru ayrıştırılması konusunda yetersiz kaldığı açıkça gözlenmiştir.

İş gücü ve zaman kaybı:

Parçaların WMD değerlerine göre hazırlanıp, Huppertz'e gönderilen etiket listesi günde dört defa çalıştırılan makro sonucu otomatik olarak atanan ve tedarik zinciri operasyonları mühendislerinin manuel olarak atadıkları etiketlerin birleşiminden oluşmaktadır. Manuel etiketler her zaman önceliklidir; örneğin, makronun otomatik olarak EX etiket atadığı bir malzeme, gerekli görülen bir durumda analist

tarafından FT etiketlenebilir. Benzer şekilde, makronun FT etiketlediği bir parçayı analist AF etiketleyip uçak ile fabrikaya getirebilir. Yanlış etiketlemeler yüzünden parçaların makro tarafından atanan etiketlerine çoğu kez müdahale edilmektedir. Bu da manuel işlemlerin artmasına neden olmaktadır.

Ayrıca, her tır için malzemelerin hangi tır gönderi tipiyle sevk edilmesi gerektiğinin bir tedarik zinciri operasyonları mühendisi tarafından belirlenmesinin gerekmesi de manuel işlemleri artıran bir başka faktördür.

Son olarak, daha önce de bahsedildiği gibi, yanlış etiketleme sonucu EX alanda fazla malzeme birikmesi, bu alandaki yükü taşımak için gereken tır sayısını artırmaktadır. Tır sevkiyat çizelgeleme kararları, tedarik zinciri operasyon mühendisleri tarafından, parçaların fabrikada ve ASC'de bulunan envanterlerine ve üretim hattında kullanılması planlanan miktarlarına göre, Ford Otosan A.Ş. tarafından lojistik operasyonlarına ayrılan bütçe dahilinde belirlendiği için, tır ile tren ayrımını belirleyen gün değeri (FT eşik değeri) gerekli görüldüğünde bir tedarik zinciri operasyonları mühendisi tarafından değiştirilmektedir. Bu değer, içinde bulunulan koşullarda, en az trenin ortalama ulaşım süresine eşit olmak zorunda olup, EX alanda daha fazla malzeme birikimini engellemek için düşürülür. Bu düşüş sonucunda FT alanda aşırı birikim gözlemlenirse, tekrardan dengeyi sağlamak için yükseltilir. Bu da manuel işlemlerden birisidir.

Manuel işlemlerin fazlalığı, iş gücü ve zaman kaybına neden olmaktadır. Yapılan gözlemler, bu işlemlerin mümkün olduğunca otomatik hale getirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Mevcut sistemdeki problemler ve semptomlar arasındaki ilişkiler aşağıdaki neden-sonuç şeması ile özetlenebilir:



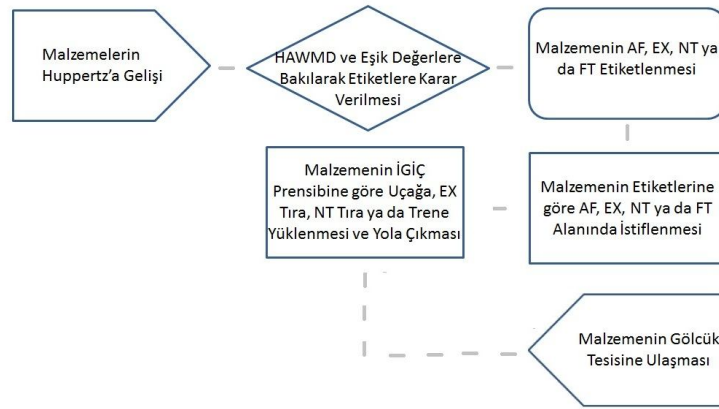
Şekil 2. Neden-sonuç diyagramı.

3.2 Problem tanımı

Yukarıdaki semptomlar ışığında problem, etiketlemedeki yanlışlıklar, etiket sayısının gönderi çeşidi sayısı ile eşleşmemesi ve manuel işlemlerin fazlalığı olarak aslında birbiriyle bağlantılı olan üç farklı sorunu kapsayacak şekilde tanımlanmıştır.

4. Önerilen Yöntembilim

Mevcut sistem analiz edildikten sonra, tanımlanan problemin üç parçasını da çözmeye yönelik bir sistem tasarlanmıştır. Önerilen yöntembilimle problemin yol açtığı semptomların da ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.



Şekil 3. Önerilen sistem akış şeması.

4.1 Genel yaklaşım

Önerilen yöntembilimin genel yaklaşımı kısaca şu şekilde özetlenebilir:

1. NT tır gönderileri için yeni bir etiket tanımlanması ve EX etiketin yalnızca EX tır gönderilerini temsilen kullanılması
2. Mevcut sistemde, Huppertz ASC'de EX etiketli malzemelerin bekletildiği alanın, artık EX ve NT etiketli malzemelerin ayrı ayrı bekletilmesi için ikiye bölünmesi
3. Etiketlemede WMD değeri yerine, yola çıktığı halde fabrika stokları tükenmeden fabrikaya ulaşamayacak olan malzeme miktarlarını ve Huppertz'teki envanter miktarlarını doğru olarak yansıtan Huppertz-Ayarlı-Will-Make-Day (HAWMD) değerinin baz alınması
4. Yeni bir etiket daha tanımlanması ile artık hem EX ve NT tırların ayırımını belirleyen (NT eşik değeri), hem de NT tır ile tren ayırımını belirleyen (FT eşik değeri) iki farklı gün değerine ihtiyaç duyulduğundan, bu değerlerin belirlenmesine yardımcı bir araç tasarlanması

4.1.1 NT etiket tanımlanması, EX etiket tanımının değiştirilmesi ve mevcut sistemdeki EX alanın ikiye bölünmesi

Tırların karışık yüklenmesinden dolayı ortaya çıkan yoğun EX tır kullanımını engellemek amacıyla, NT tır gönderileri için yeni bir etiket tanımlanmıştır ve EX etiketin artık yalnızca EX gönderileri temsil etmesine karar verilmiştir. Mevcut sistemde EX etiketlenen malzemelerin bekletildiği EX alanın da uygun bir biçimde ikiye bölünmesi; böylelikle, ASC'ye gelen malzemeler hangi tır tipi ile gönderilmek üzere etiketlenirse, bu etikete karşılık gelen alana yerleştirmesi planlanmıştır. Bu şekilde, tırlar homojen olarak EX ya da NT etiketli malzemelerle yüklendikleri için, yola çıktıktan sonra gönderi tipine manuel olarak karar verme işlemine gerek kalmamaktadır. Aynı zamanda, mevcut sistemde olduğundan daha az EX tır kullanarak, daha çok EX malzeme taşınabilmektedir.

Mevcut sistemdeki EX alanın ne kadarlık bir kısmının hangi etikete ayrılması gerektiğine, parçaların hacimlerine ve önerilen sistem ile elde edilen etiketlerine göre Huppertz ASC'de birikim yüzdelerine bakılarak karar verilecektir. Bir hafta süresince her gün gerçekleştirilen koşutrumların sonuçları, mevcut sistemdeki EX alanın %38'inin yeni sistemde EX etiketli malzemelere, %62'sinin ise NT etiketli malzemelere ayrılması gerektiğine işaret etmektedir. Ancak, Ford Otosan A.Ş.'nin Huppertz ASC'den tekrar bu şekilde bir değişiklik talep etmesi iki firma için de zorluklara yol açacağından, tek seferde doğru bir karar verilmesi çok önemlidir. Bunun için, firma yetkilileriyle yapılan değerlendirmeler sonucunda, alan ayırımında bir aylık koşutrum sonuçlarından elde edilecek birikim yüzdelerinin esas alınması gerektiği öngörülmüştür.

4.1.2 Huppertz-Ayarlı-Will-Make-Day (HAWMD)

WMD değerlerinin etiketleme işleminde sebep olduğu yanlışlar, sevkiyat maliyetlerine olumsuz olarak yansımaktadır. Bu yüzden, her parça için Huppertz-Ayarlı-Will-Make-Day (HAWMD) adlı yeni bir değer hesaplanarak, etiketlemede WMD kaynaklı sorunlar ortadan kaldırılmaktadır. Bu değer sayesinde, parçaların fabrikadaki stokları, Köln'den Kocaeli'ye doğru yola çıkmış veya Huppertz ASC envanterinde bulunan miktarları ve üretim planları doğrultusunda belirlenmiş kullanım miktarları uygun şekilde atanan etiketlere yansıtılmaktadır. HAWMD hesabında kullanılan yöntem, geliştirilen model ve çözüm algoritması kısmında daha detaylı bir biçimde açıklanacaktır.

4.1.3 Eşik değeri hesaplama aracı

Yeni bir etiket daha tanımlanmasıyla, mevcut sistemde yalnızca EX ve FT gönderileri arasında bir eşik değeri belirlenirken, önerilen sistemde hem EX ve NT, hem de NT ve FT gönderileri arasında olmak

üzere iki farklı eşik değeri belirlenmesi gerekmektedir. NT eşik değeri en az bir NT tırın Köln'den Kocaeli'ye ulaşma süresi kadar, FT eşik değeri ise en az bir trenin Köln'den Kocaeli'ye ulaşma süresi kadar olmalıdır. Eşik değerlerine karar verildikten sonra, ASC'ye gelen parçaların HAWMD değerleri bu eşik değerleriyle kıyaslanarak etiketleme yapılacağı ve bu da sevkiyat maliyetlerini etkileyeceği için, eşik değerlerinin mantıklı seçilmesi oldukça kritik bir işlemdir. Mevcut sistemde bu işlem, manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Hem bu işlemin otomasyonu, hem de seçilen eşik değerlerinin sevkiyat giderlerini en az biçimde etkilemesi için bir algoritma geliştirilip kodlanmıştır (Ek 1). Hesaplanan eşik değerleri etiketleme için tasarlanan karar destek sistemine girdi olarak verilecektir. Eğer analist manuel olarak belirlemek isterse, otomatik olarak hesaplanan değerler yerine, kendi seçtiği değerleri de sisteme girdi olarak verebilir.

4.2 Geliştirilen model ve çözüm algoritması

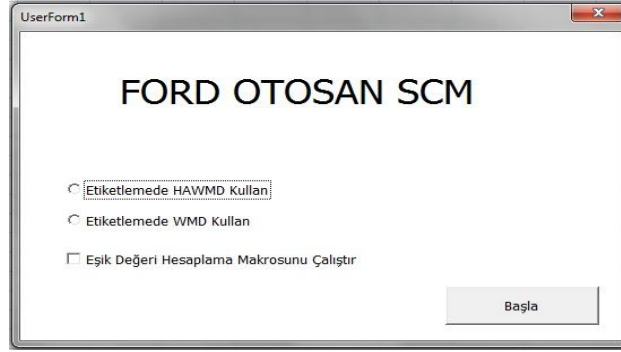
Önerilen sistemin oluşturacağı etkileri doğru bir biçimde gözlemleyebilmek için bir matematiksel model geliştirilmiştir (Ek 2). Bu model, Huppertz'e gelen tüm parçalara, değişken olarak tanımlı ilgili HAWMD değerlerini, karar değişkeni olarak tanımlı NT ve FT eşik değerleriyle kıyaslayarak uygun bir etiket ataması yapmayı amaçlar. Günün sonunda envanterin sıfırlanacağını varsayarak, hem gün içinde ASC'ye gelmesi beklenen, hem de günün başında envanterde bulunan parçaların tamamını sevk etmek için hangi araç tipinden kaç adet gerekeceğini ve toplamda oluşacak maliyeti bulur. ASC envanterindeki parçaların etiketleri çoktan atanmış ve bu parçaları sevk etmek için gereken araç sayısı ve tipi belli olduğundan, model tarafından atanan etiketler aslında ASC'ye gelmesi beklenen parçaların gönderi maliyetini etkilemektedir. Günün sonunda envanterin tükeneceğini varsaymaktaki amaç, ASC'ye henüz ulaşmamış ve dolayısıyla etiketlenmemiş; fakat, gün içerisinde ulaşması beklenen parçaların belirlenen etiketlere göre sevkiyat maliyetleri üzerindeki etkisini gözlemlemektir. Model çıktıları, ASC'nin tamamen boşaltıldığını kabul ettiğinden ve gerçekte ASC'de gün sonunda bir miktar envanter kaldığından; yani, gerçekte hesaplanandan daha az sayıda tır ve tren kullanıldığından, modelin sonuçları gerçekte ortaya çıkacak sonuca bir üst limit teşkil etmektedir. Maliyet, gerçekte daha düşüktür.

Maliyeti hesaplarken kullanılan kısıtlama denklemi bir tırın ve bir trenin hacim ve yük kapasitelerini göz önünde bulundurur. Bir tır hacimsel olarak 90 m^3 , kütleli olarak ise 20 ton malzeme taşıyabilmektedir. Trenin kapasitesi ise tır kapasitesinin 30 katına eşittir. Amaç, maliyeti enazlayacak eşik değerlerini bulmaktır. Bu model lineer olmadığından eşik değerleri parametrize edilerek, koşul analizi yöntemi

kullanılmıştır. Eşik değerlerinin yalnızca tamsayı olabileceği varsayılmıştır.

Geliştirilen model doğrulanmış olup, çıktıları doğrudan kullanılmamakta olduğundan, bu modelin mantığı, daha önce de bahsedilen, eşik değeri hesaplamak için tasarlanmış olan algoritmaya aktarılmıştır. Ayrıca, bulunan veya manuel olarak atanan eşik değerlerini girdi olarak alıp, etiketlemede baz alınacak olan HAWMD değerlerini hesaplayan bir algoritma daha oluşturulmuştur; ki bu, geliştirilen karar destek sisteminin algoritmasıdır (Ek 3).

Firmanın kullanmakta olduğu yazılımlara bakılarak, algoritmaların kodlanmasında Visual Basic Script (VBScript) Sürüm 6.0 programlama dilinin kullanılmasına ve kodlanan makro içerisindeki veri alışverişlerinin Access'te tutulan bir veritabanı ile sağlanmasına karar verilmiştir. Aynı zamanda, makro her çalıştırıldığında sistemden çekilen ve Access tablolarına eklenen bilgiler, makro tekrar çalıştırılana dek saklanır. Program NT ve FT eşik değerlerini girdi olarak almaktadır. Girdilerin sisteme kolayca verilebilmesi için kodlar Excel ile de entegre edilerek kullanıcı dostu bir arayüz tasarlanmıştır.



Şekil 4. Karar destek sistemi kullanıcı arayüzü.

4.3 Modellerin doğrulanması ve performans ölçümü

Geliştirilen matematiksel model XPress MP ve Excel Solver kullanılarak doğrulanmıştır. Ancak, bu modelin çıktıları doğrudan kullanılmamaktadır; modelin mantığı, eşik değeri hesaplayan makronun algoritmasına zemin teşkil etmiştir. Hem bu algoritma, hem de karar destek sistemi algoritması VBScript kullanılarak kodlanmış, makrolar hatasız bir biçimde çalıştırılıp algoritmaların da doğrulanması yapılmıştır.

Karar destek sisteminin doğru etiketlemedeki performansı, mevcut sisteme oranla %76,52 daha yüksektir; bu, sevkiyat maliyetlerini %25 oranında azaltmaktadır. Ancak, koşurum süresi mevcut sistemde 10-15 dakika civarında iken, önerilen sistemde girdilerin değerlerine bağlı olarak yarım saate kadar çıkabilmektedir. Makronun çalışması zaten

otomatik bir işlem olduğu için, bu noktada doğru etiketleme ile önlenecek olan para kaybı, koşturum süresini performans kriterlerinde arka plana atmaktadır.

Bunlara ek olarak, önerilen sistem sayesinde ölçülmesi an itibariyle mümkün olmamakla birlikte, manuel işlemlerin oldukça azalacağı öngörülmektedir. Mevcut sistemde yanlış etiketlemeler dolayısıyla, birçok parçanın makro tarafından WMD baz alınarak atanan etiketi sürekli takip edilip, değiştirmektedir. Yanlış etiketlemenin azaltılmasının bu noktada manuel işlemleri azaltacağı açıktır. Ayrıca, eşik değerlerinin belirlenmesi için yazılan makro ile bu işlem de otomatik hale gelecektir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

Önerilen yöntembilim için geliştirilen çözüm algoritması doğrultusunda karar destek sistemi için bir makro yazılmıştır. Ayrıca, bu makronun girdilerinden olan NT ve FT eşik değerlerini hesaplamak üzere oluşturulan algoritma için de bir makro yazılmıştır. Tasarlanan karar destek sisteminin ve eşik değeri hesaplama aracının kullanımında esneklik sağlanması ve kullanıcıların faydalanmak isteyebileceği seçeneklerin kısıtlanmaması için, daha önceden de belirtildiği gibi, basit bir arayüz oluşturulmuştur. Bu sayede, kullanıcı gerekli gördüğü hallerde etiketlemede yalnızca WMD değerlerini esas alabilir veya eşik değeri hesaplama aracını kullanmamayı seçebilir. Karar destek sistemi makrosunun tek olumsuz yönü koşturum süresinin uzun olmasıdır. Bunun nedeni, yoldaki sevkiyatların parça bazında ve Huppertz ASC'deki envanterlerin hem alan, hem parça bazında incelenmesidir. Yolda fazla sevkiyatın ve Huppertz ASC'de fazla envanterin bulunmadığı koşullarda (örneğin bayram tatili gibi zamanlarda), koşturum süresinin kısalığı, ufak hata paylarına tercih edilebilir. Ancak, normal koşullarda, firma HAWMD değerlerini baz alarak etiketleme yapan makroyu kullanmaya karar vermiştir.

VBScript programlama dili kullanılarak yazılan makrolar, Ford Otosan A.Ş. Gölcük Tesisi Global Tedarik Zinciri Yönetim Birimi tarafından kullanılan CMMS adlı sisteme entegre edilerek normal koşullar altında sorunsuz bir şekilde bir hafta süresince test edilmiştir. Test süreci biter bitmez uygulamaya geçilecek; mevcut sistemde kullanılan makro kullanılmaz hale gelecektir.

5.1 Koşturumun sonuçları

Geliştirilen algoritmanın kodlanmasıyla oluşan karar destek sistemi makrosu, mevcut sistemde kullanılan makronun eşik değerleri girdi kabul edilip, bir hafta süresince günde iki defa çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar mevcut sistemde kullanılan makronun sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Aynı eşik değerleri ile aynı miktarda malzemeyi mevcut sisteme göre ve önerilen sisteme göre etiketleyip, uygun şekilde sevk

etmek için gereken EX tır, NT tır sayıları ve tren sayılarına bakılarak karşılaştırıldığında bulunan değerler, önerdiğimiz sistemin mevcut sisteme oranla en az %25'lik bir iyileşme sağladığını göstermiştir.

Tablo 1. Farklı sevkiyat tiplerinin mevcut sistemde ve önerilen sistemde kullanım yüzdeleri.

	Mevcut Sistem	Önerilen Sistem
EX tır kullanım oranı	%55	%29
NT tır kullanım oranı	%45	%43
Tren kullanım oranı	%0	%28

Bu oranlar hesaplanırken mevcut sistemde NT etiket ve NT malzeme bekletme alanı varmış gibi kabul edilmektedir; tek bağımsız değişken etiketleme kriteridir. Yani yalnızca, WMD baz alınarak yapılan etiketlemeler ve HAWMD baz alınarak yapılan etiketlemeler sonucu ortaya çıkan fark ölçümlenmiştir. Aslında, mevcut sistemde yalnızca EX alan ve EX etiket olduğundan ve bu etiket hem NT, hem de EX tır gönderilerine karşılık geldiğinden, gerçekte oluşan farkı gözlemek ancak önerilen sistem tam anlamıyla uygulamaya geçirilip, belirli bir süre kullanıldıktan sonra mümkün olacaktır. Bu bilgiler ışığında, yukarıda verilen karşılaştırmanın, mevcut sistemi en iyimser şekliyle değerlendirmekte olup, gerçekte oluşacak fark için yalnızca bir alt sınır teşkil ettiği aşikardır.

5.2 Uygulama planı

Önerilen sistemin uygulanması konusunda firma tarafından herhangi bir engel bulunmamıştır. CMMS üzerinden çalıştırılacak olan makronun seçilmesi ve başlatılması yeterlidir. İstenilen sonuçların alınabilmesi için, tasarlanan arayüzde uygun seçimler yapılmalı, isteğe bağlı olarak girdilerin değerleri verilmelidir. Kısacası, önerilen sistemin NT etiket tanımlanması, HAWMD hesaplanması ve eşik değeri hesaplama aracı parçaları sorunsuz bir şekilde istenilen andan itibaren kullanıma hazırdır.

Önerilen sistemdeki en zor ve uzun süreç EX ve NT alan ayırımına karar verilmesidir. Mevcut bilgiler, bir haftalık koşturomlara dayanarak yapılan çıkarımlara göre, alanın %62'lik diliminin NT etiketli parçalara, geri kalan %38'lik diliminin ise EX etiketli parçalara ayrılması gerektiğine işaret etmektedir. Daha önceden de bahsedildiği gibi, daha güvenilir bir orana ulaşabilmek amacıyla, bir ay boyunca her gün en az iki kere karar destek sistemi makrosunun çalışmasıyla elde edilecek sonuçlardan, etiketlere ve parçalara göre alandaki envanter birikimleri hacimsel olarak gözlemlenecektir. Bir aylık koşturom çıktılarına dayanarak, alanın uygun şekilde ikiye bölünmesi hedeflenmektedir.

Ayrıca, bir ay boyunca EX ve NT etiketlenen parçaların mevcut sistemde olduğu gibi tek bir alanda bekletilmesi; fakat, istifleme yapılırken, dikdörtgen biçimindeki EX alan ikiye bölünmüşçesine, karşılıklı kenarlardan birinin EX etiketli parçalar, diğerinin ise NT etiketli parçalar için başlangıç çizgisi olarak kabul edilmesi ve zamana bağlı olarak alandaki gerçek malzeme birikimlerinin gözlemlenmesi planlanmaktadır. Bu şekilde, hem bir ay sonunda ulaşılabilecek değerlerin doğruluğu ve gerçeğe uygunluğu test edilebilecek, hem de önerilen yöntembilimin alan ayrımı dışındaki kısımları bir an önce uygulamaya geçirilmiş olacaktır. Çok yakın bir zamanda, tedarik zinciri operasyonları mühendislerinden bir ekibin projenin uygulamaya geçirilmesi için Köln'e Huppertz ASC'ye gideceği de firma tarafından bildirilmiştir.

6. Genel Değerlendirme

6.1 Firmaya katkılar

Önerilen yöntembilim doğrultusunda geliştirilip kodlanan karar destek sistemi sayesinde, firmada yanlış etiketleme %76,52 oranında azaltılmıştır. Bu rakam bir haftalık koşturum sonuçlarına göre hesaplanmış olup, uzun vadede daha fazla olması beklenmektedir. Ayrıca karar destek sisteminin etiketlemedeki yüksek performansı ve tasarlanan eşik değeri hesaplama aracı sayesinde Ford Otosan tedarik zinciri operasyonları mühendislerinin yapması gereken manuel işlemlerin de büyük ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Son olarak, tasarlanan sistem sürdürülebilir bir sistemdir; bir sevkiyat tipi ve bir etiket eklemek veya çıkarmak konusunda gereken esneklik sunulmuştur.

6.2 İleriye dönük güncelleme / geliştirme konularında öneriler

Karar destek sistemi makrosunun koşturum süresinin 20-30 dakika arasında değiştiği gözlemlenmiştir; ki bu süre operasyonel bir karar için uzun sayılabilir. Ancak mevcut sistemde de olduğu gibi, bu makro günde en fazla dört defa çalışacağından ve etiketleme kriterinden doğan yanlışlıkları başarıyla ortadan kaldırdığından, koşturum süresi performans ölçütleri arasında nispeten önemini yitirmektedir. İlerleyen dönemde koşturum süresini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılabilirse yanlış etiketlemedeki azalma daha fazla olacak; tam zamanlı güncellemeye geçiş mümkün kılınabilecektir.

EKLER

Ek 1. Eşik değeri hesaplama algoritması

Bu algoritma, karar destek sistemine giriş kullanıcı arayüzünde “Eşik Değeri Hesaplama Makrosunu Çalıştır” seçeneği işaretlenirse HAWMD hesaplama aşamasına gelindiğinde devreye girer. Sistemden parça verilerinin çekilebilmesi için FT eşik değerinin en başta verilmesi gerektiğinden, bu makro yalnızca NT eşik değerini belirlemede kullanılabilir.

Adım 1. HAWMD değerlerinin hesaplanması için gerekli bilgilerin CMMS sisteminden çekilmesi ve parçaların NT envanter alanındaki miktarlarının eklenmesi dışında gerekli ön hesaplamaların yapılması ile oluşan Access tablosu geçici bir Excel dosyasına kopyalanır.

Adım 2. Parçaların bu Excel dosyasında mümkün olabilecek farklı tamsayı NT eşik değerlerine göre etiketleri belirlenir.

Adım 3. Farklı NT eşik değerleri denendiğinde bulunan etiketlere göre etiket çeşitlerinin oranları hesaplanır.

Adım 4. Toplamda en fazla FT ve NT etiket oranını ortaya çıkaran eşik değeri karar destek sisteminde HAWMD hesaplama aşamasında kullanılmak üzere girdi olarak makroya döndürülür.

Ek 2. Önerilen sistemin matematiksel modeli

Amaç: Parçaların HAWMD değerlerini ve verilen eşik değerleri göz önünde bulundurarak parçalara uygun etiket ataması yapmayı ve sevkiyat maliyetini enazlamayı amaçlar.

- $I = \{1 \dots i\}$ parça tipleri kümesi
- $A = \{EX, NT, FT\}$ etiket, sevkiyat tipi ve envanter alanı kümesi

Parametreler:

- C_a = Sevkiyat tipi a 'nın birim maliyeti
- W = Bir tırın kütleli kapasitesi
- V = Bir tırın hacimsel kapasitesi
- D_{NT} = Ekspres tır ve normal tır arasındaki eşik değer (gün olarak)
- D_{FT} = Normal tır ve tren arasındaki eşik değer (gün olarak)
- v_i = Parça tipi i 'nin birim hacmi, $i \in I$
- w_i = Parça tipi i 'nin birim kütlesi, $i \in I$
- $exInb_i$ = Parça tipi i 'nin planlama günü içerisinde Huppertz'a ulaşması beklenen miktarı
- $qInv_{i,a}$ = Parça tipi i 'nin envanter alanı a 'da bulunan miktarı, $i \in I$, $a \in A$
- LB_a = Sevkiyat tipi a 'nın Köln'den Kocaeli'ye en kısa ulaşım süresi (gün olarak), $a \in A$

Değişkenler:

- $y_{i,a} = 1$ eğer $WMD_i \geq LB_a$, $i \in I$, $a \in A$; 0 diğer tüm koşullarda

Karar Değişkenleri:

- $u_{i,a}$ = Parça tipi i 'nin envanter alanı a 'da bulunan miktarı artı parça tipi i 'nin planlama günü içerisinde Huppertz'a ulaşması beklenen miktarı, $i \in I$, $a \in A$
- $z_{i,a} = 1$ eğer parça tipi i 'nin etiketi a ise $i \in I$, $a \in A$; 0 diğer tüm koşullarda
- n_a = Gün sonunda gereken a tipi sevkiyat aracı sayısı, $a \in A$
- $HAWMD_i$ = Parça tipi i 'nin Huppertz-Ayarlı-Will-Make-Day'i $i \in I$

Model:

$$\min \sum_a c_a n_a$$

st

$$LB_{EX} - HAWMD_i \leq BM^*(1 - z_{i,EX} - z_{i,NT} - z_{i,FT}) \quad \forall i \in I$$

$$HAWMD_i - LB_{EX} \leq BM^*(z_{i,EX} + z_{i,NT} + z_{i,FT}) \quad \forall i \in I$$

$$D_{NT} - HAWMD_i \leq BM^*(1 - z_{i,NT} - z_{i,FT}) \quad \forall i \in I$$

$$HAWMD_i - D_{NT} \leq BM^*(z_{i,NT} + z_{i,FT}) \quad \forall i \in I$$

$$D_{FT} - HAWMD_i \leq BM^*(1 - z_{i,FT}) \quad \forall i \in I$$

$$HAWMD_i - D_{FT} \leq BM^*z_{i,FT} \quad \forall i \in I$$

$$u_{i,a} = qIn_{i,a} + exInb_i^*z_{i,a} \quad \forall i \in I, \forall a \in A$$

$$\sum_i u_{i,a} \cdot v_i \leq Vn_a \quad \forall a \in A - \{FT\}, i \in I$$

$$\sum_i u_{i,a} \cdot w_i \leq Wn_a \quad \forall a \in A - \{FT\}, i \in I$$

$$\sum_i u_{i,FT} \cdot v_i \leq 32Vn_{FT} \quad i \in I$$

$$\sum_i u_{i,FT} \cdot w_i \leq 32Wn_{FT} \quad i \in I$$

$$\sum_a z_{i,a} = 1 \quad \forall i \in I, a \in A$$

$$z_{i,a} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall a \in A$$

$$u_{i,a} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall a \in A$$

$$n_a \geq 0 \quad \forall a \in A$$

Ek 3. Karar destek sistemi algoritması

Adım 1. CMMS sistemine giriş yapıldıktan sonra makro çalıştırıldığında girilen FT eşik değerine eşit veya daha küçük WMD değerine sahip parçaların

- WMD değerleri
- Kocaeli fabrikasında bulunan toplam stok miktarları
- Huppertz ASC'de hangi alanda toplamda ne kadar envanterinin olduğu
- Yoldaki sevkiyatlarının beklenen geliş zamanları ve her sevkiyat ile ulaşması beklenen miktarı
- İçinde bulunulan günden itibaren 20 gün içerisinde üretim hattında kullanılacak miktarları

Sistemdeki ilgili ekranlardan çekilerek Access'te HAWMD hesaplamasında kullanılacak ve makro birdaha çalışana dek saklanacak olan nihai tablo oluşturulur.

Adım 2. Parçaların yoldaki tüm sevkiyatlarındaki ve Huppertz'te tüm alanlardaki envanter miktarlarına bakılır.

Adım 3. Başlangıçta $d = HAWMD = 0$ olarak kabul edilir.

Adım 4. Bir parçanın HAWMQ değeri, o parçanın fabrika stoklarında bulunan miktarına, d gün içerisinde fabrikaya ulaşması beklenen miktarının ve Köln'den Kocaeli'ye ulaşım süresi d gün veya altında olan gönderi tiplerine karşılık gelen alanlardaki envanter miktarlarının eklenmesiyle elde edilir. (Bir parçanın EX ve AF alanlarındaki envanter miktarları aynı gün fabrikaya ulaşacakmış gibi düşünülüp her koşulda HAWMQ değerine eklenir.)

Adım 5. Parçanın içinde bulunulan günden itibaren 20 gün boyunca her gün kullanılacak adetlerine bakılarak HAWMQ değerinin üretim hattını durdurmaksızın ne kadar süre devam ettirebileceği hesaplanır. Bulunan değer HAWMD olarak adlandırılır.

Adım 6. Bulunan HAWMD değeri bir önceki iterasyonda bulunana eşitse durulur; değilse, adım 7'ye gidilir.

Adım 7. HAWMD aşağı yuvarlanarak, d , bulunan değere eşitlenir ve adım 4'e geri dönlür.

Adım 8. Bulunan HAWMD değeri sisteme girdi olarak verilen eşik değerleriyle kıyaslanarak parçaya uygun etiket atanır.

Adım 9. Parçalara atanan etiketler sonucu oluşturulan etiket listesi ile makro bir önceki çalışmada oluşturulan etiket listesi kıyaslanır ve eski listede olup yeni listede olmayan parçalar FT olarak etiketlenir.

Adım 10. Tedarik zinciri operasyonları mühendisleri tarafından manuel olarak atanan etiketlere öncelik verilecek şekilde son hali verilen etiket listesi Huppertz ASC'ye Outlook aracılığıyla makro tarafından otomatik olarak e-posta ile gönderilir.

Birim Müdahale Maliyetini Düşürmeye Yönelik Sistem Tasarımı

IBM-Seri Ltd. Şti.

Proje Ekibi

Oğuzhan Akdeniz
Emre Çullu
Gamze Erdem
Nilüfer Sormaz
Gizem Tokatlı
Müge Tuncel

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 ANKARA

Şirket Danışmanı

Rıfat Pınar, Seri Ltd.Şti.
POS Operasyon Geliştirme ve Kalite Yöneticisi

Akademik Danışman

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

ÖZET

Seri Ltd. Şti. için gerçekleştirilen bu projenin amacı, EFT-POS departmanının iş süreçlerindeki ekstra maliyet yaratan noktaların belirlenip bu noktaları iyileştirmeye ve oluşturdukları maliyeti azaltmaya yönelik bir sistem tasarlamaktır. Bu sistemi tasarlamak için mevcut iş süreçleri analiz edildiğinde üç temel iyileştirme noktası belirlenmiştir. Bu noktalara yönelik üç ayrı model geliştirilmiştir. Bu modeller, yeni bir maliyet analiz ve senaryo inceleme uygulaması, yeni bir envanter yönetimi modeli ve tüm arızalara cevap verebilecek kapasiteye sahip, mevcut çağrı merkezinden daha verimli işleyecek yeni bir çağrı merkezi kapasite planlama modelidir.

Anahtar Sözcükler: maliyet analizi, şirket ofisleri, süreç analizi, envanter yönetimi, Erlang dağılımı

1. Firma Tanımı

Seri Ltd. bankalara ve anlaşmalı mağazalara EFT-POS, Pc printer, network, server, kiosk, el terminalleri, yazar kasa, via (Virtual Infrastructure Access) hizmetleri vermektedir. Bunlardan sadece EFT-POS hizmetleri proje kapsamındadır. EFT-POS hizmetleri 1996 yılında müşteri beklentileri neticesinde POS cihazlarına hizmet vermek üzere IBM bünyesinde bir bölüm olarak kurulmuştur. 2002 yılından itibaren %100 IBM iştiraki olan Seri Bilgi Teknolojileri bünyesine faaliyetlerini sürdürmektedir. Türkiye genelinde 81 ilde üye işyerlerine POS cihazlarının kurulumu, bakımı, cihazların stok yönetimi, cihazların geri alımı ve malzeme ihtiyacının karşılanması hizmetlerini sunmaktadır.

Ulusal pazara bakıldığında Seri Ltd., Teknoser ve Servus rekabet içindedir. Seri Ltd. en büyük pazar payı ile EFT-POS hizmetleri sektörünün lideridir.

Seri Ltd.'nin müşteri profilini, bankalar ve anlaşmalı olduğu diğer şirketler oluşturmaktadır.

Şirket, anlaşmalı olduğu şirketlerle ve bankalarla imzaladığı anlaşma gereği, arıza kaydı girildikten sonra 5, 8 ya da 12 saat içinde servis vermeyi taahhüt etmektedir. Anlaşmalarda taahhüt edilen müdahale süreleri anlaşma yapılan müşterilere bağlı olarak değişmektedir. Bu anlaşmaya göre, Seri Ltd. müşterilere taahhüt edilen servis zamanlarını en az %95 oranında sağlamakla yükümlüdür.

2. Projenin Tanımı

Projenin amacı şirketin süreçlerini detaylı bir şekilde analiz edip şirketin birim müdahale maliyetini %10 düşürerek toplam maliyeti azaltmaktır. Bu maliyeti oluşturan kalemler; personel maaşları, benzin giderleri, ofislerin sabit giderleri ve idari giderlere ödenen aylık sabit ücretlerdir. Maliyeti düşürme sürecinde %95 olan servis seviyesi anlaşmaları göz önünde bulundurulacaktır.

3. Analiz

3.1. Mevcut sistemin analizi

3.1.1 Mevcut sistemin yapısı

Şirket, müşterilerine çağrı merkezi, şirket ofisleri ve ev ofisleri aracılığıyla hizmet vermektedir. Şirketin hizmet verdiği POS cihazları bankalara aittir. Bankaların POS cihazları ile ilgili bildirimleri takip edebilmesi için üye işyerleri arıza bildirimlerini bankaların çağrı merkezine yapmaktadır. Bu bildirimler banka personeli tarafından Seri Ltd.'nin kullandığı Maximo (IBM tarafından geliştirilmiş şirketlere iş takibi ve materyal yönetimi alanlarında çözüm sağlayan yazılım) sistemine girilmektedir. Anlaşmalı şirketler ise POS cihazları kendilerine ait olduğu için, arızaları doğrudan Seri Ltd.'nin çağrı merkezine bildirmektedir. Şirketin çağrı merkezinde çalışan personel

teknik bakımdan donanımlı olduğu için gelen arıza bildirimlerini telefonda çözebilmektedir, çözülemeyen arıza bildirimleri ise Maximo'ya girilmektedir. Kurulum, versiyon güncelleme ve geri alım gibi işler bankalar tarafından Maximo sistemine aktarılmaktadır. (Ek 1) Maximo'ya girilen bu iş talepleri illere göre ana ofislere atanmaktadır. Ana ofislerdeki müdürler gelen talepleri alt ofislere, ev ofislerine atamaktadır. Ana ofis, alt ofis ve ev ofisleri parkur sayısına (o ildeki hizmet verilen POS cihazı sayısı) göre konumlandırılmıştır. Teknisyenler her sabah ofise gelip, servis sağladıkları bölgedeki günlük iş listesini ve ofiste bulunan günlük gerekli POS cihazlarını yanlarına alıp rotaya çıkmaktadırlar. Gün içinde gelen iş talepleri ise teknik personelin PDA'larına (Personal Digital Assistant) gelmektedir. Teknisyenlerin müdahale sonrasındaki yaptıkları test satışı ile bankalar iş kapanışlarını takip etmektedir.

3.1.2 Şikayetler ve gözlemler

Günlük iş süreçleri analiz edildiğinde aşağıdaki bulgular saptanmıştır:

- Şirketin gerçekleştirdiği müdahale tiplerinin dağılımı hesaplanmıştır. (Ek 2)
- Teknisyenler, bankanın yanlış veya eksik adres bildirmesi sonucunda yanlış adreslere gitmektedir.
- Yapılan müdahalelerin %13,4'ünün fiziksel müdahaleye ihtiyaç duyulmadan çağrı merkezi tarafından çözülebileceği görülmüştür.
- Şirket, envanterini ofislerde tutmaktadır. Her ofisin bir kısmı envanter alanı olarak ayrılmıştır.
- Araç içinde tutulan envanterin düzgün yerleştirilmemesi müdahalelerde zaman kaybına ve yanlış POS cihazının alınmasına yol açmaktadır.
- Bazı teknisyenlerin evleri ile servis sağladıkları bölgelerin birbirlerine yakın fakat ofise uzak olduğu gözlemlenmiştir.
- Şirket Türkiye genelinde tek bir birim maliyet hesaplamakta olduğundan ofislerin maliyet bakımından karşılaştırılması sağlıklı yapılamamaktadır.

3.2 Problem

3.2.1 Tanım

Şikayet ve yapılan gözlemler sonucunda, Seri Ltd.'nin mevcut sistemdeki problemi birim müdahale maliyetinin şirketin hedeflediği maliyetten yüksek olmasıdır. Bu maliyetin sebepleri şirketin sürekli bir maliyet kontrol sistemi kullanmadığı için ofislerle ilgili gerekli düzenlemeleri yapmaması, her gün ihtiyaç olmamasına rağmen teknisyenlerin ofise uğramaları ve telefonla çözülebilecek arızalara fiziksel müdahale yapılmasıdır.

3.2.1 Literatür taraması

Envanter politikasının seçiminde farklı politikalar incelenmiş olup, şirketin mevcut sistemine en uygun olanın (s,S) politikası (Veinnott, 1965) olduğu belirlenmiştir.

Yapılan literatür araştırmasına göre çağrı merkezi performans değerlendirmeleri için kullanılan dağılım Erlang dağılımıdır. Erlang C kuyruk modeli çağrı merkezi kapasite planlaması için kullanılmaktadır. Bu modelin girdileri çağrı merkezine gelen arızaların gelme oranları, telefon ile hizmet verme süreleri ve servis seviyesidir. Erlang kuyruk modelini kullanırken özellikle dikkat edilmesi gereken nokta verilerin iyi bir şekilde analiz edilmesidir. Yoğun olan saatlerin yanlış belirlenmesi çağrı merkezinin performansını etkilemektedir. Bu model çıktı olarak gereken personel sayısını ve ortalama olarak müşterinin hatta bekleme süresini vermektedir. (Koole, 2007)

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Genel yaklaşım

Mevcut sistem analizi yapıldıktan sonra problem tanımı göz önünde bulundurularak üç yeni model tasarlanmıştır. Bu modeller; maliyet analiz ve senaryo inceleme uygulaması, yeni çağrı merkezi kapasite planlama modeli ve yeni envanter modelidir.

Maliyet analiz ve senaryo inceleme uygulaması ana ofis, alt ofis ve ev ofisi maliyetleri baz alınarak oluşturulmuş bir Excel uygulamasıdır. Yeni çağrı merkezi kapasite planlama modeli, müdahale sayısı ve arıza taleplerine göre personel sayısını güncelleyen Excel tabanlı bir uygulamadır. Yeni envanter modeli ise teknisyenlerin araçlarının bagajında envanter tutmaları yoluyla ofise gelişlerini azaltmaya yönelik kurgulanmış bir modeldir.

4.2 Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

4.2.1 Maliyet analiz ve senaryo inceleme uygulaması

Ofislerin birim müdahale maliyetlerinin ve maliyet kalemlerinin detaylı analizi için Excel tabanlı bir maliyet analiz ve senaryo inceleme uygulaması geliştirilmiştir. (Ek 3) Geliştirilen bu uygulama ana ofislerin, alt ofislerin ve ev ofislerinin aylık ortalama müdahale sayılarını, aylık ortalama kilometre değerlerini, ofislerin personel ve araç sayılarını girdi olarak almıştır. Bu uygulama, ofislerin aylık maliyet kalemlerinin değerlerini, aylık toplam giderlerini, aylık toplam müdahale sayılarını ve ofislere ait birim müdahale maliyetlerini çıktı olarak vermektedir. Bütün ofisler için ayrı ayrı yapılan bu hesaplama Excel uygulamasının giriş sayfasında bir özet şeklinde görünmektedir. Giriş sayfasında; bölgeler için hesaplanan birim maliyetler, baz alınan birim maliyet değerlerinden yüksek ise kullanıcı uyarı görmektedir.

Model kapsamında kilometre ve müdahale sayılarında yüzdelerik değişimleri baz alan dinamik senaryolar geliştirilmiştir. Bu senaryolar aylık ortalama kilometre değerlerini, müdahale sayılarını ve incelenecek senaryo yüzdesini girdi olarak alıp girilen yüzde değerine göre en düşük ve en yüksek müdahale sayısı aralığını hesaplamaktadır. Bu senaryoların çıktıları; olası en yüksek ve en düşük müdahale sayısına göre maliyet kalemleri değerleri, aylık toplam maliyet, olası birim müdahale maliyeti ve gerekli olan personel ve araç sayılarıdır. Senaryolar için geliştirilen veri tabanının içinde her ofis için bir dinamik senaryonun yanı sıra genel bir özet de bulunmaktadır. Bu özet; bölge, il, ofis tipi, senaryo yüzdesi, en yüksek ve en düşük müdahale sayısına göre hesaplanan olası birim maliyet değerlerini içermektedir.

Ev ofislerini analiz etmek için mevcut durumu ve olası şirket ofisine dönüşüm senaryolarını içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı mevcut ev ofisleri için servis verdikleri iller ve illerin yüz ölçümlerini, parkur sayılarını, aylık müdahale sayılarını ve aylık aldıkları ücretleri içermektedir. Her ev ofis bilgisinin altında bu ev ofislerin şirket ofislerine dönüştürülmesi durumunda yüzde kaçlık müdahale sayısı değişimine cevap verebilecekleri senaryolar yer almaktadır.

Detaylı bir maliyet analizi yapılabilmesi için dinamik grafiklerle desteklenen bir model de Excel uygulamasına eklenmiştir. Geliştirilen veri tabanı ve analiz uygulaması başlangıç olarak üç yılı içerecek şekilde tasarlanmıştır. Şirketin ilerki yıllardaki analizlerine destek vermek amacı ile bu uygulama daha fazla sayıda yılı da analize katacak esnekliğe sahiptir. Bu grafiksel analiz uygulaması aşağıdaki işlemlere sahiptir:

- Seçilen her ofisin birim maliyetini üç yıllık karşılaştırmalı dinamik bir grafik olarak göstermektedir.
- Seçilen beş farklı ofisin üç yıllık birim maliyetlerini tek bir dinamik grafik üzerinden karşılaştırmalı olarak göstermektedir.
- 2010 yılı için seçilen bir ofisin kendi maliyet kalemlerinin yüzdelerini ve bu ofisin maliyet kalemlerinin toplam maliyet kalemleri içindeki yüzdelerini dinamik grafiklerle göstermektedir.
- Seçilen bir ofisin 2010 ve 2011 yılları için sahip olduğu maliyet kalemlerinin yüzdelerini gösteren dinamik bir grafik içerir.
- Seçilen ofisin incelendiği senaryonun çıktısı olan en yüksek ve en düşük müdahale sayısına bağlı hesaplanan birim müdahale maliyetlerinin grafiksel açıklamasını içerir.
- Seçilen ofisin incelendiği senaryonun çıktısı olan en yüksek ve en düşük müdahale sayısına bağlı hesaplanan maliyet kalemlerinin grafiksel karşılaştırmalarını gösterir.

4.2.2 Yeni envanter modeli

Yeni envanter modeli için geliştirilen sistem (s,S) politikasıdır. Bu politika envanter seviyesi s'ye düştüğünde verilecek sipariş ile envanter seviyesini S'ye çekmeyi ön görür. Modelimizi oluşturmak için yaptığımız analizler sonucunda teknisyenlerin araçlarının bagajına 50 POS cihazı sığdırılabileceği belirlenmiştir. Şirketin bize sağladığı verilerden, değişimlerde kullanılan POS cihazlarının modelleri ve kullanım sıklıkları belirlenmiştir. (Ek 4) Veriler analiz edildiğinde, X bölgesi için iş gelişlerinin zaman aralıkları bulunmuş ve bu zaman aralıkları üssel dağılıma uydurulmuştur. Daha sonra, X bölgesi için yapılan işlerin bölgelere göre dağılımı belirlenip, bu işlerin yüzde kaçının yeni POS cihazı gerektirdiği hesaplanmıştır. POS cihazlarının kullanılma yüzdeleri göz önünde bulundurularak bagaj kapasitesi POS cihazı tipleri arasında paylaştırılmıştır. (Ek 5) Her bir POS modeli için S değeri bu paylaşımlar sonucunda belirlenmiştir. Simulasyon modelimizde yapmış olduğumuz optimizasyon çalışması sonucu s değeri için 0 seçilmesinin ofise gelme sayısını en çok azalttığı görülmüştür. Teknisyenler her hangi bir POS modeli için envanter seviyesi 0'a indiğinde ofise gelip tüm POS modelleri için envanter seviyesini S değerlerine yükseltecek kadar POS cihazı alacaktır. Envanter modeli tasarlanırken ofislerde gerekli sayıda POS cihazı bulunduğu kabul edilmiştir. Sipariş maliyeti ise teknisyenin ofise giderken harcadığı yakıt ücretidir.

4.2.3 Yeni çağrı merkezi kapasite planlama modeli

Arıza bildirimlerini, şirketin ve bankaların çağrı merkezleri birbirlerinden ayrı olarak almaktadır. Bankaların çağrı merkezlerinin telefonda çözülebilecek arızaları çözememesi sonucu çağrı merkezi sisteminden gerekli verimin alınmadığı görülmüştür. Bu nedenle, tüm arıza taleplerinin Seri Ltd.'nin çağrı merkezine bildirilmesi planlanmıştır.

Bu doğrultuda, ilk olarak telefonda çözülebilecek arıza yüzdeleri %39,6 olarak hesaplanmıştır. (Ek 6) Arızalar Ek 3'te belirtildiği gibi müdahale tiplerinin %30'unu oluşturduğundan, %39,6'lık azalmanın tüm sisteme etkisi %11,9 olarak hesaplanmıştır.

Önerilen çağrı merkezinin, gelen tüm arıza taleplerini karşılayabilecek kapasiteye sahip olması gerekmektedir. Gerekli olan bu kapasiteyi sağlamak için öncelikle çağrı merkezinin 24 saat hizmet vermesi gerekmektedir. Bu koşulları sağlayacak çağrı merkezi için kapasite planlamasını ve analizleri gerçekleştirecek Excel tabanlı bir model geliştirilmiştir.

Mevcut sistemde yapılan veri analizlerine göre, arızaların yoğun olarak geldiği zamanlar belirlenmiştir. Buna göre arızaların gelme oranı hesaplanırken arızaların yoğun olarak geldiği saatlere göre bir gün üç bölüme ayrılmış ve gelme oranları hafta içi, hafta sonu olarak iki ayrı kalemde incelenmiştir.

Zaman içinde çağrı merkezindeki yoğun saatler değişebileceği göz önüne alınarak Çağrı Merkezi Kapasite Planlama Modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model 24 saatlik çizelgeleme üzerinden işlemektedir. (Ek 7) Kullanıcı her saat gelen çağrı sayısını girerek, o saatler için gereken personel sayısı ve tahmini servis seviyesini bulmaktadır. (Ek 8) Geliştirilen model aynı zamanda mevcut sistemle karşılaştırma yapmaktadır. Kullanıcı 24 saatlik çizelgeye mevcut personel sayısını girerek, az veya fazla olan personel sayısını görmektedir. Bu özellik aynı zamanda çağrı merkezi performans değerlendirmesi de yapmaktadır. Girilen personel sayısı ile mevcut sistemdeki servis seviyesi bulanmakta ve servis seviyesinin hangi saatlerde düştüğü gözlemlenmektedir. Mevcut sistem için ise, personel sayısı ve verimliliği için sistemin kar ettiği en son nokta olan başabaş noktası grafikte belirtilmiş ve şu anki personel sayısının bu grafikteki yeri de belirtilmiştir.

4.3 Test (doğrulama / geçерleme ve performansın ölçülmesi)

Maliyet sistemi için geliştirilen Excel uygulamasının şirket tarafından aktif olarak kullanılacağı belirtilmiştir. Bu uygulama içinde yer alan dinamik grafiklerin de maliyet analizlerini destekleyici birer mekanizma olarak kullanılabilceği şirket tarafından doğrulanmıştır.

Envanter sisteminin uygulanması için X'te iki farklı pilot bölge seçilmiştir. Bu bölgelerden biri X_1-X_2 rotası, bir diğeri de X_3-X_4 rotasıdır. Bu bölgelerin seçilme sebebi, bu bölgelerin teknisyenlerin evlerine çok yakın olmasına rağmen ofise uzak olmalarıdır. X_1-X_2 rotasında servis veren teknisyenin evi X_y 'de, X_3-X_4 rotasında servis veren teknisyenin evi de X_z 'dedir. X_z 'nin ofise uzaklığı 30 km, X_y 'nin ise 26,6 km'dir. Teknisyenlerin ofise gelme sıklığını bulmak için Arena programında simulasyon yapılmıştır. Bu simulasyon sonucunda teknisyenlerin ofise haftada iki kez gelmesinin yeterli olacağı görülmüştür. Arena'da yapılan analizler sonucu haftada iki defadan az gelebildikleri görülmesine rağmen, teknisyenlerin POS makinesi değişiminden sonra eski makineleri şirkete bırakmaları gerektiği için haftada iki kez ofise uğramaları gerekli görülmüştür.

Çağrı merkezi kapasite planlama modelinin doğrulanması için kar zarar analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda fiziksel dokunuş gerektirmeyen müdahalelerin azaltılmasının sağladığı gelir ve çağrı merkezinin genişletilmesinin oluşturacağı giderler karşılaştırıldığında, bu modelin %10,3'lük kar getireceği tahmin edilmektedir. Bu modelin

çağrı merkezini genişletme çalışmaları ve personel işe alım aşamasında gelir ve gider analizi için kullanılabileceği bildirilmiştir.

5. Yöntembilimin Uygulanması

5.1 Duyarlılık analizleri

Duyarlılık analizleri, maliyet analiz uygulaması ve çağrı merkezi kapasite planlama modeli için senaryo analizleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, maliyet analizi uygulaması için müdahale sayıları ve müdahale sayısına göre değişen kilometre değerlerinde %10 artış ve azalış uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Müdahale sayılarındaki bu değişim çağrı merkezine bildirilen arızalara da yansıtılmış ve %10'luk artış azalış aralığında personel sayısı hesaplanmıştır. Ek olarak personel sayısının, müşterilerin hatta bekleme süresinde ve müşterinin aldığı hizmet süresinde yapılan artış ve azalış aralıklarındaki duyarlılığı hesaplanmıştır.

Yukarıda tasarlanan modellerdeki parametrelerde %10'luk değişikliğin sonuçlara etkisi belirtilmiştir; fakat modeller şirketin isteği doğrultusunda istenilen yüzdeler diliminde duyarlılık analizlerini gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır.

Arenada yapılan simulasyon sonucu bir teknisyenin şirkete bir ayda en kötü senaryo tahmininde 14 kere gelmesi gerektiği görülmüştür. Şimdiki sistemde ise 26 kere geldiklerinden, önerilen sistem en kötü koşullarda bile kar sağlamaktadır.

Çağrı merkezi Excel modelinin duyarlılık analizi müdahale sayısındaki %10'luk değişim aralığında gerçekleştirilmiştir. Yapılan değişikliğin personel sayısına etkisi ve buna bağlı olarak kar-zarar dengeleri hesaplanarak analiz yapılmıştır. Personel sayısı şirket politikasına göre belirlenen müşterilerin hatta bekleme süresinde ve müşterinin aldığı hizmet süresinde yapılan artış ve azalış aralıklarında hesaplanmış, sistemin bu koşullarda da kar getirdiği gözlemlenmiştir.

5.2 Koşturumun sonuçları

Maliyet analizi uygulamasının kullanılması ile Z bölgesindeki ofislerde Türkiye geneline oranla daha yüksek birim müdahale maliyeti gözlenmiştir. Bunun nedeni Z bölgesindeki müdahale sayısının aşırı düşük olması ve yapılan harcamaların birim müdahale başına yüksek kalmasıdır. Maliyet analizi uygulamasının Şirket Ofisi inceleme aracı kullanılarak Q bölgesinde yapılan inceleme sonucunda Q_1 , Q_2 ve Q_3 'e birer ev ofisi kurulmasının Şirket Ofisi kullanılmasından %40 daha az maliyetli olduğu sonucuna varılmıştır.

Yeni envanter sisteminin pilot bölge olarak seçilen X'in test edilmesi planlanmıştır. Ancak, X_3 - X_4 rotasına servis veren teknisyenin ve birkaç teknisyenin daha işten ayrılması nedeniyle yeni sistem X yerine daha büyük bir ofiste test edilmiştir. Y_1 - Y_2 ve Y_3 - Y_4 rotaları için

iki hafta şirketin şimdiki sistemi ve iki hafta ise yeni envanter modeli kullanılarak kat edilen yol verisi tutulmuştur. Tutulan veriye göre Y_1 - Y_2 rotası için kat edilen km miktarında %23'lük bir azalma gözlemlenirken, Y_3 - Y_4 rotası için kat edilen km miktarında ise %30 oranında bir azalma görülmektedir.

Arızaların Seri Ltd.'nin çağrı merkezine bildirilmesi sonucunda, POS cihazlarına yapılan gereksiz fiziksel müdahaleler tamamen engellenmekte ve buna bağlı olarak toplam maliyet hesaplamasında %11,9'luk kazanç oluşmaktadır. Bunun yanında yıllık 94.985 fiziksel müdahale yapılmayacak ve bu şirkete X_1 TL lik kar olarak dönecektir. Gereken personel sayısı hafta içinde bir gün için dokuz kişi olarak alındığında personel gideri yıllık X_2 TL olmakta ve toplam kar X_3 TL olarak hesaplanmaktadır.(Şirketin gizlilik politikası sebebiyle gerçek rakamlar belirtilememektedir.)

5.3 Veri analizi

Son dokuz aya ait iş miktarlarını gösteren verilerden işlerin bölgelere göre dağılımları bulunmuştur. İş tiplerinin dağılımları ve bu iş tiplerinde kullanılan POS cihazı tiplerinin kullanım yüzdeleri iş miktarları verilerinden çıkarılmıştır. İşlerin gelme süreleri arasındaki fark analiz edilerek çıkan sonuçlara göre işlerin gelme süreleri arasında geçen zaman üssel dağılımda modellenmiştir.

5.4 Kullanılan yazılım ve donanım ile ilgili bilgi

Maliyet analizi ve senaryo inceleme modeli ve çağrı merkezi kapasite planlama modeli aynı excel tabanlı model altında birleştirilmiştir. Bu excel tabanlı modelde maliyet analizi ve çağrı merkezi için gereken dağılım hesaplamaları el ile yapılmıştır. Model için gereken kullanıcı arayüzü Visual Basic'te kodlanarak oluşturulmuştur.

Envanter sisteminin simülasyonu Arena 13 programı kullanılarak yapılmıştır. İşler arasındaki zamanı belli bir dağılıma uydurmak için Arena'nın Input Analyzer özelliği kullanılmıştır. Arena'nın OptQuest modülünü kullanarak (s,S) envanter sistemimizdeki s'in değeri bulunmuştur.

5.5 Deney koşulları

Arena simülasyonu 30 gün, 20 replikasyon için çalıştırılmıştır. Yapılan simülasyonda teknisyenler ofise herhangi bir POS cihazının sayısı 0'a düşünce gelmektedir.

6. Uygulama Planı

Maliyet analiz uygulamasının bütçe planlamalarında, analiz raporlamalarında ve ofis esnekliği çalışmalarında ön analiz olarak kullanılması önerilmektedir. Varolan şirket ofislerinin kontratları yenilenmeden önce ev ofisi dönüşüm senaryoları çalıştırılarak ve ayrıca maliyet analizi yapılarak kontratın gözden geçirilmesi önerilmektedir.

Her yılın sonunda, dinamik grafikler kullanılarak bir önceki yıl ile maliyet kalemleri karşılaştırılması yapılması şirketin maliyetlerindeki değişimlerin kaynaklarını belirlemesi açısından önem taşımaktadır.

Şirkete yeni envanter modelinin sunumu yapıldıktan sonra, bu yeni sistem Y, Y₃-Y₄ rotasında uygulanmıştır. Pilot bölge analizinin yapıldığı X, X₁-X₂ ve X₃-X₄ rotalarında bu rotalara çıkan teknisyenlerin işten ayrılması sonucu henüz yeni modelin test edilme şansı bulunamamıştır. Ancak bu rotalara atanan yeni teknisyenler iş süreçlerine alıştıktan sonra yeni envanter sistemi bu rotalarda da test edilecektir.

Şirket, çağrıların banka çağrı merkezi yerine kendi çağrı merkezine yapılması için bankalarla görüşme halindedir. Bankalarla anlaşılması durumunda, Seri Ltd. artan çağrı talebini karşılayacak yeni bir çağrı merkezi sistemi kuracaktır. Yapmış olduğumuz model bu kurulmakta ve bu yeni sistemin karının hesaplamasında kullanılacak olup, şirketle karşılıklı yoğun bir fikir alışverişi yapılarak şirketin ihtiyaçları doğrultusunda oluşturulmuştur.

7. Genel Değerlendirme

Maliyet analiz uygulamasının içinde bulunan veritabanları şirket için ileriye dönük veri saklama mekanizması olarak kullanılabilir. Aynı zamanda bu mekanizma yıllar ve ofisler arasında karşılaştırmaya olanak sağladığı için şirketin ofisler üzerindeki karar destek mekanizmasının daha verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu uygulama, mevcut ofisler için analiz edildiğinde inceleme gereken ofislerin olduğu saptanmıştır. Bu sayede şirket hangi ofislerinin ve ev ofislerin incelenmesinin gerektiğini görebilmektedir.

Yeni envanter modelinin Türkiye genelinde uygulanmasının teknisyenlerin ofislere daha az gelmesini sağlayacağı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda da ulaşım maliyetlerin ve ofise gelmekle kaybedilen zamanın önemli ölçüde azalacağı görülmüştür. Şirket tarafından test edilen rotada elde edilen sonuçlara göre yakıttan %30 tasarruf elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu tasarruf şirketin maliyetinin %7'sini oluşturan yakıt maliyeti için önemli bir kazanımdır.

Çağrıların şirketin çağrı merkezine bildirilmesi sonucunda yapılan fiziksel müdahalelerin %11,9'u telefon ile çözülebilmektedir. Yapmış olduğumuz çağrı merkezinde çağrı merkezi modeli, birim müdahale maliyetini %10,3 düşürmektedir. Maliyetteki bu düşüş projenin amacı olan birim müdahale maliyetini %10 azaltmayı sağlamaktadır.

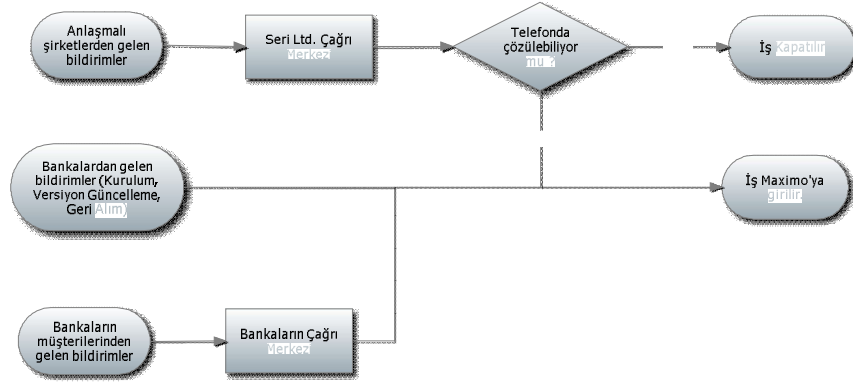
KAYNAKÇA

Koole, Ger (2007), Call Center Mathematics: A scientific method for understanding and improving contact centers, Vrije Universiteit, Amsterdam

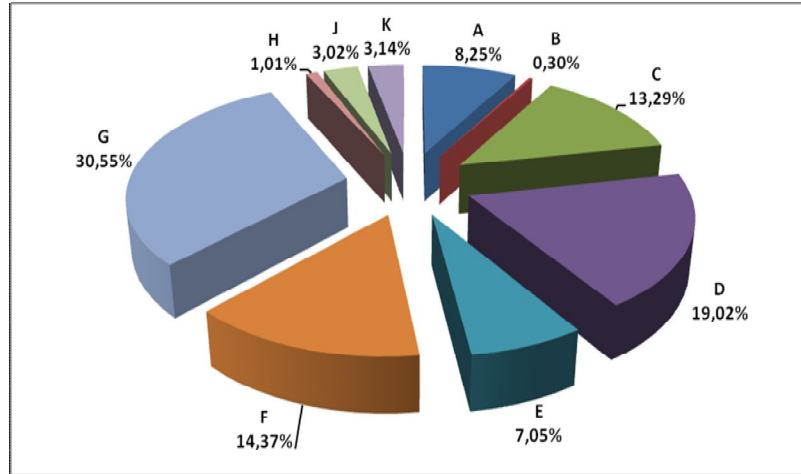
Veinott, Arthur T., Wagner, Harvey M. (1965) "Computing Optimal (s,S) Inventory Policies", Management Science 11, 525,552

EKLER

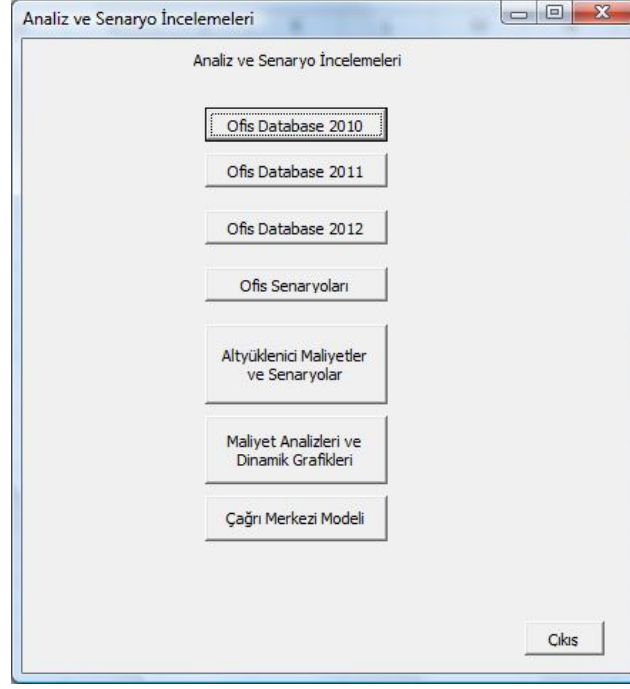
Ek 1. İş bildirim süreci



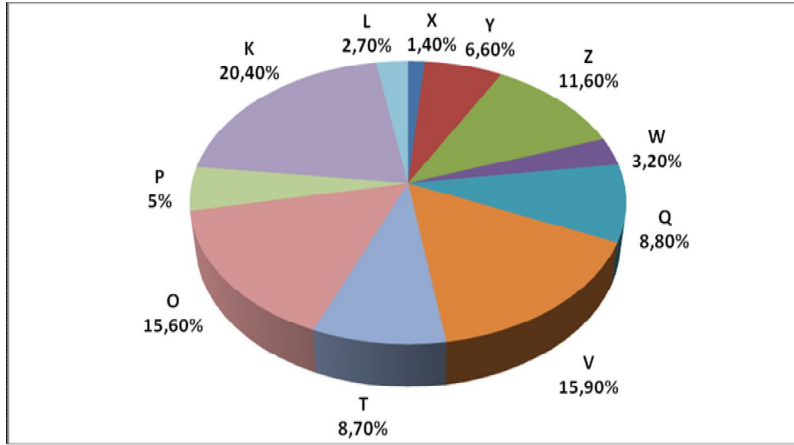
Ek 2. Müdahale tiplerinin dağılım yüzdesi



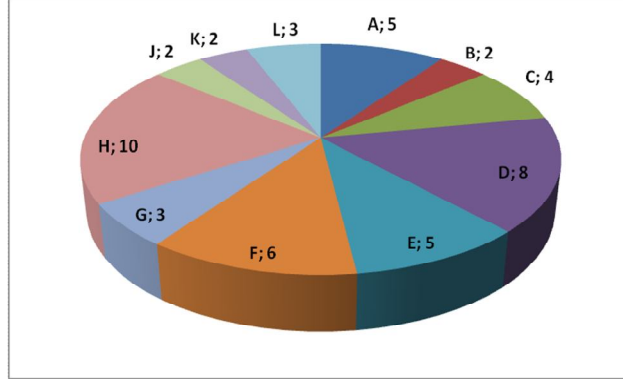
Ek 3. Excel uygulaması kullanıcı arayüzü



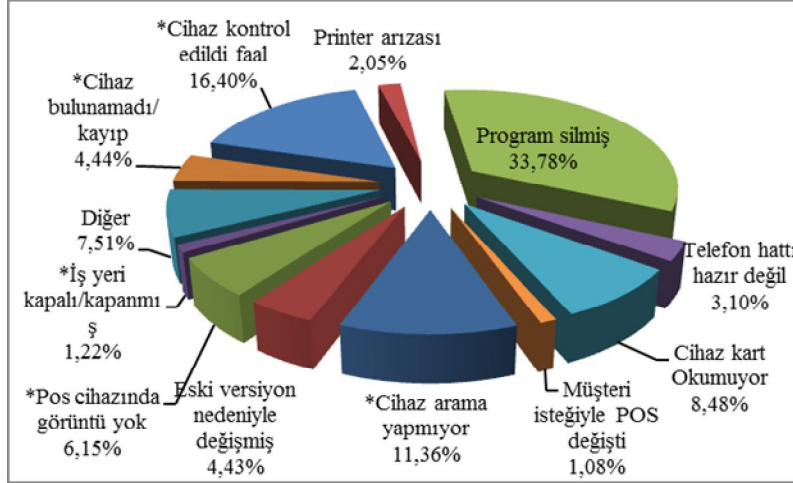
Ek 4. Değişimlerde kullanılan POS makinesi tipleri



Ek 5. Bagaj içindeki POS cihazlarının dağılımı



Ek 6. Gereksiz fiziksel müdahaleye sebep olan arıza tipleri



Ek 7. Kullanıcının girdiği 24 saatlik çizelgeleme

Zaman Aralıkları	Mevcut personel	Müdahale Sayısı (saat başına)
00.00 - 01.00	1	12
01.00 - 02.00	1	15
02.00 - 03.00	1	2
03.00 - 04.00	1	5
04.00 - 05.00	1	10
05.00 - 06.00	1	15
06.00 - 07.00	1	3
07.00 - 08.00	3	48
08.00 - 09.00	3	50
09.00 - 10.00	3	120
10.00 - 11.00	3	65
11.00 - 12.00	3	45
12.00 - 13.00	5	67
13.00 - 14.00	5	98
14.00 - 15.00	5	45
15.00 - 16.00	5	76
16.00 - 17.00	5	34
17.00 - 18.00	5	12
18.00 - 19.00	1	22
19.00 - 20.00	1	11
20.00 - 21.00	1	9
21.00 - 22.00	1	1
22.00 - 23.00	1	2
23.00 - 24.00	1	5

Ek 8: Tahmini servis seviyesinin ve gereken personel sayısının bulunması

Zaman Aralığı	Tahmini Servis Seviyesi	Gereken Personel Sayısı
00.00 - 01.00	100,00%	1
01.00 - 02.00	100,00%	1
02.00 - 03.00	99,33%	1
03.00 - 04.00	98,72%	1
04.00 - 05.00	99,33%	1
05.00 - 06.00	100,00%	1
06.00 - 07.00	92,80%	1
07.00 - 08.00	98,80%	1
08.00 - 09.00	91,90%	3
09.00 - 10.00	89,00%	3
10.00 - 11.00	87,00%	3
11.00 - 12.00	92,90%	3
12.00 - 13.00	95,90%	5
13.00 - 14.00	96,80%	5
14.00 - 15.00	97,35%	5
15.00 - 16.00	98,20%	5
16.00 - 17.00	95,70%	5
17.00 - 18.00	92,80%	5
18.00 - 19.00	90,90%	2
19.00 - 20.00	92,00%	1
20.00 - 21.00	100,00%	1
21.00 - 22.00	98,90%	1
22.00 - 23.00	97,33%	1
23.00 - 24.00	100,00%	1

Terminal Verimlilik Analizi ve İyileştirme Karar Destek Sistemi

Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.

Proje Ekibi

Ekrem Ozan Bahçeci
Aysu Bozkurt
Emre Karaaytaç
Dilek Keyf
Efe Subaşı

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Birhan Akçaboy, Kamil Koç Otobüsleri A.Ş.,
Satış Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Mustafa Ç. Pınar, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Rekabet şartlarının giderek zorlaştığı sektörde, Kamil Koç için bilet satışlarının %85'inin gerçekleştirdiği satış ofislerinin verimlilik analizlerinin etkin bir şekilde yapılması, açılacak ofislerin mevkilerine doğru şekilde karar verilmesi ve işgücünün verimli planlanması büyük önem teşkil etmektedir. Geliştirilen sistemle satış ofisleri verimlilikleri ölçülüp analiz edilmekte, açılacak ofislerin mevkilerinin belirlenmesinin kararında sayısal analizlerle destek sağlanmakta ve işgücü verimli bir şekilde planlanmaktadır. Bu sistemin Ankara için uygulaması yapılmış ve Türkiye geneline de uygulanabilecek duruma getirilmiştir. Java programlama dili kullanılarak geliştirilen kullanıcı ara yüzüyle verimlilik raporları oluşturulmaktadır. Yeni terminal açma analizleri Microsoft Excel üzerinde yapılmaktadır. İşgücü planlaması için ise bir personel atama yöntemi önerilmiştir.

Anahtar Sözcükler: VZA (Veri Zarflama Analizi), regresyon analizi, vardiya planlanması, satış ofisi (terminal)

1. Şirket Tanıtımı

Kamil Koç Otobüsleri A.Ş. ulaşım sektöründe 1926'dan beri hizmet veren köklü bir firmadır. Şirket, Türkiye çapında 27 şehirdeki ofisleriyle faaliyetlerini sürdürmektedir. Şirketin operasyonel faaliyetleri İstanbul, Ankara ve Bursa'daki genel merkezlerden yürütülmektedir. Kamil Koç 47 milyon dolar üzeri marka değeriyle en büyük 500 teşebbüs içindedir. Operasyonel büyüklük olarak, yıllık sekiz milyon yolcu 382 hizmet noktasından 3000 çalışan aracılığıyla hizmet almaktadır. Müşteriler telefon, internet, kiosk ve satış ofislerini kullanarak otobüs bileti temin edebilmektedirler.

2. Projenin Tanımı ve Sistem Analizi

2.1 Mevcut sistem analizi

Kamil Koç, bilet satışlarının büyük bir kısmını satış ofisleri kanalıyla gerçekleştirmektedir. Satış ofisleri sözleşmeli ve özmal olarak ikiye ayrılmaktadır. Sözleşmeli ofisler, işletmesi özel bir şahıs tarafından gerçekleştirilen ofislerdir. Sözleşmeli ofisler sattıkları bilet fiyatı üzerinden %10-15 oranında komisyon almaktadır. Özmal satış ofisi olarak adlandırılan ikinci tipte ise bütün işletme sorumluluğu Kamil Koç şirketi tarafından üstlenilmektedir. Bu satış ofislerine personel görevlendirilmesi ve ataması bölge müdürlükleri tarafından gerçekleştirilmektedir.

Mevcut sistemin verimlilik üzerine getirdiği yaklaşım iki parametreye dayandırılmıştır. Bu yaklaşımda bir satış ofisinin karının o satış ofisinin toplam cirosuna oranı bir verimlilik göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmayla şirket %8 üzeri orana sahip olan satış ofislerinin karlılığını kabul edilebilir olarak tanımlamaktadır. Bu göstergeye bakılarak satış ofisinin bir işletmeciye devredilmesi veya özmal satış ofisine çevrilmesi söz konusu olmaktadır. Daha önce satış ofisi bulunmayan bir bölgede faaliyet başlatma kararının alınması sayısal verilerden çok tecrübeli şirket çalışanlarının kararına bırakılmaktadır.

2.2 Şikâyetler

Mevcut sistem analizi sonrası belirlenen sorunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Mevcut satış ofisi verimlilik analizi az sayıda parametreye dayandırıldığından doğru bir gösterge olamayacağına kanaat getirilmiştir. Ayrıca bu az sayıda parametreler herhangi bir verimsizlik durumunda alınması gereken aksiyonlar hakkında herhangi bir fikir vermemektedir.
- Satış ofislerinin %30-40'ı bu verimlilik analizinde kabul edilebilir değer olan %8'in altında kalmaktadır.

- Yeni bir satış ofisi kararı alınırken hiçbir standart ölçüt göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu durumda, bu kararı almakla sorumlu yöneticiler arasında anlaşmazlıklar doğabilmektedir.
- Yeni bir satış ofisinin potansiyel satış hacmi üzerine hiçbir sayısal yaklaşım getirilmemektedir. Bu konu da yeni satış ofisi açma kararını zorlaştırmaktadır.
- Özmal satış ofislerinin personel görevlendirilmeleri satış ofisi müdürleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Fakat bu görevlendirilmelerin verimliliği ölçülmemektedir.

2.3 Problem tanımı ve amaç

Söz konusu şikâyetlere ek olarak, yolcu taşımacılığındaki rekabet ortamının giderek çetin bir hal aldığı da düşünülürse şirketin, eski çalışanlarının tecrübesine ilaveten analitik yaklaşımlara ihtiyacının giderek arttığı anlaşılmaktadır. Şirket ile yapılan görüşmelerde terminallerin verimliliklerinin ölçülmesinde yeterli bir sistemin olmadığı, yeni satış ofislerinin açma kararlarının standart ölçütlere bağlanmadığı ve işgücü planlanmasında uygulanan el ile atama yönteminin verimsiz sonuçlar verebileceği tespit edilmiştir. Bu tespitler ışığında problem, satış ofislerinin verimlilik ölçümlerinin, yeni ofis açma kararlarının ve personel atamalarının sistematik yaklaşımlar doğrultusunda bilimsel bir yaklaşımdan yoksun olması olarak tanımlanmıştır.

Projenin amacı standart kriterlere ve matematiksel metotlara dayanan bir karar destek sistemi geliştirmektir. Geliştirilmek istenen karar destek sistemiyle şirketin;

- Satış ofislerinin verimliliğinin doğru bir şekilde ölçülmesi
 - Yeni ofis açma kararının sayısal verilerle kolaylaştırılması
 - İşgücü planlanmasında verimliliğin artırılması
- konularında daha kesin bir anlayışa sahip olması hedeflenmektedir.

3. Önerilen Yöntembilim, Uygulaması ve Sonuçlar

Projenin önerdiği sistem üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, satış ofislerinin verimliliğinin ölçülmesi ve analiz edilmesi, yeni açılacak ofisler için karar desteği sağlanması ve işgücü planlanmasıdır.

3.1 Satış ofisi verimliliğinin ölçülmesi ve analizi

Bu kısımda Kamil Koç'un özmal veya sözleşmeli satış ofislerinin verimliliği Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak ölçülecek ve verimliliklerinin artırılması için gereken hedefler kullanıcıya sunulacaktır.

VZA, kıyaslamaya dayalı bir analizdir (Ulucan, 2000). Bu kıyaslama verimliliğe etki edecek faktörler olarak düşünülen satış ofislerine ait personel, kira, diğer giderleri ayrıca ofislerin cirosu ve kârı temel alınarak gerçekleştirilmektedir.

Satış ofislerinin giderleri (kira, personel gideri ve diğer giderleri) VZA girdilerini; ciro ve kâr ise VZA çıktılarını oluşturur. Kâr burada

[Ciro-Tüm Giderler] olarak alınmıştır. VZA girdileri ve VZA çıktıları verimlilik analizi kısmının girdilerini oluştururken *sabit ve değişken verimlilik skorları*, tam verimli satış ofisleri, dikkat gerektiren satış ofisleri, hedef VZA girdi ve çıktıların değerleri ve değişim yüzdeleri de bu analizin çıktıları oluşturmaktadır. VZA çıktıları yani ciro ve kâr arttığında verimlilik skoruna olumlu etki yaparken VZA girdileri yani giderler arttığında olumsuz etki yaparlar (Ulucan, 2000).

VZA bir doğrusal programlama modeli içerir. Modelin amaç fonksiyonu, VZA çıktılarının toplamının ağırlıklı VZA girdilerinin toplamına oranı olup model bu fonksiyonu maksimize edecek ağırlıklara karar verir (Ulucan, 2000) (Ek 1.1). İki farklı model ile iki farklı tip verimlilik skoru hesaplanabilmektedir. *Sabit skor* modeli veriler arasında doğrusal bir ilişkiyi varsayarken; *değişken skor* modeli doğrusal olmayan bir ilişki üzerinden hesaplanmaktadır (Coelli, 1996) (Ek 1.2). VZA, *girdi ve çıktı odaklı* olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilir. Ek 1.2'deki *değişken skor* için olan model *girdi odaklı* analiz için kullanılırken, bu modelin eşleniği olan model ise *çıktı odaklı* analiz için kullanılır.

Girdi odaklı analizde; VZA çıktıları sabit tutularak verimliliği arttırmak için VZA girdilerinde azalma miktarı hesaplanır. *Çıktı odaklı* analizde ise; VZA girdileri sabit tutularak verimliliği arttırmak için VZA çıktılarındaki artma miktarı hesaplanır (Coelli, 1996). İki analiz sonucunda da tam verimli satış ofisleri aynı ofislerdir. Tam verimli satış ofisleri; *sabit skoru* da, *değişken skoru* da bire eşit olan ofislerdir. Bu ofislerin özelliği, kıyaslama ile çalışan VZA tarafından hedef VZA çıktı ve girdilerine ulaşmak için kullanılmalarıdır.

VZA elde ettiği çift ağırlığı değerleriyle tam verimli olmayan ofislerin hedef girdi ve çıktıları hesaplar (Ek 1.3). Tam verimli satış ofislerinin verileri diğer ofislere örnek teşkil ettiği için bu ofislere hedef girdi veya çıktı bilgisi verilmez. Bu sebepten dolayı, her bir satış ofisine hedef değerler alabilmek için, VZA'ya hayali satış ofisleri ekleme işlemi gündeme gelir. Hayali satış ofisleri her aya eklenmek üzere 3 farklı ölçekte ele alınabilir. Küçük, orta ve büyük ölçekli hayali satış ofisleri var olan ofisler gibi analize eklenir. Hayali ofislerin VZA girdi ve çıktıları şirket tarafından gerçekçi hedefler olması şartıyla dönemlik olarak belirlenir. Hayali ofislerin verileri üzerinde, analizdeki tam verimli satış ofisleri bu ofisler olacak şekilde oynamalar yapılır. Böylece daha fazla satış ofisi için hedef girdi ve çıktılar elde edilmiş olur.

Daha çok satış ofisi için hedef çıktılar almanın başka bir yolu da satış ofislerini ortak özelliklerine göre sınıflandırarak,örneğin büyüklüklerine göre VZA'nın içine sokmaktır. Sistem bu tarz geliştirmelere açıktır. Bu raporda dönemlik ve ölçekli ayırımın

yapılmamasının sebebi; değişken verimliliklere sahip satış ofisleri arasında bir analiz yaparak, örnek yorumlamayı belirgin verilerle yapabilmektir. Ocak ayı için 29 satış ofisiyle hazırlanan sonuçların bir kısmı, cirolar ve karlar gizlenerek ekte verilmiştir (Ek 1.4). Şirketin de onayı alınarak, değişken skoru 0,7 değerinin altında olan ofisler dikkat gerektiren satış ofisleri olarak isimlendirilmiştir.

Analiz sonucu karşılaşılabilecek senaryolar ve alınabilecek bazı önlemler aşağıda sıralanmıştır;

- Hedef kira yüzdesinin en yüksek çıkması (*Girdi odaklı*):
- Verimliliği arttırmak için öncelikli ele alınması gereken faktörün kira olduğunu söyler. Kiranın mümkün olduğu ölçüde azaltılması gerekir; yani hedef kira yüzdesi yüksek çıkan bir ofise daha uygun kirası olan bir mekân bulmak öncelikli yapılması gerektirir.
- Hedef personel giderinin yüzdesinin en yüksek çıkması (*Girdi odaklı*):
- Satış ofislerinde hedef personel gideri genellikle bir personel gideri seviyesinde çıkmaktadır. Hedef personel giderleri değişim yüzdesi yüksek çıkan ofislerde alınabilecek tedbirler; vardiyaların yeniden düzenlenmesi, maaşlardaki değişiklikler, atamalarda değişiklikler veya çalışan sayısını azaltmadır.
- Hedef diğer giderlerin yüzdesinin en yüksek çıkması (*Girdi odaklı*):
- Ofisin kira ve personel giderleri haricindeki elektrik, yakıt, temizlik, telefon vb. bütün giderlerin verimliliğe etkisinin en fazla olduğunu gösterir. Şirketin VZA'ya sahip olmadan, sadece bütün satış ofislerinin ne ile ısındığını, ne kadar telefon giderinin olduğunu vb. giderlere yol açan unsurların bilinmesi durumunda yapabildiği bazı yorumlar, VZA'da doğrudan göze çarpmakta ve dikkat edilmesi gereken gider kalemleri belirtilmektedir.
- Hedef ciro değerlerinin yüzdesinin yüksek çıkması (*Çıktı odaklı*):
- *Çıktı odaklı* yapılan analizlerde amaç hedef ciro değişim yüzdesini görmektir. Elde edilen değerler ofis sorumlularına hedef olarak verilebilir. Hedef ciro değerleri giderlerin değiştirilemediği durumlarda verimli olmak için yapılması gereken ciroları temsil eder.
- Tam verimli çıkan satış ofisleri:
- Eğer bu ofisler özmal değil de sözleşmeli ofislerden ise, şirketin tercihine göre tam verimli satış ofislerini özmal ofislerine çevirme kararı alınabilir.

Sonuç olarak Veri Zarflama Analizi şirketin yeni ve tecrübesiz yöneticilerle yönetilmesi durumunda verimlilik analizlerinin aksatılmadan, doğru ve kolay bir şekilde yapılmasını ve alınması

gereken önlemlerin öncelik sırasının görülmesini sağlar. Bölge müdürleri ve işletmeciler için detaylı bir değerlendirme aracıdır.

Satış ofislerinin verimliliklerini hesaplamada kullanılan VZA matematiksel modeli Queensland Üniversitesi'nden Prof. Tim Coelli (1996) tarafından bir uygulama dosyasının kodlandırılmasıyla geliştirilmiştir. Bu uygulama dosyasının rahat bir kullanıma imkân sağlayacak bir grafik ara yüzüne ihtiyaç duymaktadır. Java programlama diliyle raporlamaların kolaylıkla gerçekleştirilmesi sağlayacak bir kullanıcı ara yüzü tasarlanmıştır (Ek 1.5). Program Windows işletim sistemi ile uyumlu olup yüksek bir bilgisayar performansı gerektirmemektedir. Farklı bilgisayarlara rahatlıkla aktarılabilir. Programın kullanımı oldukça basit olup kullanıcıya son raporları başarılı bir şekilde verebilmektedir.

3.2 Yeni açılacak ofisler için karar desteği sağlanması

Verimliliğe etki eden en önemli faktörlerden biri de satış ofisinin bulunduğu noktadır. Şirket, ilgili yöneticilerin tecrübesinin yanı sıra, bu kişilere karar aşamasında yol gösterecek, matematiksel veri ve analizlere dayanan bir yöntemin de geliştirilmesini talep etmektedir.

Bu durumda amaç “belirlenen bir noktada satış ofisi açılırsa ileride ne kadar verimli olabilir?” sorusuna cevap vermek olacaktır. Bu sebepten, VZA yeni satış ofisi açma kararında da kullanılacaktır. Fakat VZA modeli girdi ve çıktılarından, açılması planlanan satış ofisi için önceden bilinmeyen tek eleman satış ofislerinin potansiyel cirosudur.

Ciro tahmin edilip, VZA yapıldıktan sonra açılacak satış ofisinin diğer satış ofislerine göre ne kadar verimli olacağı görülebilecektir. Buna ek olarak, verimsiz çıkması halinde, verimli olması için aslında cironun, kiranın, personel ve diğer giderlerin ne düzeyde olması gerektiğini gösteren analizler de yapılabilecektir. Böylece, verimlilik skoru ve diğer göstergeler, deneyimlerle birleştirilip daha sağlıklı kararların verilmesi sağlanmış olacaktır.

3.2.1 Regresyon modeli

Potansiyel ciro, mevcut satış ofisleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilecek bir çoklu regresyon modeliyle tahmin edilecektir (Anderson ve Farley, 2006). Bu model, Y yıllık potansiyel ciro ve x 'ler ciroya etki eden faktörler olmak üzere, $Y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$ şeklinde tanımlanmıştır. Ciroya etki eden faktörlere yani x 'lere, satış ofislerinde yapılan gözlemler, model üstünde yapılan testler, çalışanlarla yapılan görüşmeler ve yönetimle olan fikir alış verişi sonucunda karar verilmiştir. Bu faktörler; x_1 : bölgenin nüfusu, x_2 : bölgenin gelir düzeyi, x_3 : noktanın yaya trafiği yoğunluğu ve x_4 : bölgedeki rakip firma sayısı olmak üzere dört adettir (Anderson ve Farley, 2006).

Bölgenin nüfusu, satış ofisinin bulunacağı noktanın etki alanı içindeki mahallelerin nüfuslarının tek tek toplanmasıyla bulunmuştur.

Mahallelerin nüfuslarına ait bilgiler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TUİK) temin edilmiştir. Etki alanına ise iki satış ofisi arasındaki ortalama uzaklıklar ve yürüme mesafesi göz önünde bulundurularak karar verilmiştir. Bu alan, belirlenen noktayı merkez kabul ederek 0.75 km – 0.85 km arası yarıçaplı bir çember çizilmesiyle bulunur. İki veya daha fazla satış ofisinin etki çemberlerinin kesiştiği durumlarda ise, kesişen alan içinde kalan mahallelerin nüfuslarının kesişen satış ofisi adedine bölünmesiyle, potansiyel müşterilerin birden fazla sayılmasının önüne geçilmiştir.

Bölgenin gelir düzeyi bulunurken yine satış ofisinin etki alanı içinde kalan mahalleler incelenmiştir. Mahallelerin gelir düzeylerine ait herhangi bir istatistikî bilgi mevcut olmadığından, yapılan araştırmalar sonucu, mahallelere ait emlak fiyatlarının bir gelir düzeyi göstergesi olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda, standart bir emlak ve getiri tipi belirlenmiş ve daha sonra her mahalle için değeri öğrenilmiştir. Bu çalışma, emlak şirketleri aracılığıyla yapılmıştır. Türkiye genelinde en yaygın konut tipi olan, “üç oda bir salon”, ara katta bulunan ortalama on yıllık bir konutun kirası gelir düzeyini ölçmek için kullanılmıştır. Sonuç olarak, gelir düzeyi, etki alanı içindeki mahallelerin belirlenen tipteki konut kiralarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Satış ofisinin bulunacağı noktanın yaya trafiği yoğunluğu; noktanın önünden geçen yayaların, bir hafta boyunca, gün içinde, o bölge için yoğun ve nispeten tenha olan iki saatte 10’ar dakika sayılıp ortalamasının alınmasıyla bulunmuştur. Etki alanı içindeki rakip firma sayısı yine şirketten temin edilmiştir.

Regresyon modeli 15 satış ofisinin verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Alışveriş merkezleri ve üniversiteler içindeki satış ofisleri, Menekşe ve İzmir Caddesi gibi konum ve özellikleri diğer satış ofislerinden farklı olan ofisler modele dâhil edilmemiştir. Regresyon analizi bütün veriler toplandıktan sonra Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır. Buradaki önemli nokta ise, fonksiyonun yıllık ciro tahmini yapmasıdır. Dolayısıyla, VZA modeli için işlem yapılırken yıllık veriler kullanılmalıdır.

15 satış ofisinin verisiyle hazırlanan modelin istatistikî geçerliliğini gösteren bütün değerler kabul edilebilir sınırlar içinde çıkmış olsa da, yüksek sapmalar gösteren Batıkent ve Elvankent çıkartılarak, analiz tekrar edilmiştir. Bunun sonucunda gerçeğe daha yakın tahminler elde edilmiştir (Ek 2.1). Tahmin edilen cirolar ile mevcut cirolar arasındaki yıllık sapma (55.000 TL) şirket tarafından oldukça makul bulunmuştur. Modele ait ciro fonksiyonu;

$$Y = (8,966999x_1) + (370,5226x_2) + (5523,256x_3) + (-47887x_4)$$
 şeklindedir.

3.3 İşgücü planlaması

İşgücü planlama çalışması Ankara’da bulunan sekiz özmal Kamil Koç satış ofisini kapsamaktadır. Bunlar; Bilkent, Beytepe, ODTÜ, Küçük Esat, İzmir Cadde, Bahçelievler, Menekşe ve TCDD Gar ofisleridir. Bilkent, Beytepe ve ODTÜ ofisleri pazar günleri kapalıdır.

İşgücü planlaması için bir tam sayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Model oluşturulurken Raik Stolletz’in (2009) çalışan atama maliyetini düşürmeyi amaçlayan “Operational Workforce Planning for Check-in Counters at Airports” makalesindeki modelden yararlanılmıştır. Stolletz’in modelinin girdileri; gün içerisinde planlanması gereken periyot sayısı, planlanacak gün sayısı, günlük vardiya tipleri ve periyotlara atanması gereken çalışan sayılarıdır. Stolletz’in modeli Kamil Koç’un durumuna göre modifiye edilmiştir. Geliştirilen modelin girdileri; gün içerisinde bütün satış ofislerinin olası vardiyaları, planlanacak gün sayısı, günlük on saat ve haftada beş gün çalışacak çalışanların sayısı, günlük en fazla sekiz saat ve haftada altı gün çalışacak çalışanların sayısı, vardiya süreleri ve vardiyalara atanması gereken çalışan sayılarıdır. Modelin çıktısı işgücü planlamasını vermektedir. Geliştirilen model, çalışanları vardiyalara atama maliyeti azaltma odaklı olsa da atanan çalışan sayısının minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Zorunlu vardiyaları bulunan Bilkent, Beytepe, ODTÜ ve İzmir Cadde ofislerinin dışındaki satış ofislerinin olası vardiyaları ofislerin açılış ve kapanış saatlerine, şirketten aldığımız geri bildirimlere ve yasal düzenlemelere göre belirlenmiştir. Şirketin deneyimlerine göre beş saatten daha az süren vardiyalar bir ofisten başka bir ofise sık ulaşım gerektiğinden verimsiz olarak görülmektedir. Günlük yasal çalışma saati en fazla 10 saat olduğu için en uzun vardiya 10 saat olarak belirlenmiştir. Bu durumlar göz önüne alınarak her satış ofisi için olası vardiyalar oluşturulmuştur. Toplamda 30 olası vardiya tespit edilmiştir. Çalışma saatleri içerisinde satış ofislerinin çalışsınız kalmaması için o ofis için olası bir vardiya seçildiği durumda o vardiyayı takip eden vardiyanın da seçilmesi gerekmektedir. Bu durumda olan vardiyalara *vardiya çifti* denilmiştir.

Modelin girdilerinden olan günlük 10 saat ve haftada beş gün çalışacak çalışanların sayısı ile günlük sekiz saat haftada altı gün çalışacak çalışanların sayısının tespiti için şu yöntem izlenmiştir. Önce modele mevcut sistemde kullanılan bu parametreler girilmiştir. Sonra bu sayılar model çalışmaz duruma gelene kadar düşürülür ve modeli çalıştıran en küçük sayılar bulunur. Bu sayılar geliştirilen modelin parametreleri olarak kullanılır.

Değişik vardiya tiplerinin etkisinin görülebilmesi için değişik senaryolar oluşturulmuştur ve bu senaryoların modelleri GAMS ile

kodlanmıştır. Senaryoları birbirinden ayıran özellik içerdikleri olası vardiya tipleridir. Sezgilere dayanarak “Beş saat olan vardiyalar seçildiğinde gereken çalışan sayısını azalır” hipotezi kurulmuştur.

Model A, beş saat süren vardiyalar olmadan ve bütün çalışanların haftalık çalışma saatini 50 saat ve altı gün ile kısıtlayan bir model olarak geliştirilmiştir. Bu modeli çalışabilir kılan en düşük çalışan sayısı 21 olarak bulunmuştur. Sadece beş saat süren vardiyaların etkisinin görülmesi için bütün olası vardiyaları içeren ve bütün çalışanların haftalık çalışma saatini 50 saat ve altı gün ile kısıtlayan bir model olan Model B geliştirilmiştir. Bu modeli çalışabilir kılan en düşük çalışan sayısı 19 olarak saptanmıştır. Model A'nın ve Model B'nin sonuçları kıyaslanarak beş saat süren vardiyaların seçilmesinin gereken çalışan sayısını düşürmek için ciddi bir etkisinin olduğu saptanmıştır. 10 saat süren vardiyaların beş saat süren vardiyalar olmadan bir etkisi olup olmadığını analiz edebilmek için 10 saat ve beş saat süren vardiya tiplerini içermeyen Model C ile on saat süren vardiya içeren fakat beş saat süren vardiya içermeyen Model D oluşturulmuştur. Bu iki modelde de bütün çalışanların haftalık çalışma saati 50 saat ve altı gün ile kısıtlanmıştır. Model C ile Model D'nin kıyaslanması sonucunda on saat süren vardiyaların beş saat süren vardiyalar olmadan gereken çalışan sayısını azaltıcı bir etkisi olmadığına ulaşılmıştır.

Denenen senaryoların incelenmesi sonucunda hipotez doğrulanmıştır. İş gücü planlamasının, anlık verilecek bir karar olmadığı, uzun süre aynı uygulandığı ve bilgisayar programının geliştirilmesinin maliyetli olacağı göz önüne alınarak bilgisayar programına gerek duyulmadan, elle kolayca yapılabilecek, şirketin uygulamalarını ve yasal düzenlemelere uyan bir yöntem geliştirilmiştir (Ek 3.1). Geliştirilen yöntemle gereken çalışan sayısı, yedi çalışan haftada beş gün ve 50 saat, 13 çalışan haftada altı gün ve 48 saat çalışmak üzere toplam çalışan sayısı 20 olarak bulunmuştur.

Bu yöntem, geliştirilen modelin GAMS ile kodlanıp, sonuçlarının karşılaştırılmasıyla doğrulanmaya çalışılmıştır (Ek 3.2). Bu modelin çalışabilir olması için çalışan sayısı, yedi çalışan haftada beş gün ve 50 saat, 13 çalışan haftada altı gün ve 48 saat çalışmak üzere toplam gereken çalışan sayısı 20 olarak bulunmuştur. Böylece geliştirilen yöntemin kabul edilebilir olduğu kanıtlanmıştır.

Ancak yöntemin uygulanamayacağı koşullarda, başka hiçbir vardiya sistemi toplam gereken işçi sayısını azaltmadığından, en kolay yöntem olan terminallerin toplam çalışma sürelerini ikiye bölüp, sırayla işçi ihtiyaçlarını sağlamak yeterli olacaktır. Bu durumda ise 21 işçi gerekecektir. Son olarak, görülmüştür ki Bilkent ve ODTÜ terminallerinin cumartesi günleri de kapatılmasıyla haftalık işgücü ihtiyacı 19 işçiye düşmektedir.

KAYNAKÇA

Anderson, B., Farley, C.U., 2006. "Some Analytical Approaches to the Branch Location Problem".

Coelli, T.J., 1996. "A Guide to DEAP Version 2.1: Data Envelopment Analysis (Computer) Program", Center for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Australia.

Stolletz, R., 2009. "Operational Workforce Planning for Check-in Counters at Airports", Technical University of Denmark, Denmark.

Ulucan, A. 2000. "IS0500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımlarıyla Değerlendirmeler, Center Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ankara.

EKLER

Ek 1 Veri zarflama analizi

Ek 1.1 Ağırlıklı girdi çıktı oranı

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}}$$

Parametreler:

X_{ik} : k. satış ofisinin i. VZA girdisinin mevcut değeri

Y_{rk} : r. satış ofisinin r. VZA çıktısının mevcut değeri

μ_0 : bir katsayı

ε : sıfırdan çok az büyük olan bir değer

Karar değişkenleri

u_{rk} : k. satış ofisinin r. VZA çıktısının ağırlığı

v_{ik} : k. satış ofisinin i. VZA girdisinin ağırlığı

Ek 1.2 VZA modeli

Değişken skorlar için;

$$\text{Max } h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} - \mu_0$$

S.t

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \mu_0 \leq 0 \quad ;$$

$j=1, \dots, n$

$u_{rk} \geq \varepsilon ; r = 1, \dots, s$

$$v_{ik} \geq \varepsilon ; i = 1, \dots, m$$

μ_0 urs

X_{ik} : k. satış ofisinin i. VZA girdisinin mevcut değeri

Y_{rk} : k. satış ofisinin r. VZA çıktısının mevcut değeri

μ_0 : Bir katsayı

ε : sıfırdan çok az büyük olan bir değer

u_{rk} : k. satış ofisinin r. VZA çıktısının ağırlığı

v_{ik} : k. satış ofisinin i. VZA girdisinin ağırlığı

Sabit Skorlar için (girdi odaklı);

$$\text{Max } \sum_{r=1}^n u_r y_r$$

S.t:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_i = 1$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_r - \sum_{i=1}^m v_i x_i \geq 0$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Ek 1.3 Hedef hesabı

$$\text{Hedef çıktı} = \sum_{j=1}^n \lambda_{kj} X_{rj}, \quad r=1, \dots, s$$

$$\text{Hedef girdi} = \sum_{j=1}^n \lambda_{kj} X_{rj} \quad r=1, \dots, s$$

Ek 1.4 Ocak Ayı Çıktı Dosyası

OCAK AYI GİRDİ ODAKLI ANALİZ ÇIKTI DOSYASI

HEDEFLER	Ciro	Kar	Personel	Kira gideri	Diğer	SKORLAR	Sabit Skor	Değişken
OFİS1	%0,00	%1,65	%0,00	%-27,55	%-15,74	OFİS1	0,5530	1,0000
Orijinal	20.418	18.180	1.088	1.000	150	OFİS2	0,4480	1,0000
Hedef	20.418	18.479	1.088	724,49	126,39	OFİS3	0,7460	0,7850
OFİS2	%0,00	%1,38	%0,00	%-27,80	%-27,80	OFİS4	0,5820	0,6460
Orijinal	22.690	20.582	1.088	800	220	OFİS5	0,5650	1,0000
Hedef	22.690	20.865	1.088	577,62	158,85	OFİS6	0,8650	1,0000
OFİS3	%0,00	%6,20	%-54,41	%-37,50	%-21,53	OFİS7	0,4700	0,9070
Orijinal	58.760	51.240	2.400	4.800	320	OFİS8	0,2540	0,9070
Hedef	58.760	54.414	1.094,24	3.000	251,09	OFİS9	1,0000	1,0000
OFİS4	%0,00	%3,45	%-35,43	%-35,43	%-35,43			
Orijinal	48.694	44.378	2.176	1.800	340			
Hedef	48.694	45.907	1.405,03	1.162,25	219,54			
...								
OFİS8	%0,00	%25,24	%-9,33	%-73,11	%-22,19			
Orijinal	8.122	5.192	1.200	1.600	130			
Hedef	8.122	6.502	1.088	430,17	101,16			
OFİS9	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00			
Orijinal	58.486	54.148	1.088	3.000	250			
Hedef	58.486	54.148	1.088	3.000	250			

OCAK AYI ÇIKTI ODAKLI ANALİZ ÇIKTI DOSYASI

HEDEFLER	Ciro	Kar	Personel	Kira gideri	Diğer	SKORLAR	Sabit Skor	Değişken
...						OFİS1	0,5530	0,6400
OFİS4	%64,68	%71,49	%-10,63	%0,00	%0,00	OFİS2	0,4480	0,5890
Orijinal	48.694	44.378	2.176	1.800	340	OFİS3	0,7460	0,7730
Hedef	80.186	76.102	1.944,62	1.800	340	OFİS4	0,5820	0,6070
OFİS5	%53,26	%59,03	%0,00	%0,00	%-21,55	OFİS5	0,5650	0,6520
Orijinal	29.816	27.018	1.088	1.400	310	OFİS6	0,8650	1,0000
Hedef	45.696	42.965	1.088	1.400	243,19	OFİS7	0,4700	0,7290
OFİS6	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	OFİS8	0,2540	0,3660
Orijinal	31.928	29.690	1.088	1.000	150	OFİS9	1,0000	1,0000
Hedef	31.928	29.690	1.088	1.000	150			
OFİS7	%37,22	%42,85	%-9,33	%0,00	%-20,13			
Orijinal	17.372	15.452	1.200	500	220			
Hedef	23.837	22.073	1.088	500	175,71			
OFİS8	%173,0	%288,9	%-9,33	%-52,08	%0,00			
Orijinal	8.12	5.192	1.200	1.600	130			
Hedef	22.180	20.195	1.088	766,67	130			
OFİS9	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00			
Orijinal	58.486	54.148	1.088	3.000	250			
Hedef	58.486	54.148	1.088	3.000	250			

Ek 1.5 Kullanıcı arayüzü



Ek 2. Yeni terminal açma sistemi

Ek 2.1 Regresyon analizi sonucu

ÇIKTI ÖZETİ						RESIDUAL OUTPUT		
Regression Statistics						Observation	Predicted Y	Residuals
Multiple R	0.996657					1	897469	10242.03
R Square	0.993326					2	941017.8	-14009.8
Adjusted R Square	0.87999					3	638491.9	-5693.42
Standard Error	63610.49					4	588055.5	68727.04
Observations	13					5	557735.3	-105866
ANOVA						6	546078.4	-32828.9
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sign. F</i>	7	958667.6	49989.93
Regression	4	5.42E+12	1.36E+12	3.348.847	6.18E-09	8	331369.3	-101169
Residual	9	3.64E+10	4.05E+09			9	442704.7	12312.3
Total	13	5.46E+12				10	504076.5	-23357
	<i>Coeff.</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>		11	609421.8	54178.18
Intercept	0	#N/A	#N/A	#N/A		12	444598.7	43396.77
X Variable 1	8.966.999	1.357.281	6.606.591	9.85E-05		13	564322.2	-28714.7
X Variable 2	3.705.226	6.122.513	6.051.805	0.00019				
X Variable 3	5.523.256	7.049.692	7.834.747	2.61E-05				
X Variable 4	-47887	16149.87	-296.516	0.015826				

Ek 3. İşgücü planlaması

Ek 3.1 Geliştirilen yöntem

1. Öncelikle birbirini takip eden, çakışmayan, farklı satış ofislerine ait beş saatlik vardiyalar belirlenir.
2. Her bir vardiya için gereken adam sayısı göz önünde bulundurularak olabilecek en fazla işçi bu vardiyalara atanır ve bu vardiyalar hafta boyu kullanılır.
3. Bu vardiyaların hafta boyu kullanılmasını ve günde 10 saat çalışan işçilerin beş gün boyunca hep 10 saat çalışıp iki gün tatil yapmalarını garanti altına almak için; *aşağı yuvarla* [(Birinci ve ikinci basamağa göre günde 10 saat çalışacak işçi sayısı x 2) / 5] + 1 formülü kullanılarak gereken, günde 10 saat çalışacak diğer işçilerin sayısı bulunur. İkinci basamaktaki işçi sayısı ile toplanır. Bu sayı haftada toplam 10 saatlik vardiyalarda çalışan işçi sayısıdır.
4. Günde 10 saat çalışacak işçi sayısına karar verdikten sonra bu işçiler tek tek vardiyalara atanır. Atanacak işçinin, daha önce atanmış olan işçiden boş kalan tatil günlerini dolduracak şekilde

yerleştirilmesi esastır. Öncelikle beş saatlik ve 10 saatlik vardiyalar; daha sonra ise diğer vardiyalara her ofisin ihtiyacı karşılanana kadar işçi atanır.

Ek 3.2 Matematiksel model

Kümeler:

$D = 1 \dots d$ D, işgücü planlaması yapılacak günleri belirtmektedir.

$J = 1 \dots j$ J, olası vardiya tiplerini belirtmektedir.

$J1 = \{j \in J : C_j \neq 10 \text{ ve } C_j \neq 5\}$

$J2 = \{j \in J : C_j = 10 \text{ veya } C_j = 5\}$

$J \supseteq J1, J \supseteq J2$

$E = 1 \dots e$ E, bütün çalışanları göstermektedir.

$E1 = 1 \dots e1$ E1, günde sekiz saat, haftada en fazla 48 saat çalışan çalışanları göstermektedir.

$E2 = 1 \dots e2$ E2, günde 10 saat, haftada en fazla 50 saat çalışan çalışanları göstermektedir.

$E \supseteq E1, E \supseteq E2$

$V_n = \{n \text{ satış ofisinin olası vardiyaları}\}; n=1..N$

$J = V1 \cup V2 \cup \dots \cup Vn \quad n = 1..N$

Parametreler:

$C_j = j$ vardiyasının süresi (saat)

$R_{j,d} = j$ vardiyasına d günü atanması gereken çalışan sayısı

$A_{z,t} =$

$\begin{cases} 1, & \text{eğer } z \text{ vardiyasının çalışma saati } t \text{ vardiyasının çalışma saatiyle çakışıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad \forall z, t \in J$

Karar Değişkenleri:

$P_{ejd} = \begin{cases} 1, & \text{eğer çalışan } e, d \text{ günü olan } j \text{ vardiyasına atanmışsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad \forall e \in E; d \in D; j \in J$

$Y_{ed} = \begin{cases} 1, & \text{eğer çalışan } e, d \text{ günü herhangi bir vardiyaya atanmışsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad e \in E; d \in D$

$X_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ vardiyası seçilmişse} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad j \in J$

Amaç fonksiyonu:

Amaç fonksiyonu işgücü maliyetini minimize eder.

Enküçükler $F = \sum_{e=1}^E \sum_{j=1}^J \sum_{d=1}^D (C_j \cdot P_{ejd} + Y_{ed})$

Kısıtlar:

Bir çalışan aynı günde birden fazla vardiyada çalışabilir. E1 kümesindeki çalışanlar J1 kümesindeki vardiyalara, E2 kümesindeki

çalışanlar J_2 kümesindeki vardiyalara, atanmalıdır.

$$\sum_{j \in J_1} P_{ejd} \leq 100 Y_{ed} \quad \forall e \in E1, \forall d \in D$$

$$\sum_{j \in J_2} P_{ejd} \leq 100 Y_{ed} \quad \forall e \in E2, \forall d \in D$$

E1 kümesinde olan her çalışan bir haftada en fazla altı gün çalışır.

$$\sum_{d=1}^D Y_{ed} \leq 6 \quad \forall e \in E1$$

E2 kümesinde olan her çalışan bir haftada en fazla beş gün çalışır.

$$\sum_{d=1}^D Y_{ed} \leq 5 \quad \forall e \in E2$$

Bir günün bir vardiyasına atanan çalışan sayısı en az, o gün seçilmiş olan vardiyanın çalışan ihtiyacı kadar olmalıdır.

$$\sum_{e=1}^E P_{ejd} \geq R_{jd} X_j \quad \forall j \in J, \forall d \in D$$

E1 kümesindeki çalışanlar günde en fazla sekiz saat çalışabilir.

$$\sum_{j=1}^J C_j P_{ejd} \leq 8 \quad \forall e \in E1, \forall d \in D$$

E2 kümesindeki çalışanlar günde en fazla 10 saat çalışabilir.

$$\sum_{j=1}^J C_j P_{ejd} \leq 10 \quad \forall e \in E2, \forall d \in D$$

E1 kümesindeki çalışanlar bir haftada en fazla 48 saat çalışabilir.

$$\sum_{d=1}^D \sum_{j=1}^J C_j P_{ejd} \leq 48 \quad \forall e \in E1$$

E2 kümesindeki çalışanlar bir haftada en fazla 50 saat çalışabilir.

$$\sum_{d=1}^D \sum_{j=1}^J C_j P_{ejd} \leq 50 \quad \forall e \in E2$$

$N(V_n)$ V_n kümesinin eleman sayısını göstermek üzere,

$$\sum_{X \in V_n} X = \begin{cases} 1, & \text{eğer } n(V_n) = 1 \\ 2, & \text{eğer } n(V_n) \geq 2 \end{cases} \quad \forall n$$

Eğer bir satış ofisinin olası vardiyaları mevcutsa bu vardiyalardan sadece iki tanesine çalışan atanmalıdır.

$$X_j = X_y; \quad \forall j \text{ ve } y \text{ vardiya çifti}$$

$$P_{ezd} + P_{etd} < 1; \quad \forall z, t \in J : A_{zt} = 1, \forall e \in E$$

Merkezi Afet Yönetiminde Karar Destek Sistemi Tasarımı

Türk Kızılayı

Proje Ekibi

Okan Dükkancı

Öner Koşak

Ali İrfan Mahmutoğulları

Haşim Özlü

Nur Timurlenk

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Kurumsal Danışmanlar

Eylem Şavur, Seval Güzelkılınç, Gökhan Dilmaç,
Türk Kızılayı, Afet Operasyon Merkezi (AFOM)

Akademik Danışman

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

ÖZET

Bu projede, kurumun herhangi bir afetin meydana geldiği yere iki saat içinde ulaşma hedefi baz alınarak Kızılay'ın bölgesel ve yerel afet yönetim merkezleri, stratejik ve taktiksel açıdan değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, kurumun mevcut merkez konumları bakımından etkin hizmet veremediği gözlenmiştir. Ayrıca, bu merkezlerin envanter seviyeleri incelendiğinde birçok merkezde depolanan malzemelerin kritik stok seviyelerinin altında olduğu görülmüştür. Bu problemi gidermek ve afet yönetimi merkezlerinin en uygun yerlerini belirlemek amacıyla bir matematiksel model oluşturulmuştur. İl ve ilçe kırılımında nüfus ve geçmiş afet verileri modele entegre edilmiş ve çözüm, kurumun kullanımına sunulmuş olan karar destek sisteminde kullanılmıştır. Bu sistemde, Kızılay'a bir sonraki merkezin nereye açılacağı, istenilen merkezi kapatma, bir afette ortaya çıkacak afetzede sayısı tahmini gibi modüller yer almaktadır.

Anahtar Sözcükler: Türk Kızılayı, afet riski, karar destek sistemi, lojistik, envanter

1.Kurum Tanıtımı

11 Haziran 1868 tarihinde “Osmanlı Yaralı ve Hasta Askerlere Yardım Cemiyeti” adıyla kurulan Türk Kızılayı, bugünkü adını 1947 yılında almıştır. Türk Kızılayı, kar amacı gütmeyen ve halkın yararına ücretsiz ve gönüllü olarak hizmet eden yasayla kurulmuş bir sosyal yardım kuruluşudur. Kızılay, Uluslararası Kızılay ve Kızılhaç Dernekleri (IFRC)’nin temel ilkelerini paylaşır. Bu ilkeler; insanlık, ayırım gözetmemek, tarafsızlık, bağımsızlık, hayır kurumu niteliği, birlik ve evrensellik başlıkları altında özetlenmektedir[7].

Türkiye, fay hatlarının üzerinde bulunması, yer şekilleri ve iklimsel özellikleri nedeniyle birçok afete maruz kalmaktadır. Büyük depremler, heyelanlar, çığ, kaya düşmesi ve sel gibi doğal afetler Kızılay’ın müdahale kapsamı dahilindedir. Yurt içi ve yurt dışı birçok olayda görev alan Kızılay, benimsediği prensiplerle birlikte misyonunu “toplumun güç ve kaynaklarını harekete geçirerek insan saygınlığının korunması doğrultusunda her koşulda, yerde ve zamanda muhtaç ve korunmasız insanlara yardım etmek ve toplumun afetlerle mücadele kapasitesinin geliştirilmesini desteklemek” olarak belirlemiştir.

2. Proje Tanımı

2.1. Afet yönetim döngüsü ve Kızılay'ın görevleri

Kızılay, uluslararası ve ulusal mevzuat çerçevesinde ve tüzüğünde tanımlanan görev ve hizmet alanları doğrultusunda birbirinden farklı faaliyet alanlarında hizmet sunmaktadır. Bu hizmetlerden “Afet Yönetimi”, bu projenin konusu olarak incelenecektir. Kızılay, afeti doğal, teknolojik ya da insan kaynaklı; gündelik hayatı olumsuz etkileyen ve insanların yaşamında fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan olay şeklinde tanımlamaktadır.

Afet yönetimi; hazırlık, müdahale, iyileştirme ve yeniden inşa safhalarını içerir. Türk Kızılayı, afet yönetim döngüsünün hazırlık ve müdahale safhalarında aktif rol alır. Müdahale sırasında Kızılay’ın bölgesel ve yerel afet yönetim merkezleri (BAYM ve YAYM) afetzedelerin barınma, beslenme ve kısmi sağlık ihtiyaçlarını sağlamak amacıyla onlara acil ihtiyaç malzemelerinin ulaştırılmasından sorumludur. Kurum günümüzde, biri Ankara genel merkez olmak üzere, 10 BAYM ve ülkenin çeşitli illerinde yer alan 23 YAYM ile hizmet vermektedir (Ek 1). 31 şehirde konuşlandırılmış bu merkezlerin farklı kapasitelere sahip depoları bulunmaktadır.

Türk Kızılayı ile yapılan görüşmeler sonucunda kurumun afet yönetimde izlediği basamakların akış şeması çıkartılmıştır. Bu şemadaki bilgi akışının hassasiyetinin yanında afet yönetim merkezlerinin konumları, kurumun lojistik faaliyetleri açısından önem arz etmektedir. Kızılay’ın en önemli amaçlarından biri, olası afet durumunda öncü ekiplerin en geç iki saat içerisinde olay yerine ulaşmasını sağlamaktır.

Bölgesel ve yerel merkezlerdeki stok seviyeleri de Kızılay açısından önem taşımaktadır. Afet anında acil ihtiyaç malzemelerinin en kısa zamanda, mümkün olduğunca çok afetzedeye ulaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle Kızılay, malzemelerin önem sırasını, tedarik koşullarını ve raf ömürlerini göz önünde bulundurarak altı farklı malzeme çeşidini (çadır, battaniye, uyku tulumu, yatak, soba ve mutfak seti) stoklarında tutmaktadır. Kurum, depolarındaki malzemelerin stok seviyelerini ve raf ömürlerini bir ERP sistemi ile takip etmektedir.

2.2 Problem tanımı ve proje kapsamı

Türk Kızılayı'nın projeden beklentisi, stratejik karar ve uygulamalar doğrultusunda Türkiye'de meydana gelebilecek herhangi bir afette, afetzedelere en geç iki saatte ulaşmak olan organizasyonel hedeflerini gerçekleştirilmesine yardımcı olacak bir sistemdir. Bu beklenti sonucunda projenin amacı, stratejik ve operasyonel kararlarla afet müdahale zamanını kısaltmak ve etkinliğini arttırmak olarak belirlenmiştir.

Problem Tanımı: Afet sonrası ilk müdahale, acil malzeme ihtiyacı tespiti yapılması açısından büyük önem taşımaktadır. Geçmişteki müdahaleler incelendiğinde Türk Kızılayı'nın lojistik ve stok planlamasında bilimsel yöntemler yerine, pratikte edinilen deneyimlerle alınan kararlar doğrultusunda hareket ettiği gözlemlenmiştir. Bu durumun sonucu olarak kaynaklar tam kapasiteyle kullanılamamakta, bölgesel ve yerel afet merkezleri etki alanlarındaki bazı bölgelere yeterli hizmet sağlanamamaktadır (Ek 1).

Bu gözlemler dikkate alındığında, problem; mevcut bölgesel - yerel afet yönetimi merkez konumları ve izlenen yöntemle bu merkezlerden afet alanına iki saat içerisinde gidilememesi ve bölgesel ve yerel afet yönetim merkezlerinde hizmet alanının afet riskleri ve nüfus yoğunluğu dikkate alınarak kritik seviyede acil ihtiyaç malzemesinin stoklanamaması olarak tanımlanabilir.

Yukarıda belirtilen problem tanımı ve kurum beklentileri doğrultusunda proje kapsamı, Türk Kızılayı'nın bölgesel ve yerel afet merkezlerinin yerleşim ve stok kapasitelerine göre değerlendirilmesi, uygun yerleşim, stok kapasitelerinin belirlenmesi ve Kızılay'ın bundan sonraki afetlerde kullanması için bir karar destek sistemi oluşturulması olarak belirlenmiştir.

3. Analiz

3.1. Mevcut durum analizi

Afet alanlarına en kısa sürede ulaşmak afetzedelere psikolojik destek sağladığı gibi aynı zamanda acil barınma, beslenme ve sağlık hizmetlerinin sağlanması konusunda önem arz etmektedir. Ekiplerin saatte 90 km hızla hareket edebileceği öngörülerek bütün bölgesel ve yerel merkezlerin hizmet verebildiği alan hesaplanmıştır. Kızılay'ın

toplam 33 merkeziyle iki saat içerisinde Türkiye'deki toplam 953 ilçenin 150'sini, Türkiye nüfusunun %9,58'ini, kapsayamadığı görülmüştür. Yerel merkezlerin yalnızca buldukları illerde sorumlu olduğu ve bölgesel merkezlerin 2 saat kapsama alanları olduğu düşünüldüğünde ise 953 ilçenin 335'inin, nüfusun %25,8'inin, kapsanamadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu merkezlerdeki minimum ve maksimum stok seviyeleri kurum tarafından belirlendiği halde, çoğu depodaki stok seviyeleri kritik stok seviyesinin altındadır.

3.2. Hedefler

Önerilen sistemde Türk Kızılayı'nın stratejik hedefine ulaşabilmesi için afet merkezlerinin en iyi konumları bulunacaktır. Bu çalışma yapılırken afet merkezlerinin kapsadığı il ve ilçelerin afet riskleri ve depolara olan uzaklıkları göz önünde bulundurulacak ve bunun sonucunda iki saatte, belirli sayıdaki afet merkeziyle, en fazla sayıda afetzedeye ulaşılması sağlanacaktır.

Yer seçimi ve envanter kararları alınırken seçilen konumların ve stok seviyelerinin Türkiye risk haritasıyla örtüşmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda ağırlıklı risk çalışmaları yapılacaktır.

Afet sonrası oluşturulan kriz masalarında kararların ivedilikle verilmesinin insan hayatına etkisi göz önünde bulundurulduğunda, açılan depoların yerleri ve stoklanan malzemelerle ilgili kararların, afetlerin etkisi sürerken verildiği düşünülebilir. Ancak; sadece olmuş olaylar üzerine karar vermek yerine daha sonra meydana gelebilecek afetlerde de afetzedelere en kısa sürede etkili bir şekilde yardım götürebilmek için stratejik kararlar verilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, Türk Kızılayı'nın ulaşmak istediği hedefin gerçekleştirilmesinin yanı sıra bundan sonraki uygulamalarında da yararlanabileceği bir sistem tasarlanması kararı verilmiştir.

Stratejik seviyedeki incelemelerin sonucunda, optimum konumlarla mevcut durumdaki bölgesel ve yerel afet merkezi konumlarının örtüşmediği görülmüştür. Kızılay'ın oldukça köklü bir sosyal yardım kuruluşu olması göz önünde bulundurulduğunda önerilen her kararın bir anda uygulanmasını beklemek doğru olmayacağından kurumun bundan sonra yeni bir merkez açtıkları ya da kapattıkları takdirde uygulaması gereken değişiklikler karar destek sistemiyle irdelenecektir. Bu modülde kurum istediği bir şehre yeni afet merkezi açmanın etkisini göreceği gibi bir sonraki en uygun deponun yerini görme şansı da olacaktır.

Merkezlerinin en iyi yerlerinin belirlenmesinin ardından bu merkezlerin kapsadığı diğer il/ilçeler ve olası afet riskleri de göz önüne alınarak Türk Kızılayı'nın Türkiye genelindeki stok tutma kapasitesi bu merkezlere dağıtılacaktır. Oluşturulan karar destek sisteminin kullanımı ile herhangi bir afet olduğunda afetin meydana geldiği alana hangi afet

merkez(ler)inden yardım gitmesi gerektiğine de karar verilecektir. Bunun yanı sıra geçmiş yılların afetlerde istatistiklerinden yararlanarak o afette zarar görebilecek afetlerde sayısı da öngörülebilecektir.

3.3 Literatür taraması

Afet yönetimi ülkemizde 1999 Marmara Depremi'nden sonra önem kazanmaya başlamıştır. Yapılan çalışmaların genellikle geçmiş bir afeti incelemek ya da olası afetler için öngörülerde bulunmak şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. İnsan hayatı söz konusu olduğu için uygulamaları kesin kalıplara sokmaya çalışmamak ve bu sistemi, özel sektördeki herhangi bir tedarik zinciri mantığıyla incelememek gerekir. Bu nedenle yapılan literatür taramalarında yöneylem literatürünü derinlemesine incelemekle birlikte[1][2][3] konunun insanı yardım hususları üzerinde de durulmuştur[4][8]. Bu iki literatür arasındaki en önemli fark, insani yardım literatüründe “risk, etki” gibi kavramların maliyetten önce gelmesidir.

Proje kapsamında önerilen sistemde her il ve ilçeye o yerleşim yerlerinin afet riski ve nüfusu ölçüsünde hizmet götürmek hedeflenmiştir. Bu bağlamda yapılan araştırmalarda afet sonrasında afetlerde sayısını arttıran birçok etken olduğu gözlemlenmiştir. Projenin stratejik boyutlarda olması Türkiye geneli için geçerli bilgiler kullanmayı gerektirdiğinden risk çalışmaları, nüfus ve geçmiş afet verilerini kapsayan benzer metodolojilerden yararlanılarak oluşturulmuştur[6]. Birleşmiş Milletler Gelişim Programı'nın yaptığı çalışmada “Afet Risk İndeksi” bulunurken geçmiş yıllardaki afetlerden etkilenen insan sayıları hesaplanmıştır[9]. Ancak; sadece geçmiş verileri incelemenin yeterli olmadığı; nüfus değerinin afetlerde sayısını çok önemli oranda etkileyeceği RAND araştırma organizasyonunun desteği ile gerçekleştirilen çalışmada da görülebilir[10].

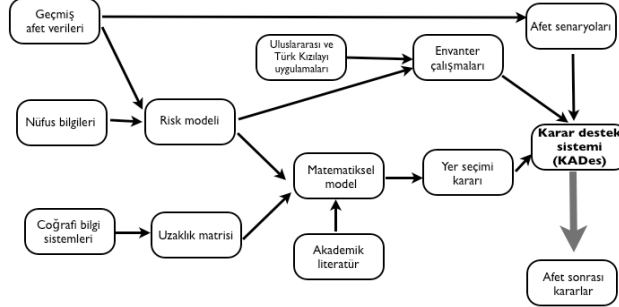
4. Önerilen Yöntem

4.1 Genel Yaklaşım

Türk Kızılayı, Türkiye’de afet denince akla ilk gelen gönüllü bir sosyal yardım kuruluşu olduğu için kuruma önerilen yöntemlerde maliyetler ve kar amacı yerine insani yardımın önemi ön planda tutulmuştur. Projede, afet merkezleri ve yerleşim alanları arasındaki uzaklığın en aza indirilmeye çalışılmasının nedeni taşıma maliyetlerinin azaltılması değil, afetzedelere en kısa sürede ulaşılmaya çalışılmasıdır. Bu nedenle önerilen yöntemde Türkiye’deki her bir bireyin herhangi bir afet anında acil yardım malzemelerine ulaşma süresi kısaltılmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmanın duyarlılığı açısından uzaklık ve risk değerleri il bazında kalmamış ilçe seviyesine indirilmiştir. İl ve ilçelerin nüfus bilgileri ve önceki yıllarda maruz kaldıkları afetler değerlendirilerek yapılan çalışmada, afet merkezleri en uygun

konumlara yerleştirilerek belirli sayıda merkezle en çok insanın kapsanması amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda projenin kavramsal modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:



Şekil 1. Kavramsal model

4.2 Proje girdileri

Kurumsal hedefleri dahilinde herhangi bir afet alanına iki saatte gitmek için uygun yerlerin belirlenmesi problemi, öncelikle depolarla yerleşim yerleri arasındaki uzaklığın bulunmasını gerektirmektedir. Afet depolarının genellikle il merkezlerinde açıldığı varsayımı altında bu depoların ulaşması gereken diğer il ve ilçe uzaklıkları hesaplanmıştır. 81 ilin 953 ilçeye olan uzaklığı Google Maps kullanılarak bulunmuştur. Araçların 90 km. hızla hareket ettiği varsayılarak uzaklıklar ulaşım süresine çevrilerek modelde kullanılmıştır.

Matematiksel modelin ve bunun sonucunda oluşturulan karar destek sisteminin bir diğer girdisi ise risk modelidir. Yapılan risk çalışmalarında birçok faktörün afetlerde sayısını etkilediği gözlemlenmiştir. Örneğin, heyelanın etkilerini değerlendirirken geçmiş afetlerin çıktılarının yanı sıra afet alanının yer şekilleri ve toprak yapısı gibi birçok değişkenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ancak, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) müdürü Oğuz Gündoğdu'yla yapılan bireysel görüşmeler sonucunda Türkiye genelinde bu bilgilerin kaydedilmediği öğrenilmiştir. Bu bağlamda, risk modelinin girdisi olarak geçmiş afetlerdeki toplam afetlerde sayısı ve güncel nüfus değerleri kullanılmıştır. Daha ayrıntılı ve doğru analiz yapılabilmesi için risk modelinde ilçe düzeyine inilmiştir. Modelin ilk girdisi olan afetlerde sayısı için Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'yla iletişime geçilmiştir. Başkanlıktan alınan veriler doğrultusunda 1962-2008 yılları arasında Türkiye'de gerçekleşen afetler tek tek incelenmiş ve bu afetlerde ortaya çıkan toplam afetlerde sayısı 953 ilçe için hesaplanmıştır. Hesaplanan afetlerde sayıları, en yüksek (Kocaeli/Gölcük: 20.134) ve en düşük (216 ilçe için sıfır) sayıda afetlerde olan ilçeler baz alınarak doğrusal değer fonksiyonuna

çevrilmiştir. Risk modelinin ikinci girdisi olan güncel nüfus bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınmıştır. Geçmiş afet veri analizine benzer şekilde en düşük (Konya/Yalılıyük: 1.731) ve en yüksek (Ankara/Keçiören: 817.262) nüfuslu ilçeler baz alınarak 2010 nüfus verileri doğrusal değer fonksiyonuna çevrilmiştir. Bu iki fonksiyon değerine parametrik katsayılar verilerek çoklu fonksiyon değeri elde edilmiştir (Ek 2). Türk Kızılayı yetkilileriyle yapılan görüşmeler sonucunda nüfus ve geçmiş afet verilerine eşit ağırlık (0,5) verilmesine karar verilmiştir. Örneğin, Kocaeli/İzmit için toplam afetzede sayısı 15.744 iken buna karşılık gelen doğrusal fonksiyon değeri 0,78'dir. İzmit'in nüfusu 315.734'tür ve nüfus fonksiyon değeri 0,39 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, belirlenen katsayılarla hesaplandığında elde edilen çoklu fonksiyon değeri 0,59 olarak bulunmuştur.

4.3 Matematiksel model

Kızılay'ın beklentileri ve literatür incelendikten sonra problemin "kapsama modeli"yle örtüştüğü görülmektedir[6] (Ek 3). Yapılan risk çalışmaları ve uzaklıklar modele eklenerek ILOG OPL Eniyileme Programı'nda çalıştırılmıştır. Bu program, bölgesel ve yerel afet merkezlerinin olması gereken en iyi yerlerini bulmak amacıyla kullanılmıştır. Matematiksel modelin bir parametresi olarak tanımlanan merkez sayısı (p) değiştirilerek mevcut durumdaki 10 bölgesel merkezle önerilen 10 merkezin konumları karşılaştırılmıştır. Bu çalışma yapılırken Ankara BAYM'in Afet Yönetim Merkezi (AFOM)'ni de bünyesinde barındırdığı düşünüldüğünde, Ankara'da bir merkez olması matematiksel modele kısıt olarak eklenmiştir. Bu durumda program optimal sonuçtan yalnızca %0,73 sapmıştır. Aynı zamanda, önerilen modelle kapsanan ilçe sayısı, nüfus ve nüfusun Türkiye nüfusuna oranı açılan merkez sayısı değiştirilerek bulunmuştur (Ek 4). Bu koşurumun sonuçları kurumun kullanabileceği Java tabanlı karar destek sistemine entegre edilmiştir.

4.4 Karar destek sistemi

Önceden de belirtildiği gibi Türk Kızılayı'nın mevcut merkezlerinin yerlerinin değiştirilmesi uzun vadeli bir çözümdür. Bu nedenle kurumun ileride oluşabilecek talepleri, etkin bir şekilde karşılayabilmesi için karar destek mekanizması oluşturulmuştur (Ek 5). Sistem, Kızılay'ın şu anki merkezlerine ek bir depo açmasına, mevcut durumdaki depoların kapatılmasına ya da envanter seviyelerinin düzenlenmesine izin vermektedir. Karar destek sistemi temel olarak dört farklı uygulama içermektedir:

4.4.1 En iyi merkez konumları

Matematiksel model, eniyileme programında çözülmüş olmasına rağmen sonuçlarının kurum tarafından kullanılabilir bir yazılıma aktarılması gerekmektedir. Bu nedenle, KADes (Kızılay Afet Destek

Sistemi) ara yüzünde kullanıcıların kolaylıkla en iyi konumları görebileceği bir modül bulunmaktadır. Bu kısımda kurum yetkilileri istedikleri afet merkez sayısını girdikleri takdirde risk ağırlık katsayısına göre en uygun şehirlere erişebilecektir (Ek 6).

Bu modül sayesinde Türk Kızılayı, mevcut bölgesel ve yerel merkez konumlarında değişiklik yapmak istediği takdirde KADes, kurum yetkililerinin analizlerini kolaylaştıracak ve onlara değişikliklerinde baz alacakları bir yöntem sunacaktır.

4.4.2 Depo açma/kapatma kararları

Projenin sürdürülebilirliği açısından KADes, Türk Kızılayı'nın ileride oluşabilecek ihtiyaçlarını da karşılamayı hedeflemektedir. Matematiksel model sonucu önerilen yerlerin açılması kurumun açma/kapama maliyetlerinin yanında iş gücünde de değişikliğe gitmesine neden olacaktır. Afet yönetimi gibi hassas bir konuda bu değişikliğin kolayca yapılması mümkün görülmediğinden kuruma mevcut durumda sahip oldukları merkezlere yeni bir merkez ekleme ya da çok faal olmadıklarını düşündükleri merkezleri kapatma seçenekleri sunulmuştur.

Program, kullanıcıya istediği şehirde depo açıp kapatma yetkisinin yanı sıra bir sonraki en uygun deponun hangi şehirde açılacağını da göstermektedir. Matematiksel modelin hedef fonksiyonu olan toplam ağırlıklı risk-uzaklık değerinin en aza indirilmesi, yeni depo açmak için de kullanılmıştır. Merkez bulunmayan illerin hedef fonksiyon değerleri KADes tarafından tek tek hesaplanarak yeni merkez açılması en uygun şehir bulunmaktadır.

4.4.3 Afet Simülasyonu

Konum kararlarının verilmesi modülü, Kızılay'ın stratejik karar aşaması kapsamında oluşturulsa da kurumun analizlerinin kolaylaşması açısından KADes' taktiksel kararları da içermektedir. Konumlar belirlenirken ilçe bazında yapılan risk ve uzaklık çalışmaları karar destek sisteminde il seviyesinde tutulmuştur. Böylece kurum yetkililerinin afetlerde sayısı ve envanter seviyesi tahminlerini daha toplu şekilde görmesini sağlamak hedeflenmiştir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndan alınan geçmiş afet verileri; afet risk modelinin yanı sıra programın bu kısmının da bir girdisidir. Programın bu modülündeki amaç, kullanıcıya herhangi bir afetin her bir ilde etkileyeceği kişi sayısına yakınsayarak Kızılay yetkililerinin afet hakkında öngöründe bulunmasına katkı sağlamaktır. Veri tabanında afetlerin sıklığı ve etkiledikleri afetlerde sayıları afetin meydana geldiği tarihteki nüfusla oranlanarak heyelan, sel, kaya düşmesi ve çığ için üçgenel dağılım fonksiyonu oluşturulmuştur. Üçgenel dağılım fonksiyonu sonucu elde edilen katsayı, o afetin afetlerde katsayısı olarak belirlenmiştir. Bu katsayının nüfus ile

çarpılması sonucunda beklenen afetzede sayısı bulunmaktadır. Ancak; heyelan, sel, kaya düşmesi gibi afetler yer şekilleri ve iklime bağlı değişiklik gösterebildikleri için geçmiş afet verilerinin yalnızca 2000 yılından sonraki kısmı analize dahil edilmiştir.

Deprem çalışmaları ise farklı şekilde yürütülmüştür. Türkiye’de 1962’den bu yana diğer afetlere oranla az sayıda deprem olmasına rağmen yüz binlerce insan depremlerde hayatını kaybetmiştir. Ayrıca depremin büyüklüğünün de ölçülebiliyor olması deprem için yapılan çalışmalara ayrıntı kazandırmıştır.

Türkiye’de 1962 ve 2008 yılları arasında şiddetleri 4,8 ile 7,8 arasında değişen hasar verici depremler görülmüştür. Diğer afetler için yapılan çalışmaya benzer olarak depremzede sayıları da o zamandaki nüfusa oranlanmıştır. Bu dağılım, regresyon analizi yapılarak 6.dereceden bir polinom fonksiyonuna uyarlandığında %89 benzerlik olduğu görülmüştür. Deprem şiddetinin üçgensel dağılım fonksiyonundan elde edilen sayı, oluşturulan polinom fonksiyonuna girildiğinde afetzede katsayısı ortaya çıkmaktadır. Bu katsayının şu anki nüfus sayısı ile çarpılmasıyla ise belirlenen büyüklükteki bir depremde kaç kişinin afetten etkileneceği bulunmaktadır (Ek 7).

Yapılan afetzede tahmini çalışmalarının yanında kurum yetkilileri, herhangi bir afette afetzede sayısı belli olduğu takdirde bu sayıyı KADes’e girebilmektedirler. KADes, afetzede sayısına göre, afet bölgesine en yakın depodan başlayarak ve depodaki bütün envantere kullanılabilen düşünelere depolardan ne kadar acil ihtiyaç malzemesi gönderilmesi gerektiğine karar vermektedir. Ayrıca, ortalama tedarik süresi ve uzaklığı KADes tarafından hesaplanmaktadır.

4.4.4 Envanter tahminleri

Yapılan literatür taramasında Uluslararası Kızıllaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu’nun bazı bölgelerde uygulamakta olduğu envanter servis seviyesi bulunmuştur[8]. Ancak Kızılay’la yapılan görüşmelerde bu seviyeyi Türkiye için aynen kullanmanın uygun olmadığına karar verilmiştir. Bunun üzerine, akademik danışmanımız ile yapılan görüşmeler sonucunda envanter için yapılan çalışma, Türk Kızılayı’nın mevcut durumda depolarında bulunan toplam çadırın ve diğer acil yardım malzemelerinin il risk değerlerine göre dağıtılması şeklinde tasarlanmıştır. Envanter seviyelerine karar verilirken her bölgesel ve yerel merkezin müdahale alanında bulunan illerin risk ağırlıkları toplanarak her deponun kapsamakta olduğu alanın afet riski belirlenmektedir. Depoların afet riskleri, toplam riske bölünerek her depo için yeni bir oran bulunmaktadır. Mevcut durumda elde bulunan toplam envanter hesaplanan risk değerlerine göre her depoya paylaştırılmaktadır (Ek 8). Grafikten de görüleceği gibi mevcut ve önerilen seviyeler arasında büyük farklılıklar göze çarpmaktadır.

Yapılan analiz, uzaklıklar da dahil edilerek zenginleştirilmiştir. Her ilin 10.000 afetzede için ihtiyaç malzemesi talep edeceği düşünülerek kurumun mevcut envanter seviyeleriyle önerilen seviyeler kıyaslanmıştır. Her iki durumda da illerin bağlı oldukları depolardaki stoklar bittiği takdirde bir sonraki en yakın depodan malzeme geleceği varsayılmıştır. Uzaklık değişimleri analiz edildiğinde toplamda %19,79 gelişme olduğu gözlenmiştir.

5. Uygulama için gerekli altyapı

Kurum için tasarlanan sistem, Java tabanlı ve MS Access veri tabanıyla birlikte çalışan KADes isimli kullanıcı ara yüzüyle sunulmuştur. Kızılay'ın programı kullanabilmesi için Java programı ve veri tabanı arasında köprü oluşturulması gerekmektedir. Kullanıcı dostu karar destek programı, iki sistem birleştirildikten sonra kurumun kullandığı işletim sistemine uyumlu olarak çalışabilecektir.

Önerilen sistemdeki veriler güncel olsa da Kızılay'ın ileriki yıllarda da doğru bilgiye ulaşması için kullanıcı, istediği takdirde veri tabanını güncelleyebilir. Bunun için kurumun kullanımına sunulacak kılavuza ileriye dönük ihtiyaç duyabilecekleri uygulamalar için bilgiler de eklenmiştir.

6. Genel Değerlendirme

Türkiye, coğrafi ve iklimsel özellikleri nedeniyle sık sık afetlere maruz kalmaktadır ve ne yazık ki birçok insan afetlerde hayatını kaybetmekte ya da yaralanmaktadır. Afetin hemen ardından afetzedelere öncelikle psikolojik destek sağlayan Türk Kızılayı, acil barınma, beslenme ve kısmi sağlık hizmetleri sunarak afetin insanlar üzerindeki etkisini azaltmaya çalışmaktadır.

İnsan hayatı söz konusu olduğundan kriz masalarında hızlı olduğu kadar doğru ve etkili karar vermek de oldukça önemlidir. Stratejik seviyede tasarlanan projede Kızılay'ın kaos anında daha etkin kararlar verebilmesi için çözümler sunulmuştur.

Bu projede afet müdahale 'etki'sinin artacağı, matematiksel model ve oluşturulan karar destek sistemi KADes kullanılarak gösterilmiştir. Analizler sonucunda, mevcut yerel ve bölgesel afet yönetim merkezleri ile en geç iki saat içerisinde afetin meydana geldiği bölgeye ulaşma oranı Türkiye nüfusunun %81,42'si iken önerilen merkez konumlarıyla bu oranın %100'e yakınsadığı görülmüştür (Ek 4).

Türk Kızılayı yetkilileriyle yapılan görüşmelerde, KADes karar destek mekanizmasının kriz masası yönetiminde kullanılabilmesi ve operasyonel kararlarda dahi önemli rol oynayacağı belirtilmiştir. Bu açıdan, yapılan çalışmaların Türk Kızılayı ve böylece herhangi bir afet müdahalesinde tüm afetzedeler için yararlı olacağını bilmek projemiz için motivasyon kaynağı olmuştur

KAYNAKÇA

- Balçık, B., Beamon, B. M. 2008. "Facility Location in Humanitarian Relief", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 11(2), 101-121.
- Daskin, M.S., Coullard, C.R., Shen, Z.J.M. 2002. "An Inventory Location Model: Formulation, Solution Algorithm and Computational Results", *Annals of Operations Research*, 110(1-4), 83-106.
- Drezner, Z. 1986. "The P-Cover Problem", *European Journal of Operational Research*, 26(2), 312-313.
- Duran, S., Gutierrez, M.A., Keskinocak, P. 2011. "Pre-Positioning of Emergency Items Worldwide for CARE International", *Humanitarian Applications: Doing Good with Good OR*, 41(3).
- Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A. (2008). "Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Dağılımı", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kemec, S., Zlatanova, S., Duzgun, H.S. 2009. "Selecting 3D Urban Visualization Models for Disaster Management: A Rule-Based Approach", *The International Emergency Management Society (TIEMS) 16th Annual Conference in Istanbul, Turkey, June 9-11, 2009*.
- Our Global Structure 2011. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies Federation Procurement Services, <http://procurement.ifrc.org/en/aboutus/Pages/Ourglobalstructure.aspx>. Son erişim tarihi: 20 Şubat 2011.
- Sheu, J.B. 2007. "Challenges of Emergency Logistics Management", *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation*
- UNDP 2004. "Reducing Disaster Risk : A Challenge for Development", UNDP: Bureau for Crisis Prevention and Recovery, New York http://www.undp.org/cpr/whats_new/rdr_english.pdf. Son erişim
- Willis, H.H., Morral, A.R., Kelly, T.K., Medby, J.J. 2005. "Estimating terrorism risk", RAND Corporation, Santa Monica. http://www.rand.org/pubs/monographs/2005/RAND_MG388.pdf Son erişim tarihi: 20 Nisan 2011.

EKLER

Ek 1. Bölgesel merkezler ve kapsama alanları



Ekiplerin saatte 120 km hızla hareket edebileceği öngörülse de bütün bölgesel merkezlerden kuş uçuşu 240 km yarıçaplı daireler çizildiğinde Türkiye topraklarının yaklaşık %12.8'i bu dairelerin dışında kalmaktadır.

Ek 2. İl-ilçe risk çalışmaları akış şeması



İlçe risk değeri:

$$w_i, i \in \{1, \dots, 953\}$$

Nüfus fonksiyon değeri:

$$p_i, i \in \{1, \dots, 953\}$$

Afetlerde sayısı

fonksiyon değeri:

$$v_i, i \in \{1, \dots, 953\}$$

$$w_i = (a \cdot v_i + b \cdot p_i)$$

$$i \in \{1, \dots, 953\} \quad a, b \in [0, 1]$$

Ek 3. P-kapsama problemi için matematiksel model

Parametreler:

N: Şehir Sayısı (Potansiyel Afet Merkezi Yerleri)

M: İlçe Sayısı

T: Önceden Belirlenen Kapsama Süresi

p: Açılacak Merkez Sayısı

w_j : j İlçesinin Ağırlığı

t_{ij} : i İlimden j İlçesine Ulaşım Süresi (90 km/saat hızla)

Karar Değişkenleri:

$X_i = 1$, Eğer i Şehrinde Bir Merkez Açıldıysa, $i \in N$; 0, Açılmadıysa

$Y_j = 1$, Eğer j İlçesi Kapsanıyorsa, $j \in M$; 0, Kapsanmıyorsa

Hedef Fonksiyonu:

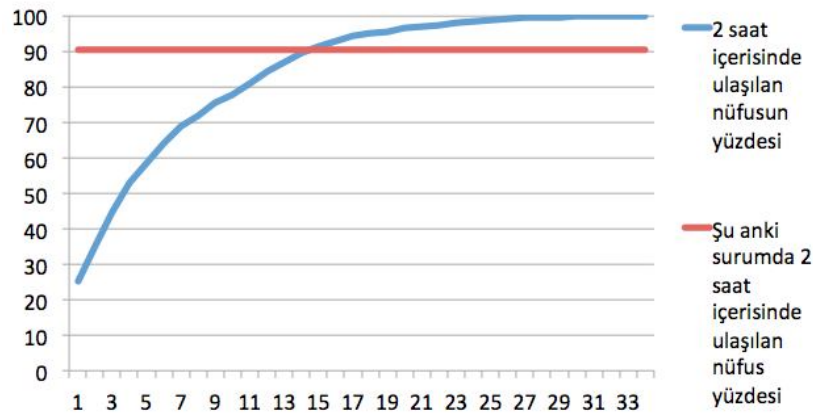
$$\text{Enbüyükle } \sum_{j=1}^M w_j \cdot Y_j$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{i=1}^N X_i = p$$

$$\sum_{i: t_{ij} \leq T} X_i \geq Y_j \quad \forall j \in M$$

$$X_i, Y_j \in \{0,1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in M$$

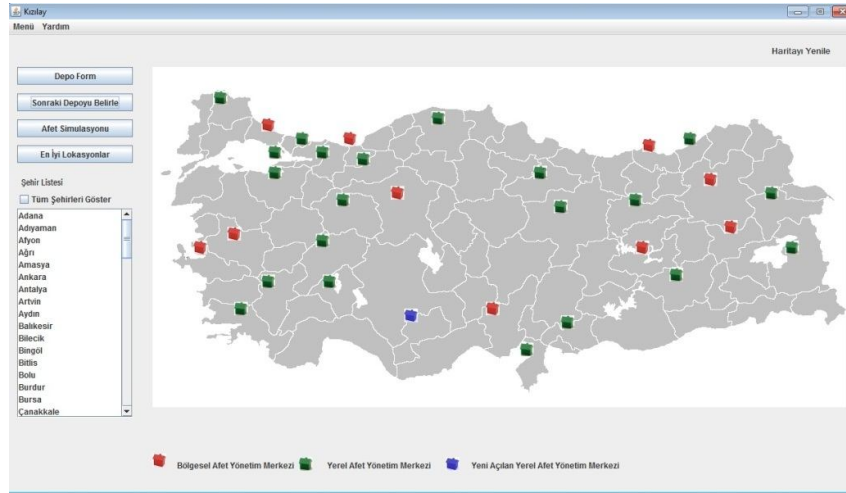
Ek 4.1 Afet merkezi sayısı ve kapsanan nüfus yüzdesi ilişkisi (Açılan merkez sayısı - Kapsama yüzdesi)



Ek 4.2 En iyi konumların merkez sayısı – kapsanan ülke nüfusu oranı tablosu

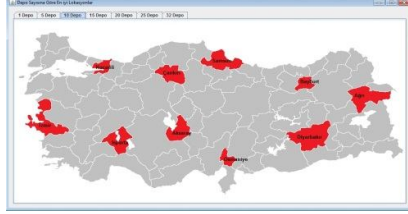
Merkez Sayısı	Kapsanan İlçe sayısı	Kapsanan Nüfus	Kapsanan Nüfus (%)
1	98	18.548.147	25,21
2	147	25.924.030	35,23
3	221	32.929.026	44,75
4	291	38.996.394	53,00
5	340	43.083.069	58,55
6	390	47.013.223	63,89
7	451	50.748.722	68,97
8	505	52.713.406	71,64
9	560	55.456.987	75,37
10	590	57.093.365	77,59
11	619	59.540.079	80,92
12	651	61.931.932	84,17
13	706	63.975.801	86,95
14	738	65.770.789	89,39
15	759	67.126.767	91,23
16	796	68.449.908	93,03
17	813	69.364.957	94,27
18	822	69.956.299	95,08
19	842	70.334.618	95,59
20	880	70.940.553	96,41
21	887	71.396.274	97,03
22	904	71.718.911	97,47
23	910	72.211.871	98,14
24	924	72.485.276	98,51
25	929	72.754.115	98,88
26	923	73.000.067	99,21
27	936	73.159.375	99,43
28	940	73.251.323	99,55
29	943	73.310.442	99,63
30	945	73.361.306	99,70
31	946	73.405.174	99,76
32	949	73.426.978	99,79
33	949	73.426.978	99,79
34+	949	73.426.978	99,79

Ek 5. KADes Ana Sayfa



Ek 6. Merkez sayısına göre en iyi merkez konumları

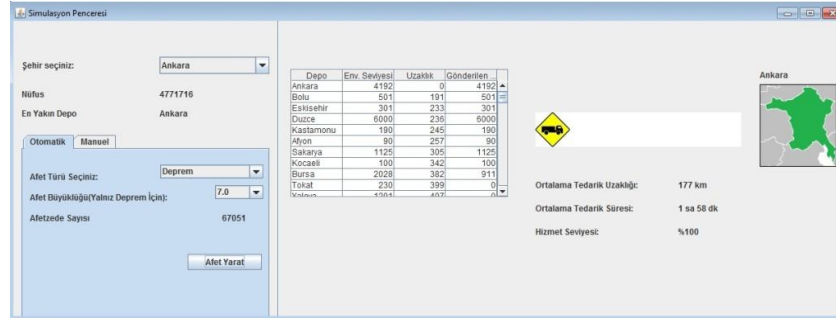
Ek 6.1 En iyi 10 merkez



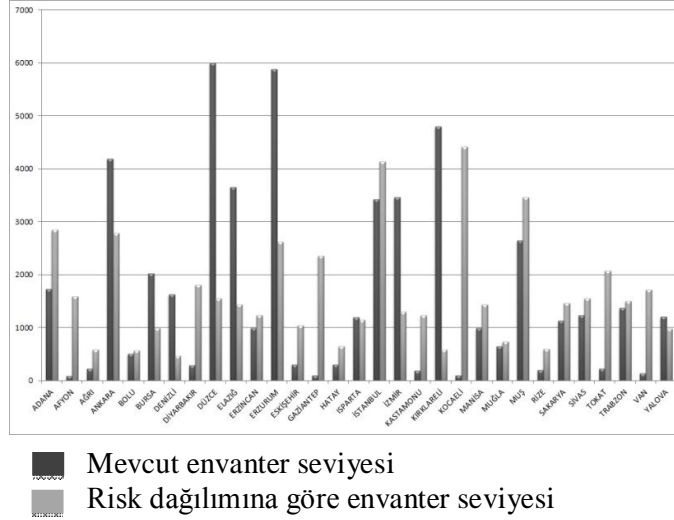
Ek 6.2 En iyi 32 merkez



Ek 7. KADes afetlerde tahmini ara yüzü



Ek 8. Mevcut envanter seviyeleri ve hesaplanan seviyeler



Toplu Barınma Alanları Belirleme ve Planlama Sistem Tasarım Projesi

Türk Kızılayı

Proje Ekibi

Fatma Elif Aksoy
Doruk Aktan
Özde Duygu Aktaş
Emre Dönmez
Nazlı Erman
Başar Yenidünya

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Eylem Şavur, Türk Kızılayı
Afet Hazırlık ve Planlama Birimi Yöneticisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Hande Yaman, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu proje Türk Kızılayı'nın ihtiyaçları doğrultusunda afet sonrasında çadırkent alanlarının en hızlı şekilde belirlenebilmesi, ve kurulan çadırkentlerdeki kaynak yönetiminin daha sistematik halde yapılabilmesini amaçlar. Proje kapsamında öncelikle mevcut sistem analiz edildi ve problem tanımlandı, sonrasında oluşturulan yöntem-bilim çerçevesinde çadırkent alan belirleme modeli ve çadırkent yönetim sistemi geliştirildi ve sistem internet tabanlı bir uygulama hazırlanarak kullanıma açıldı.

Anahtar Sözcükler: Afet Yönetimi, Çadırkent, Türk Kızılayı, Veritabanı, Alan Belirleme, Çok Amaçlı Karar Analizi

1. Sistem Tanımı

1.1 Organizasyon tanımı

1868 yılında kurulan Türk Kızılayı bugün Türkiye'nin en büyük insani yardım kuruluşu olma özelliğini taşımaktadır. Kızılay, savaş döneminde yaralı ve hasta askerlere ayırım gözetmeksizin yardım sağlamak amacıyla, "Osmanlı Yaralı ve Hasta Askerlere Yardım Cemiyeti" adıyla kurulmuştur. Türk Kızılayı hükümete bağlı olmayan ve kar amacı taşımayan bir organizasyondur; Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Hareketi'ne üyedir (Türk Kızılayı, 2007).

Türk Kızılayı'nın misyonu; "Toplumun güç ve kaynaklarını harekete geçirerek, her koşulda, yerde ve zamanda, hiçbir ayırım yapmaksızın korunmasız insanlara yardım ederek her ne sebeple ortaya çıkarsa çıksın insan ızdırabını dindirmek ve insanlar arasındaki karşılıklı anlayışı, dostluğu, saygıyı, barışı ve işbirliğini geliştirerek, insan onurunu korumaktır". Türk Kızılayı merkezler ve yerellerden oluşmaktadır, genel sorumlulukları ise aşağıdaki gibidir:

- Yerelden ve dışarıdan gelen yardım malzemelerinin toplanması ve stoklanması.
- Yardım malzemelerinin (çadır, yemek, kıyafet) afet bölgelerine en hızlı şekilde ulaştırılması.
- Tıbbi malzeme ve kan ihtiyacının ihtiyaç olan bölgelere aktarılması.

2. Proje Tanımı

Türk Kızılayı ile gerçekleştirdiğimiz Toplu Barınma Alanları Belirleme ve Planlama Sistemi Tasarımı projesi ile afet yönetiminin iki temel sürecinde iyileştirme yapılması amaçlanmaktadır. Bunlardan ilki çadırkent alanları seçim sürecidir. Bu süreç Türk Kızılayı'nın yükümlülüğü olmamakla birlikte Türk Kızılayı tarafından gerçekleştirilen birçok faaliyeti yakından etkilemektedir. Barınma alanlarını İnsani Yardım Sözleşmesi kriterlerine gören değerlendiren ve bu değerlendirmelerin güncel bilgilerine erişimini sağlayan bir sistem, alan seçimi konusunda tavsiye verici konumundaki Türk Kızılayı'nın gelecek süreçleri daha verimli bir şekilde yönetebilmesi adına önem taşımaktadır. Alan seçimlerinde yapılan yanlış değerlendirmeler, alanın yaşanabilir hale getirilme süresini uzatmakta ve afetzedelerin bu alana yerleştirilmesini geciktirmektedir. Bu açıdan, olası alanlar içerisinde kullanıma uygun alanların öncelikli seçimini sağlayan bir sistem Türk Kızılayı'nın afet yönetim sürecinde en önemli gereksinimlerindedir. Bu süreç ile ilgili olarak Türk Kızılayı tarafından belirtilen bir diğer konu ise, gerçekleştirilen işlemlerin kaydını tutan, insan ve malzeme takibini sağlayan bir sistemin eksikliğidir. Proje kapsamında gerçekleştirilen bu sistemle

- Çadırkentlere yardım malzemelerinin tedarikinin sağlanması

- Yardım malzemelerinin dağıtım bilgilerinin saklanması
- Afettede kayıtlarının tutulması
- Saklanan güncel bilgilerin farklı yetkilere sahip yöneticilere ulaştırılması amaçlanmıştır.

3. Mevcut Sistemin Analizi

3.1 Sistemin yapısı

Mevcut sistemde Türk Kızılayı'nın müdahale süreci öncü ekibin afet bölgesine gönderilmesiyle başlar. Bu ekip, afetten etkilenen kişi sayısını ve gerekli yardım malzeme miktarlarını belirlemekle yükümlüdür. Valilikler tarafından belirlenen toplu barınma alanlarının Türk Kızılayı'na bildirilmesiyle, Türk Kızılayı öncelikle yerel depolardan gerekli yardım malzemelerinin gönderimine başlar. Yerel stoklarla karşılanamayan ihtiyaçlar için bölgesel depolar kullanılır. Devlet yönetimi ele alana kadar çadırkentlerin yürütülmesi Türk Kızılayı tarafından gerçekleştirilir.

3.2 Semptom ve şikayetler

- İmar planlarındaki değişiklikler sebebiyle geçici barınma alanları ile ilgili kriterlere uygunluk ve kullanılabilirlik bilgileri güncel tutulamamaktadır.
- Geçici barınma alanlarının seçimi, bölgeye insan ve yardım malzemesi taşınımını etkilemektedir. Anayollara yakın olmadığı halde seçilen geçici barınma alanları, bu alanlara malzeme ve insan tedarigi ile ilgili sorunlara yol açmakta, yardımın ulaşmasını geciktirmektedir.
- Belirlenen barınma alanlarına malzeme ve insan tedarigi ile ilgili kararlar afet sonrasında alınmakta, bu süreçlerle ilgili herhangi bir prosedüre dayanmamaktadır.
- Lojistik departmanı yardım malzemelerinin taşınma zamanlarının uzunluğundan şikayet etmektedir (Dilmaç, 2010).
- Türk Kızılayı geçici barınma alanlarında bulunan hastaları, yaşlıları ve bebekleri incinebilir grup olarak tanımlamaktadır. Bu grupların ihtiyaçlarının (bebek maması, ilaçlar) tedarigi ve dağıtımı güçlüklerle sağlanmaktadır (Şavur, 2010).

3.3 Problem tanımı

Araştırmalarımız ve danışmanlarımızla yaptığımız görüşmeler doğrultusunda, afet sonrasında toplu barınma alanlarının belirlenmesi ve yönetilmesi sürecinde problemlerin varolduğu saptanmıştır. Bu semptom ve şikayetler göz önünde bulundurulduğunda Türk Kızılayı'nın problemi "*barınma alanlarının seçimine ve tedarik zinciri kararlarına yardımcı olacak, farklı afet senaryolarına uygulanabilecek; toplu barınma alanları belirleme ve yönetim sistemi eksikliği*" olarak tanımlanmıştır.

3.4 Literatür taraması

Çadırkent Alan Belirleme için yapılan literatür taramalarına göre fonksiyonların belirlenmesi ve matematiksel bir model ortaya çıkarılması için “Çok Amaçlı Karar Modelleri” kullanılmasına karar verilmiştir. Çok amaçlı karar modellerinde hedef çoklu amaçların aynı zamanda gerçekleşmesinin sağlandığı bir çözüme ulaşmaktır (Atlas, 2005). Bu modellerin çözümünde kullanılan çeşitli teknikler vardır (Kirkwood,1997).

3.4.1 Değer fonksiyonu belirleme tekniği

$$\text{Enbüyük } U(f_1, f_2, \dots, f_m) = U(f)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(X) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p \quad X \geq 0$$

$U(f)$ çok amaçlı değer fonksiyonudur ve matematiksel modeldeki hedef çok amaçlı değer fonksiyonun maksimum olduğu değere ulaşmaktır. Burada ağırlıklı toplam modeli kullanılarak $U(f)$ oluşturulabilir:

$$\text{Enbüyük } \sum_{i=1}^p w_i f_i(X)$$

$$g_k(X) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p \quad X \geq 0$$

Değer fonksiyonlarının oluşturulmasında ise 3 yöntem vardır ve bu fonksiyonlarda en iyi değer 1, en düşük değer 0 olmak üzere fonksiyonlar daima 0 ile 1 arasında bir değer alır.

- **Doğrusal değer fonksiyonu**

a. Eğer yüksek olan değer tercih ediliyorsa

$$f(x) = \frac{x - \text{En küçük değer}}{\text{En büyük değer} - \text{En küçük değer}}$$

b. Eğer düşük olan değer tercih ediliyorsa

$$f(x) = \frac{\text{En büyük değer} - x}{\text{En büyük değer} - \text{En küçük değer}}$$

- **Üstel fonksiyon**

a. Eğer yüksek olan değer tercih ediliyorsa

$$V(x) = \begin{cases} \frac{1 - \text{üs}[-(x - \text{en düşük})/\rho]}{1 - \text{üs}[-(\text{en yüksek} - \text{en düşük})/\rho]}, \rho \neq \text{sonsuz} \\ \frac{x - \text{en düşük}}{\text{en yüksek} - \text{en düşük}}, \text{aksi halde} \end{cases}$$

b. Eğer düşük olan değer tercih ediliyorsa

$$V(x) = \begin{cases} \frac{1 - \text{üs}[-(\text{en yüksek} - x)/\rho]}{1 - \text{üs}[-(\text{en yüksek} - \text{en düşük})/\rho]}, \rho \neq \text{sonsuz} \\ \frac{\text{en yüksek} - x}{\text{en yüksek} - \text{en düşük}}, \text{aksi halde} \end{cases}$$

3.4.2 Sınırlandırılmış amaçlar tekniği

Bu teknikte, karar vericiden her bir amaç için en düşük ve/veya en yüksek kabul edilebilir düzey L_j (alt sınır) ve H_j (üst sınır) değerlerini belirlemesi istenir(Atlas). Bu durumda model;

Max $f_r(X)$

Kısıtlayıcılar

$g_k(X) \leq 0$ $f_j(X) \geq L_j$ $f_j(X) \leq H_j$

$X \geq 0$

$k = 1, 2, \dots, p$ $j = 1, 2, \dots, t$ $j \neq t$

3.4.3 Hedef programlama tekniği

Hedef programlamada, karar verici erişmek istediği her bir hedef için sayısal bir değer belirler ve bu değerlerden en küçük sapmayı sağlayan çözüm kabul edilir(Charnes and Cooper,1961).Hedef programlama modelinin çözümünde öncelikle en üst öncelikteki hedefe ulaşılmaya çalışılır. Daha sonra sırasıyla daha alt öncelikli hedefler ele alınır ve buralarda en küçük sapmayı sağlayan çözümler kabul edilir.(Davis, et al.,1986; Taylor,1995).

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Genel yaklaşım

Gerçekleştirdiğimiz bu projede temel hedefimiz barınma alanlarının seçimi ve kaynak planlanması ile ilgili karar alınmasına destek sağlayacak bir sistem oluşturulmasıdır. Bu sistem olağan senaryoya en uygun toplu barınma alanlarını, yardım malzemelerini ve insan kaynağı tedariki stratejisini belirlemesi amaçlanmaktadır. Planlanan sistem afetzedelerin özelliklerinin, ihtiyaçlarının, aldıkları yardım miktarlarının takip edilmesini sağlayacaktır.

4.2 Geliştirilen modeller ve çözüm önerileri

Projemizin matematiksel model kısmı süperobjektif formülasyonundan oluşmuştur. En doğru kararı vermesini hedeflediğimiz bu formülasyonu oluştururken Türk Kızılayı bünyesindeki, Afet Yönetimi sürecinde yönetici ve karar verici pozisyonlarında çalışan kişileri biraraya getirip kriterlerin, kriter içeriklerinin ve kriter ağırlıklarını belirlenmesi konularında ortak bir karar vermelerini sağladık. Sonrasında da bu değerleri hazırladığımız formülasyona yerleştirerek, çalıştırdık. Bu modelleme çalışması genel olarak fonksiyon değeri hesaplaması olduğundan; çözüm süresi, değişken miktarı gibi teknik zorluk etmenleri bulunmamaktadır. Bunun yanında, Çadırkent Yönetim Sistemi'nin geliştirilmesi sırasında örnek alabileceğimiz; Kızılay yöneticilerinin, yerel yöneticilerin ve afet sürecinde devreye giren diğer yöneticilerin koordinasyon ve iletişimi sağlayacak; örnek alabileceğimiz başka bir sistem olmadığından, bu aşamada karşılaştığımız zorluklar oldu.

4.2.1 Çadırkent alan belirleme modeli

Literatür araştırmaları sonucunda Toplu barınma alanlarının belirlenmesi için en uygun model değer fonksiyonlarına bağlı olan çok amaçlı karar modeli olarak belirlendi. Değer fonksiyonlarının oluşturulmasından önce fonksiyonun amaçları belirlendi. Çadırkent Alan Belirleme Modelindeki amaçlar; çadırkent'in seçilmesinde etkili olan alan seçim kriterleridir. Bu kriterler oluşturulurken "İnsani Yardım Sözleşmesi Barınak ve Yer Planlaması Asgari Standartları" göz önünde bulundurulmuştur ve Kızılay yetkilileriyle yapılan toplantılar sonucunda 11 adet kriterin çadırkent alan seçiminde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. (Sphere Project, 2004)

Çadırkent seçim kriterleri:

- Yardım malzemelerinin taşınması (karayoluna uzaklık, yolların durumu)
- Şehir merkezine yakınlık
- Sağlık merkezlerine yakınlık
- Su kaynaklarına yakınlık
- Arazinin türü
- Arazinin toprak yapısı
- Arazinin eğimi
- Elektrik altyapısı
- Kanalizasyon altyapısı
- Bitki örtüsü
- Kullanım izni

Bir alanının bütün kriterlere göre puanlandırılmasında ise hiçbir kriterin diğer kriterlere göre önceliği olmaması ve kriterlerin hepsinin karar aşamasında birlikte etkili olması nedeniyle, kriterlerin birbirinden bağımsız olmasından da yararlanarak ağırlıklı toplam yöntemi kullanılmıştır. Bu fonksiyonların oluşturulmasında ise Kızılay yetkilileriyle yapılan toplantılar sonucunda ortak karara varılması sağlanmıştır. Her bir kriter için değer fonksiyonları Ek 1'de ve kriterlerin birbirine göre önemlerini belirten ağırlıkları ise Ek 7'de görülebilir. Değer fonksiyonları üstel fonksiyonlardır ancak p değerinin sonsuz olduğu fonksiyonlar doğrusaldır.

Girdiler: Her kriterin kendi içinde değerlendirildiği değer fonksiyonları $F_1(x), F_2(x), \dots, F_{11}(x)$ şeklindedir (Ek 1). Bütün değer fonksiyonları 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Bir kriterden 1 puana sahip alan o kriterdeki en istenen değere sahip demektir, 0 ise en istenmeyen özelliğe sahip olduğunu gösterir.

Model: $U(x) = W_1F_1(x) + W_2F_2(x) + \dots + W_{11}F_{11}(x)$

Çıktılar: Her alanın bütün kriterlere bakılarak ağırlıklı toplama göre hesaplanan alanın kalite puanı $U(x)$ 'tir. $U(x)$, 0 ile 1 arasında değer alır.

$U(X)$ 'i 1 olan alan bütün kriterlerde en iyi değerlere sahip demektir, 0 olan alan ise bütün kriterlerde en istenmeyen değere sahip demektir. Her bir olası afet bölgesi için bu bölgelere ait çadırkent alanları $U(x)$ değerlerine bakılarak $U(x)$ 'i en büyük olandan başlanarak sıralanır. Bir bölgede afet gerçekleşmesi sonucunda, kapasiteye bakılarak alan kümesinde $U(X)$ 'i en büyük olandan başlanarak alan atamaları kapasite sağlanana kadar yapılır.

4.2.2 Çadırkent yönetim sistemi

Çadırkent yönetim sistemi afet yönetim sürecindeki yöneticiler ve görevleri incelenerek tasarlandı. Mevcut sistemdeki görevler rol tabanlı modele aktarılarak, sistemin detayları oluşturuldu. Oluşturulan sistemin amacı *çadırkent yöneticilerinin, bölgede barınan afetzedeler, afetzedelerin ihtiyaçları, afetzedelere yapılan yardımlar ile ilgili bilgilere ulaşması ve gerekli eylemleri sorunsuz gerçekleştirebilmesidir.*

4.2.3 Sistem yapısı

<http://www.kizilayafetyonemi.org> adresinden ulaşılabilen internet tabanlı sistemimiz, kullanıcılar ve kullanıcıların yetkilerine dayanılarak hazırlanmıştır. MySQL kullanılarak hazırlanmış ER tablolarını Ek 8'de görebileceğiniz sistem genelinde 4 farklı kullanıcı tipi bulunmaktadır. Bu kullanıcıların görevleri afet öncesi ve afet sonrası dönemlerde farklılıklar göstermektedir. Buna göre sistemin kullanıma açılması Site Yöneticisinin diğer sistem kullanıcılarını sisteme tanıtmaya ve kimlik numaralarını (ID) belirlemesi ile başlar. Site Yöneticisi dışındaki sistem kullanıcıları İlçe Yöneticisi, Çadırkent Yöneticisi ve Depo Yöneticisidir.

Afet öncesi dönemde, İlçe Yöneticisi sorumlu olduğu ilçe genelindeki olası çadırkent alanları sisteme tanımlamakla, bu alanların önceden Kızılay tarafından belirlenmiş ve sisteme tanımlanmış olan kriterlere göre puanlarını vermekle yükümlüdür (Ek 2). Yapılan bu puanlama sonucu her bir olası çadırkent alanının toplam kalite puanını hesaplayan sistem ilçe dahilindeki tüm çadırkent alanlarını kullanıcının isteğine göre gerek puan, gerek kapasite, gerek adres ve ID numaralarını baz alarak sıralayıp, listeleyebilir (Ek 3). Sistem gereklerine göre, olası çadırkent alanlarının puanlanması ve toplam kalite puanlarının hesaplanması işlemi her altı ayda bir tekrarlanacaktır.

Olası bir afet sonrasında, afetzedelerin İlçe Yöneticisine geçici barınma sağlanması amacıyla başvurması durumunda, İlçe Yöneticisi önceden hesaplamış olduğu çadırkent alanı kalite puanlarına göre afetzedeleri bir çadırkent alanına atamaya, başka bir deyişle her afetzede ailesi için belirlemiş olduğu çadırkent alanından bir çadır rezerve etmeye başlayacaktır (Ek 4). Toplam çadır kapasitesi belirli olan çadırkent alanında yer kalmayana kadar o çadırkente çadır (aile) ataması yapabilecek olan İlçe Yöneticisi alanın kapasitesi dolduğu anda toplam

kalite puanı daha düşük olan başka bir çadırkent alanını etkin hale getirip, çadır ataması yapabilir.

İlçe Yöneticilerinden çadır rezervasyonlarını yaptırmış olan afetzedeler, çadırkent alanına ulaştıklarında aynı sistemi kullanmakta olan Çadırkent Yöneticisi ile karşılaşılır. Çadırkent Yöneticisi, aile reisinin daha önce İlçe Yöneticisine belirtmiş olduğu aile ferdi sayısı kadar afetzedeyi aileye (çadıra) kayıt ederek, aile bireylerinin; TCKN, Doğum Tarihi, Cinsiyet, Eğitim Durumu, Vücut Ölçüleri, Özel Hastalık durumları, gibi belirteçlerini sisteme girer. Bu işlem sonucunda, afetzedeler ailelere, aileler çadırlara, çadırlar çadırkentlere atanmış duruma gelir. Çadırkent Yöneticilerinin bir diğer görevi de, ailelerin (çadırların) ihtiyaçlarını takip edip, gereken zamanlarda çadırkent genelindeki malzeme dağıtımlarını yapmak ve çadırkente ait depoların stok seviyelerini kontrol edip, güncellemektir. Buna göre, çadırkente gelen malzemeler eğer sistem içerisinde daha önce tanımlanmamışsa, Çadırkent Yöneticisi tarafından sisteme tanıtılacaktır. Bu malzemenin hangi aileler tarafından, hangi sıklıkla (periyot) ihtiyaç duyulduğu belirlenecek ve dağıtımını sağlanacaktır (Ek 5). Dağıtım yapılan malzemeler sistem tarafından “Dağıtım Sağlandı” şeklinde güncellenip, periyot değeri yardımı ile bir sonraki dağıtım tarihi hesaplanacaktır. Dağıtım tarihi geldiğinde dağıtım yapılmamış olan malzemeler için sistem Çadırkent Yöneticisine uygun bir uyarı görüntüleyecektir. Aynı şekilde, çadırkent depolarındaki malzemelerin kritik seviye altına düşmesi halinde de sistem uygun bir uyarı görüntüleyip, malzemeye sahip en yakın Kızılay merkez deposuna malzeme siparişi verilmesini hatırlatır.

Sistemin son kullanıcısı olan Depo Yöneticisi, Kızılay’ın merkez depolarından sorumlu olan kullanıcıdır. Depo Yöneticisi, Kızılay merkez depolarındaki malzemelerin kritik bulunma seviyesini belirler ve sisteme girer. Bunun yanında depolarda bulunan tüm malzemelerin en güncel sayılarıyla sistemde görüntülenmesini sağlar (Ek 6).

Afet öncesi ve afet sonrası zaman dilimlerinde alınması gereken her türlü aksiyonun sistematik bir şekilde yapılmasını sağlamak için tasarlanmış olan bu sistem kaos ortamındaki karmaşaları önlemek amacıyla en basit kullanıcı arayüzleri kullanılarak hazırlanmıştır.

4.3 Test

Proje sürecinde, modellerimiz geliştirilmiş, kodlamalar tamamlanıp, sistem arayüzü oluşturulmuş durumdadır. Bu aşamalar için, SQL veritabanı uygulamaları ve html ara yüz geliştirme uygulamaları kullanılmıştır. Projenin bir sonraki adımı; afet öncesi olası çadırkent alanlarını puanlama ve sıralama ve olası afet senaryoları için, çadırkent alan belirleme simülasyonu olacaktır. Bu simülasyon İstanbul ili Bakırköy İlçe Belediyesi Afet Planlama Teşkilatı yardımları ile

gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma Bakırköy ilçe sınırları içindeki belediye yetkilileri tarafından önceden belirlenen alanların,belediyenin kendi kriterlerine göre puanlama yapılarak sıralanması ve yapılan bu sıralamanın, tarafımızdan hazırlanan karar destek sisteminin kararlarıyla örtüşme derecesini ölçmektir. Simülasyonlar sonrasında çıkan sonuçların benzerliği ve standard sapma derecesi Kızılay yetkilileri ile paylaşılacaktır. Bu çalışmanın olumlu olması sonucunda sistem öncelikle tüm İstanbul ilçeleri ve sonrasında Türkiye çapındaki tüm iller olmak üzere genişletilecektir.

4.4 Kullanılan yazılım ve donanım ile ilgili bilgi

Sistemimizi kurarken kullanmış olduğumuz donanım, Linux işletim sistemine sahip bir sunucu ve internet uygulaması; kullandığımız yazılımlar ise öncelikle PHP, yardımcı kodlama programları olarak HTML ve Javascript; ve veri tabanı uygulaması için de MySQL'dir.

5. Uygulama planı

Projemizde geliştirdiğimiz sistemin ana taslağı Kızılay yetkilileri tarafından yeterli bulunmuştur. Ana taslakta yapılan çalışmalara ek olarak gerekli geliştirmeler ve testler yapılacak ve sistemin bitmiş hali Kızılay yönetimine sunulacaktır.

Kızılay Afet Yönetimi Müdürlüğü tarafından projemiz onaylandığı takdirde, sistemimiz tüm afet yönetiminin kontrol edilebileceği şekilde gerekli altyapı ve yazılımsal iyileştirmeler sonucunda uygulamaya geçirilebilecektir. Altyapısal geliştirmeler, sistemin daha büyük ve yüksek kapasiteli sunuculara taşınması ve Kızılay'ın mevcut durumda kullandığı kurumsal kaynak yönetimi yazılımıyla uyumlu hale getirilmesini kapsar. Yazılımsal iyileştirmeler ise oluşturduğumuz sistemin daha kullanıcı dostu olması ve Kızılay'ın değişen ihtiyaçlarına göre gerekli değişikliklerin yapılmasını içerir.

Geliştirilen uygulama web tabanlı olduğu için kurulum yapılması gerekmiyor, ve internet erişimi olan her yerden sisteme giriş yapılabilir. Sistemin bu esnek yapısının Kızılay'ın kullandığı kurumsal kaynak yönetimi uygulaması ile entegre olması konusunda kolaylık sağlayacağını düşünüyoruz.

6. Genel Değerlendirme

6.1 Projenin firmaya getireceği beklenen katkılar

Projemizin genel kapsamı, geçici barınma alanlarının yerlerinin seçilmesi ve afet yönetim sisteminin bu bağlamda geliştirilmesi olarak düşünüldüğünde, kuruluş projemizden bir çok fayda elde edecektir. Afet yönetimini bir bütün olarak düşündüğümüzde, kriz anında verilmesi gereken bir çok karar ortaya çıkmaktadır. Afet gibi kaos ortamı yaratan bir durumda ise sistematik ve sağlıklı olarak bu kararların verilmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durumdan ötürü projemiz iki farklı zaman dilimi için çözüm önerileri sunmaktadır. Birincisi, olası bir afet

öncesinde, geçici barınma alanlarının yerlerinin sistematik olarak seçilmesi, ikincisi ise afet sonrasında bu geçici barınma alanlarının afet yönetimi kapsamında daha sağlıklı ve sistematik olarak idare edilmesi üzerine bir proje gerçekleştirmiş durumdayız. Bu iki zaman dilimi için gerçekleştirdiğimiz projemiz ise web tabanlı bir yazılım sistemi ile somut bir varlığa bürünmektedir. Bu yazılımımız web tabanlı olduğu için afet öncesi ve sonrası her türlü bilgisayardan ulaşılabilme imkanı yaratmaktadır. Gerek yazılım içindeki verilerin gelecek için saklanması, gerekse operasyonların sağlıklı bir biçimde yürütülmesi bu yazılım ile sağlanmaktadır.

Yazılımın geçici barınma alanları belirleme ayağında bir çok fayda göze çarpmaktadır. Birincisi, yurt genelindeki her türlü barınma alanı olabilecek arazi hakkındaki bilgiler bu sistemde kolaylıkla görülebilecektir. Bu arazilerde uygunluk özellikleri bakımından herhangi bir değişiklik olduğu anda, gerekli güncellemeler yapılabilecek ve bu güncelleme sayesinde afet anında barınma alanı belirleme verimli bir şekilde yapılacaktır. Bu alanların uygunluk özellikleri bir puanlama sistemi oluşturularak rakamsal bir tabana oturtulduğu için, oluşturduğumuz matematik modeli bu puanları girdi olarak almakta ve yazılım arkasında model işleyerek en iyi sonuçları kullanıcı için çıkarmaktadır.

Yazılımın afet sonrası yönetim ayağında ise afetzedelerin çadırkentlerde sağlıklı bir şekilde barınmasına büyük bir katkı sağlanmaktadır. Yazılımda kullanılan modüller sayesinde, her çadırkentte kalan afetzedelerin ihtiyaç bilgileri, çadırkentlerin kullanılma durumu, çadıkkente gelen ve kullanılan yardım malzemelerinin kayıt altında tutulması sağlanmaktadır. Böylelikle sorumlu yöneticiler kaos ortamında, yazılımdaki somut ve güncel verilerden destek alarak karar verebileceklerdir. Buna ek olarak, programda her bir özel yöneticinin kullanıcı adı ve şifreyle girebileceği bir hesabı olacaktır. Her kullanıcı kendi görevi kapsamında olan modüllere ulaşabilme imkanına sahip olacağı için, operasyonel olarak sorumlular arasında gerçekleşebilecek karışıklıklar giderilmiş olacaktır.

6.2 İleriye dönük güncelleme / geliştirme konularında öneriler

Oluşturduğumuz program esnek bir yazılım olup ileride yapılabilecek güncelleştirmelere açıktır. Örneğin, çadırkent alanlarının puanlaması sürekli olarak değiştirilebilmekte ve güncel tutulabilmektedir. Program web tabanlı olduğu için sunucular tarafından desteklenmektedir. Kullanıcı sayısının ilerleyen zamanda artacağını hesaba kattığımızda ise şu andaki mevcut sunucu sayısı kapasiteyi kaldıramayabilir ancak yeni sunucuların sisteme dahil edilmesiyle gelecekte bu problem ortadan kaldırılabilir. Programda bulunan modüllere ek olarak kurumun ihtiyacı doğrultusunda yeni modüller

gelecekte eklenebilir. Bunlara ek olarak raporlama bakımından programın kabiliyetine baktığımızda, çıktı alma imkanı bulunmaktadır. Çıktı alma dışında bu raporların bilgisayar ortamında kaydedilmesine olanak sağlanabilmesi için pdf, excel ve word gibi ayrı formatlarda bu raporların çekilebilmesi ileride bir geliştirme unsuru olarak ön plana çıkabilir.

KAYNAKÇA

- Dilmaç Gökhan, Türk Kızılayı, Lojistik Bölümü, Kişisel GÖRÜŞME, 3.11.2010
- İstanbul Deprem Raporu 2010, Meclis Deprem Araştırma Komisyonu, Ankara, 2010
- Şavur Eylem, Türk Kızılayı, Psikolog, Afet Hazırlık ve Planlama Birimi Yöneticisi, Kişisel GÖRÜŞME, 24.10.2010
- Türk Kızılayı, Afet Müdahale ve Yardımlar Yönetimi Bölümü Afete Hazırlık ve Planlama Birimi, Afet Yönetim Sistemi Genel Değerlendirme Raporu, Ankara, Eylül 2007, 1
- Charnes A., Cooper W.W. 1961. Management Models and Industrial Applications of Linear Programming, Vol.1, John Wiley & Sons, In., USA
- C.W. Kirkwood, Strategic Decision Making: Multiobjective Decision Analysis with Spreadsheets, Duxbury Press, Belmont, CA, 1997, ISBN 0-534-51692-0.
- Atlas M. 2005. Çok Amaçlı Programlamada Karar Vericinin Etkisi, Review of Social, Economic & Business Studies, Vol.5/6, 339 – 352
- Davis K. R, Mckeown P. G., Rakes T. R. 1986. Management Science Introduction, Wadsworth Inc., Belmont, California
- Taylor, B. W. 1995. Introduction to Management Science, Third Edition, Allyn and Bacon, USA
- Sphere Project, Sphere Project Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Response,(revised edition) 2004.

EKLER

Ek 1. Çadırkent alan değerlendirme kriter fonksiyonları

Kriterler	Değerler	Fonksiyon tipi	Fonksiyon
1. Ulaşım Kolaylığı F1(X)	Ulaşım Kolay: 10 Ulaşım Zor:0	doğrusal	x/10
2. Şehir Merkezine Yakınlık F2(X)	En Yüksek - 100 km En Düşük - 0 km Orta Nok - 40 km p : 25245	üstel	$\frac{1 - \text{üs}[-(en\ yüksek - x)/\rho]}{1 - \text{üs}[-(en\ yüksek - en\ düşük)/\rho]}$
3. Sağlık Merkezine Yakınlık F3(X)	En Yüksek - 45 km En Düşük - 0 km Orta Nok- 20 km p : 94198	üstel	$\frac{1 - \text{üs}[-(en\ yüksek - x)/\rho]}{1 - \text{üs}[-(en\ yüksek - en\ düşük)/\rho]}$
4. Su Kaynaklarına Yakınlık F4(X)	En Yüksek - 80 km En Düşük - 0 km Orta Nok - 1 km p : 8,18936	üstel	$\frac{1 - \text{üs}[-(en\ yüksek - x)/\rho]}{1 - \text{üs}[-(en\ yüksek - en\ düşük)/\rho]}$
5. Arazinin Türü F5(X)	Dağ eteği: 2 Vadi: 2 Ova: 10 Dere Yatağı: 0	doğrusal	x/10
6. Arazinin Toprak Yapısı F6(X)	Humuslu Toprak: 4 Killi Toprak: 10 Kumlu Toprak: 0 Kireçli Toprak: 0	doğrusal	x/10
7. Arazinin Eğimi F7(X)	% 2-4: 10 % 1: 4 % 0: 2 % 5: 5 % 6: 1 % 7+: 0	doğrusal	x/10
8. Elektrik Altyapısı F8(X)	Hazır: 10 Hazır Değil: 0	doğrusal	x/10
9. Kanalizasyon Altyapısı F9(X)	Hazır: 10 Hazır Değil: 0	doğrusal	x/10
10. Bitki Örtüsü F10(X)	Yoğun: 0 Orta derecede: 2 Seyrek: 5 Hiç yok: 10	doğrusal	x/10
11. Kullanım İzni F11(X)	Kamuya ait: 10 Hazineye ait: 8 Belediyeye ait: 9 Kişilere ait: 3	doğrusal	x/10

Ek 6. Depo-Malzeme İşlem Tablosu

Depo-Malzeme İşlem Tablosu

Arama kriterlerini başında multiteklif operatörleri (<, <=, >, >=, <> yada =) kullanabilirsiniz.

[Dataya Arama](#)

8 sonuçtan 1-8 arası gösteriliyor.

ID	Depo_ID	Malzeme_ID	Seviyeye	Kritik Seviyeye
1	1	3	100	0
2	1	2	500	0
3	1	6	20	0
4	2	3	600	0
5	2	2	933	0
7	2	9	11	0
10	6	1	20	0
11	6	3	50	0

Alttaki aramada, 1 numaralı depoda bulunan malzeme numarası 2'den büyük malzemeler istelenmiştir

Depo-Malzeme İşlem Tablosu

Arama kriterlerini başında multiteklif operatörleri (<, <=, >, >=, <> yada =) kullanabilirsiniz.

[Dataya Arama](#)

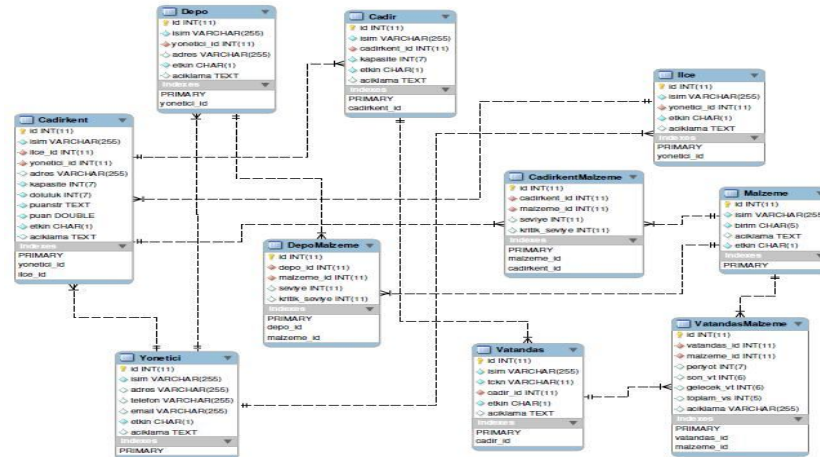
2 sonuçtan 1-2 arası gösteriliyor.

ID	Depo_ID	Malzeme_ID	Seviyeye	Kritik Seviyeye
1	1	3	100	0
3	1	6	20	0

Ek 7. Alan değerlendirme fonksiyonu kriter ağırlıkları

Kriterler	Kriterin Ağırlığı	
W1	Ulaşım Kolaylığı	0,175
W2	Şehir Merkezine Yakınlık:	0,135
W3	Sağlık Merkezlerine Yakınlık	0,094
W4	Su Kaynaklarına Yakınlık:	0,150
W5	Arazinin Türü	0,121
W6	Arazinin Toprak Yapısı	0,067
W7	Arazinin Eğimi	0,081
W8	Elektrik Altyapısı	0,028
W9	Kanalizasyon Altyapısı	0,028
W10	Bitki Örtüsü	0,054
W11	Kullanım İzni	0,067

Ek 8. ER tablosu



Değişken Talep Dağılımını Gözeten Servis İstasyon Ağına Tasarımı

MAN Kamyon ve Otobüs Tic. A.Ş.

Proje Ekibi

Harun Büyükçolak
Tolun Altuğ Karabulut
Şenol Mullaoglu
Meltem Peker
Gizem Sağol

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Zeynep Kirkizoğlu, Satış Destek Sorumlusu
Özen Ergezer, Servis Ağı ve İş Geliştirme Yöneticisi

Akademik Danışman

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

ÖZET

Girişimcilerin talebi doğrultusunda, Türkiye’de şu anda faaliyet gösteren yetkili MAN Kamyon ve Otobüs servis istasyonlarının açılmasının onaylanması, sistematik bir yaklaşımla olmamıştır. Bu durum, müşterilerin servis istasyonlarına gitmek için aldıkları yolun fazla olmasına ve servis istasyonlarının kapasitelerini verimsiz kullanmasına neden olmuştur. Gerçekleştirdiğimiz projeye birlikte, problem matematiksel olarak modellenmiş; JAVA ve XPRESS programları kullanılarak MAN Kamyon ve Otobüs servis istasyonlarının nerelerde ve hangi kapasitede açılması gerektiği sistematik hale kavuşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: servis istasyonları, yerleşim problemleri, matematiksel model

1. Firma Tanıtımı

MAN Kamyon ve Otobüs Tic. A.Ş., 1966 yılında kurulmuş olup, şu andaki pazarlama ve satış aktivitelerini ülke çapında dokuz yetkili satıcı ile yürütmektedir. MAN Kamyon ve Otobüs, satışların yanında satış sonrası servislerinde de yüksek müşteri memnuniyeti sağlamak için yapılarını modernleştirmektedir. MAN Kamyon ve Otobüs, müşteri memnuniyetini müşteriye yakınlık, güvenilirlik, kısa teslimat süresi olarak tanımlamaktadır.

MAN Kamyon ve Otobüs'ün prensibi, yurt çapındaki 31 yetkili servis istasyonu ile müşteri memnuniyetini hızlı, etkili ve kaliteli çözümler geliştirmektir. Bunun için, yeni fikirler uygulamakta, yeni plazalar açmakta ve yeni uygulamalar sunmaktadır. Ayrıca yetkili servis istasyonlarını tasarım, yapım, modernleştirme, araç-gereç, vb olmak üzere her konuda desteklemektedir. Başlıca servis politikaları sonucu, MAN Kamyon ve Otobüs satış sonrası servislerinde Avrupa standartlarına uygun hizmet vermeyi amaçlamaktadır. Bu yüzden, müşteri memnuniyeti bakımından anahtar etkenlerden biri olan müşterinin yetkili servis istasyonlarına ulaşmak için katettiği yolu en aza indirmeyi hedeflemektedir.

2. Projenin Tanımı ve Mevcut Sistem Analizi

Projemizin ana hedefi, çeşitli kısıtları göz önüne alarak Türkiye'deki MAN servis istasyonlarını uygun şekilde yerleştiren, böylece müşterilerin katedeceği yolu en aza indiren ve servis istasyonlarının kapasitesini verimli şekilde kullanan bir sistem tasarlamaktır.

2.1 Ön sistem analizi

Şu anda Türkiye'nin çeşitli bölgelerine dağılmış 31 MAN servis istasyonu bulunmaktadır. Servis istasyonlarının şu andaki yerleri şirket tarafından değil, şirkete ulaşan başvurulara göre belirlenmektedir.

2010 yılında yaklaşık olarak 46.461 kayıtlı MAN aracından sadece 13.432 tanesi MAN servis istasyonlarını ziyaret etmiştir. Bu araçların servis istasyonlarını toplam ziyaret etme sayısı 54.524 olup gelen her MAN aracının servis istasyonuna uğrama sıklığı yılda ortalama 4,05'tir.

2.2 Semptom ve Şikâyetler

Mevcut sistemde problemle ilgili sorunlu noktalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

2.2.1 Servis istasyonlarının iş yükü ve iş yükü/kapasite oranları arasındaki eşitsizlik

Belirlenen bölgelerdeki her bir servis istasyonuna gelen toplam iş yükü ve iş yükü/kapasite oranları Ek 1.1 ve Ek 2.1'de gösterilmiştir. İş yükleri ve iş yükü/kapasite oranları arasındaki bu farklılıklar beraberinde aşağıdaki sorunları getirmiştir:

- *Bazı servis istasyonlarındaki düşük iş hacmi:* Servis istasyonlarının faaliyetlerini uzun vadede sürdürebilmeleri için yeterli iş hacmine sahip olmaları gerekmektedir. Ek 1.1’de görüldüğü gibi her servis istasyonunun sahip olduğu iş emri sayısı ölçeklendirilmiş olarak 0,03 ile 3,41 arasında değişmektedir. Örnek olarak, altıncı ve yirmi ikinci servis istasyonlarının iş hacmi ortalama değer %10’undan ve maksimum değer %3’ünden düşüktür.
- *Müşterilerden gelen fazla talep yüzünden kapasitenin aşırı kullanımı:* Servis istasyonlarının kapasitelerinin aşırı kullanılması müşterilerin fazla beklemelerine neden olabilmektedir. Ek 2.1’de görüldüğü gibi bazı servis istasyonlarındaki iş yükü/kapasite oranı birden büyüktür. Bu durumda fazla beklemek istemeyen müşteriler servis almayı reddedebilir ve müşteri kaybı yaşanabilir.

2.2.2 Servis istasyonlarına gelen araç oranının düşük olması

Toplam müşterilerin %72’si, garanti süresi sona erdikten sonra yetkili servis istasyonlarını tercih etmemektedir. Bu duruma garanti süresinin bitmesi dışında etki eden diğer bir faktör de yetkili servis istasyonlarının dağılımı gösterilebilir. Bunun altında yatan sebep, müşterilerin yetkili servis istasyonlarına ulaşması, yetkili olmayan servis istasyonlarına ulaşmasından zaman ve ücret bakımından daha fazlaysa, yetkili servis istasyonlarını tercih etmek istememesidir. Teorik olarak, şirkete güven, yedek parça garantisi gibi ölçülemeyen kıstaslar göz önünde bulundurulmazsa, bu etken problemin belirtilerinden biri olarak gösterilebilir ve iki alt başlıkta incelenebilir:

- *Ulaşım masrafı nedeniyle müşteri kaybı:* Mevcut durumda, araçların yetkili servis istasyonlarına ulaşmak için katettiği ortalama mesafenin ziyaret başına yaklaşık 32,24 km olduğu gözlenmiştir. Eğer yetkili servis istasyonu, müşteriye uzak bir noktada bulunuyorsa ve daha yakınında servis veren yetkili olmayan bir servis istasyonu varsa bu durum müşterinin ulaşım masrafından dolayı MAN servis istasyonlarını tercih etmemelerine sebep olabilmektedir.
- *Zaman kısıtlaması nedeniyle müşteri kaybı:* Zamanı kısıtlı olan bazı müşteriler yol masrafına önem vermeseler bile, yetkili servis istasyonuna ulaşmak çok zaman aldığı için, yetkili servis istasyonlarını tercih etmek istemeyebilirler. Yapılan analizlere göre, servis zamanlarının %55’i bir günü geçmemektedir. Gereken servis kısa sürede biteceği için, müşteriler alternatif servis istasyonu seçeneklerini göz önünde bulundurabilirler.

2.3 Problem Tanımı ve Proje Kapsamı

Semptomları analiz edip, şirket ile bu noktalar üzerinde görüş alışverişinde bulunduktan sonra, temel problemin servis istasyonlarının

açılmasının girişimcilerin isteği üzerine yapılmasıyla ilgili olduğunu gözlemledik. Burada belirtmek istediğimiz nokta, servis istasyonlarının açılacağı yerlerin belirlenmesinde belirli bir yöntemle dayalı yaklaşımın olmayışıdır. Bilindiği üzere müşteri memnuniyeti sadece satış sırasındaki pozitif ortamla değil, satış sonrası destek ile müşterinin devam eden olumlu düşünceleriyle de ölçülmektedir. Daha iyi bir servis düzeyi, mutlak suretle, beraberinde daha iyi bir prestij ve yüksek satış rakamları getirecektir. Bu getiriler göz önünde bulundurulduğunda, karşılaşılan problemin sistematik bir şekilde ele alınması gerektiği gözlenmektedir.

Servis istasyonlarına gelmeyen MAN müşterilerinin bir bölümü, servis istasyonlarının mevcut dağılımından dolayı gelmediği düşünülebilir. Ulaşım maliyeti ve zaman kısıtı bu noktada hesaba katılması gereken iki büyük etkidir. Bu durum Avrupa’da, MAN servis istasyonlarına en fazla 90 dakikada olunabilmesini sağlayan bir mekanizma ile çözülmüştür. Fakat Türkiye’deki servis istasyonlarının durumu için aynı şeyi söylemek mümkün değildir.

Belirtilen semptomlar, şikayetler ve belli kriterler gözönüne alındığında, problemin tanımı şöyledir:” Türkiye’deki MAN yetkili servis istasyonlarının dağılımının belirlenmesinde, müşterilerin servis istasyonuna ulaşması için katettiği mesafeyi en aza indiren ve servis istasyonlarının sürekliliğini ele alan sistematik bir yaklaşımın olmamasıdır.”

3. Kaynak Araştırması

Problem tanımlandıktan sonra, benzer problemler üzerinde daha önce çalışılıp çalışılmadığını görmek için kaynak araştırması yapılmıştır. 1929’da Alfred Weber fabrikaların nerede kurulması gerektiği ile ilgili ilk çalışmaları başlatmıştır. Müşterilere olan mesafenin en aza indirilmesini sağlamak amacıyla tek bir deponun nereye kurulacağını ele almıştır (Weber, 1929). Hakimi’nin de benzer konuda bir yayını vardır (Hakimi, 1964). Yer belirleme problemini daha genel olarak incelemiş, bir veya daha çok tesisin oluşturduğu ağda, müşteri ile en yakın tesis arasındaki mesafeyi en aza indirmeyi göz önünde bulundurmıştır.

Özellikle *European Journal of Operational Research* adlı dergiden “tesis yerleşimi ve yer seçimi”, “kısmi alan kapsama”, “yere bağlı talep dağılımı” anahtar kelimelerini kullanarak pek çok makaleye ulaşıldı. “Dinamik tesis yer seçimi” ve “çok amaçlı yer seçimi analizi” problemimize en benzer konulardır. Current, H. Min ve D. Schilling (1990), G. Wesolowsky ve W. Truscott (1975), Ghiani et al. (2004), gibi yazarların makalelerinden problemimize yaklaşım ile ilgili genel bir fikir edinildi. Sonuç olarak, bahsedilen kaynakların ışığında önerilen sistem, tamsayı programlama ve algoritmalarından oluşan değişik

modellerin bir birleşimidir. Bu sistemle birlikte sadece şu andaki duruma göre değil, aynı zamanda gelecekteki satışlara dayanarak da uygulanıp sonuç alınabilir (Wesolowsky ve Truscott, 1975).

4. Önerilen Sistem

4.1 Servis istasyonu yer belirleme sistemi

4.1.1 Genel yaklaşım

Türkiye’de açılması gereken MAN servis istasyonlarının yerleri sistematik olarak belirlenirken bazı görüşler esas alınmıştır. Buna göre, açılacak olan servis istasyonları müşterilere mümkün olduğunca yakın, fakat açılacak servis istasyonları birbirlerinin cirosunu olumsuz yönde etkilememesi için birbirlerinden yeterince uzak olmalıdır. Bu yaklaşımımız, çözümümüzü daha gerçekçi yapmakta ve diğer yer seçimi problemlerinden ayırmaktadır. Aynı zamanda, açılacak servis istasyonlarının alacakları talebi karşılayacak kapasiteye sahip olmaları ve açılacak tesislerin varlığını uzun vadede sürdürebilmeleri için yıl bazında belli bir geliri elde etmeleri gerekmektedir. Bunun yanında, henüz MAN servis istasyonuna sahip olmayan şehirlerde servis istasyonu açılması durumunda o şehirde oluşan talep, şimdiki durumdan belli bir yüzdeyle daha fazla olacaktır. Yer seçimi yapılırken bu durum da göz önünde bulundurulmalıdır.

Genel yaklaşımda bahsedilen düşünceler, matematiksel olarak modellenirken, her şehrin oluşturabileceği talebin bilinmesi gerekir. Fakat, MAN servis istasyonu olmayan şehirlerde oluşabilecek talep için varsayım yapıldı. Varsayım yapılmasındaki temel neden, şimdiki durumda MAN servis istasyonlarının almış olduğu talebi şehir bazında dağıtırken araçların esas bulunduğu ya da bulunabileceği yerin bilinmemesidir. Çünkü yapılan analizlerde, araçların trafiğe kayıtlı olduğu şehirlere en yakın servis istasyonuna uğramayabilecekleri ve bir aracın genellikle birden fazla şehirdeki servis istasyonlarına uğradıkları gözlemlendi. Bu durum, araçların sürekli hareket halinde olması ve de araçların trafiğe kayıtlı olduğu yerden çok daha farklı yerde bulunabilmesiyle açıklanabilir. Bu nedenlerden dolayı aşağıda bahsedilen varsayım yapılmıştır:

Şimdiki durumda MAN servis istasyonlarının bulunmadığı her bir şehrin talebi, kendisine en yakın ve MAN servis istasyonu bulduran şehirde oluşmuş iş emri sayısının bir türevidir. Bu durum, detaylı olarak 4.1.3’te anlatılacaktır. Bu varsayım yapılarak, araçların hareket halinde olma etkisi aslında gözetilmiştir. Çünkü konumu nedeniyle rağbetin yüksek olduğu şehrin talebi, aracın kayıtlı olduğu olası uzak şehirlere değil, kendisine yakın şehirlere paylaştırılmış ve böylece o bölgenin çekiciliği korunmuştur.

MAN servis istasyonu buldurmeyen şehirlere MAN servis istasyonu açılması durumunda, bu şehir için hesaplanan talebin belli bir

yüzdeyle artması varsayımı yapıldı. Bu yüzde, şirketle yaptığımız görüşmeler doğrultusunda %10 olarak kabul edildi. Aynı zamanda, şu anda faaliyette olan servis istasyonu kapatılırsa, bu servis istasyonunun bulunduğu şehre ait talebin %10 azalacağı da varsayıldı.

Açılacak servis istasyonlarının yıllık kapasitelerinin belirlenebilmesi için, faaliyette olan servis istasyonlarının anlık kapasiteleri, yıl bazında hesaplandı ve boyutuna göre 3 tip kapasite belirlendi. Buradaki amaç, servis istasyonlarının daha verimli kullanılmasıdır.

Problem, mevcut servis istasyonlarının açma-kapatma maliyetini düşünmeden, belirli bir yıl için servis istasyonların yerini ve kapasitesini verecek şekilde modellendi. Çünkü, gerçek anlamda böyle bir maliyet MAN Kamyon ve Otobüs için söz konusu değildir. Varsayım yapılarak böyle bir maliyetin bulunması ve modele eklenmesi, modelin gerçekçilikten uzaklaşmasına neden olabilir. Dolayısıyla, problem bahsedilen şekilde modellenerek, MAN Kamyon ve Otobüs'ün belirlenen yıl için açılmış olması gereken servis istasyonlarının yerini ve büyüklüğünü görüp, MAN yetkili servis istasyonu açmak için girişimde bulunan kişilere vereceği cevabı ve sözleşmesini uzatacağı yetkili servis istasyonlarının hangileri olması gerektiğini sistematik olarak vermesi sağlanmıştır.

4.1.2 Model girdileri

Problem için ekte görülen kavramsal model geliştirildi (Ek 3). Buna göre, faaliyette olan her MAN servis istasyonunun yıllık iş emri sayısı, kamyon ve otobüs için ayrı ayrı alınmıştır. Aynı zamanda, her bir aracın iş emri başına bıraktıkları ortalama para miktarı da hesaplanmıştır. Servis istasyonu bulunan şehirler belirlenmiş ve tüm iller arası mesafeler hesaplanmıştır. Bunun dışında, 3 tip servis istasyonunun yıllık kapasiteleri belirlenmiştir. Son olarak, şehir bazında talep oluşturabilmek için gerekli olan ve şehirlerin gelişmişlik, merkezi yer olma durumunu yansıtan kamyon için ton-km ve otobüs için yolcu-km verileri şehir bazında alınmıştır. Bu veriler TÜİK'ten alınmıştır.

4.1.3 Geliştirilen model ve sistem algoritması

Gerekli girdileri aldıktan sonra modelimiz, şehir bazında talep oluşturmak için aşağıda belirtilen algoritmayı kullanmaktadır.

Adım 1: (Şehir Ataması)

Her şehir, MAN servis istasyonunun bulunduğu en yakın şehre atanır ve her servis istasyonunu için bir grup oluşturulur.

Adım 2: (Talep Paylaşımı)

Her şehir için servis istasyonlarının talebi, önceki adımda oluşturulan gruplar ve yolcu-km, ton-km verileri aşağıdaki formül kullanılarak oluşturulur. Böylece, bir servis istasyonunun herhangi bir şehirde

açılması sonucunda, bazı şehirlerde değişebilecek talep dağılımı düşünülmüştür.

$$D_i = (N_i/V_i) * R_i$$

D_i : “i” şehri için oluşturulan talep miktarı

N_i : “i” şehrinin yoğunluğu

V_i : “i” şehrinin bulunduğu bölgedeki şehirlerin toplam yoğunluğu

- Kamyon için ton/km
- Otobüs için yolcu/km

R_i : “i” şehrinin bulunduğu bölgedeki servis istasyonunun toplam talebi

Adım 3: (En iyileme)

Matematiksel modelde, oluşturulan talepler kullanılarak ve bazı kısıtlar göz önünde bulundurularak yeni servis istasyonlarının yerleri belirlenir. Matematiksel model, Ek 4’te gösterilmiştir.

Adım 4: (Yineleme)

Tüm adımlar bir kez daha tekrarlandıktan sonra sonuçlar alınır ve durulur.

5. Sonuçlar

5.1 Sistem performansı ve mevcut durumla karşılaştırma

Önerdiğimiz sistemi değerlendirebilmemiz için kullandığımız performans ölçütleri; servis istasyonlarının elde etmesi gereken en az gelir seviyesi ve açılacak en fazla servis istasyonu sayısına göre, araç ve ziyaret başına katedilen mesafe miktarı ve toplam iş emri sayısıdır. Mevcut durum incelendiğinde, araç ve ziyaret başına gidilen mesafenin 32,24 km olduğu gözlenmiştir. İş emri sayıları kamyon için 35.026, otobüs için 19.498’dir. Mevcut durumdaki servis istasyonu sayısı sabit kalmak koşuluyla kapasite kullanım oranı %70 olarak belirlendiğinde, önerdiğimiz sistem ziyaret başına gidilen mesafeyi 29,62 km’ye düşürürken, talep miktarını kamyon için 37.148’e, otobüs için ise 19.977’ye yükseltmiştir. Bu durumda, talep miktarı yaklaşık %4 artarken, katedilen mesafe %8 azalmıştır. Önerilen sistemin ekonomik katkılarını değerlendirdiğimizde talep miktarındaki artışa bağlı olarak servis istasyonlarının geliri toplamda yaklaşık 220.000 TL artarken, gidilen her km’de kamyon ve otobüslerin ortalama bir TL’lik yakıt tükettiğini varsayarsak, mesafenin azalmasıyla birlikte müşterilerin yol masrafı toplamda her yıl 150.000 TL azalacağı öngörülmüştür.

Şirketle yaptığımız görüşmeler sonucunda Türkiye genelindeki servis istasyonu sayısının 35’e kadar arttırılabileceği kararına varılmıştır. Bununla birlikte minimum gelir düzeyi için gereken

minimum kapasite kullanım yüzdesi de en az %70 olarak belirlenmesi makul bulunmuştur. Bu senaryoda 10 tane büyük, 9 tane orta, 16 tane küçük ölçekli servis istasyonunun açılması önerilmiştir. Servis istasyonlarının açılacağı şehir bilgilerini vermememiz şirketin gizlilik politikası gereğidir. Büyük şehirlerde talebin fazla olmasına paralel olarak büyük ölçekli servis istasyonu açılması verimliliğin sağlandığının göstergesidir. Yaptığımız analizlerden aldığımız sonuçlarda araç başına gidilen yol 32,24 km'den 24,1 km'ye düşmüştür. Böylece her araç başına katettiği yol açısından %25 iyileşme gözlenmiştir. Açılan servis istasyonu yerlerinin değişmesi, servis istasyonlarının sayısının artması ve caziplik faktörünün de etkisiyle toplam araç sayısı 54.524'ten 56.935'e çıkmıştır. Burda da %4,23'lük bir artış gözlemlenmiştir. Sadece talep artışı dikkate alındığında yaklaşık %6'lık toplam gelirden artış olmaktadır. Gidilen yol azaldığından dolayı da müşterilerin her yıl toplamda yaklaşık 1.000.000TL daha az harcayacağı öngörülebilmektedir (Ek 5). Bu miktar MAN Kamyon ve Otobüs'ün direkt geliri olmamasına rağmen, müşteri memnuniyetini artıran önemli bir faktördür ve sonucunda MAN Kamyon ve Otobüs'e daha çok müşteri kazandırarak kazanç sağlayacaktır.

6. Uygulama

6.1 Sistemin uygulanması için gerekli altyapı

Önerdiğimiz sistemin uygulanması için, öncelikle şu an açık olan servis istasyonlarından kapatılması gerekenlerle daha önceden yapılmış anlaşmalar göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı zamanda sistemin servis istasyonu açılmasını önerdiği yerlerde uygulanabilirlik ve maliyet çalışmaları yapılmalıdır. Algoritmamızın ve modelimizin, MAN Kamyon ve Otobüs çalışanlarına ait bilgisayarlarda sorunsuz çalışabilmesi için Xpress IVE eniyileme yazılımının ve JAVA programının şirket personeline ait bilgisayarlara yüklenmesi gerekmektedir. Kullanıcının sistemi doğru ve kolay bir biçimde kullanabilmesi açısından şirkete arayüz sağlanmıştır.

6.2 Uygulama planı

Pratik olarak yeni bir servis istasyonu açmak veya var olanın yerini değiştirmek zor olacağı için şirkete sunacağımız program üzerinde senaryo analizleri yapmak ve bunları değerlendirmek daha doğru olacaktır. MAN Kamyon ve Otobüs, sunduğumuz değişik senaryoların firmaya, servis kalitesine ve çevreye sağladığı ekonomik ve ekolojik katkılarıyla beraber ileriki yılların satış tahminlerini ve talep dağılımlarını göz önünde bulundurarak bu stratejik kararı en doğru şekilde almaya çalışacaktır.

7. Genel Değerlendirme

Önerilen yöntemde servis istasyonlarının yer seçiminin matematiksel bir temele dayanması, hızlı ve etkili öneriler sunması ve

firmaya farklı alternatifleri değerlendirme imkânı tanınmasıyla probleme etkili bir çözüm getirmekte ve firmanın beklentilerini karşılamaktadır.

Şu anki durumda semptomlardan biri olarak gösterilen servis istasyonlarının iş yükü arasındaki eşitsizlik azaltılmıştır. Ek 1.1’de görüldüğü gibi ölçeklendirilmiş değerler 0,03 ile 3,41 arasında değişirken, önerilen sistemde bu değerler 0,62 ile 2,02 arasında değişmektedir (Ek 1.2). Daha önceden en düşük servis istasyonu iş hacmi en yüksek değer %3’ü iken, önerilen durumda bu değer %30’a yükselmiştir.

Servis istasyonlarına gelen araç sayısı 54.524’ten 56.935’e yükselmiş ve %4,4’lük artış sağlanmıştır. Bunu sağlayan faktörlerden biri, ulaşım masrafı ve zaman kısıtlaması nedeniyle kaybedilen müşterilerin katettiği ortalama mesafenin 32,24’ten 24,10’a düşürülmesiyle bazı müşterilerin yeniden kazanılabilecek olması varsayımdır.

Önerdiğimiz model sonunda Ek 2.1’de görülen kapasitenin aşırı kullanımından oluşabilecek müşteri kaybı ortadan kalkmıştır (Ek 2.2). Tüm değerlerin birden düşük olduğu görülebileceği gibi, %70 kapasite kullanım oranını da sağlamıştır.

7.1 Projenin firmaya getirmesi beklenen katkılar

Sunulan tüm öneriler, farklı koşullar altında oluşması muhtemel senaryolar için test edilmiştir. Sonuç olarak önerilen sistem çoğu senaryo için sistem iyileştirmesine yönelik yapılacak tüm yatırımların firmaya her durumda fayda sağlaması beklenmektedir.

Önerilen model, MAN servis istasyonlarına gelen kamyon ve otobüs sayısının artmasını sağlarken müşteri tarafından katedilen yolun azalmasını sağlamaktadır. Böylece yetkili servis istasyonlarının kazancı artarken dolaylı olarak MAN Kamyon ve Otobüs’ün de geliri yükselmektedir. Müşterinin aldığı yolu azaltmasını sağladığı için diğer bir deyişle müşteriye yaklaşarak müşteri memnuniyetinde de artışı sağlamaktadır. Buna paralel olarak, servis istasyonlarına gelen talep miktarının da artması beklenmektedir. Bunlara ek olarak, pratik, hızlı ve kullanıcı dostu hazırlanan sistem problem düzenindeki ani ve (veya) kalıcı değişikliklere kolaylıkla uyum sağlayabilmektedir.

Sonuç olarak, şirket için hazırlanan sistem sayesinde, servis istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi bir sistem üzerinden yürütülür hale getirilmiştir. Geliştirilmiş olan model sayesinde servis istasyonlarının iş yükü/kapasite oranlarında denge sağlanacak ve müşterilerin katedeceği yol azalacaktır. Böylece müşteri memnuniyetinin ve marka değerinin artacağına inanılmaktadır.

Projenin firmaya sağladığı katkıların mevcut durumla karşılaştırılması Tablo 1 ve Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Katedilen Yoldaki Azalma (2010 verileri kullanılmıştır.)

Servis istasyonu sayısı	Minimum Kapasite Kullanım Yüzdesi		
	%50	%70	%90
31	%11.7	%8.1	%-4.2
35	%36.6	%25.3	%3.5

Tablo 2. Araç Sayılarındaki Artış (2010 verileri kullanılmıştır.)

Servis istasyonu sayısı	Minimum Kapasite Kullanım Yüzdesi		
	%50	%70	%90
31	%4.79	%4.77	%3.02
35	%4.34	%4.42	%5.27

7.2 İleriye dönük güncelleme / geliştirme konularında öneriler

Geliştirilen sistem ileriki zamanlarda yapılabilecek olası stratejik ve taktiksel değişimlere karşı esnek olarak tasarlanmıştır. Mesela, mevcut sistem il bazında çalışmaktadır fakat daha net sonuçlar almak için model ilçe bazında da çalışacak şekilde düzenlenebilir. Ancak, bu programın hızını düşürür ve ilçe bazında veri bulması zor olduğu için uygulanması da zor olabilir. Önerilen sistemde açılan servis istasyonlarının finansal açıdan incelemesi detaylı olarak yapılmamaktadır (amortisman zamanı). Bunun için matematiksel modelde, açılacak servis istasyonlarının belirli bir gelir düzeyini elde etmesinin yanında yapılan yatırımın belirlenen zamanda geri dönmesi de bir kısıt olarak eklenebilir. Mevcut sistemde yapılan talep dağıtımı ve talep artışı varsayımları da değişik şekillerde uygulanabilir.

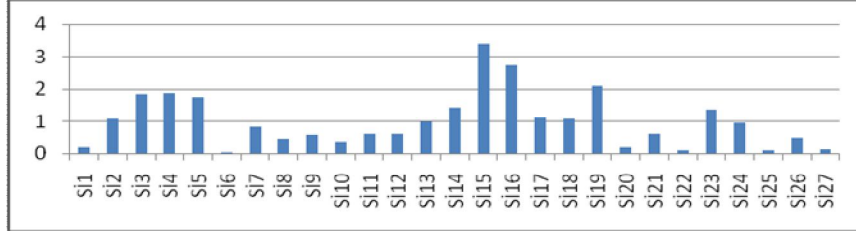
KAYNAKÇA

- Current, J., Min, H., Schilling, D., 1990. "Multi-objective analysis of facility location decisions", European Journal of Operational Research 49, 295-307.
- Ghiani, G., Laporte, G., Musmano, R., 2004. "Introduction to Logistics Systems Planning and Control", John Wiley & Sons Ltd, England.
- Hakimi, S.L., 1964. "Optimum locations of switching centres and the absolute centres and medians of a graph", Operations Research 12, 450-459.
- MAN Kamyon ve Otobüs. <http://www.man.com.tr/> Son erişim tarihi: 20 Nisan 2011.
- Türkiye İstatistik Kurumu 2009. Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri <http://www.turkstat.gov.tr>. Son erişim tarihi: 25 Ekim 2010.
- Türkiye İstatistik Kurumu 2006. İş Gücü Anketi Haziran 2006, <http://www.turkstat.gov.tr>. Son erişim tarihi: 10 Şubat 2011.
- Weber, A., 1929. "Alfred Weber's Theory of the Location of Industries", The University of Chicago Press.
- Wesolowsky, G., Truscott W., 1975. "The Multi-period Location-Allocation Problem with Relocation of Facilities", Management Science 22, 57-65.

EKLER

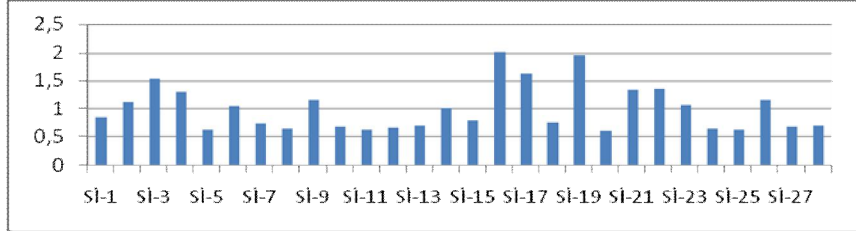
Ek 1

Ek 1.1 Her servis istasyonu için iş hacmi (2010 yılı için yapılmıştır.)



*Servis istasyonlarındaki toplam iş hacminin ortalaması 1 kabul edilerek ölçeklendirilmiştir.

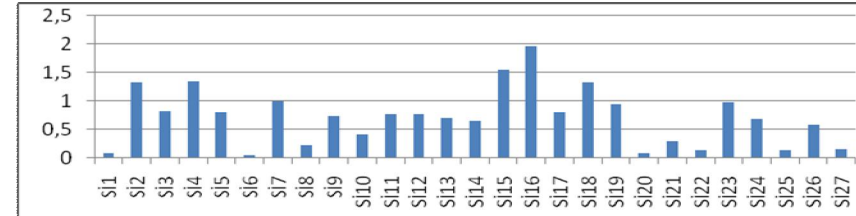
Ek 1.2 Önerilen sistemde her servis istasyonu için iş hacmi (2010 yılı için yapılmıştır.)



*Servis istasyonlarındaki toplam iş hacminin ortalaması 1 kabul edilerek ölçeklendirilmiştir.

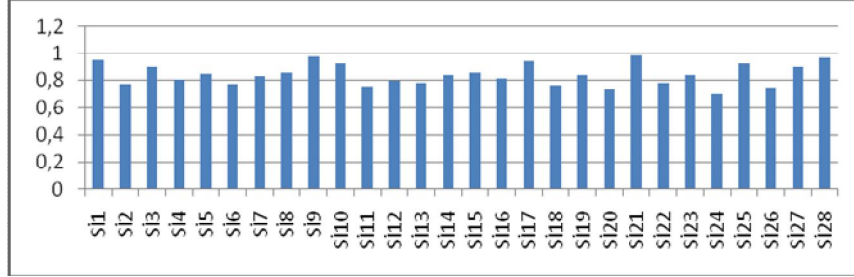
Ek 2

Ek 2.1 Mevcut durumda her servis istasyonu için iş hacmi/kapasite oranı (2010 yılı için yapılmıştır.)



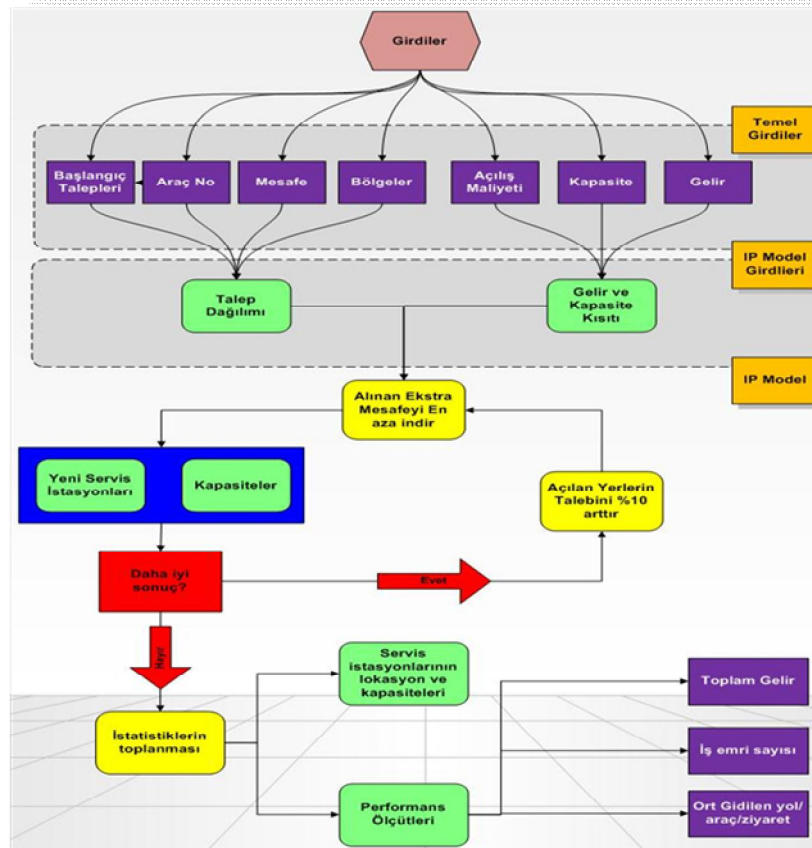
*Birden fazla servis istasyonu olan illerde, toplam iş hacmi o ildeki toplam kapasite göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.

Ek 2.2 Önerilen sistemde her servis istasyonu için iş hacmi/kapasite oranı (2010 yılı için yapılmıştır.)



*Birden fazla servis istasyonu olan illerde, toplam iş hacmi o ildeki toplam kapasite göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.

Ek 3. Kavramsal model



Ek 4. Matematiksel formülasyon

Setler:

I: şehir seti; 1, 2...81

K: kapasite tipi; 1 (küçük), 2 (orta), 3(büyük)

M: araç tipi; otobüs, kamyon

Parametreler:

D_i = i şehrinin talebi, $i \in I$

d_{ij} = i ile j şehri arasındaki uzaklık, $i, j \in I$

R_m = bir aracın yıllık ortalama getirdiği gelir, $m \in M$

Q^k = k türünde servis istasyonunun kapasitesi, $k \in K$

N = toplam servis istasyonu sayısı

P = bir iş emrinde bırakılan ortalama para miktarı

G = minimum kapasite kullanım yüzdesi

Karar Değişkenleri:

$i, j \in I$; $k \in K$; $m \in M$

$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ şehri } j \text{ şehrindeki servis istasyonuna atanırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$

$X_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ şehrinde servis istasyonuna açılırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$

X_j^k = k türünde j şehrinde açılan servis istasyonları sayısı

Z_j = j ilinde açılan toplam servis sayısı

Model:

Hedef Fonksiyonu

$$\min \sum_i \sum_m D_{im} \sum_j d_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlamalar

$$\sum_j Z_j \leq N \quad (2)$$

$$Z_j \leq 5 \cdot X_j \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$Y_{ij} \leq X_j \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$Z_j = \sum_k X_j^k \quad \forall j \quad (5)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (6)$$

$$\sum_i Y_{ij} \sum_m R_m \cdot D_{im} \geq \sum_k Q^k \cdot G \cdot X_j^k \cdot P \quad \forall j \quad (7)$$

$$\sum_i Y_{ij} \sum_m D_{im} \leq \sum_k Q^k \cdot X_j^k \quad \forall j \quad (8)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad \text{ve } X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (9)$$

$$X_j^k \geq 0, \quad Z_j \geq 0 \quad \text{ve } \forall j, k \in \{0,1,2,3 \dots\} \quad (10)$$

Ek 5. 2010 yılı için elde edilen analiz sonuçlarının mevcut durumla karşılaştırılması (Tek yön bazında hesaplanmıştır.)

Alınan yol (km)

	Minimum Kapasite Kullanım Yüzdesi		
Servis istasyonu sayısı	%50	%70	%90
31	28,48	29,63	33,61
35	20,45	24,10	31,12
mevcut durum	32,24		

Toplam iş emri sayıları

	Minimum Kapasite Kullanım Yüzdesi		
Servis istasyonu sayısı	%50	%70	%90
31	57137	57125	56171
35	56888	56935	57397
mevcut durum	54524		

Mesafedeki azalış (km)

	Minimum Kapasite Kullanım Yüzdesi		
Servis istasyonu sayısı	%50	%70	%90
31	3,76	2,61	-1,37
35	11,80	8,14	1,12

Mesafeden dolayı müşterilerin kazandığı toplam gelir (TL)

	Minimum Kapasite Kullanım Yüzdesi		
Servis istasyonu sayısı	%50	%70	%90
31	429.290,67	298.716,89	-153.518,65
35	1.342.054,73	927.365,37	128.335,91

P&G Ankara Rafta Ürün Bulunabilirliğinin Geliştirilmesi

P&G Türkiye

Proje Takımı

İdil Berke

Fatih Çeken

Ali İnay

Bengisu Sert

Başak Yazar

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Umut Akbaş, P&G Türkiye,
Bölge Müdürü

Akademik Danışman

Cristopher Raphine, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

P&G Türkiye'nin Ankara bölgesinde karşılaştığı düşük rafta bulunabilirlik rakamları şirkete büyük bir fırsat maliyeti yaratmaktadır. Pilot müşteri olarak seçilen Soykan A.Ş.'nin mağazalarında ve deposunda yapılan incelemeler sonucu, mağaza içi lojistik aktivitelerinin yetersiz olduğu ve bir envanter politikasının bulunmadığı gözlenmiştir. Bunun üzerine geliştirilen, talep tahmini ve promosyon modüllerinden oluşan Excel tabanlı karar destek sistemi ve fiziksel çözümle rafta bulunabilirlik oranı yukarı çekilmiştir. Bulunan çözümler tekrar uygulanabilirlik, kullanışlı olması ve müşteriler tarafından kabul edilebilirliğinin yüksek olması açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Sözcükler: Rafta bulunabilirlik, envanter politikası, karar destek sistemi

1. Sistem Tanımı

Procter&Gamble (P&G) hızlı tüketim ürünleri sektöründeki lider firmalardan biridir. P&G, Türkiye'deki lojistik aktiviteleri için birçok firmayla ortak çalışmaktadır. Özgün A.Ş. de P&G'nin Karadeniz ve İç Anadolu Bölgeleri dağıtım faaliyetlerini yönettiği stratejik ortağıdır. P&G müşterilerini dört gruba ayırmıştır. Bu projede üst yerel zincirde yer alan ve Özgün A.Ş. ile çalışan Soykan A.Ş.'ye odaklanılmıştır. Soykan, Ankara'daki 43 mağazasında P&G'nin 217 stok tutma birimini (STB) satmaktadır. Mevcut güncel durumda düşük rafta bulunabilirlik (RB), P&G firması için hem müşteri memnuniyeti, hem de müşterinin rakip firmaları tercih etmesi açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu projede çalışmak için Soykan firması seçilmiştir ve bu firma için ürettiğimiz çözümlerin tüm üst yerel zincir mağazalarında uygulanması hedeflenmiştir.

2. Sistem Analizi

2.1 Problem tanımı

P&G ve Soykan mağazaları arasındaki tedarik zincir yapısı, P&G'nin Şekerpinar'daki ana deposundan başlamakta, daha sonra ürünlerin Özgün Dağıtım Merkezi tarafından Soykan Dağıtım Merkezi'ne gönderilmesiyle devam etmektedir. Soykan Dağıtım Merkezi bu ürünleri 43 mağazasına dağıtmaktadır. Son olarak da ürünlerin raflara yerleştirilmesiyle tedarik zinciri tamamlanmaktadır.

P&G 217 STB ile Soykan'ın ürün çeşitliliğinin %4'ünü oluşturmaktadır. RB, ürünün görsel olarak rafta yer alması olarak tanımlanabilir. RB oranı müşterinin mağazadan ürün alıp almama durumundan etkilendiği için Soykan ve P&G için büyük bir önem taşımaktadır. Stok Dışı Kalma (SDK), ürünün talep edilen zamanda rafta bulunamaması durumudur. Bu genel tanıma ek olarak, P&G satış anlaşmalarında yer alıp, dağıtım merkezinden müşterilerinin deposuna gönderilmeyen ürünleri de SDK olarak belirtmektedir. SDK durumunda müşteriler çok farklı satın alma davranışlarında bulunmaktadır. Projemizin problem tanımı ve maliyet analizi aşamasında bu eğilimlerden yararlanılmıştır; fakat şirket kuralları gereğince bu rakamların paylaşımı uygun görülmemiştir. Ürünlerin RB'sini arttırmak amacıyla müşteri listesinde yer alan fakat mağaza deposunda bulunmayan ürünler de bu projenin kapsamına alınmıştır. Soykan mağazaları gözlemlendiğinde; küçük mağazalardaki geniş ürün çeşitliliği, rafta ürünlerin arkada kalması, ürünlerin depodan rafa çıkmaması, rafta yeterli yerin olmaması, stok bilgilerinin güncel takibinin yapılamaması ve yüksek personel devir hızı gibi etkenlerin SDK'ye neden olduğu belirlenmiştir. P&G, müşterilerinin mağazalarındaki SDK oranlarını, ortak olarak çalıştığı üçüncü parti şirketten elde etmektedir. Soykan A.Ş. mağazalarında ölçülen en güncel

SDK oranları üzerinden çalışılmıştır. Bu oranlar, Soykan mağazalarındaki raflara anlık olarak bakıldığında görülemeyen ürünleri yansıtmaktadır.

Özet olarak, problemimizi “Sistemik olmayan sipariş işlemlerinin ve raf yenileme hızının düşüklüğünün P&G ürünlerinin Ankara üst yerel zincir mağazalarında düşük raf bulunabilirliğine sebep olması” olarak tanımlayabiliriz.

2.2 Amaçlar ve projenin kapsamı

Projenin ana amacı, tüm tedarik zincirini kapsayan bir sistem entegrasyonu ile RB'nin artırılmasıdır. Yarattığımız çözümün diğer üst yerel zincir mağazalarında da kullanılabilmesi amaçlarımız arasında yer almaktadır.

2.3 Toplanan bilgilerin analizi ve yorumlanması

A.C. McKinnon SDK'nın ana nedenlerini aşağıdaki gibi belirtmiştir:

- Promosyon aktiviteleri
- Satış oranları
- Doğru olmayan envanter kayıtları
- Zayıf mağaza içi lojistik aktiviteleri
- Fireler
- Mağaza depolarının organizasyonu
- Çalışma ekibinin motivasyonu
- Teşhir düzeni ve raf dizimi
- Sistemik bir iş sürecinin olmaması [1]

Projenin ilk aşamasında seçmiş olduğumuz beş Soykan mağazasında yapmış olduğumuz gözlemler de bu sonuçları desteklemektedir. Bunlara ek olarak, rafta ürünlerin kaydırılmasının da SDK'ye neden olduğu gözlenmiştir. P&G satış danışmanı, promosyon zamanlarında ürün taleplerinin karşılanamamasının da SDK'ye sebep olduğunu belirtmiştir.

3. Çözümler

Karşılaşmış olduğumuz problemler için iki farklı çözüm önerilmektedir. Mağaza içinde stokta olup rafa çıkmayan veya siparişi verilmesi atlanmış ürünleri saptamak amacıyla “Mağaza içi uyarı sistemi: Kırmızı etiket” geliştirilmiştir. Diğer bir çözümümüz olan “Excel tabanlı karar destek sistemi” ürünlerin SDK durumunu engellemek amacıyla doğru zamanda sipariş verilmesini sağlamaktadır.

3.1. Mağaza içi uyarı sistemi: Kırmızı etiket

Excel tabanlı karar destek sistemimiz doğru sipariş bilgisini sağlamaktadır. Fakat rafta meydana gelen stok dışı kalma durumunun kısa sürede mağaza çalışanları tarafından fark edilmesine yardımcı olmamaktadır. Uyguladığımız bu fiziksel sistem, stok dışı kalma

durumunun mağaza çalışanları tarafından en kısa sürede anlaşılmasını ve onların gerekli eyleme geçmelerini sağlamayı amaçlamaktadır.

Mağazalarda her bir STB için günlük veya iki günlük stok devir hacmi kadar raf kapasitesi bulunmaktadır. Böylelikle raf kapasiteleri en az bir günlük talebi karşılayabilecek büyüklüktedir. Dolayısıyla rafta en arka sırada yer alan STB'ler sık bitmemekte ve yerlerini korumaktadırlar.

3.1.1. Sistemin tanımı

Sistemimizde, üzerinde ürün kısa adı yazan kırmızı etiketler rafta en arkada yer alan ürünlerin ISBN barkodları üzerine yapıştırılmaktadır. Her sıradaki STB'lerin sonucunda kırmızı etiket yapıştırılmış ürün yer almaktadır. Kullanılan kırmızı etiketlerin üzerinde, yapıştırıldığı ürünün mağaza stok listelerinde yer alan kısa tanımlayıcı adı basılı olarak bulunmaktadır. Eğer aynı STB çeşidinden birden fazla yüz yer alıyorsa rafta bu ürünlerin iki yüzünün yer aldığı sıranın son ürününe de kırmızı etiket yapıştırılmıştır. Bunun yanında, tek bir sırada adedi fazla olan STB'lerin son iki ya da üç ürününe de bu etiketlerinden yapıştırılmaktadır. Sistem tanımı aşağıdaki gibidir:

STB Yerleştirilmesi

1. Mağaza içi ürün düzenleyicisi (STB'leri rafa yerleştiren kişi), ürünleri rafa dizmeden önce etiketleri depodan almalıdır.
2. Herbir STB için talep oranına bağlı olarak belirlenen etiket sayısı ürünlerin barkodları üzerine yapıştırılmalıdır.
3. Kasa Aşaması
4. Kırmızı etiketli bir ürünle gelen müşteri olduğunda, barkod okuyucu ürün barkodu üzerinde etiket yer aldığı için ürünü okuyamaz.
5. Kasiyer, kırmızı etiketi ürün üzerinden söküp kasanın yanına yapıştırılmalıdır.
6. Sipariş Aşaması
7. Mağaza müdürü, belirli aralıklarla kasaları gezip kasaların üzerinde kırmızı etiket olup olmadığını kontrol etmelidir.
8. Kırmızı etiketlerin üzerinde yazan ürünlerin yer aldığı raflar, mağaza müdürü tarafından kontrol edilir. Mağaza deposunda bu ürünler mevcutsa ürünlerin rafa çıkarılması sağlanmalıdır.
9. Mağaza deposunda bulunmayan STB'ler için mağaza müdürü sipariş listelerinde bu ürünlere öncelik verir.

3.1.2. Sistemin maliyet analizi

Son bir yıla ait satış verileri incelendikten sonra P&G, Soykan A.Ş.'ye olan ortalama aylık satış miktarını bizimle paylaşmıştır. Güncel durumda Soykan mağazalarının ağırlıklı SDK oranı P&G ortak şirketi tarafından ölçülmektedir. Proje sürecinde de yeni ölçümler elde edilmiştir. Ancak bu ölçümlerin paylaşılması P&G'nin gizlilik ilkelerine

aykırıdır. SDK oranının azaltılması Soykan ve P&G arasındaki alım büyüklüğünü arttıracaktır. Projenin sonucunda hedeflenen SDK oranı şirket yöneticileri tarafından belirlenmiş ve proje üzerinde çalışmaya başladığımız dönemde bizimle paylaşılmıştır. Bu hedefe ulaşıldığında öngörülen alım artışı güncel durumla karşılaştırıldığında aylık %8,4 olarak öngörülmektedir. Bu rakamlar incelendiğinde güncel durumda %92,2 olan alım verimliliği sistemin iyileştirilmesinden sonra %97,5'e çıkacaktır. Bu rakamlar hesaplanırken Soykan'ın kategori bazında P&G ürünleri alım kısıtlımı, SDK durumunda müşteri davranışı eğilimleri ve en güncel SDK oranları kullanılmıştır. Projede yer alan tek maliyet, etiket üretimi olduğu için ilk aşamada Soykan mağazalarında çözümün 12 ay uygulanmasının maliyeti hesaplanmıştır. Soykan'ın 43 mağazasında bu sistemin uygulanma maliyeti 2.158 TL'dir. Bunun yanında sistemin uygulanmasıyla Soykan tarafından elde edilecek ekstra kar 4.415 TL olarak öngörülmektedir. Maliyet analizinin ikinci aşamasında ise P&G danışmanlarının isteği doğrultusunda bu sistemin diğer üst yerel zincirlerinde de uygulama maliyetleri hesaplanmıştır. Bu aşamadaki başabaş noktası hesaplanırken, uygulanacak müşteri sayısının bir aylık etiket maliyetinin müşterilerin bir haftalık karına eşit olduğu durum kıstas olarak alınmıştır. Yapılan maliyet analiziyle sistemimiz, dokuz mağazaya uygulandığında bir müşterinin aylık etiket maliyeti 589,4 TL'ye düşmekte ve müşterinin günlük karı 589,5 TL olmaktadır (*Ek 1*).

3.2. Excel tabanlı karar destek sistemi

3.2.1. Karar destek sisteminin genel özellikleri

Geliştirilen karar destek sisteminin üç ana bölümü vardır. İlki, talep tahmin sistemi, ikincisi günlük sipariş sistemi ve üçüncüsü de günlük güncellenmiş sipariş sistemidir.

- Talep tahmin sistemi sadece ayda bir defa çalışan ve içerisinde talep tahmin modelini barındıran Excel tabanlı dosyadır.
- Günlük sipariş sistemi, Soykan çalışanlarının kullanacağı ve göreceği, günlük siparişlerin yönetildiği dosyadır.
- Günlük güncellenmiş sipariş sistemi ise, Soykan çalışanlarının görmeyecekleri ve değiştiremeyecekleri, ancak Günlük Sipariş Sistemi çalışırken arka planda stok hesaplamalarını yapacak dosyadır. Günlük Sipariş Sistemi'ndeki hesaplamalar çalışanlar tarafından değiştirilemez.

Bu karar destek sistemi, kırmızı etiket çözümümüzle beraber kullanıldığında hedeflenen SDK oranına ulaşılmasına ve bunun sonucunda da hem üreticiye (P&G) hem de perakendeci müşterilerine (Soykan A.Ş.) maddi olarak katkı sağlamaktadır. Şirket gizliliği nedeniyle projenin P&G'ye olan getirisini paylaşmamaktayız. Perakendeciye olan kar ise yukarıdaki maliyet hesaplamaları bölümünde

Soykan A.Ş. örneği incelenerek paylaşılmıştır. Bu aşamada uygulanan sistemin SDK oranlarına etkisi P&G ortak şirketi tarafından ölçülmektedir.

3.2.2. Talep tahmin sistemi

Bu sistem her ay çalıştırılarak geçmiş kasa çıkış bilgilerinden içinde bulunulan ayın taleplerini ağırlıklı doğrusal regresyon ile tahmin etmektedir (*Ek 2*). Son aylara daha ağırlık verilmesi adına, modele bir kısıt eklenmiştir. Elimizde bulunan son 14 aylık verideki iniş çıkışların fazla olması, hatta bazı ürünlerin bu süre zarfı içerisinde listeden kaldırılması kaç ayın verisiyle regresyon yapılacağı sorusunu gündeme getirmiştir. P&G ile yaptığımız toplantıda 6 ayın verisinin güncel listeyi en iyi şekilde yansıttığı kanısına varıldı ve satış rakamlarının talep tahmini için uygun olacağı konusunda uzlaşıldı. Regrasyon modelinin çözümü 6 farklı Excel dosyasında ürün taraması yaptığı için INTEL Core2 Duo, 2.53 Ghz, 4 GB RAM özelliklerine sahip bilgisayarda üç saat sürmektedir.

3.2.3. Promosyon ara yüzü

P&G'nin şu ana kadar yaşadığı RB sorunlarının birden fazla sebebi bulunmaktadır. Bu sebepler ışığında SDK durumlarında promosyonlar çok daha fazla etkilenmektedirler zira ürün tüketimi çok daha fazla olduğundan fırsat kazancı da artmaktadır.

Geliştirilen sistemde promosyonlar için ayrı bir ara yüz oluşturulmuştur. Bu tip dönemlerde ürünlerin tüketimi çok daha fazla olduğu için P&G'den günlük tüketim miktarlarının yüzdesel bazda ne kadar farklı olduklarının katsayıları elde edilmiştir. Promosyonda olan bir ürünün tüketim hızı iki faktöre bağlıdır. İlki promosyon tipi, ikincisi de promosyon sıcaklığıdır. Promosyon tipi her ürün için bellidir ancak sıcaklık bilgisi her promosyon için üründen bağımsızdır.

Günlük Sipariş Sistemi, çalışana her gün otomatik olarak yeni promosyon olup olmadığını sorar. Girilen bilgiler promosyon tipleriyle de eşleştirilir ve promosyon döneminde o ürünün günlük tüketiminin normalden ne kadar farklı olduğunun bilgisi katsayı tablosundan çekilir. (*Ek 3*).

Çalışanlar sabah, promosyonu Günlük Sipariş Sistemi'nde girerler ve onaylama tuşuna bastıklarında bu bilgiler otomatik olarak asıl hesaplamaların yapıldığı Günlük Güncelleştirilmiş Sipariş Sistemi'ne de aktarılır. Günlük envanter güncellenmesi sırasında bu katsayılar envanter azalımı için kullanılır.

3.2.4. Günlük envanter yönetim sistemi

Günlük envanter yönetim sistemi; envanterlerin günlük güncellenmesinin yapılması, verilen sipariş miktarının kontrolü ve onaylanan sipariş listesinin oluşturulması şeklinde üç ana modülü içermektedir. Sistemde kullanılan envanter politikası, mağazadan

verilen siparişin bir sonraki sipariş teslimatına yetecek minimum miktarda olması yönünde belirlenmiştir. Teslimatlar belirli günlerde yapıldığı için verilen siparişin bir sonraki teslimata kadar RB’i sağlaması gerekmektedir. Bu sebeple envanter politikası minimum sipariş miktarını önermektedir. Geliştirdiğimiz sistem üç temel adımdan oluşmaktadır.

Adım 1: Günlük envanter güncellemesi: Her gün envanterler belirli ölçülerde azalmaktadır. Bu azalma miktarı mağazaya, promosyon olup olmasına ve günlük talep miktarına bağlı olarak değişmektedir. Envanterlerde azaltma yapılması için sipariş şablonunda “Günlük Envanter Pozisyonunun Güncellenmesi” butonuna basılması gerekmektedir (*Ek 4*). Bu butonun basılması hem günlük envanter güncellemesini hem de Adım 2’de başlığı altında anlatılan sipariş kontrolünü yapar. Butona ilk basıldığında, her mağazanın sayfasına geçilip, güncellenme yapılması için işlem yapılan gün için promosyonlar kontrol edilerek, promosyon olup olmasına göre azalma miktarı belirlenir. Bu şekilde her ürün-mağaza ikilisi için envanter azaltması yapılır. Eğer ilgili gün için günlük envanter azaltması daha önce yapılmışsa, tekrar azaltma yapılamaz; sistem bu durumda uyarı vermektedir. Pazar günleri tatil olduğu için sistem bunu göz önünde bulundurarak pazartesi günü, hem pazar hem de pazartesi için envanter azaltması yapmaktadır.

Günlük envanter güncellenmesi her mağaza için sipariş kontrolünden önce gelmektedir. Bu sayede sistem çalıştığı zaman envanterler, ilgili gün için güncellenmiş; gerekli azaltmalar yapılmıştır.

Adım 2: Verilen sipariş miktarının kontrolü ve siparişi verilmeyen ürünlerin envanter kontrolü: Sistemin ana girdisi sipariş listeleri, sevkiyat tarihleri ve promosyon bilgileridir. Soykan çalışanlarına gelen, P&G ürünleri dahil her ürünü kapsayan ve 43 mağazadan gelen bu sipariş listeleri Excel sisteminin gerekli kısmına yapıştırılmalıdır (*Ek 5*). Bu şekilde, sistem bu listeleri bozmadan içinden P&G ürünlerinin sipariş bilgilerini alır.

Sistemin verdiği ilk uyarı ürünlerin stok dışı kalma durumu; yani bir ürün için verilen siparişin az olma tehlikesidir. SDK tehlikesi altında olmayı sistem o mağazaya yapılacak sevkiyatların tarih bilgileriyle belirler. İlgili günden itibaren yapılacak ilk sevkiyatın günü ve ikinci sevkiyatın günü ile mağaza adı girdi olarak verilmektedir. Bu sayede sistem ilk sipariş günü envanter pozisyonunun hangi durumda olacağını, promosyonlara ve günlük talep miktarına bağlı olarak bulmaktadır (*Ek 6*). İlk sevkiyat tarihi, verilen siparişin ne zaman sevk edileceğini ve mağazaya ulaşacağını göstermektedir. Bu sebeple, verilen sipariş miktarı en az ilk sipariş tarihi ile ikinci sipariş tarihi arasına yetecek miktarda olmaktadır. Başka bir deyişle, sipariş edilecek miktar; iki

sevkiyat arasındaki tarihler arasındaki promosyonlara, günlük talep miktarlarına ve gün sayısına bağlı olarak değişmektedir ve bu miktar en az iki sevkiyat arasında geçen süre boyunca mağazanın SDK durumuna düşmesini engelleyecek derece olmalıdır.

Bunun yanı sıra, sipariş edilmemiş ancak SDK durumunda kalmaya sebep olabilecek STB'ler de ölçülmektedir. Envanter pozisyonuna bağlı olarak, ikinci sevkiyatın yapılacağı güne kadar yetmeyecek STB'lerin sipariş edilmesi önerilmektedir. Verilen sipariş miktarı iki sevkiyat arasındaki miktara göre karşılaştırıldıktan ve sipariş edilmeyen ancak edilmesi gereken STB'ler bulunduğundan sonra "Sipariş Şablonu"ndaki yeni bir sayfaya yazdırılırlar. Bu kısımda sipariş edilmiş ve miktarı yeterli olan, sipariş edilmiş ancak miktarı yeterli olmayan ile hiç sipariş edilmemiş ancak sipariş edilmesi gereken STB'ler ile ilgili uyarılar belirtilir.

Adım 3: Onaylanan sipariş listesinin oluşturulması ve envanterlerin sipariş ölçüsünde artırılması: Verilen sipariş miktarlarının kontrolü ve sipariş edilmeyen STB'lerin eklenmesiyle oluşturulan P&G ürünlerinin sipariş listesi, onaylanması amacıyla satınalma elemanına gösterilmektedir (Ek 5). Bu şekilde, satınalma elemanı hem eksik sipariş verilen ürünler hem de siparişi verilmemiş ürünler için mağaza müdürlerini uyarabilmektedir.

Aynı zamanda ürünlerin sipariş miktarlarında son kararı vererek sistemin önerdiği miktarlara bağlı olarak kullanıcı müdahalesine imkan vermektedir. "Onaylanan Miktarlardan Sipariş Listesi Oluştur" butonuna basarak ilgili mağaza için P&G markalı olan ve olmayan, siparişi verilen tüm ürünlerin birleşmiş olduğu bir listesini çıkarmaktadır. Bu liste P&G ürünleri için kontrol edilmiş, başlangıçta olmamasına rağmen sistem ile önerilerek siparişi verilmiş ve P&G STB'si olmamasına rağmen, başlangıçtaki ürün sipariş listesinde yer alan tüm STB'leri birleştirilerek entegre bir Excel sayfası içermektedir. Bu liste son üründür ve ilgili mağaza için direk olarak kullanılabilir.

Bunun yanı sıra, sistem siparişlerin onaylanması ile birlikte envanter güncellemesi yapılması için "Sipariş Kontrol ve Güncelleme Sistemi"ni çalıştırmaktadır. Onaylanan sipariş miktarı ölçüsünde envanterler ilgili mağazanın ilgili STB'leri için artırılmaktadır.

4. Yapılanlar ve Yapılacaklar

Bulduğumuz çözümler hali hazırda P&G ile tartışılmış ve son hallerine getirilmiştir.

Mağaza içi uyarı sistemi (kırmızı etiketler) Soykan'ın Çukurambar mağazasında iki hafta boyunca uygulanmış; ancak mağazanın yanması sonucu uygulama kesintiye uğramıştır. Bu iki hafta boyunca elde edilen veriler ışığında hangi ürünlerin daha çok yok

duruma düştüğünü bir analiz sonucunda bulmak ve böylece etiket maliyetini, sistemi sadece gerekli zamanlarda uygulayarak en aza indirmek mümkündür.

Excel tabanlı uyarı sistemi 3 Mayıs 2011 tarihi itibari ile uygulamaya geçmiştir. Mayıs ayının ilk haftasına kadar ilk geri dönüşler alınacak ve sistem geliştirilecektir. Proje planı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

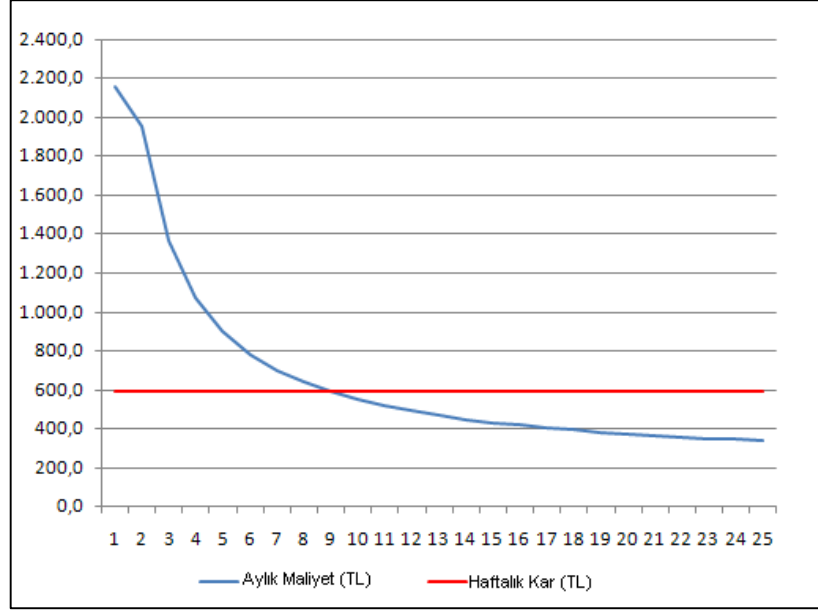
- Mağaza uyarı sisteminden elde edilen iki haftalık verilerin analiz edilmesi
- Karar destek sisteminin uygulamaya geçilmesi
- Kullanıcı tarafından geri dönüş alınması ve arayüzün iyileştirilmesi
- Karar destek sisteminin stok dışı kalma oranlarını ne kadar geliştirdiğinin analiz edilmesi

KAYNAKÇA

Mckinnon, A. C. , Mendes, D. and Nababteh, M.(2007) 'In-store logistics: an analysis of on-shelf availability and stockout responses for three product groups', *International Journal of Logistics Research and Applications*, 10: 3, 251 — 268

EKLER

Ek 1. Kırmızı etiket sisteminin maliyet kırılım noktası



Ek 2. Ağırlıklı doğrusal regresyon modeli

w_i : i. ayın ağırlığı

s_i : i. ayın kasa çıkış sayısı

$$\text{Satış Tahmin} = a + w_1s_1 + w_2s_2 + w_3s_3 + w_4s_4 + w_5s_5 + w_6s_6$$

$$w_i \leq w_{i+1}$$

Ek 3. Promosyon ekleme ekranı

✕
Promosyon Ekleme Ekranı

Mağaza

Promosyon Başlangıç

Promosyon Tipi

Promosyon Bitiş

Nis 2011

Pzt	Sal	Çar	Per	Cum	Cmt	Paz
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8

Nis 2011

Pzt	Sal	Çar	Per	Cum	Cmt	Paz
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8

Ürün

21B034311011752	ACE 1,5KG BAHAR
21B034311011754	ACE 1,5KG S.RENK
21B034311011753	ACE 1,5KG TURLUNC
21C022211024781	ACE 1100GR BAHAR
21C022111006291	ACE 1100GR BEYAZ+++
21C022211009514	ACE 1100GR İNCİ
21C022211009515	ACE 1100GR LAVANTA
21C022211024782	ACE 1100GR NORMAL
21B034311013421	ACE 2,5KG BAHAR+++
21B034311013422	ACE 2,5KG BEYAZ+++
21B034311009508	ACE 2,5KG KAR+++
21B034311010220	ACE 2,5KG KTR+++

Promosyon Ekle

Promosyon Ekleme Bitti

Promosyonları Göster

Çıkış

Ek 4. Günlük envanter güncellemesi

Sipariş Veren Mağaza Adı:	ÇUKURAMBAR	1) Günlük Envanter Pozisyon Güncellenmesi	
Önümüzdeki ilk teslimat tarihi:	06.04.2011	2) Siparişi Kontrol Etme	
Önümüzdeki 2. teslimat tarihi:	10.04.2011		
Şu gün için işlem yapılacak:	06.04.2011		
	Stok Kodu	Stok İsmi	Stok Bar Kodu
	21B034311011378	ARIEL 6KG ÇIÇEK	8.69041E+12
	11B020011013346	BZR BK BULGUR	8.69179E+12
		KOF. 1KG	12

Mağaza Adı:	ÇUKURAMBAR										
En son güncellenme tarihi:	04.04.2011										
	Stok Kodu	Stok İsmi	Günlük Talep (DR)	Anlık Envanter Pozisyonu	En son Verilen Sipariş Miktarı	İlk Teslimat Günü Sabahı Envanter Pozisyonu	İki Teslimat Arası Gereken Miktar	"Azalma" Katsayısı	"Gereken" Katsayısı	Sipariş Edilmesi Gereken Minimum Miktar	Gerçek sipariş miktarı ile sistemin minimum sipariş miktarının karşılaştırması
	21B034311011752	ACE 1,5KG BAHAR	0,096666666	4,90	4,903333334	4,903333334	0	0	0	0	
	21B034311011754	ACE 1,5KG S.RENK	0,096666667	4,90	4,903333337	4,903333337	0	0	0	0	
	21B034311011753	ACE 1,5KG TURUNC	0,056666667	4,94	4,943333333	4,943333333	0	0	0	0	
	21C022211024781	ACE 1100GR BAHAR	0,33	4,67	4,67	4,67	0	0	0	0	

Ek 5. Günlük sipariş listesi

		Onaylanan Sipariş Miktarları Doğrultusunda Sipariş Listesi Oluştur	
Sipariş veren Mağaza Adı:	ÇUKURAMBAR		
Önümüzdeki ilk teslimat tarihi:	06.04.2011		
Önümüzdeki 2. teslimat tarihi:	10.04.2011		
Stok Kodu	Stok ismi	Onayladığınız Sipariş Miktarı	Sistemin Önerdiği En Az Sipariş Miktarı
21A012511141040	FAIRY 750ML LIMON	12	13
21C022211010224	ARIEL SIVI 1LT		1
21C022211024782	ACE 1100GR NORMAL	20 ok	
32A011041015808	PRM MEGA MAXI		2
32A013041015769	PRM MEGA JUN.	15	3
32B010021018630	ORKID 4UZ COM.GECE		1
32B012011015237	ORKID 4UZ ULT.NORMAL		1
32B012011015239	ORKID 4UZ ULT.GECE		1
33C020011012190	H&S 700ML SDK	20 ok	
33C020011012239	H&S 700ML MAN	23 ok	
33C030011011488	BLX 700ML KEPEK	12 ok	

Ek 6. Anlık envanter pozisyonu

Mağaza Adı:		ÇUKURAMBAR	
En son güncellenme tarihi:		04.04.2011	
Stok Kodu	Stok İsmi	Günlük Talep (DR)	Anlık Envanter Pozisyonu
21B034311011752	ACE 1,5KG BAHAR	0,09666666666	4,90
21B034311011754	ACE 1,5KG S.RENK	0,09666666763	4,90
21B034311011753	ACE 1,5KG TURUNC	0,05666666667	4,94

Esnek Kaporta Üretim Hattı Elektrot Bileme Frekansları İçin Karar Destek Sistemi Tasarlanması

OYAK-RENAULT Otomobil Fabrikaları A.Ş

Proje Ekibi

Deniz BURMA
Tunay ÇAKMANUS
Hande IŞIK
Murat IŞIKLI
Işıl SOYUYÜCE
Halnur ŞAHİN

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Erkan ÜÇDAL, Renault Bursa Fabrikası,
Kaporta Departmanı Proje Şefi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr Savaş DAYANIK, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

OYAK-Renault Bursa Fabrikası'nda gerçekleştirilen projenin kapsamı, Fluence, Mégane ve Elektrikli Fluence modellerinin kaynak operasyonlarıdır. Bu operasyonlardaki elektrot bileme frekanslarının etkin bir şekilde belirlenememesi kalite ve elektrot sarfiyatı problemlerine neden olmaktadır. Parametrelerin elektrot ömrü ile ilişkisi incelenmiş ve her bir parametre kombinasyonunun elektrodun eskimesi üzerindeki etkisini hesaplayan bir fonksiyon bulunmuştur. Projenin amacı bulunan fonksiyonu kullanarak en uygun elektrot bileme frekansını veren bir Karar Destek Sistemi oluşturmaktır. Microsoft Excel programı ile desteklenmiş, java programlama dilinde yazılmış ve kullanıcı dostu arayüze sahip Karar Destek Sistemi'nin beklentileri karşıladığı ve sarfiyatın azalmasını sağladığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Karar Destek Sistemi, elektrot bileme frekansı, maliyet enazlama, akım, basınç, kaynak süresi, elektrot sarfiyatı.

1. Şirket Tanımı

Oyak Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş. 1969 senesinde Fransız Renault ve Oyak grubunun ortaklığı ile Bursa'da kurulmuştur. Fabrikada binek araç ve mekanik parça üretimi ve ihracatı gerçekleştirilmektedir. Clio, Mégane HB, Fluence ve Elektrikli Fluence modelleri yıllık 360 bin otomobil kapasitesiyle üretilmekte olup, buna ek olarak 450 bin kapasiteyle motor üretimi de yapılmaktadır.

2. Proje Tanımı

Kaporta Departmanı, Kaynak Bölümü'nde işlem gören Mégane ve Fluence tipi araçların kaynak işlemleri ve bu işlemlerde kullanılan elektrotlar projenin kapsamını oluşturmaktadır.

Pres Departmanı'ndan alınan metal saclar sağ ve sol olmak üzere 2 hatta ayrılmaktadır. Her hatta gelen metal saclara diğer hatla simetrik olacak şekilde punta atılmaktadır. Bu puntalar 1 postada en fazla 4 operatör ve her operatör için birer punta kaynak makinesi olacak şekilde uygulanmaktadır.

Atılan punta sayısı araç tipine göre farklılık gösterir ve buna ek olarak her operatörün attığı punta sayısı farklıdır. Belirli bir punta sayısından sonra puntaların atıldığı elektrotlar bilenme işlemine uğrar ve bu punta sayıları elektrot bileme frekansı adını alır. Elektrot bileme frekansları, mevcut sistemde hattan farklı tipte araçlar geçmesine rağmen sadece Fluence tipi araç göz önüne alınarak belirlenmektedir. Bu durum, fabrika genelindeki esnek üretim anlayışına ters düşmekte olduğu gibi belirlenen bileme frekansının da yanlış olduğunun bir göstergesidir.

Bu bilgiler doğrultusunda proje esnek üretim hattı ve her bir iş ünitesindeki operatörler için uygun bileme frekansını veren bir sistem geliştirilmesi olarak tanımlanmıştır.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

Aşağıda sistem analizi sonucunda elde edilen özellikler belirtilmiştir:

- Bir postada genellikle 4 adet punta kaynak makinesi bulunmaktadır.
- Her bir punta kaynak makinesi postadan geçen araç tipine göre hem Fluence hem de Mégane tipi araçların kaynak işlemini yapmaktadır.
- Farklı araç tipleri için hem atılacak punta sayısı, hem de punta niteliği farklıdır.
- Puntaların nitelikleri akım, basınç ve kaynak süresi gibi parametre değerleri tarafından belirlenmektedir.
- Aynı postadaki punta kaynak makinelerinin bileme frekanslarının tümü, araç tipinden bağımsız olarak, birbirinden farklıdır.

- Belli sayıda punta attıktan sonra elektrotların bileme işlemine tabi tutulması gerekmektedir ve her makinenin kendine ait sadece 1 adet bileme frekansı olabilmektedir.
- Bileme frekansı banttan en sık geçen araç olan Fluence tipi araca göre hesaplanmaktadır.

3.2 *Semptomlar*

Aşağıda, yapılan sistem analizi sonucu elde edilen bulgular yer almaktadır. (Ek 1)

- Kaynak elektrot ucunu farklı araç tipleri farklı oranlarda eskitmesine, atılan punta sayısı ve kullanılan parametre değerleri farklı olmasına rağmen elektrot bileme frekansı tek tip araca göre belirlenmektedir.
- Hesaba katılması gereken bütün parametreler elektrot bileme frekansı belirlenirken kullanılmadığı için, bir elektrot ucu için bileme zamanı gerçekleşmesi gereken zamandan önce ya da sonra gelebilmektedir.
- Bazı durumlarda, elektrot ucunun bileme zamanı gelmiş olmasına rağmen, elektrot ucu kullanılabilir görüldüğünden operatör bileme işlemini bekletebilmektedir.
- Aynı postada işlem yapmakta olan punta kaynak makinelerinin bileme frekansları birbirlerinden bağımsız olarak belirlenmektedir. Bu durum elektrotların bilenme işlemlerinin paralel olarak yapılmasını engellemektedir. Bu nedenle bazı durumlarda bir postadaki iş, hedeflenen iş çevrim zamanında (1,6 dk/araç) bitirilememektedir.
- Kaynak Bölümü'nde işlem görmekte olan her araç için, elektrot bileme frekansı farklı parametre değerlerine göre farklı değerler almaktadır. Buna rağmen elektrot bileme frekansı sadece hattan en sık geçen araç tipine göre belirlenmiştir. Bu durumda her elektrot için hesaplanması gereken bileme zamanı doğru hesaplanamamaktadır.
- Her bir elektrot için beklenen ortalama ömür yaklaşık 5000 punta vuruşu, yani ortalama 2,5 vardiya olarak belirlenmiş olmasına rağmen, elektrotların yaklaşık 1,5 vardiyada bir değiştirilmesi söz konusudur.

3.3 *Problem tanımı*

Farklı kaynak şartlarında atılan puntaların elektrot ucunu farklı miktarda yıpratmasına rağmen elektrot bileme frekansı belirlenirken hattan en sık geçen araç tipinin göz önünde bulundurulması gerçekçi olmayan elektrot bileme frekansı belirlenmesine neden olmaktadır. Bu durum erken bileme durumunda elektrot sarfiyatına, geç bileme durumunda ise kalite problemlerine yol açmaktadır.

3.4 Veri toplanması ve değerlendirilmesi

Yetkililerle yapılan görüşmeler ve gözlemler sonucu elde edilen veriler aşağıda yer almaktadır:

- Yapılan literatür araştırmaları ve yetkililerle yapılan görüşmelerin sonucunda kullanılacak kaynak parametrelerinin akım, basınç ve kaynak süresi olmasına karar verildi.
- Karar verilen parametreler dışında, sac kalınlığı da bileme zamanı belirlemede bir parametre olarak kullanılmakta idi. Fakat akım ve sac kalınlığı arasındaki pozitif korelasyondan dolayı, önerilen sistemde sac kalınlığı yerine akımın parametre olarak kullanılması daha uygun bulunmuştur.
- Fabrikadan gelen kaynak parametre değerlerinin yer aldığı dosyaların incelenmesi sonucunda en sık kullanılan parametre kombinasyonları belirlendi. Buna göre, akım değerlerinin aralığının 9000 mA – 12000 mA, basınç değerlerinin 250 daN ve 300 daN, kaynak süresinin aralığının ise 8-16 ms olduğu saptandı. (Ek 2)
- Parametrelerin belirlenmesinden sonra bu parametrelerin kullanıldığı deneyler yapılması istendi. Bu deneyler belirli bir kaynak parametre kombinasyonu için bir elektrotun bilemeye kadar attığı punta sayısını vermektedir.
- Atılan punta sayısının akım, basınç ve kaynak süresiyle ters orantılı olması beklenmesine rağmen deney sonuçları akımın 10500 mA basıncın ise 250 daN olduğu yerde beklenenin dışında bir davranış göstermiştir. (Ek 3)
- Beklenenin dışında bir kırılma akımının 9500 mA basıncın ise 300 daN olduğu yerde de görülmüştür. (Ek 3)
- Kırılmaların görüldüğü bölgeler için yeniden deney yapılması istendi. Yapılan yeni deneylerin sonuçlarının önceki deney sonuçlarından farklı olduğu gözlemlendi.
- Aynı bölge için yapılan iki deneyin sonuçlarının farklı çıkması sonucu bu farklılığa neden olabilecek sebepler araştırıldı.
 - Yetkililerle yapılan görüşmeler ve veriler üzerinde yapılan analizler sonucu bu duruma deneylerde farklı operatörlerin çalışmasının neden olabileceği sonucuna varıldı.
- R istatistik programı kullanılarak yapılan analizler sonucu, basınç değerinin 250 daN'dan 300 daN'a çıkmasının bileme frekansı üzerinde etkisi olmadığı görüldü.
- Yapılan analizler sonucu akımı ve kaynak süresini parametre olarak kullanarak punta başı eskimeyi ve bileme zamanını hesaplayan bir karar destek sistemi oluşturuldu.

3.5 Amaçlar

Projenin amacı, aşağıda belirtilen maddeleri sağlayan bir karar destek sistemi geliştirilmesidir.

- **Bileme işlemi sıklığının belirlenmesi:** Elektrot bileme frekansının tecrübeye dayalı hesaplanması sonucunda ortaya çıkan maliyet ve kalite problemlerini önlemek için, kaynak parametrelerinden oluşan, bilemeye kadar bir elektrotla atılacak punta sayısını veren fonksiyonu belirlemek.
- **Maliyetlerin azaltılması:** Elektrot bileme sıklığını etkileyen farklı kaynak parametrelerinin, elektrotu eskitme düzeylerini dikkate alarak; elektrot bileme sıklığını, elektrot sarfiyatını, bileme bıçağı sarfiyatını ve elektrotun uzun kullanılmasına bağlı rötuş maliyetlerini azaltmak.
- **Randımanın artırılması:** Elektrot bileme zamanını optimize ederek işlem ve operatör randımanını artırmak.

3.6 Literatür

Problem yaklaşımımızın sorgulanması ve sorunun çözümüne yönelik alternatif yöntemlerin bulunması için literatür taraması yapılmıştır. Öncelikle, kaynak işlemlerini etkileyen önemli parametreler araştırılmıştır. Lukman (2007)'in makalesi incelenmiş, elektrot bileme sıklığını belirleyen başlıca punta kaynak parametrelerinin akım, basınç ve kaynak süresi olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda eskime fonksiyonunda bulunması gereken parametreler akım, basınç ve kaynak süresi olarak belirlenmiştir.

Bu araştırmaya ek olarak bağımlı ve bağımsız kaynak parametreleri arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla regresyon analizi yapılmasına karar verilmiştir. Akım, basınç ve kaynak süresinin bağımsız değişkenler, elektrot bileme zamanına kadar atılan punta sayısının ise bu üç parametreye bağımlı değişken olduğu varsayılmıştır. Parametreler arasındaki ilişkinin tam olarak belirlenebilmesi için tüm parametre veri değerleriyle deney yapılmalıdır. Ancak, gereken deney sayısının çok fazla olması, deneylerin gerçekleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Literatür araştırması sonucunda, regresyon analizinin, yerel regresyon metodu (LOESS) kullanılarak yapılmasına karar verilmiştir. Bu metodun özelliği fonksiyonun verilere oturtulmasında eldeki veri alt kesitlerinin yeterli olmasıdır.

4. Önerilen Sistem

Veri analizi sonucunda, semptomları ortadan kaldıracak bir "Karar Destek Sistemi" geliştirilmesi öngörülmüştür. Karar Destek Sistemi aracılığıyla, bir kaynak elektrotunun bilemeye kadar vurabileceği ideal punta sayısı hesaplanabilmektedir. Sistem bir arayüz

yardımıyla akım ve kaynak süresi değerlerini kullanarak, hesaplanan ideal punta sayısını kullanıcıya rapor etmektedir. (Ek 4)

4.1 Sistemin amacı

Bu sistemin amacı, bileme için en uygun zamanı bulmanın yanı sıra işçinin bileme zamanıyla ilgili inisiyatif kullanmasını engelleyerek, erken bileme ve geç bileme durumlarında oluşabilecek problemleri ortadan kaldırmaktır.

4.2 Sistem tasarımında göz önünde bulundurulacak kısıtlar

Üretim hattı esnek olduğundan hattan geçen araçlar tiplerine göre sınıflandırılmamaktadır. Bu sebeple, kaynak hattına da farklı araba tipleri birbirini izleyen bir sırayla gelebilmektedirler. Bunlara ek olarak, elektrikli araç(L38 ZE) üretimine başlanması sebebiyle tasarlanan sistemin hattın esnekliğine ve bütün bu değişikliklere uyum sağlayabilecek özelliklerde olması gerekmektedir.

Ayrıca, punta kaynak makinelerinin sayaçları sadece bilemeye kadar en fazla atılabilecek punta sayısını sayabilmektedir. Bu sebeple, önerilen sistemin çıktılarının sayaçla uyum sağlayabilmesi gerekmektedir.

4.3 Sistem tasarımında göz önünde bulundurulacak varsayımlar

Kaynak operasyonunda doğru kaynak pozisyonu, sac ile kaynak makinesi arasındaki açının 90 derece olduğu durum olarak tanımlanmaktadır. Fakat bazı durumlarda, sacın değişik şekillere sahip olmasından ötürü bu açı tam olarak sağlanamamaktadır. Bu tip durumlar için, açı 90 derece olarak varsayılmıştır.

5. Çözüm Yöntemi

Yapılan veri analizleri ışığında, akımı ve kaynak süresini parametre olarak kullanan bir karar destek sistemi oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu sistem, yapılan deney ve analizlerden yararlanarak bulunmuş akım ve kaynak süresinin elektrot eskitme katsayılarını kullanan bir fonksiyonu çalıştırmaktadır. Bu fonksiyon bulunurken R istatistik programı elde edilen deney sonuçlarını kullanarak değişik parametreleri farklı şekillerde gruplandırılmış ve değerlendiren 3 ayrı model karşılaştırılarak en uygun sonuca ulaşılmıştır. (Ek 5) Öncelikle akım, basınç, kaynak süresi ve basıncın hem akım hem kaynak süresiyle ilişkilerini ele alan bir model kurulmuştur. Bu modelin sonuçları değerlendirildiğinde, basıncın bir parametre olarak alınabileceği hipotezinin reddedilmiş olduğu görülmüştür. Bu durumda, basıncı tek başına bir parametre gibi almayan, akımı, kaynak süresini ve basıncın akım ve kaynak süresiyle olan ilişkilerini değerlendiren bir model kurulmuştur. Aynı değerlendirme bu model için de yapıldığında, katsayıların işaretlerinin ve olasılık değerinin beklentileri karşılamaması sonucu oluşturmak istenilen fonksiyonun sadece akımı ve kaynak süresini parametre olarak kullanması gerektiği matematiksel olarak

kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, akımı ve kaynak süresini parametre olarak kullanan;

$f(\text{akım}, \text{kaynak süresi}) = 1204.5 - (0.06351 * \text{akım}) - (19.97 * \text{kaynak süresi})$ fonksiyonu bulunmuştur.

Bulunan bu fonksiyonun mevcut sisteme uygulanması ayrıntılı olarak sistem algoritması kısmında açıklanmaktadır.

5.1 Sistem algoritması

Fonksiyon, tek bir akım ve kaynak süresi kombinasyonunu kullanarak, bu parametre kombinasyonu ile bilemeye kadar en fazla atılabilecek punta sayısını bulmaktadır. Üretim planındaki her kaynak operasyonunda kullanılan parametre kombinasyonları için bu işlem tekrarlanmaktadır. Bu sayede mevcut parametre kombinasyonlarından hangisiyle bilemeye kadar en fazla sayıda punta atılabileceği tespit edilmektedir. Bu şekilde bir elektrotun bilemeye kadar en fazla atılabileceği punta sayısı saptanmaktadır. Belirlenen bu punta sayısının elektrot ömrünü 1 birim azaltacağı varsayılmıştır. Bir elektrotla en fazla atılabilecek punta sayısı, diğer parametre kombinasyonlarının buldukları punta sayılarına oranlanarak her bir parametre kombinasyonunun elektrot ömrünü kaç birim azaltacağı belirlenmektedir.

Üretim planından gelen sıraya göre, parametre kombinasyonlarının elektrot ömrünü kaç birim azalttıkları toplanmaktadır. Bir elektrotla atılabilecek en fazla punta sayısına ulaşıldığında sistem elektrotun bileme zamanının geldiğini haber vermektedir. Belirlenmiş bileme zamanı, o anda işlem gören araba sayısı cinsinden elde edildiği için bileme frekansına ulaşmak amacıyla bulunan bu araba sayısı her bir arabaya atılan punta sayısı ile çarpılır ve optimal bileme frekansı bu şekilde bulunmuş olur. (Ek 6) (Ek 7)

6. Sistem Sonuçları ve Değerlendirme:

Yukarıda çalışma prensibi anlatılmış olan sistem, fabrikada şu anda mevcut olan örnek bir iş postasına uygulandı. Seçilmiş olan iş postası dört operatörün çalıştığı, L38 ve B32 araçlarının kaynak operasyonlarının yapıldığı, bileme frekansının 1., 2. ve 4. operatör için 300, 3. operatör için 325 olarak belirlendiği, 2 adet rodaj bıçağına sahip olan bir iş ünitesidir. Bu örnek iş ünitesine uygulanan sistem aşağıdaki kazanımları sağlamıştır.

	Operatör 1	Operatör 2	Operatör 3	Operatör 4
Eski Bileme Fre.	300	300	325	300
Yeni bileme Fre.	344	422	322	422
Bir elektrotla ömrü bitene kadar atılan eski punta sayısı	3600	3600	3900	3600
Bir elektrotla ömrü bitene kadar atılan yeni punta sayısı	4128	5064	3864	5064
Kazanım (%)	14.6	40	-1	40

Proje başlangıcında, Renault tarafından belirlenen hedefler temel olarak;

- Bileme frekansının % 5 azaltılması,
- Bir elektrotun, ömrü bitene kadar 5000 punta atması,
- Rodaj bıçağı sarfiyatının %1 azalmasıdır.

Bir elektrot başlangıçtan hiç kullanılmayacak hale gelene kadar yaklaşık olarak 12 kere bilenmektedir. Bu durumda her bir operatör için bulunan bileme frekansı 12 ile çarpılarak, sırası ile; 4128, 5064, 3864, 5064 sayılarını bulunmaktadır. Ortalama olarak bu posta için bilemeye gidene kadarki bileme frekansı 3600 iken 4530'a ulaşmıştır. Bu da yine ortalama olarak %23,4 lük bir sistem kazanımı sağlamıştır. Bu her 100 elektrotta 23 elektrot kazanım yapıldığı anlamına gelmektedir. Bir elektrotun fiyatının 5 euro olduğu bilgisine göre, her 100 elektrotta 115 euro kar edilmektedir. Bir buçuk vardiyanın 12 saat olduğu ve bu süre zarfında bir elektrot tüketildiği bilgisine dayanarak, bir yılda (365 gün) 840 euro kazanım sağlanmıştır. (Bu veriler örnek alınan 4 punta kaynak makineli bir iş ünitesi içindir).

Mevcut sistemde, bir bileme bıçağının üç ayda bir değiştirildiği bilgisine göre, bir rodaj bıçağının eskisyene kadar, eski sistemde, 1872 bileme yaptığı hesaplanmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucu, bir rodaj bıçağının eskisyene kadar yapacağı bileme sayısı 2431'e yükseltilmiş, bu da 3.9 ayda bir rodaj bıçağı alınmasını sağlamıştır.

7. Geleceğe Dair Öneriler

Geliştirilen karar destek sisteminin fabrikada uygulanması halinde, sistem yukarıda algoritması anlatılmış bir mantık çerçevesinde çalışacaktır. Bu sistem, uygun bileme frekansını bulurken öncelikle bileme yapılacak araç sayısını bulmakta, daha sonra bu sayı ile her bir arabaya atılan punta sayısı çarpılarak bileme frekansını vermektedir. Sistemin iki aşamalı çalışmasının nedeni mevcut sistemde her operatör için bir sayaç bulunması ve bu sayacın çalışması için bir bileme frekansına ihtiyaç duyulmasıdır. Bu durum, uygun bileme frekansı bulma problemi için önerilecek değişik çözüm yöntemleri için bir kısıt oluşturmaktadır. Bunlara bağlı olarak şu önerilerde bulunulabilir;

- Bileme frekansı belirlemek yerine her operatör için haftalık ya da aylık üretim planı doğrultusunda bilemeye kaçınıcı arabada gidileceği belirlenebilir.
- Bu sistem bir iş ünitesindeki operatörlerin bilemeye gideceği zamanları senkronize etmekte de kullanılacağından, bir iş ünitesinin iş çevrim zamanını da kısaltacaktır.
- Fabrikadan gelen haftalık üretim planı incelendiğinde, her 3-4 Fluence tipi araçtan sonra 1 Mégane tipi araç gelmektedir. Bir saatte yaklaşık 30 araba yapıldığı düşünüldüğünde bu durum

sistemin en az 7 kere kalıp değiştirmesine sebep olmaktadır. Bundan kaynaklanan zaman kaybının engellenmesi için, üretim planı daha verimli yapılabilir.

- Veri analizi kısmında belirtildiği üzere aynı parametre değerleriyle yapılan iki farklı deney oldukça farklı sonuçlar vermiştir. Bu durum, operatörün fiziksel özelliklerinin ve karakterinin bu iş üzerinde yok sayılamayacak bir etkisinin olduğunu kanıttır. Bu nedenle gelecekte yapılan işe alımlarda yaş, boy ve kişilerin risk alma özelliklerinin dikkate alınması, standardizasyonu yakalamak açısından benzer özellikteki operatörlerin seçilmesi önerilmektedir.
- Dört operatörün çalıştığı iş ünitelerinde bile iki adet bileme bıçağı bulunması tam senkronizasyonu imkânsız kılmaktadır. Buna ek olarak, bulunan sonuçlar ikili senkronizasyonun mümkün olabildiğini göstermektedir. Fakat hangi punta kaynak makinelerinin birbiriyle senkronize çalışabileceğı dinamik olarak belirlenmelidir.

Sonuç olarak, geliştirilmiş Karar Destek Sistemi; üretime girebilecek bütün modeller için uygulanabilecektir. Operatör standardizasyonu ve bileme zamanının araba sayısı cinsinden belirlenmesi halinde de bu sistem gelecekte kolaylıkla kullanılabilir ve kâr getirecek bir yapıdadır.

KAYNAKÇA

Kitap

Faraway, Julian Extending the Linear Model With R. 2. baskı New York: Chapman & Hall 2006.

Dobson, Annette J.; Barnett, Adrian G. An introduction to generalized linear models. 3. baskı. Texts in Statistical Science Series. CRC Press, Boca Raton, FL, 2008.

Muller, Keith E.(1-NC-BI); Stewart, Paul W.(1-NC-BI) Linear model theory. Univariate, multivariate, and mixed models. Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley-Interscience [John Wiley & Sons], Hoboken, NJ, 2006.

Makale

Lukman, Hafızı B. *Estimation in Spot Welding Parameters Using Genetic Algorithm* Malezya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği, 2007.

Internet Sitesi

“Local Regression.” http://en.wikipedia.org/wiki/Local_regression
Yay. 16 Kas. 2008. 24 Nis 2011.

“Loess.” (n.d.). Retrieved from
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmd/section1/pmd144.htm>

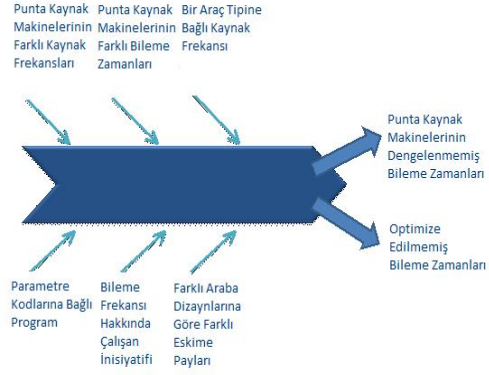
“Regresyon Analizi.”

http://www.istatistikanaliz.com/regresyon_analizi.asp Yay. 13 May. 2002. Web. 24 Nis 2011.

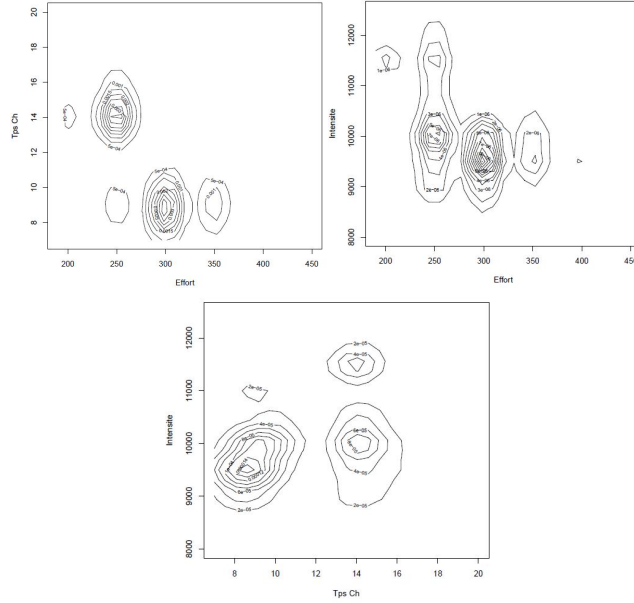
<http://www.renault.com.tr/page.aspx?id=561> OYAK Renault. Web 24 Nis 2011.

EKLER

Ek 1. Problemi anlatan balık kılıcı diyagramı



Ek 2. Sık kullanılan parametre kombinasyonlarının belirlenmesi



Tps. Ch: Kaynak Süresi (Cmn)

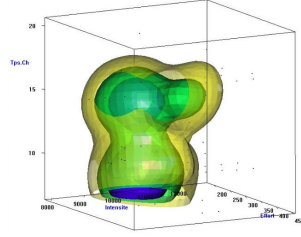
Intensite : Akım (mA)

Effort: Basınç (daN)

- Yukarıdaki resimlerde görülen çevre çizgileri; Renault'un AR-GE bölümünde yapılan deneyler sonucu elde edilmiş

olup; Basınç, Akım ve Kaynak Süresi parameter değerlerinin ikili kombinasyonlarının dağılımlarını göstermektedir.

Parametrelerin iki değişkenli yoğunluklarının tahmini, “Kernel yoğunluk tahmini metodu” kullanılarak yapılmıştır.(R istatistik programının SM paketi.)



Tps. Ch: Kaynak Süresi(Cmn)

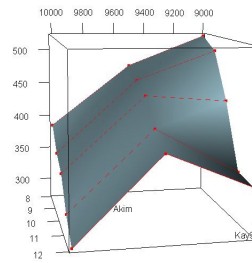
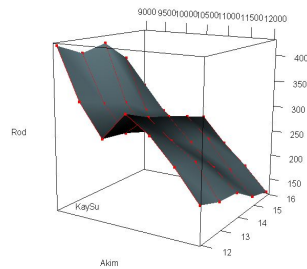
Intensite : Akım(mA)

Effort: Basınç(daN)

- Nokta ile belirtilen yerler, Renault AR-GE bölümü tarafından denenmiş parameter değerlerini göstermektedir.

Sarı, yeşil ve maviyle gösterilmiş olan yüzeyler, “noktaların” sırasıyla %75, %50 ve %25 ini kapsamaktadır. Akım, basınç ve kaynak süresi parametrelerinin üç değişkenli ortak olasılık yoğunluk fonksiyonunun gösterdiği çevre çizgileri, R istatistik programının SM paketindeki Kernel yoğunluk tahmin metoduyla hesaplanmıştır.

Ek 3. Basıncın 250 daN, akımın 10500 mA olduğu ve basıncın 300 daN, akımın 9500 mA olduğu yerde görülen kırılma



Ek 4. Karar Destek Sistem

Ek 5. R istatistik programı ile yapılan modeller ve sonuçları

1. Model:

- Bütün parametrelerin ayrı ayrı ve basıncın diğer ikisiyle etkisini gösteren model: ($R^2: 0,889$)

	Estimate	Std Error	T value	Pr(> t)
Intercept	1,169e+03	7,833e+01	14,888	<2e-16
Akım	-6,284e+03	5,429e+03	-11,376	6,06e-15
Basınç300	4,984e+02	2,166e+02	2,301	0,0262
Kaysu	-1,764e+01	3,839e+00	-4,592	3,66e-05
Akım: Basınç300	-3,556e-02	2,102e-02	-1,691	0,0979
Basınç300:	-1,574e+01	7,009e+00	-2,246	0,0298
Kaysu				

2. Model:

* Basıncın tek başına önemsiz olması nedeniyle denenen ikinci model: ($R^2: 0,8793$)

	Estimate	Std Error	T value	Pr(> t)
Intercept	1,235e+03	7,660e+01	16,119	<2e-16
Akım	-6,613e-02	5,482e-03	-12,064	1,06e-15
Kaysu	-1,82e+01	3,892e+00	-5,093	6,76e-06
Akım: Basınç300	9,375e-03	8,161e-03	1149	0,257
Basınç300:	-9,893e+00	6,837e+00	-1,447	0,155
Kaysu				

>0.05->
önemsiz

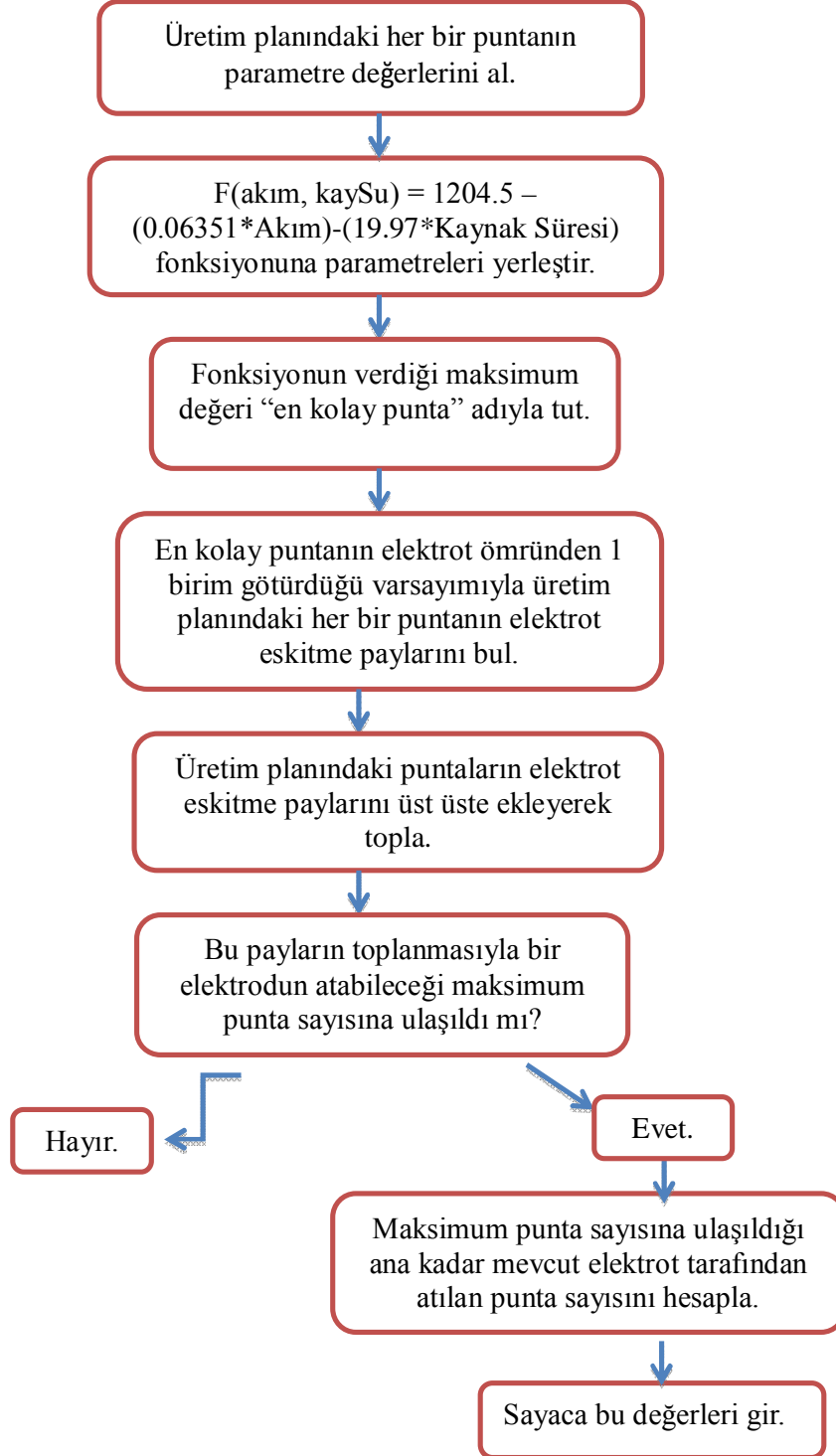
3. Model:

- İkinci yöntemin çıktılarını doğrultusunda sadece akım ve kaynak süresinin etkisini gösteren model: ($R^2: 0,8757$)

	Estimate	Std Error	T value	Pr(> t)
Intercept	1204,56649	51,19525	23,529	<2e-16
Akım	-0,06351	0,00550	-11,982	6,85e-16
Kaysu	-19,79135	2,24317	-8,823	1,55e-11

* Karmaşık veriler kullanan birinci fonksiyonun %88.9'luk bir modelle eşleşme durumu varken, daha basit son modelin ki % 87.57. Modelin uygulanabilirliğinde ki büyük kazanç R^2 'deki kayba değer.

Ek 6. Sistem şeması



Ek 7. Excel dosyası ile sistem şeması

Üretim Planı	Punta Sayısı	Bileme Frekansı	Maximum	Punta Etkisi	Toplam Etki	Mod	Rodaj Zamanı Sorgulama
L38	10	324	395	12,19136	12,19136	13	0
B32	15	395		15	27,19136	28	0
L38	10	324		12,19136	39,38272	40	0
L38	10	324		12,19136	51,57407	52	0
L38	10	324		12,19136	63,76543	64	0
L38	10	324		12,19136	75,95679	76	0
B32	15	395		15	90,95679	91	0
L38	10	324		12,19136	103,1481	104	0
L38	10	324		12,19136	115,3395	116	0
L38	10	324		12,19136	127,5309	128	0
L38	10	324		12,19136	139,7222	140	0
B32	15	395		15	154,7222	155	0
L38	10	324		12,19136	166,9136	167	0
L38	10	324		12,19136	179,1049	180	0
L38	10	324		12,19136	191,2963	192	0
L38	10	324		12,19136	203,4877	204	0
L38	10	324		12,19136	215,679	216	0
B32	15	395		15	230,679	231	0
L38	10	324		12,19136	242,8704	243	0
L38	10	324		12,19136	255,0617	256	0
L38	10	324		12,19136	267,2531	268	0
L38	10	324		12,19136	279,4444	280	0
L38	10	324		12,19136	291,6358	292	0
B32	15	395		15	306,6358	307	0
L38	10	324		12,19136	318,8272	319	0
L38	10	324		12,19136	331,0185	332	0
L38	10	324		12,19136	343,2099	344	0
L38	10	324		12,19136	355,4012	356	0
B32	15	395		15	370,4012	371	0
L38	10	324		12,19136	382,5926	383	0
L38	10	324		12,19136	394,784	395	1

TÜT424A Karışık Tipte Montaj Hattı Dengeleme Karar Destek Sistemi

TOFAŞ Bursa Fabrikası

Proje Ekibi

Gamze Cerah

Cem Diniz

Onur Mutlu

Kerim Vekil

Volkan Yüksel

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Volkan Okutkan, Serhat Arda, Üretim Mühendisi,

TOFAŞ Bursa Fabrikası

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak, Bilkent Üniversitesi,

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

TOFAŞ Linea ve MCV modellerinin 155 farklı modelini üretilme sıralamaları kontrol edilmeksizin üretmektedir. Bu durum ‘karışık tipte montaj hattı dengeleme’ problemini ortaya çıkarmaktadır. Projemizin genel amacı, TOFAŞ TÛT424A hattındaki karışık tipte montaj hattı dengeleme problemi göz önünde bulundurularak, TOFAŞ’da iş atama sistemini standartlaştıran ve bu işlemi ideal bir şekilde yapan karar – destek mekanizması sağlamaktır. Proje kapsamında, firmaya alternatif sunmak amacıyla proje 2 ana koldan geliştirilmiştir. Öncelikle, Bir istasyondaki farklı araba modellerinin işlem süreleri arasındaki varyasyonların azaltılmasını sağlayan matematik sel model hazırlanarak CPLEX çözümü firmaya sunulmuştur. Ayrıca, sezgisel metot kullanılarak çalışanlar arasında dengeli iş dağılımı sağlayan bir karar destek sistemi firmaya sunulmuştur. Sonuç verilere göre, CPLEX çözümünün model bazında sapmalar dikkate alındığında hatta %36,77 oranında daha iyi bir sonuç verdiği gözlenmiştir. Sezgisel yöntemin sonuçları incelendiğinde ise mevcut sistemde yalın takım liderinden daha dengeli iş dağılımı yaptığı gözlenmiştir.

1. İşletme Tanıtımı

Temelleri 1968 yılında Koç Topluluğu'nun kurucusu Vehbi Koç tarafından atılan, Koç Holding ve Fiat S.p.A.'nın eşit hissedar olduğu TOFAŞ, günümüzde Fiat Auto'nun dünya çapındaki 3 stratejik üretim merkezinden biridir. Fabrikanın temeli Bursa'da 13 Nisan 1969'da atılmıştır. Fabrika alanı kuruluşta 61.848 metrekaresi kapalı olmak üzere toplam 735.170 metrekaredir. 12 Şubat 1971 yılında seri üretime geçmiştir. Bursa-Yalova yolu üzerinde Demirtaş sanayi bölgesinde kurulu işletmede şu an itibariyle 8500 işçi çalışmaktadır. 2008 yılından beri üretim kapasitesi yıllık 400.000 adettir.

2. Proje Tanımı

2.1 Problem tanımı ve kapsamı

TOFAŞ'ta her hafta Linea ve MCV modellerinin 155 farklı model tipi, üretilme sıralamaları kontrol edilmeksizin üretilmektedir. TÛT424A hattında, 11 tane istasyon ve 250 tane farklı operasyon vardır. Bu durum 'karışık tipte montaj hattı dengeleme' problemini ortaya çıkarmaktadır. Projemizin genel amacı, TÛT424A hattında karışık tipte montaj hattı dengeleme problemi göz önünde bulundurularak, TOFAŞ'ta iş atama sistemini standartlaştıran ve bu işlemi ideal bir şekilde yapan karar – destek mekanizması sağlamaktır.

Projenin uygulanması için model alan olarak TÛT424A montaj hattı belirlenmiştir. Projenin diğer montaj hatlarına uygulanması proje kapsamı dışında bırakılmıştır.

2.2 Hedefler ve performans ölçütleri

Firmanın tasarlanacak karar - destek sisteminden beklentileri şunlardır:

- Bir istasyondaki farklı araba modellerinin işlem süreleri arasındaki varyasyonların azaltılması
- Operatörler arasında dengesiz iş dağılımının azaltılması
- Operatörlerin doygunluk kayıplarının azaltılması
- Doygunluk kartı oluşturulması işleminin standardize edilmesi

3. Analiz

3.1 Mevcut sistemin analizi

TOFAŞ'ta Linea ve MCV montaj hattında TÛT 421,423, 424, 424A, 425, 426, 427 ve 428 olarak adlandırılan 8 tane ara montaj hattı bulunmaktadır.

Fabrikanın montaj hattında, yapılacak olan işlemlerin planlaması, üretim planlama departmanı tarafından belirlenmektedir. Yapılacak olan işlemlerin planlaması mevcut sistemde Yalın Takım Liderleri (YTL) tarafından yapılmaktadır. İnsan faktörü olduğundan bu işlem henüz standartlaştırılmamıştır. Bu operasyon ortalama olarak 1 YTL için 6 saat sürmektedir.

Mevcut durumun sistem akışı aşağıdaki gibidir:

- Üretim planlama departmanı, bir sonraki hafta üretilecek olan modellerin üretim adetlerini verir.
- Verilen adetlerde bir değişiklik varsa doyunluk kartları yeniden oluşturulur.
- YTL'ler doyunluk kartı oluşturmak için 'doyunluk programı' olarak adlandırılan üretim planlamaya bağlı bir veritabanını kullanmaktadırlar.
- İş dağılımı yapılmadan önce o hatta yapılacak olan bütün işlemler mevcut doyunluk programının havuzuna yüklenir.
- YTL'ler havuza yüklenen işlemleri; işlem önceliklerini, yerleri değiştirilemeyen tesislerin konumunu, malzemelerin konumlarını, hareket ekonomisini, operatörlerin becerilerini ve çalışanın bir vardiyada çalışabilceği net süreyi (mevcut durumda 420 dk) göz önünde bulundurarak çalışanların doyunluk kartlarına atama yaparlar.

Oluşturulan doyunluk kartlarında, yapılacak işlemlerin işlem numaraları, adları, süreleri, operatörün bir vardiyadaki iş yükü ve doyunluk kaybı bulunmaktadır. Mevcut durumun iş akışı şeması ek-1'dedir.

3.2 Literatür taraması ve internet araştırmaları

Problemin CPLEX çözümü için yapılan literatür araştırmaları sonucunda projenin akademik danışmanlığını yapan Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak ile birlikte problem tanımına uygun bir matematiksel model geliştirilmiştir.

Geliştirilecek sezgisel metot için yapılan literatür araştırmaları sonucunda, Thomopoulos'un 1967 yılında yayımlanan makalesi göz önünde bulundurularak hat dengesini sağlamak amacıyla "Ranked Positional Weights" metodu uygulanmıştır.

4. Önerilen Yöntem

Problemi çözmek üzere firmanın belirlediği kısıtları içeren iki farklı karar – destek sistemi oluşturulmasına karar verildi. Birincisi, bir istasyondaki farklı araba modellerinin işlem süreleri arasındaki varyasyonların azaltılmasını hedefleyen bir matematiksel model geliştirilmesine; ikincisiyse çalışanların doyunluk oranlarını azaltacak ve çalışanlar arasında dengeli bir iş dağılımı yapabilecek bir sezgisel model geliştirilmesine karar verildi. Geliştirilen matematiksel model OPL ara yüzünde CPLEX yazılımı kullanılarak çözdürüldü. Geliştirilen matematiksel modeli ek-2 de bulabilirsiniz. Çıkan sonuçlara göre elde edilen iş atama kartları ile TÛT424A hattında denemeler yapıldı. Fakat üretilecek model tiplerinin adetlerinin yan sanayide veya hatta çıkan problemler nedeniyle planan üretim adetlerine göre değişkenlik göstermesi sebebiyle çalışanlar arasında dengeli iş dağılımı yapabilen

sezgisel yönteme (Ranked Positional Weight Metot) ağırlık verilmesi kararlaştırıldı.

4.1. Önerilen yöntemlerin düzenlenmesi

Yukarıda önerdiğimiz iki tane yöntemin uygulanabilmesi için problemimiz karışık tipte montaj hattı probleminden tek tipte montaj hattı problemine çevirildi. Uygulama yapılan montaj hattında iki yüz elli adet işlemden çoğu Linea ve MCV modellerinde farklı işlem numaraları olarak gözükmelerine rağmen aynı işlevi göstermektedir. Sadece araçlar üzerindeki montaj süreleri değişmektedir. İşlemlerin bu özellikleri göz önüne alınarak işlemler şirketteki sorumlularla birlikte gruplara ayrılmıştır. Bu gruplamalar sonucunda 250 adet işlemden 85 adet işlem grubu oluşturulup, bu gruplar tek bir işlem gibi göz önüne alınmıştır. Örneğin Linea modelinde “Fren ve yakıt boruları için klips montajı” işlemi ile MCV modelinde “Fren ve yakıt boruları için klips montajı” mevcut veritabanında farklı işlem olarak kategorize edilmesine rağmen bu tür işlemler tarafımızdan gruplanarak problem daha basit bir hale getirilmiştir. Bu indirgeme işlemi sonucunda problemimiz tek tipte montaj hattı dengeleme sistemine çevrilmiştir.

4.2. Matematiksel model

Çalışanlara işler dağıtılırken modellerin bir istasyondaki ortalama süreleri ve modellerin üretim adetleri göz önünde bulunduruldu. Matematiksel modelimiz de, eğer bir model bir istasyonda ortalama süresinin üzerinde işlem görmesi gerekiyorsa, sürelerin farkını ve üretim adetlerini çarparak toplar. Matematiksel modelin amacı bu toplamı en aza indirmektir.

4.2.1 Matematiksel modelin girdileri ve çıktıları

Modelimizin girdileri aşağıda belirtildiği gibidir:

- O hafta üretilecek model tipleri
- Üretilecek modellerin bir vardiyadaki üretim adetleri
- Üretilecek modellerdeki yapılacak işlem grupları
- İşlem gruplarının üretilecek modeller üzerindeki süreleri (dk)
- Hatta çalışacak olan kişi sayısı
- Çalışanın bir vardiyadaki çalışma süresi (dk)

4.2.2 Matematiksel modelin kısıtları

İlk olarak o vardiyada yapılacak bütün işlem gruplarının herhangi bir çalışana atanmasını sağlayacak bir model kuruldu. Bu modele firma tarafından belirlenen aşağıdaki kısıtlar eklendi.

- *Bir çalışanın bir vardiyadaki çalışma süresi:* Bir çalışanın bir vardiyada çalışabileceği maksimum süre kısıtlıdır.
- *İşlem gruplarının işlem öncelikleri:* Bazı işlem gruplarının yapılabilmesi için ondan önce yapılması gereken işlem grupları bulunmaktadır.

- *İstasyon kısıtları:* Bazı işlem gruplarının yapılabileceği istasyonlar veya istasyon aralıkları firma tarafından belirlenmiştir.

4.3 Sezgisel yöntem

Sezgisel yöntemde, matematiksel modelde bahsedilen model bazında ortalama süreye bakılmayıp, iş atamasını sadece YTL'nin belirlediği aralıkta yapmaktadır. Sezgisel yöntemimiz TÛT424A hattının sonunda çalışacak kişi hariç diğer çalışanlara belirtilen aralıkta iş ataması yapmaktadır. RPW metodunu kısaca özetlemek gerekirse; işlem öncelikleri ve toplam operasyon süreleri ele alınarak RPW değerleri hesaplanır. Ardından, işlem grupları, RPW değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Son olarak, en yüksek RPW değerine sahip işlem grubundan iş ataması yapılmaya başlanır.

4.3.1 Sezgisel metodun girdileri ve çıktıları

Modelimizin girdileri aşağıda belirtildiği gibidir:

- Üretilecek modellerdeki yapılacak işlem grupları
- İşlem gruplarının bir vardiyadaki toplam süreleri (dk)
- Hatta çalışacak olan kişi sayısı
- İşlem gruplarının çalışanlara atanması gereken çalışma süresi aralığı (dk)

4.3.2 Sezgisel methodun kısıtları

İlk olarak o vardiyada yapılacak bütün işlem gruplarının herhangi bir çalışana atanmasını sağlayacak bir model kuruldu. Bu modele firma tarafından belirlenen aşağıdaki kısıtlar eklendi.

- *Bir çalışanın bir vardiyadaki çalışma aralığı:* Sezgisel metod, girilen çalışma aralıklarına uyacak şekilde çalışanlara iş ataması yapmalıdır.
- *İşlem gruplarının işlem öncelikleri:* Bazı işlem gruplarının yapılabilmesi için ondan önce yapılması gereken işlem grupları bulunmaktadır.
- *İstasyon kısıtları:* Bazı işlem gruplarının yapılabileceği istasyonlar veya istasyon aralıkları firma tarafından belirlenmiştir.

4.3.2 Karar Destek Sisteminin (RPW Metot) Ara Yüzü

Sezgisel metod sayesinde doyunluk kartları oluşturması için Excel'de Visual Basic koduyla makrolar yazılmıştır. Kullanım kolaylığı açısından Tofaş'dan alınan geri bildirimlerle birlikte herhangi bir arayüz oluşturulmamıştır. Sistem, Tofaş'da çalışan yalın takım liderlerinin rahatça anlayabileceği şekilde tasarlanmıştır.

Karar destek sisteminin işlevi aşağıdaki gibidir:

- *Yeni işlem ekleme / çıkarma:* Sisteme yeni bir işlem eklenmesi ve çıkarılması Excel'de bulunan İşlemGrupları adlı sayfadan yapılabilir.

- *Grup önceliği ekleme / çıkarma:* Yalın takım liderleri o hafta yapılacak olan işlem gruplarına göre grupların yapılabilirlik sıralarına müdahale hakkına sahiptirler.
- *Doygunluk kartlarının alt limitini ve üst limitini değiştirme:* Yalın takım liderleri ProgramGirdileri sayfasından alt limit ve üst limit satırlarına doyunluk kartlarının oluşturulması istenilen aralıkları girebilirler.
- *İşlem gruplarının atanması gereken doyunluk kartının belirlenmesi:* Gerekli durumlarda yalın takım lideri GrupÖncelikleri sayfasında bulunan işlem gruplarından müdahale ederek belirli işleri gereken doyunluk kartlarına atayabilir. Doygunluk kartı oluşturma işlemi aşağıdaki gibidir:
 1. Yapılacak işlemler karar destek sistemindeki İşlemListesi sayfasına işlem numarası, tanımı ve süresiyle birlikte girilir.
 2. Eğer yeni bir işlem eklendiyse bu işlem ya mevcut bulunan işlem gruplarından birine ya da yeni bir işlem grup numarası oluşturularak İşlemGrupları sayfasına girilir. Ayrıca İşlemÖnceliği sayfası da yeniden gözden geçirilir.
 3. Grup listesi gözden geçirildikten sonra ToplamZamanHesapla makrosu çalıştırılarak grupların süreleri yazdırılır.
 4. ProgramGirdileri sayfasından doyunluk kartı üst limiti ve alt limiti girilir. Ayrıca o hafta kaç adam çalışacağı ve kaç işlem grubu olduğu bilgisi de girilir.
 5. GrupÖnceliği sayfası açılarak RPWDeğeriniHesapla adlı makro çalıştırılır.
 6. Grupların RPW değeri hesaplandıktan sonra DoygunlukKartıOluştur makrosu çalıştırılır.
 7. Oluşturulan doyunluk kartları çalışanlara dağıtılır. Karar destek sisteminin örnek çıktısı Ek-4'te bulunmaktadır.

5. Sonuçlar

5.1 Sistem performansı

CPLEX kullanılarak çözdürülen matematiksel model yaklaşık 10 dakikada teorik olarak en iyi çözümden 1% in altında bir uzaklıkta bir çözüm vermektedir. Mevcut sistemde bir yalın takım liderinin iş atama işlemini sıfırdan yapması için yaklaşık 6 saat harcaması gerekmektedir.

5.2 Mevcut duruma karar aracı çıktılarının karşılaştırılması

Firmanın yalın takım liderleriyle yaptığı iş atama sistemi ile karar aracımızın sonucunda bulmuş olduğumuz çözümlerin performans ölçüt değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Performans ölçüt değerleri (Model bazında sapma)

	CPLEX	TOFAŞ Mevcut Sistem
<i>Sapma (dk)</i>	80,85	127,87
<i>İyileştirme (%)</i>	36,77%	

Firmanın bir diğer istediği performans ölçütü de çalışanların çalışma sürelerinin dağılımının adil olmasıdır. Matematiksel modelimiz bu kısıtı göz önünde bulundurmamaktadır. Sezgisel yöntemimiz ise yalın takım liderinin daha önceden belirlediği aralıkta çalışanlara iş atamaktadır. Tablo 2 de verilen örnekte bu değer 390 dakika ile 410 dakika arasındadır. Firmadan aldığımız bilgiler doğrultusunda hattın sonunda çalışan kişinin çalışma süresinin az olması bir sorun teşkil etmemektedir. Çünkü, o çalışana yalın takım liderinin belirlediği farklı işler verilebilmektedir.

Tablo 2. Performans ölçüt değerleri (Çalışan doygunluk bazında)

Sat. No	TOFAŞ Mevcut Sistem		RPW (Sezgisel Metot) (420dk)	
	Doygunluk Kaybı (%)	Doygunluk (dk)	Doygunluk Kaybı (%)	Doygunluk (dk)
1	13,44%	363,57	4,94%	399,27
2	2,18%	410,84	6,62%	392,20
3	7,83%	387,10	5,39%	397,35
4	7,14%	389,99	6,92%	390,93
5	9,18%	381,44	6,60%	392,30
6	1,72%	412,79	5,85%	395,45
7	3,09%	407,04	5,42%	397,23
8	29,82%	294,76	4,98%	399,10
9	7,55%	388,29	5,58%	396,55
10	3,42%	405,63	5,09%	398,61
11	8,71%	383,41	36,44%	266,95

Operatör 1 ve operatör 2'nin TÛT424A hattında model tiplerine göre çalışma sürelerini görmek için ek-3'e bakınız.

6. Uygulama Planı

Matematiksel modelin çalıştırılması için CPLEX yazılımının satın alınması gerekmektedir. Bu modelin girdilerinin yazılım tarafından okunabilmesi ve parametrelerinin kullanıcı tarafından değiştirilebilmesi için de Microsoft Excel'de çalışan Visual Basic kodu kullanılmaktadır. Eğer TOFAŞ bu yazılımı almaya karar verirse, kullanılacak olan bu sistemin kullanıcılara tanıtımı yapılacaktır. Eğer yazılımın satın alınmamasına karar verilirse, sezgisel yöntem kullanılacaktır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için çalışanların kolaylıkla kullanabilecekleri bir ara yüz oluşturulmuştur. Üretim planında değişiklik olduğu zaman, yalın takım liderleri seçilen yöntemdeki ara yüz aracılığıyla programı

çalıştırıp yeni iş atama kartlarını elde edecektir ve gerekirse üzerinde elle bazı değişiklikler yapacaklardır.

7. Genel Değerlendirme

Firma, problemin CPLEX çözümünü kısa vadede uygulamayı düşünmemektedir, çünkü haftalık olarak değişen üretim planlama verilerine uygun üretim yapılamamaktadır. Bu çözüm sistemi uzun vadede, günlük üretim planlama sistemine geçildiği zaman uygulamaya alınacaktır. Bundan dolayı firma, kısa vade için geliştirdiğimiz sezgisel çözüm yöntemini (RPW metot) ve onun karar destek sistemini uygulamaya koyacaktır. Bu sistemin firmaya en büyük avantajı montaj hattında çalışanların doygunluk kayıplarını istenilen aralıkta iş ataması yapmasıdır. Bu şekilde hatta oluşan kalite problemlerinin de azalması beklenmektedir. Ayrıca çalışanlar arasında süre bazında dengeli iş dağılımı yapılarak çalışan memnuniyeti de sağlanmıştır.

7.1 İleriye dönük geliştirme olanakları

Oluşturduğumuz yöntemlerin her ikisi de oldukça genel modeller olup, sadece üzerinde gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra diğer montaj hatlarına da kolayca uygulanabilecektir. Fakat projemizin kapsamında sadece bir montaj hattı (TÜT424A) olduğundan diğer hatlarla ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca, önerilen sezgisel metot diğer montaj hatlarına da uygulandığında istenilen doygunluklara ulaşılacaktır ve doygunluk kayıpları azaldığından dolayı, genel olarak baktığımızda montaj hatlarında çalışan sayısının da azalması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Tofaş, Official Web Sayfası, <http://www.tofas.com.tr/Icerik.aspx?id=31>

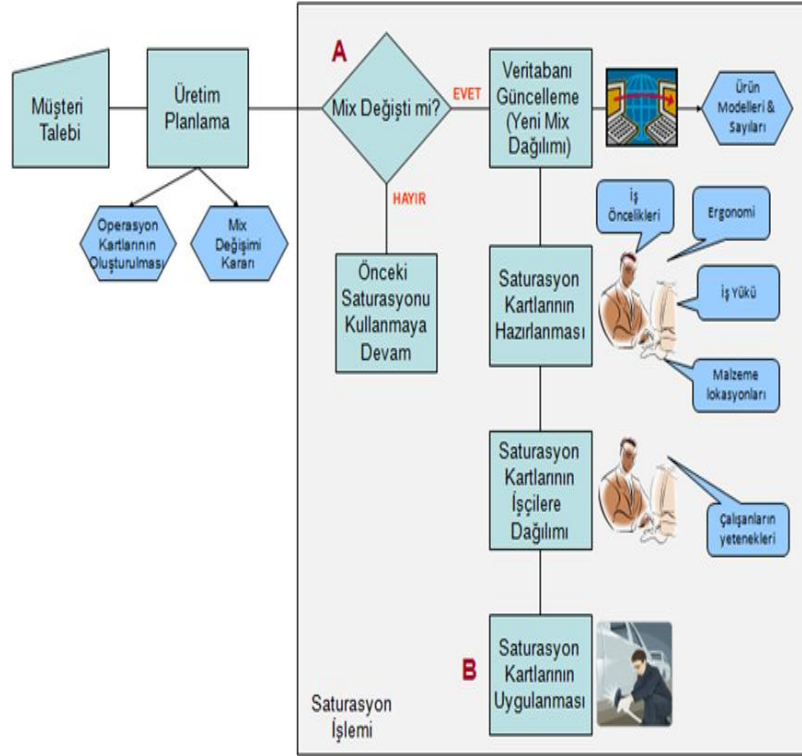
THOMOPOULOS, N. ,1967 “Line Balancing-Sequencing for Mixed Model Assembly” Management Science vol. 14 No.2

Becker & Scholl,2006 “A Survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing” European Journal of Operational Research 168, Sayfa 694-715

Thomopoulos, N.T.,1970 “Mixed Model Assembly Line Balancing with Smoothed Station Assignments” Management Science 16, Sayfa 593-603

EKLER

Ek 1. Kullanılan Sistemin Akış Şeması



EK 2. Matematik Modeli

i : işler (i = 1, , n)

j : istasyonlar (j = 1, , m)

k : modeller (k = 1, , w)

Parametreler

n : işlerin sayısı

m : modellerin sayısı

n_k : k modelinin üretim sayısı

w : istasyonların sayısı

ST : vardiya süresi

E : i işinin öncelik kümesi

Karar Değişkenleri

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer iş i istasyon j ye atanırsa} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases}$$

V_{kj} : j'ninci istasyonda k modelinin ortalama süreden sapma değeri

t_{kj} : k'nıncı modelin j'ninci istasyonda toplam işlem süresi

T_j : j istasyonundaki toplam iş yükü

s_{ik} : i'ninci işin k modelindeki servis süresi

Matematik Model

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^w (n_k V_{kj})$$

s.t

$$\sum_{r=1}^m x_{br} \geq x_{dj} \quad \forall (b,d) \in E, j$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} s_{ik} = t_{kj}, \quad \forall k, j$$

$$\sum_{k=1}^w t_{kj} n_k = T_j, \quad \forall j$$

$$T_j \leq ST, \quad \forall j$$

$$\sum_{k=1}^w x_{ik} = 1, \quad \forall i$$

$$V_{kj} \geq t_{kj} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n s_{ik}, \quad \forall k, j$$

$$T_j \geq 0, \quad \forall j$$

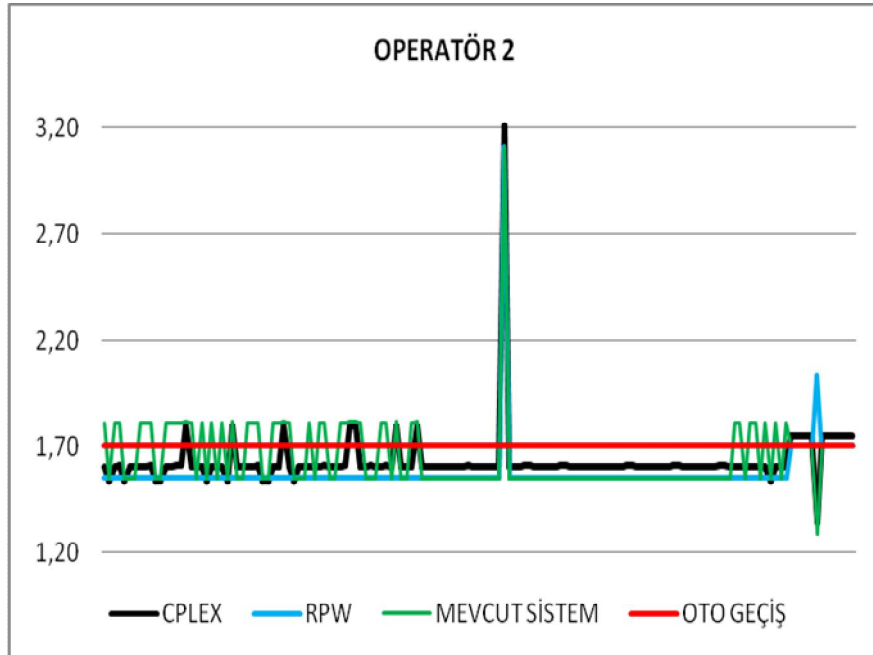
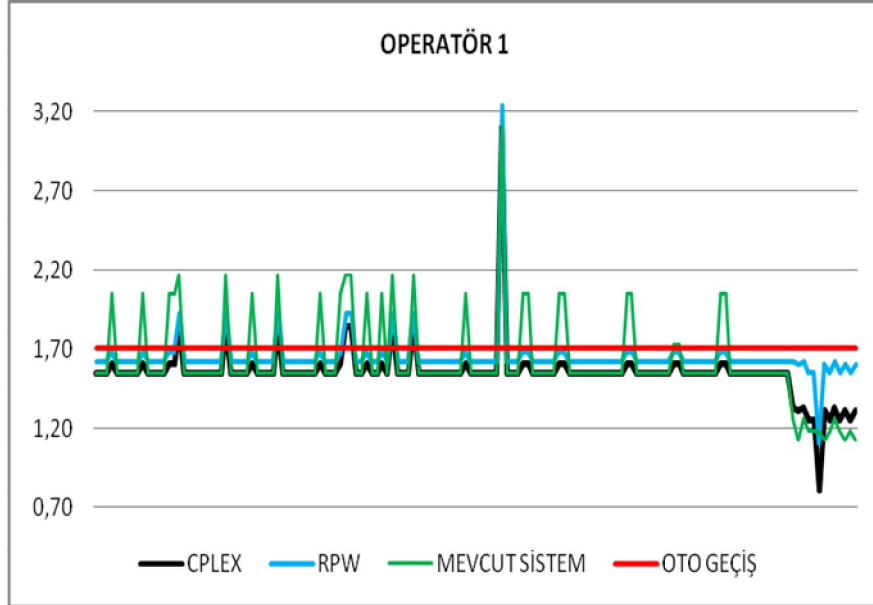
$$t_{kj} \geq 0, \quad \forall k, j$$

$$V_{kj} \geq 0, \quad \forall k, j$$

$$s_{ik} \geq 0, \quad \forall k, i$$

$$n_k \geq 0, \quad \forall k$$

Ek 3. Operatörlerin (operatör 1 ve operatör 2) TÛT424A Hattında Model Tiplerine Göre Çalışma Süreleri



Ek 4. Karar Destek Sisteminin Ara Yüzü

Grup No	İşlem No	Süre	Toplam Süre	İşlem
1	97904	3.1864		FREN VE YAKIT BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI
2	53477	0.0869		YAKIT BUHAR HORTUM KLİPS MONTAJI
4	151406	0.0000	13,3935	FREN VE YAKIT BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI
5	110640	5.4371		FREN VE YAKIT BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI
6	183043	0.6732		FREN VE YAKIT BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI
7	89230	1.0100		FREN BORULARI KLİPS MONTAJI
8	110767	19.3544	28,3944	FREN BORULARI KLİPS MONTAJI
9	98244	3.7657		FREN BORULARI TUTUCU KLİPSLERİN MOTOR BOŞLUĞUNA MONTAJI
10	118177	11.3246	15,0903	FREN BORULARI KLİPS MONTAJI
11	4	98296	8.5742	SASI KOLU ÜZERİNE FREN BORU TUTUCU KLİPS MONTAJI
12	4	110900	31.5715	SASI KOLU ÜZERİNE FREN BORU TUTUCU KLİPS MONTAJI
13	5	99329	16.8223	FREN BORU TUTUCU KLİPS MONTAJI
14	5	10691	0.0000	FREN BORU KLİPS MONTAJI
15	5	99681	13.2778	ARKA FREN BORULARI KLİPS MONTAJI
16	5	110815	51.3037	FREN BORU TUTUCU KLİPS MONTAJI
17	5	110847	26.0808	ARKA FREN BORULARI KLİPS MONTAJI
18	6	10720	0.8334	FREN BORU ARALARININ AÇILMASI
19	7	117254	0.4924	HİDROLİK BORU TUTUCULARININ MONTAJI
20	7	131988	0.5575	HİDROLİK DREKSİYON BORU TUTUCU KLİPS MONTAJI
21	8	100124	10.7177	ŞANZUMAN TÜNEL ÖN BÖLGESİ SAĞ-SOL KENARLARA TAPA MONT
22	8	111103	31.7431	ŞANZUMAN TÜNEL ÖN BÖLGESİ SAĞ-SOL KENARLARA TAPA MONT
23	9	102988	7.5314	RAYDİYATOR ELASTİK BURÇ MONTAJI
24	9	117094	19.1879	ELASTİK BURÇ MONTAJI
25	10	97900	10.1384	MOTOR BOŞLUĞU ÖN GÖĞÜS KLİPS MONTAJI
26	10	110805	18.4232	FREN BORULARI TUTUCU KLİPSLERİN MOTOR BOŞLUĞUNA MONTAJI
27	10	153537	12.1476	FREN BORULARI TUTUCU KLİPSLERİN MOTOR BOŞLUĞUNA MONTAJI
28	11	111133	21.1049	ARKA TAMPON ALTI TRAVERS Ç. KESİME TAPA MONTAJI
29	11	165894	0.9927	ARKA TAMPON ALTI TRAVERS İST. KISIMINA TAPA MONT.
30	12	116762	0.7323	AKU SACI MONTAJI (DESTEK BRAKET)
31	12	118156	25.8049	ABS UNİTE BRAKETİNİN GÖVDEYE MONTAJI
32	12	127075	5.9672	ABS ÖN GÖĞÜS KABLOLARININ MONTAJI
33	12	97934	77.4725	ABS UNİTE BRAKETİNİN GÖVDEYE MONTAJI
34	12	99229	1.0032	HAZIRLANMIŞ KOMPLE FREN REGÜLATÖR VE BRAKETİNİN MONTE EDİLMESİ
35	12	99241	0.7724	FREN REGÜLATÖR HAZIRLAMA MONTAJI
36	12	99998	0.5517	FREN REGÜLATÖR AYAR BRAKETİNİN MONTAJI
37	12	928	31.5715	OTO İZLEM KARTININ ARAÇ ÜZERİNDEN ALINMASI
38	12	929	10.6588	OTO İZLEM KARTININ ARAÇ ÜZERİNDEN ALINMASI
39	17	118163	128.2000	ABS UNİTESİ ARKA FREN BORULARININ MONTAJI

Saturation	Grup No	İşlem No	Açıklama	Toplam Süre
1	74	K11	KIT ARABALARININ HAT İÇİNDEN ALINMASI VE AGV YE TAKILARAK GÖNDERİLMESİ	29.34091496
2	21	K26	KIT ARABALARININ HAT İÇİNDEN ALINMASI VE AGV YE TAKILARAK GÖNDERİLMESİ	9.906863042
4	29	182822	ABS UNİTESİ FREN BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI	3.26596385
5	53	27.03336	21 97908 SERVOFREN İLE ABS UNİTE ARSI BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI	8.833097262
6	38	21.8046	21 97913 ABS UNİTESİ FREN BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI	5.344867771
7	55	18.18794	21 110788 ABS UNİTESİ FREN BORULARI İÇİN KLİPS MONTAJI	16.30050831
8	75	18.18794	29 926 OTO İZLEM KARTININ ARAÇ ÜZERİNE KONULMASI	9.732861936
9	76	18.18794	29 927 OTO İZLEM KARTININ ARAÇ ÜZERİNE KONULMASI	17.844766999
10	57	13.89833	53 122510 TABAN ALTI VİTES TEL TUTUCU KLİPS MONTAJI	22.03347434
11	78	13.89833	38 109437 MOTOR BOSLUK ON İZALATORUNUN ALT KISIMININ BUTON İLE SABITLENMESİ	7.367580154
12	41	6.721239	38 111140 MOTOR BOSLUK ON İZALATORUNUN ALT KISIMININ BUTON İLE SABITLENMESİ	14.44701518
13	16	5.79337	55 126993 YAKIT DEPO SAĞ BRAKET YANI TAPA MONTAJI	18.18793569
14	46	0.986442	75 126907 5 KAPLI ALT TARAVESİ SAĞ KENAR GÖVDE DELİKLERİNE TAPA MONTAJI	18.18793569
15	15	3.405734	76 126910 5 KAPLI ALT TARAVESİ SAĞ BÖLGE GÖVDE DELİKLERİNE TAPA MONTAJI	18.18793569
16	82	4.090739	57 126901 YAKIT DEPO SOL BRAKET YANI TAPA MONTAJI	13.89832814
17	37	3.765691	78 136316 ORTA EGZOS BRAKET YANI DELİĞE TAPA MONTAJI	13.89832814
18	67	3.280865	41 183134 TUPTEN REGÜLATÖRE GAZ BORUSUNUN BAĞLANMASI	1.65182385
19	68	2.454443	41 183134-1 TUPTEN REGÜLATÖRE GAZ BORUSUNUN BAĞLANMASI	2.8790514
20	81	2.328768	41 183580 TUPTEN REGÜLATÖRE GAZ BORUSUNUN BAĞLANMASI	2.19036745
21	52	1.388677	16 110812 YAKIT DEPO ARKA KISIM SAĞ SOL TAPA MONT.	5.7933702
22	66	1.367032	46 98491 ARKA FREN BORULARI TUTUCU KLİPS MONTAJI	0.357794304
23	7	1.150016	46 98496 ARKA FREN BORULARI TUTUCU KLİPS MONTAJI	0.314323968
24	85	0.957958	46 98527 ARKA FREN BORULARI TUTUCU KLİPS MONTAJI	0.314323968
25	6	0.933373	15 99663 FREN BORULARININ FREN REGÜLATÖRE BAĞLANMASI	1.42950528
26	65	0.774017	15 99713 FREN BORULARININ FREN REGÜLATÖRE BAĞLANMASI	1.222185216
27	84	0.389932	15 99638 FREN REGÜLATÖR BORULARININ MONTAJI	0.474829824
28	13	0	15 99657 FREN REGÜLATÖR BORULARININ MONTAJI	0.279213312
29	20	0	82 181489 METAN GAZ TÜPÜ TAKIMA ÖNCESİ PARÇALARININ MONTAJI	1.83824325
30	77	0	82 181579 METAN GAZ TÜPÜ TAKIMA ÖNCESİ PARÇALARININ MONTAJI	2.25249525
31			37 110797 YAKIT DEPO ALTI TRAVERS ÜZERİNE TAPA MONT.	3.76596385
32			67 206253 YAKIT FİLTRESİNİN MONTE EDİLMESİ	3.280864644
33			68 181631 ORTA EGZOS İZİ MUHAFAZA SACI MONTAJI	2.4544431
34			81 147449 ARGENETTO YERİNE TAPA MONTAJI	2.328768
35			52 118346 FREN BORULARI TUTUCU KLİPSLERİN MOTOR BOŞLUĞUNA MONTAJI	1.3886772
36			66 184048 BUHARLAMA ÖNLEYİCİ BORUSUNUN YAKIT DEPOSUNA BAĞLANTISI	1.3670316
37			7 117254 HİDROLİK BORU TUTUCULARININ MONTAJI	0.49239075

Boeing-Wichita Parça Üretim Programı İçin Malzeme Alım Politikası ve Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi

Türk Havacılık ve Uzay Sanayi (TUSAŞ)

Proje Ekibi

Sertaç Öztürk
Cansu Safrancılar
Emrecan Şenöz
Ezgi Vardar
Alp Yıldırım

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Fatih Ercan, Kurumsal Risk Yönetimi Lideri
Nilüfer Göksu, Kurumsal Risk Yönetimi Uzmanı

Akademik Danışman

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

ÖZET

TUSAŞ, ham malzemelerin zamanında tedarik edilememesi sebebiyle müşteriden gelen son ürün taleplerini zamanında karşılamakta zorlanmaktadır. Üretimin durup, son ürün talebinin zamanında karşılanamamasını önlemek amacı ile hızlı ama maliyeti yüksek olan hava yolu taşımacılığı çok fazla tercih edilmekte ve depoda yüksek miktarda emniyet stoku tutulmaktadır. Bu durum, yüksek nakliye ve envanter tutma maliyetine sebep olmakla birlikte, son ürün talebinin karşılanamaması sorununu da tam olarak çözememektedir. Projenin amacı; nakliye, satın alma ve envanter tutma maliyetlerini en aza indirirken sistem üzerinde negatif envantere düşmeyen bir karar destek sistemi tasarlanması ve uygulamaya geçirilmesidir. Tasarlanan karar destek sistemi; negatif envanter seviyesine düşmeden, toplam maliyette ortalama %14 oranında iyileştirme sağlamıştır.

Anahtar Sözcükler: Karar Destek Sistemi, Acil Durum Sevkiyatı, Sezgisel Algoritma, Malzeme Alım Politikası, Toplu Alım İndirimi

1. Firma Tanıtımı

TUSAŞ, Türkiye'nin bağımsız savunma sanayisini oluşturmak amacı ile 1984'te kurulmuş olup, Türkiye'de uzay ve havacılık sektöründe tasarım, geliştirme ve üretim alanlarında dünyanın önde gelen şirketlerinden biridir.

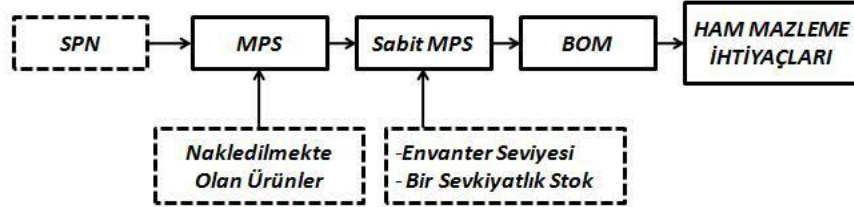
Firmanın misyonu ülkemiz havacılık ve uzay sanayisinin gelişmesi olup, vizyonu ise özgün ürünlere sahip ve küresel rekabet gücüne ulaşmış “dünya markası bir havacılık şirketi” olmaktır. TUSAŞ hava araçları üretim sektöründe geniş bir geliştirme ve üretim kapasitesine sahiptir. Firmanın stratejik vizyonu, yerel tedarikçilere ve üniversitelere araştırma geliştirme hususunda yardımcı olmaktır. Savunma sanayi imalat sürecindeki iki önemli özelliği; araştırma, geliştirme ve kalitedir.

Projemiz süresince TUSAŞ “Kurumsal Risk Liderliği” ve “Malzeme Planlama ve Tedarik” departmanları ile birlikte çalışılmıştır.

2. Mevcut Sistem Analizi ve Projenin Tanımı

TUSAŞ, “Boeing-Wichita Projesi” kapsamında Boeing 737-747-767-777 yolcu uçağı modelleri için parça üretimini gerçekleştirmektedir. Proje kapsamında, yaklaşık 2,100 çeşit ham malzemeden 1,200 adet son ürün, aylık 20,000 adetlik bir miktarda üretilir. Üretilecek parçaların cinsine ve üretim adetlerine Boeing'den gelen talepler doğrultusunda karar verilir.

2.1 Mevcut Karar Alma Süreçleri



Şekil 1. Mevcut Karar Alma Sürecinin Görünümü

Mevcut sistemde, hafta başında Boeing'den TUSAŞ'a gelen son ürün taleplerinin 18 aylık talep bilgilerini ve müşterinin mevcut durumda stoklayabileceği minimum ve maksimum stok miktarı içeren SPN (Tedarikçi Parça Ağı) bilgisi gelmektedir. Bu bilgi, TUSAŞ'ın mevcut envanter seviyesi ve nakledilmekte olan ham malzeme bilgisi ile birleştirilerek MPS (Ana Üretim Çizelgelemesi) oluşturulmaktadır.

TUSAŞ tarafından, değişken MPS miktarının üretim hattında aksaklıklara sebep olmaması için, sabitlenmiş MPS değeri uygulamasına geçilmiştir. Değişken MPS seviyesi, envanter seviyesi ve TUSAŞ'ın mevcut depolarında anlaşma gereği tutmakta yükümlü

olduğu bir sevkiyatlık son ürün stoku bilgileri analiz edilerek, sabit MPS değeri elde edilir. Bu değer doğrultusunda “Ürün Ağacı Dökümü” gerçekleştirilir ve ham malzeme ihtiyaçlarının dökümü yapılır. En son aşama olarak ham malzemeler, elde edilen ihtiyaç bilgilerine göre, ABD’de bulunan TMX firmasından talebin aciliyeti de dikkate alınarak hava yolu ya da denizyolu ile tedarik edilir.

2.2 Mevcut Sistem Karakteristikleri

Sistem karakteristikleri altı ana bileşenden oluşmaktadır.

2.2.1 Nakliye Seçenekleri ve Tedarik Süreleri

Müşteri tarafından sipariş edilen son ürünlerin zamanında yetiştirilebilmesi için ham malzemelerin, tedarik süreleri dikkate alınarak belirli bir süre önceden sipariş edilmesi oldukça önemlidir. Malzeme alım departmanı ile yapılan görüşmeler sonucunda, denizyolu için nakliye süresi sekiz hafta, hava yolu için ise bu süre dört hafta olarak belirlenmiştir.

2.2.2 Ham Malzeme Çeşitleri ve Özellikleri

Ham malzemeler; metalik ve kimyasal malzemeler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kimyasal malzemeler, raf ömürlü malzemeler olarak sınıflandırılan boya, tutkal gibi malzemelerdir. Metalik malzemeler ise kendi içinde boy malzeme, ekstrüzyon malzeme ve levha malzeme olarak üçe ayrılır ve son kullanma tarihi kısıtı da bulunmamaktadır. Ancak ham malzemelerin çok uzun süre envantere tutulmaları, müşteriden gelen değişiklik taleplerine uyum gösterebilmesi açısından istenilen bir durum değildir.

2.2.3 Maliyetler

- **Satın alma Maliyetleri:** Toplu alım indirimleri ve sipariş edilen ham malzemelerin birim fiyatı, toplam maliyete doğrudan etki eder ve modelin en önemli karakteristiklerinden biridir. Kimyasal malzemelerde herhangi bir indirim ölçütü yoktur. Metalik malzemelerde ise ağırlığın metalik boy malzemelerde 700 libreyi, metalik levha malzemelerde ise 7000 libreyi aştığı durumlarda birim fiyat üzerinden %10 toplu alım indirimi uygulanmaktadır.
- **Nakliye Maliyetleri:** TUSAŞ’ın üretim için ihtiyaç duyduğu ham malzeme temini esnasında katlanmak zorunda olduğu nakliye maliyetleri, istenilen ham malzemelerin denizyolu ya da hava yolu ile tedarik edilmesine göre değişiklik gösterir. Denizyolu nakliyesinin ücreti Boeing tarafından karşılanır; bu sebeple toplam maliyete herhangi bir etkisi yoktur. Denizyolu sevkiyatının yavaş kaldığı durumlarda tercih edilen hava yolu nakliyesi en hızlı seçenek olmasına rağmen, yapılan anlaşma gereği, ücret TUSAŞ tarafından karşılanmaktadır. Bu durum toplam maliyeti olumsuz etkileyen bir faktördür.

- **Envanter Tutma Maliyeti:** TUSAŞ'ın ham malzemeleri tuttuğu depoları kendilerine ait olduğu için doğrudan hesaplanabilecek bir envanter tutma maliyeti bulunmamaktadır. Bu tarz durumlarda, envanter tutma maliyeti fırsat maliyeti olarak toplam maliyete etki etmektedir. Diğer bir ifadeyle, fazladan envanter tutmak için harcanan para, başka projelerde değerlendirilseydi getireceği potansiyel kazanç hesaplanmıştır.
- **Sabit Sipariş Maliyetleri:** Her siparişte, sipariş miktarından bağımsız olarak oluşan sabit bir maliyettir. Sabit sipariş maliyeti; 200\$ olarak belirlenmiştir.

2.2.4 Talep ve Sabitlenmiş MPS Değeri

Mevcut sistemde, ham malzeme talebinin hesaplanmasında sabitlenmiş MPS miktarı, BOM (Ürün Ağacı) ile birlikte kullanılır.

2.2.5 Eşdeğer Malzemeler

Ürün ağacında bazı ham malzemeler için eşdeğer malzemeler tanımlanmıştır. Eşdeğer malzemeler¹, asıl malzemenin envantere bulunamaması durumunda, müşterinin de onayı alınarak, birincil malzemenin yerine kullanılabilir.

2.2.6 Mevcut Sistemden Kaynaklanan Belirsizlik

- Mevcut sistemde gözlenen iki adet rassal değişken bulunmaktadır.
- Boeing'den gelen son ürün taleplerindeki dalgalanmalar sonucunda sabit MPS değeri, talebi karşılamak amacı ile dönem dönem güncellenmektedir. Sabit kalması öngörülen MPS değerinin değişmesi ise sistemde belirsizliğe yol açmaktadır.
 - Mevcut envanter seviyesi ile ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması) yazılımı arasında; hatalı stok sayımı, verilerin yazılıma yanlış girilmesi, malzeme kullanımının yanlış hesaplanması gibi sebeplerden kaynaklanan farklılıklar gözlenmektedir. Bu tarz belirsizlikler, TUSAŞ bünyesinde IR² (Bağımsız İhtiyaç) Raporları ile gözlenir ve malzeme alım bölümüne sistemin güncellemesi için bildirilir.

2.3 Semptomlar ve Şikayetler

- Boeing-Wichita Projesi için talep edilen son ürün ihtiyaçlarının ani değişikliklere uğraması sonucu, ham malzeme yetersizliği meydana gelmektedir. Bu nedenle TUSAŞ, son ürün siparişlerini yetiştirebilmek amacı ile, ham malzeme nakliyesinde hızlı ancak pahalı bir seçenek olan hava yolu seçeneğini kullanmaktadır. Aynı zamanda, ham malzeme yetersizliği durumu ile karşılaşmamak için altı aylık ham malzeme ihtiyacı sipariş verilmektedir ve bu

¹ Eşdeğer Malzeme: Eng, Substitute Material

² IR: Independent Request Raporu, TUSAŞ bünyesinde kullanılan ve sistemde görülenin aksine envantere bulunmayan ham malzemeleri belirten rapordur.

durum maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. TUSAŞ'ın fazla envanter tutma politikasına rağmen Eylül - Aralık 2010 tarihleri arasındaki 4 aylık envanter seviyesi raporları incelendiğinde, 2134 ham malzmeden, 193 ham malzemenin, farklı zamanlarda, üretimi durdurduğu gözlenmiştir. Bu sayı bütün ham malzemelerin %9'una denk gelmektedir. Söz konusu ham malzemelerin dahil olduğu üretim süreçleri ortalama 1,15 ay kesintiye uğramıştır. Bu sayı bütün ham malzemelerin %9'una denk gelmektedir. Söz konusu ham malzemelerin dahil olduğu üretim süreçleri ortalama 1,15 ay kesintiye uğramıştır.

- Değişken son ürün taleplerine ek olarak devamlı envanter takibi olmadığı için, depoda fiziksel olarak bulunmayan bir ham malzeme sistemde mevcut olarak gözükmemektedir.
- Yukarıdaki sorunlara ek olarak, ham malzeme alım kararlarının verilmesi sırasında yapılması zorunlu olan ürün ağacı dökümü işleminin TUSAŞ'ın geliştirdiği yazılım tarafından son seviyeye kadar yapılmaması da fazladan iş gücü gerektirmektedir.
- Mevcut satın alma sistemine ait bütün veriler tek bir çatı altında bulunmamaktadır. Malzeme fiyatları, malzeme ihtiyaçları, ürün ağacı gibi bilgiler farklı yazılımlardan alınmaktadır. Bu durum, verilen siparişlerin maliyetlerinin hesaplanması ve değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır.

Ham malzeme çeşidinin fazlalığı (Ek 1), talep ve tedarik süreçlerindeki belirsizliklerle de birleşince gereken ham malzemeleri doğru zamanda ve en uygun maliyetle sipariş edecek bir karar destek sistemine ihtiyaç duyulmuştur.

Belirsizliklerin yanında iki farklı nakliye seçeneğinin varlığı ve toplu alım indirimi gibi karakteristikler de tasarlanacak karar destek sistemini zorlayan diğer faktörlerdendir.

2.4 Problem Tanımı

Mevcut problem; Boeing-Wichita Projesi için sipariş edilen son ürünlerin ham malzeme yetersizliği sebebi ile zamanında üretilmemesidir. Bu nedenle TUSAŞ, son ürün siparişlerini yetiştirebilmek amacıyla ham malzeme nakliyesinde hızlı ancak pahalı olan hava yolu seçeneğini kullanmaktadır.

Tedarik süresini kısaltma amacı ile hava yolu nakliyesi seçeneğini çok fazla kullanılması toplam maliyette artışa neden olur. Örneğin Temmuz 2010 döneminde sadece 8832 Numaralı ham malzeme için 5000\$ hava yolu nakliye ücreti ödenmiştir. Projeye dahil olan ham malzemelerin çeşitliliğindeki fazlalık göz önüne alındığında uygulanacak başarılı bir karar destek sisteminin önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Bu duruma ek olarak; üretimi aksatmamak amacıyla ham malzeme kalemlerinin bir kısmı için tutulan altı aylık stoklar maliyetlerde artışa neden olduğu gibi, sistemin mühendislik değişimlerine uyum göstermesini zorlaştırmaktadır.

2.5 Proje Kapsamı

Projemizin kapsamı, TUSAŞ tarafından üretilmesi gereken parçaların ham malzemeleri için malzeme alım politikası geliştirilmesidir. Bu politika kapsamında, sipariş kararlarını bilimsel yöntemlerle hesaplayan bir karar destek sistemi tasarlanmıştır. Geliştirilen sistemin, yaklaşık 2000 ham malzeme için etkili kullanılabilmesi amacı ile bir yazılım çerçevesinde olması kararlaştırılmıştır. Ham malzeme ihtiyaçlarının, MPS (Son Ürün İhtiyaçları) ve BOM (Ürün Ağacı) kullanılarak hesaplanması kapsam dahiline alınmıştır. Böylelikle, programın olası BOM değişikliklerine karşın güncel kalması ve hesaplanan ihtiyaçların tutarlılığı öngörülmüştür.

Proje süresince, problemin karakteristiklerinin anlaşılması ve maliyetin %80'lik bölümünü oluşturan malzemeleri belirlemek amacı ile ABC analizi yapılmıştır. TUSAŞ ile yapılan görüşmeler sonucunda Boeing-Wichita projesinin bazı bölümleri kapsam dışı bırakılmıştır. Kapsam dışı bırakılan bölümler;

- Sabit MPS değerinin hesaplanması,
- Üretim planlama süreçleri,
- TUSAŞ'ın tutmakla yükümlü olduğu, son ürün emniyet stoklarının miktarının hesaplanmasıdır.

2.6 Projenin Geliştirilmesi Sürecinde Yapılan Varsayımlar

- Ham malzemelerin, TMX'in envanterinde bulunmaması durumu modellemenin daha etkin yapılması açısından ihmal edilmiştir.
- Yapılan analiz sonucunda sabit sipariş maliyetinin toplam satın alma maliyetinin yanında ihmal edilebilir olduğu saptanmış olup, matematiksel modelin geliştirilmesi aşamasında bu maliyet ihmal edilmiştir.
- Eşdeğer malzemelerin birbiri yerine kullanılması, geliştirilen sistemin daha uygulanabilir olması açısından ihmal edilmiştir.
- Depo ve sipariş kapasitesi kısıtları ihmal edilmiştir. Bu sayede envanter taşıma maliyeti, fırsat maliyeti olarak hesaplanmıştır.

2.7 Performans Ölçütleri ve Hedefler

Tasarlanan sistemin başarısını rakamsal olarak ifade edebilmek için iki adet performans ölçütü tanımlanmıştır.

- Negatif Envantere Düşme Oranı
 - Negatif envanter seviyesine düşmeyerek üretimin durmasının önüne geçilecektir.

- Toplam Maliyet
 - Karar destek sisteminin mümkün olduğunca denizyolu taşımacılığını tercih etmesini sağlayarak, nakliye maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır.
 - Ortalama envanter seviyesinin düşürülmesi ve buna bağlı olarak envanter tutma maliyetinin azaltılması amaçlanmıştır.

2.8 Literatür Araştırması

Karar destek sisteminin geliştirilmesi için literatür taraması yapılmış ve problemize uygun olan önceden yapılmış çalışmalar incelenmiştir.

- **Kaynak 1:** *James H. Bookbinder & Jin-Yantan* (“*Strategies for the Probabilistic Lot-Sizing Problem with Service-Level Constraints*”): Sistemdeki belirsizliklere “şans kısıtlı modelleme” ve durgun(static) ve hareketli (dynamic) strateji yaklaşımını kullanarak çözüm üretmeyi amaçlar. Bu yaklaşım aynı zamanda negatif envantere düşme olasılığını istenilen seviyenin altında tutmayı mümkün kılmaktadır. İncelenen bu çalışma sistem geliştirmesindeki ilk aşama olan optimizasyon modelinin geliştirilmesi sürecinde kullanılmıştır.
- **Kaynak 2:** *Robert L. Bregman and Edward A. Silver*, (*A Modification of the Silver-Meal Heuristic to Handle MRP Purchase Discount Situations*): İncelenen bu çalışma Silver & Meal Sezgisel Algoritmasının, toplu alım indirimlerini de göz önüne aldığı geliştirilmiş versiyonudur. Bu yaklaşım, dönem başı masrafları en aza indirerek ve emniyet stokunu göz önünde bulundurularak, taleplerin zamanında karşılanmasını sağlar. İncelenen bu çalışma diğer algoritmalarından farklı olarak “en iyi” sonuçtan en az ortalama farklılığa ve en az maksimum farklılığa sahiptir. (Ek 2)
- **Kaynak 3:** *S. K. Goyal and Omprakash K. Gupta*, (“*A Simple Approach to the Discount Purchase Problem*”): Sezgisel algoritmanın geliştirilmesi sırasında incelenen bu çalışma, tedarikçinin çoklu alımlarda indirim sunduğu durumlarda, sabit değerli MPS için uygun satın alma miktarını hesaplayan geliştirilmiş bir “Ekonomik Sipariş Miktarı” modelidir. Bu kaynaktan, sezgisel algoritmanın toplu alım indirimi ile ilgili bölümlerinin geliştirilmesi sırasında faydalanılmıştır.

3. Önerilen Yöntem

Satın alma kararlarının bilimsel yaklaşım ile verilmesini sağlayacak Java tabanlı bir karar destek sistemi yazılımı geliştirilmiştir. (Ek 3) Diğer bir ifadeyle, tasarladığımız karar destek sistemi, ham

malzeme envanter miktarını negatife düşürmeden; satın alma, nakliye ve envanter tutma maliyetlerini azaltmayı amaçlamaktadır.

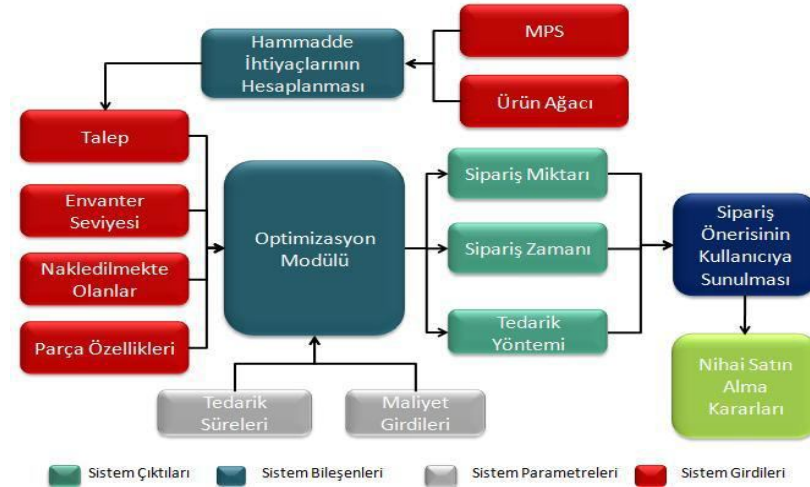
3.1 Karar Destek Sistemi

Geliştirilen karar destek sistemi, sezgisel çözüm yolu ile önerilen sipariş tavsiyelerinin kullanıcı dostu bir arayüz aracılığı ile kullanıcıya aktarılmasını sağlar. Bunun yanında kullanıcı, sipariş maliyeti, dönem uzunluğu gibi sistemin çalışmasını etkileyecek parametreleri değiştirebilecektir. Bu özellik sayesinde, programın olası mühendislik değişikliklerinden sonra geçerliliğini yitirmesinin önüne geçilmiştir.

3.1.1 Karar Destek Sistemi'nin İşleyişi

- **Ham Malzeme İhtiyaçlarının Hesaplanması**

Geliştirilen Karar Destek Sistemi; MPS(Ana Üretim Çizelgesi), BOM(Ürün ağacı)girdilerini alır. Ürün ağacı dökümü, yazılım tarafından gerçekleştirilirken; son üründen alt malzemelere doğru ilerler. Her ürün için bütün bileşenlerin dökümü yapıldıktan sonra, gereken ham malzeme miktarı ve ürünü üretmek için gereken zaman hesaplanır. Bu işlem yapılırken, mevcut envanter seviyesi ve nakledilmekte olan malzeme miktarı girdileri de net ham malzeme ihtiyacının belirlenmesinde kullanılır.



Şekil.2. Sistem Girdileri, Parametreleri ve Çıktıları

- **Optimizasyon Algoritması**

Tedarik süreleri, maliyet parametreleri ve belirlenen net ham malzeme ihtiyacı modülüne girdi olarak alınır. Optimizasyon modülü, gerekli hesaplamaları yaparak her ham malzeme için ne zaman, ne kadar ve hangi tedarik yöntemiyle sipariş vermesi gerektiğini hesaplar. Bu sayede maliyetler en aza indirilirken aynı zamanda ham malzeme ihtiyaç karşılama oranını planlanan oranın altına düşürmeyen bir

matematiksel model geliştirilmiştir. (Ek 4) Sistemdeki belirsizliklerle başa çıkabilmek için, ham malzeme emniyet stoku tutulması ve sipariş zamanlarının optimizasyonunun gerekliliği öngörülmüştür. Geliştirilen model, XPress programında kodlanıp “en iyi” sonuçlar alınmıştır. Karar destek sisteminde, matematiksel modelin çalışması sonuçların doğruluğu açısından en etkin çözüm olsa da, optimizasyon programının bu tarz büyük ölçekli şirketler için kullanımında yüksek telif ücretlerinin ödenmesi gerekmektedir. Ayrıca, sayısı 2000’i aşan ham malzemenin olduğu sistemde çözüm süresi de önemli bir unsur olmaktadır. Bütün bu sebepler, optimizasyon modülünde daha hızlı ve en iyiye yakın sonuçlar veren sezgisel algoritmaların kullanımını gerektirmiştir.

- **Sezgisel Algoritma**

Optimizasyon modülünde “Silver Meal Sezgisel Algoritması”nın toplu alım indirimlerini ve emniyet stokunu da hesaba katan geliştirilmiş bir versiyonu kullanılmaktadır. Bu algoritma, periyot başı maliyetleri en aza indirerek ve maliyet ödünleşimlerini dikkate alarak malzeme sipariş kararları oluşturmaktadır. Ham malzeme emniyet stoku, TUSAŞ ile yapılan görüşmeler sonucunda, önümüzdeki 12 aylık ihtiyacın aylık ortalaması alınarak, bu ortalamanın iki katı kadar emniyet stoku tutulması kararlaştırılmıştır.

“Geliştirilmiş Silver and Meal” sezgisel algoritması diğer sipariş boyutu algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Genel olarak en iyi çözümden ortalama %0.22 farklı olmakla en iyi çözümden maksimum farklılığı %2.51’dir. Bu sonuç algoritmanın en uç durumlarda bile etkili sonuçlar verdiğini kanıtlamaktadır. (Ek 2)

Kimyasal malzemeler için ise varolan sezgisel algoritma, raf ömürleri göz önüne alınarak düzenlenmiştir. Kimyasal ham malzemelerin raf ömürleri olduğu için, sistem, raf ömrü en az kalan ham malzemeyi öncelikli olarak kullanma kararı alır. Düzenlenen algoritma, siparişin boyutuna karar verirken raf ömrü süresince karşılanması gereken ihtiyaçların aşılmasına dikkat eder. Raf ömrü kısıtının yanında, bu miktar toplu alım durumları da göz önünde bulundurarak belirlemektedir.

- **Karar Alma Süreci**

Sistemin hesaplamayı bitirmesinin ardından, ham malzeme ihtiyacı, envanter seviyesi, gereken emniyet stoku miktarı ve bütün maliyetler kullanıcıya bir MS Excel çıktısı olarak verilir. Geliştirilen sistemin verdiği sonuçlar kullanıcıya bir öneri niteliğindedir. İnsiyatif her zaman son kullanıcıda olduğu için, kullanıcı önerilen kararı uygulamakta ya da kendi kararını almakta serbesttir. Kullanıcının kendi kararlarını sisteme yansıtabilmesi, sisteme önceden kestirilemeyen ve matematiksel olarak modellenmesi mümkün olmayan; tedarikçilerin

karşılaşabileceği doğal afet, ekonomik kriz ya da tedarikçi değişikliği gibi durumlar için esneklik kazandıracaktır. Kullanıcı kendi uyguladığı tercihleri sisteme girerek daha sonraki dönemlerde sistemin bu tercihleri dikkate alarak çalışmasını sağlayabilmektedir. Bu özellik sayesinde sistemin mümkün olduğunca güncel çalışması amaçlanmıştır. Geliştirilen sistem, kullanıcıların girdi ve çıktıları kolaylıkla yönetebilmesini sağlayan kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. Sistem Java programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. (Ek 3)

3.2.1 Sistemin Kullanılması

- **Verilerin Güncellenmesi**

Adım1: Kullanıcı arayüzü yardımı ile BOM, MPS, mevcut envanter seviyesi, nakledilmekte olan malzemeler ve ham malzeme özelliklerini içeren MS Excel dosyaları sisteme alınır.

Adım2: Sistem MPS'deki son ürün ihtiyaçlarını BOM yardımı ile ham malzeme ihtiyaçlarına çevirir. Bu hesaplama yapılırken BOM yapısındaki tüm parçaların üretim süreleri dikkate alınarak, ham malzeme ihtiyaçlarının gerekli olduğu zaman ve miktarı belirlenir.

- **Sistemin Çalıştırılması**

Adım1: Sipariş edilecek ham malzeme kullanıcı tarafından sisteme girilir.

Adım2: Sistem gerekli kararları hesaplayarak kullanıcıya sunar.

Adım3: Programın öngöremediği durumlardan ötürü (tedarikçi değişimi, ekonomik kriz v.b.) malzeme alım miktarı veya yönteminde oluşabilecek potansiyel değişiklikler sisteme girilerek alternatif çözümler hesaplanır ve kullanıcıya sunulur.

3.2.2 Sistemin İşleyişi ve Arayüz

Geliştirilen karar destek sisteminin etkinliği açısından kullanıcı dostu Java tabanlı ve Ms Excel ile birlikte çalışan bir arayüz tasarlanmıştır. Arayüzün işlevleri aşağıdaki gibidir;

- **Verilerin Güncellenmesi**

MPS'den alınan son ürün talepleri formatı önceden belirlenen MS Excel dosyasına girilir.

- **Ürün Ağacı Dökümü**

Ürün ağacı (BOM) dökümü, son ürünü meydana getiren alt ürünlerin ihtiyaçlarının ve üretim sürelerinin hesaplandığı bir süreçtir. Sistem kısaca önünde bulunan 24 aylık dönem için ham malzeme ihtiyaçlarının dökümünü gerçekleştirir. Sistem, bu işlemi yaparken her ay başında güncel olan bilgileri hesaba katarak ilerlemektedir.

- **Ham Malzeme Sipariş Planlaması**

MPS'den gelen son ürün taleplerinin alınmasından sonra, sistem ürün ağacı dökümünü (BOM kırılımını) gerçekleştirir ve ham malzeme ihtiyaçlarının dökümünü yapar. Dökümü alınan ham malzeme ihtiyaçları, mevcut envanter seviyesi, nakledilmekte olan ham malzeme

bilgileri ve toplu alım indirimleri karar destek sisteminin algoritması tarafından girdi olarak alınır. Girdilerin hesaba katılmasından sonra, kullanıcıya her ham malzeme için sipariş zamanı, sipariş miktarı ve tavsiye edilen nakliye yöntemini bir MS Excel çıktısı olarak verir. Sonuçlar kısa sürede alınabilmekte olup maliyet bilgisi de her aşamada ulaşılabilir.

3.2.3 Karar Destek Sisteminin Ek Faydaları

Geliştirilen karar destek sisteminde inisiyatif her zaman kullanıcıda olduğu için, kararı uygulamanın yanında kullanıcı potansiyel kararın etkilerini mevcut durum ile kıyaslama olanağına sahiptir.

Tedarik süreleri, sipariş maliyetleri gibi sistemin çalışmasını doğrudan etkileyebilecek karakteristikler parametrik olarak değiştirilebilmektedir. Bu özellik sayesinde sistemin mühendislik değişikliklerine uyum gösterip, mümkün olan en uzun süre güncel kalması sağlanmıştır.

Bütün bu özelliklere ek olarak, ürün ağacı dökümü eski sistemde 45 dakikada gerçekleştirilen bir işlem iken, sistemimiz bu dökümü, 2 dakika içerisinde gerçekleştirip sonucu, kullanıcıya bir MS Excel çıktısı olarak vermektedir. Bu sayede maliyet etkin bir karar destek yazılımının yanında programın hızlı bir şekilde kullanıcıya sonuç vermesi sağlanıp fazla iş gücü kullanımının da önüne geçilmiştir.

4. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

Tasarlanan sistemin verimliliğini ölçmek açısından, ABC analizi sonucu belirlenen en önemli onbeş ham malzemedeki sekizi için, 2010 yılının Ocak ayından, 2011 yılının Mart ayına kadar TUSAŞ'ın aldığı sipariş kararları ile tasarlanan sistemin aldığı kararlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya XPress programından elde edilen "en iyi" sonuç da eklenmiştir. Bu karşılaştırma, ekteki tabloda özetlenmiştir.(Ek 5)

Bu sonuçlara göre; tasarlanan sistem, negatif envantere düşmeden, satın alma, nakliye ve envanter tutma maliyetlerini azaltarak, ortalama %14 oranında bir iyileştirme sağlamıştır.

Geliştirilen yazılımın kullanıcı dostu arayüzü sayesinde programı kullanan kişinin bilgi teknolojileri uzmanı olması gerekmemektedir. Bu sayede program ilgili herkes tarafından kolayca kullanılabilir. Program başlatıldıktan sonra kullanıcının yapması gereken sadece girdileri oluşturan MS Excel dosyasını önceden belirlenen formata uygun yaratmaktır. Sistem daha sonra gereken bütün hesaplamaları yapıp kullanıcıya sonucu yine bir MS Excel dosyası olarak verir.

5. Uygulama Planı

Şu aşamada karar destek yazılımı, TUSAŞ Malzeme Planlama ve Tedarik Müdürlüğü'nde ilgili personelin bilgisayarına kurulmuş ve çalıştırılmıştır. Teknik satınalmacı Utku Demirdere tarafından karar destek sisteminin önerdiği sonuçların uygulanabilir olduğu belirtilmiş

olup; aynı zamanda da bu sonuçların performans kriterlerimize uygun olduğu gözlenmiştir.

Geliştirdiğimiz karar destek sistemi, ham malzeme alım ve depolama konuları ile ilgili olduğu ve bir sevkiyatlık geçen süre sekiz haftayı bulabildiği için, programın katacağı potansiyel iyileştirmelerin kısa vadede gözlenebilmesi olası değildir. Bu sebeple, programın etkinliğinin test edilebilmesi için geçmiş yıllara ait fiyat ve negatif envantere düşme sayısı gibi verilerden faydalanılmıştır. (Ek 5)

6. Tavsiye ve Öneriler

Proje süresince TUSAŞ bünyesinde karşılaştığımız, proje kapsamı dışında kalan, geliştirilmeye açık alanlar ile karşılaştık.

- Talep belirsizliklerinden kaynaklanan ani MPS değişimlerini tahmin edilebilir kılmak açısından, talep tahmini çalışmaları yapılmalıdır. Bu şekilde, olabilecek talep değişimleri önceden öngörülüp bu yönde daha verimli üretim planlama çalışmaları yapılabilecektir.
- Üretim sürecinde, entegre bir envanter takip sistemi bulunmaması, ham malzeme siparişi verirken, büyük bir belirsizliğe yol açmaktadır. Bu nedenle, düzenli bir envanter takip sistemi kurulumu daha verimli bir üretim planlama çalışması açısından hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Bregman, Robert L., and Edward A. Silver. "A Modification of the Silver-Meal Heuristic to Handle MRP Purchase Discount Situations." *Journal of the Operational Research Society* 44.7 (1993): 717-23. Print.
- Goyal, S. K., and Omprakash K. Gupta. "A Simple Approach to the Discount Purchase Problem." *Journal of the Operational Research Society* 41.12 (1990): 1169-170. Print.
- Moinzadeh, K., and S. Nahmias. "A Continuous Review Model for an Inventory System with Two Supply Modes." *Management Science* 34.6 (1988): 761-73. Print.
- Silver, Edward A., D. F. Pyke, Rein Peterson, and Edward A. Silver. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York: Wiley, 1998. Print.
- Tagaras, George, and Dimitrios Vlachos. "A Periodic Review Inventory System with Emergency Replenishments." *Management Science* 47.3 (2001): 415-29. Print.

EKLER

Ek 1. ABC Analizi ve Sonuçları



A grubu parça sayısı: 739 (% 37)
B grubu parça sayısı: 563 (% 28)
C grubu parça sayısı: 693 (% 35)
Toplam parça sayısı: 1995 (% 100)

Ek 2. Modified Silver Meal Algoritmasının Diğer Algoritmalar ile Karşılaştırılması

TABLE 4. Aggregate statistics for experimental runs

Procedure	Number best ¹	Percent best ¹	Average % difference ²	Maximum % difference ³
LUC	147	14.4	0.86	6.75
Modified Silver-Meal	317	31.0	0.22	2.51
MOM	148	14.5	1.61 (1)	11.06 (2)
DOQ	229	22.4	0.76	7.19
CCL	339	33.1	0.59	8.08

Modified Silver and Meal Algoritması, “en iyi” sonuçtan ortalama olarak (1) ve maksimum sapma değeri bakımından (2) en küçüktür. Bu yüzden, envanter planlama projeleri için uygun bir yaklaşım olduğu görülmektedir.

Ek 3. Geliştirilen Yazılımın Ekran Görüntüleri



Ek 4.

Karar Değişkenleri

I_{it}^+ = ham malzeme i için t dönemi sonundaki pozitif envanter seviyesi

I_{it}^- = ham malzeme i için t dönemi sonundaki ardsımlama seviyesi

R_{it} = ham malzeme i için t dönemi sonundaki denizyolu sipariş miktarı (regular shipment)

E_{it} = ham malzeme i için t dönemi sonundaki havayolu sipariş miktarı (expedite shipment)

X_{ijt} = ham malzeme i için t dönemi sonundaki toplam sipariş miktarı

Y_{ijt} = İkili değerli (binary) değişken ham malzeme i için t dönemi sonunda j indirim aralığındaki toplam sipariş miktarı

(sipariş verilirse $Y_{ijt}=1$, aksi durumda $Y_{ijt}=0$)

Her $i=1,2,...,n$, $j=1,2,...,m$ ve $t=1,2,...,18$

Parametreler

P_i = ham malzeme i için ceza miktarı

$Tr_{i,j}$ = ham malzeme i için j aralığındaki eşik değeri

K_i = ham malzeme i için sabit sipariş miktarı

D_{it} = ham malzeme i için t dönemindeki talep

$UC_{i,j}$ = ham malzeme i için j indirim aralığındaki birim fiyatı

H_i = ham malzeme i için 1 periyotluk envanter tutma maliyeti

EC_i = ham malzeme i için havayolu sevkiyatı birim ücreti

RC_i = ham malzeme i için denizyolu sevkiyatı birim ücreti

CP = depo kapasitesi

RCP_i = ham malzeme i için havayolu sevkiyatı kapasite kısıtı

ECP_i = ham malzeme i için denizyolu sevkiyatı kapasite kısıtı

IE_i = ham malzeme i için envanter hata miktarı

DE_i = ham malzeme i için talep hata miktarı

Doğrusal Model:

$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{18} (H_i * I_{it}^+ + P_i * I_{it}^- + EC_i * E_{it} + RC_i * R_{it}) +$

$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{18} (K_i * Y_{i,t,1} + UC_{i,1} * X_{i,t,1}) +$

$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{18} (K_i * Y_{i,t,2} + UC_{i,2} * X_{i,t,2}) +$

$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{18} (K_i * Y_{i,t,3} + UC_{i,3} * X_{i,t,3}) +$

$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{18} (K_i * Y_{i,t,4} + UC_{i,4} * X_{i,t,4})$

(1) $\sum_{j=1}^4 Y_{i,t,j} = 1$ // her $i=1..n$ ve $t=1..18$

*Sipariş miktarı bir indirim aralığında bulunmak zorunda

(2) $\sum_{j=1}^4 Y_{i,t,j} = 1$ // her $i=1..n$ ve $t=1..18$

(3) $X_{i,t,1} \leq Tr_{1,2} * Y_{i,t,1}$

$X_{i,t,2} \leq Tr_{2,3} * Y_{i,t,2}$

$X_{i,t,3} \leq Tr_{3,4} * Y_{i,t,3}$

$X_{i,t,4} \leq Tr_{4,5} * Y_{i,t,4}$

$X_{i,t,4} \leq (BigM) * Y_{i,t,4}$

her $i=1..n$ ve $t=1..18$

(4) $P(IE_i + I_{i,t,1}^- - I_{i,t,1}^+ + E_{i,t,2} + R_{i,t,2} \geq I_{i,t}^- - I_{i,t}^+ + D_{it} + DE_i) \geq \alpha$

$E_{i,t,2} + R_{i,t,2} + I_{i,t,1}^- - I_{i,t,1}^+ \geq I_{i,t}^- - I_{i,t}^+ - D_{it} - \text{Mean}(IE_i - DE_i) +$

$Z \alpha * (IE_i - DE_i)$

*Şart Kısıtı: Negatif envantere düşme olasılığı (1- α)

// her $i=1..n$ ve $t=1..18$

(5) $\sum_{i=1}^n I_{i,t,1} \leq CP$

her $i=1..n$ ve $t=1..18$

(6) $E_{i,t} \leq ECP_i$ her $t=1..18$

$R_{i,t} \leq RCP_i$ her $t=1..18$

*Sevkiyat kapasitesi kısıtı

Ek 5. Sonuçlar ve Karşılaştırma

TUSAS'ın Kararları

Parça Adı	Satın Alma Maliyeti	Nakliye Maliyeti	Envanter Tutma Maliyeti	Toplam Maliyet
Part No - 31	613.987	19.295	327.164	960.747
Part No - 73	2.027.236	104.145	1.008.080	3.139.760
Part No - 883	426.752	107.082	185.645	719.779
Part No - 8751	1.629.993	55.332	771.844	2.457.469
Part No - 8758	2.743.555	754	455.187	3.199.496
Part No - 8809	2.102.455	20.424	1.372.271	3.495.150
Part No - 8825	4.129.983	85.860	2.089.549	6.305.692
Part No - 8832	1.528.609	15.650	790.988	2.335.547
Part No - 8833	4.005.029	158.700	2.114.903	6.278.932
Part No - 8837	2.282.992	145.280	879.646	3.308.218

Xpress Tarafından Belirlenen "En İyi" Yöntem

Parça Adı	Satın Alma Maliyeti	Nakliye Maliyeti	Envanter Tutma Maliyeti	Toplam Maliyet
Part No - 31	602.000	29.556	5.255	636.811
Part No - 73	2.132.546	187.306	25.512	2.345.364
Part No - 883	355.121	228.191	12.565	595.877
Part No - 8751	1.887.488	122.560	26.095	2.036.143
Part No - 8758	2.556.225	899	35.455	2.592.579
Part No - 8809	1.955.005	16.559	43.120	2.014.684
Part No - 8825	4.755.356	234.352	52.898	5.042.606
Part No - 8832	1.437.577	21.663	22.598	1.481.838
Part No - 8833	4.525.645	375.497	43.187	4.944.329
Part No - 8837	2.058.987	178.455	34.655	2.272.097

*Bütün Maliyetler \$ Cinsinden verilmiştir

Karar Destek Sistemi Sonuçları (Sezgisel Algoritma)

Parça Adı	Satın Alma Maliyeti	Nakliye Maliyeti	Envanter Tutma Maliyeti	Toplam Maliyet
Part No - 31	703.080	34.050	40.780	777.910
Part No - 73	2.393.863	201.930	119.802	2.715.595
Part No - 833	381.249	257.660	37.099	676.008
Part No - 8751	2.006.184	136.116	109.500	2.251.800
Part No - 8758	2.841.525	1.914	273.462	3.116.901
Part No - 8809	2.109.275	20.680	125.297	2.255.252
Part No - 8825	5.074.659	252.810	267.872	5.595.341
Part No - 8832	1.754.437	31.824	94.605	1.880.866
Part No - 8833	4.958.657	398.130	282.527	5.639.314
Part No - 8837	2.387.073	192.950	197.170	2.777.193

KIYASLAMALAR

Parça Adı	Yüze İyileştirme (Java vs Mevcut Sistem)	Sezgisel Algoritma'nın "En İyi" Sonuçtan Uzaklığı
Part Number - 31	0,190306746	0,181382165
Part Number - 73	0,135094783	0,136335163
Part Number - 883	0,060812147	0,1185
Part Number - 8751	0,083691254	0,095770963
Part Number - 8758	0,025814878	0,168219117
Part Number - 8809	0,354748323	0,106669969
Part Number - 8825	0,112652399	0,098784825
Part Number - 8832	0,194678735	0,212151027
Part Number - 8833	0,101867409	0,123239234
Part Number - 8837	0,160517004	0,181872877

Ortalama Maliyet İyileştirmesi %13.99 olarak hesaplanmıştır.

Yalın Üretime Doğru: Hücre Üretimi için Sistem Tasarımı

Ulusoy Elektrik A.Ş.

Proje Ekibi

Sezin Güven

Cem Kazan

Mustafa Alp Özalp

Cansu Taşlı

Hande Yapıcı

Mahmut Yılmaz

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Bülent Sönmez, Kılıgı Sistem Danışmanlık, Endüstriyel Danışman

Ali Sercan Teke, Ulusoy Elektrik, Süreç Geliştirme Mühendisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Mehmet Selim Aktürk, Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ulusoy Elektrik, müşteri talebine en hızlı şekilde cevap verebilmeyi, kaliteden ödün vermeden karlılığı arttırabilmeyi ve üretim sistemindeki israfları asgari seviyeye indirebilmeyi amaçlamaktadır. Projemiz, fabrikanın değer akış haritasını çizerek, sistemdeki israfların boyutunu ve sebeplerini ortaya çıkartmıştır. 58 günlük hammaddenin mamüle dönüş süresinin sadece %1,8'lik bölümünde ürüne katma değer yarattığı tespit edilmiştir. Gelecek değer akış haritasıyla da üç seneye yayılan ve firmanın yalın üretime dönüşümünü gerçekleştirecek bir hareket planı sunulmuştur. Bu plan sayesinde, 58 günlük toplam akış süresinin 17,5 güne düşürülmesi hedeflenmiştir. Proje kapsamında fabrikanın çeşitli yerlerinde yalın üretim prensiplerine dayalı çözümler sunulmuştur. Uygulama olarak ise bakırhane bölümü akışı ve sac hammadde tedarigi için modeller oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Değer Akış Haritası, Kanban, Tek Parça Akış, Yalın Üretim

1. Şirket Tanıtımı

1985 yılında bir mühendislik şirketi olarak kurulan Ulusoy Elektrik A.Ş. bugün Sincan Organize Sanayi Bölgesinde 24.000 m² kapalı alan altında üretimini sürdürmektedir. Kurulduğu günden bugüne orta gerilim sekonder dağıtım tesisleri ve endüstriyel tesisler için ideal çözümler sunmaktadır. Hücre üretim alanı içerisinde reçine enjeksiyon, sac işleme, talaşlı imalat, şalter (ayırıcı) montaj, kesici montaj, bakırhane, elektrikhane, boyahane ve hücre montaj üniteleri bulunmaktadır.

Geleneksel metotlarla seri üretim yapan Ulusoy Elektrik A.Ş., yıllık 11.500 modüler hücre, 4500 gaz yalıtımlı RMU, 2900 beton köşk ve 1200 metal clad hücre üretme kapasitesine sahiptir. 172 mavi yakalı, 70 beyaz yakalı çalışanı, biri yurt dışında olmak üzere altı satış birimi ile günümüz rekabetçi ortamında müşteri isteklerine en kısa sürede cevap verebilmeyi ilke edinmiştir.

2. Mevcut Sistem

Mevcut sistemde hücre montaj hattını besleyen sekiz adet üretim birimi vardır. Bunların sırası şöyledir;

1. Sac İşleme Bölümü: Yan sanayiden tedarik edilen çeşitli sac plakaları işleyerek ürettiği yarı mamulleri ayırıcı, kesici montaj, elektrikhane, boyahane ve hücre montaj hattına göndermektedir.
2. Talaşlı İmalat Bölümü: Yan sanayiden tedarik edilen bakır, pirinç, alimünyum, transmisyon, çelik gibi parçaları işleyerek ürettiği yarı mamulleri şalter montaj bölümüne ve kesici bölümüne göndermektedir.
3. Reçine Bölümü: Reçine tesisinde herter, reçine ve kuvars kumlarından çeşitli oranda karıştırılarak, kalıplarda, şalter montaj ve kesici bölümünde kullanılacak yarı mamullerin üretimi gerçekleştirilir. Kalıptan çıkan şalter gövde ve kesici tüpleri yaklaşık 10 saat fırında kaldıktan sonra kullanılabilir hale getirilir.
4. Bakırhane Bölümü: Yan sanayiden tedarik edilmiş bakır lama ve alimünyum baraları, üretilecek hücre tiplerine göre işleyerek hücre montaj hattındaki montaj istasyonuna gönderir.
5. Boyahane Bölümü: Montaj bölümlerinde kullanılan boyalı sac parçaların boyama işlemlerinin gerçekleştirildiği bölümdür.
6. Ayırıcı (şalter) Montaj Bölümü: Reçine bölümünden gelen ayırıcı gövdeleri hücre tipine göre montajlarını gerçekleştirdikten sonra üretilen ayırıcı hücre montaj hattına göndermektedir.
7. Elektrikhane Bölümü: Hücre montaj hattında üretilen hücre tiplerine göre pano montaj üretimini gerçekleştirerek hücre montaj hattındaki pano montaj istasyonuna gönderir.
8. Kesici Bölümü: Hücre montaj hattında üretilen 04 hücrelerinde kullanılan kesicilerin üretildiği bölümdür.

9. Hücre Montaj Hattı: Hücrelerin montajlarının yapıp ürünün sevk edilebilir hale getirildiği ana üretim bölümüdür.
10. Yönetim Organizasyonu: Satış pazarlama bölümünden gelen bilgiler doğrultusunda, üretim ve malzeme planlama bölümü haftalık üretim programlarını hazırlayarak, bu programları yukarıda geçen bütün bölümlere direkt ya da dolaylı olarak göndermektedir. Planlama bölümünden gelen MRP bilgilerine göre de satınalma birimi, tedarikçi firmalarla iletişime geçerek, malzeme tedarikini sağlamaktadır.

3. Sistemin Analizi

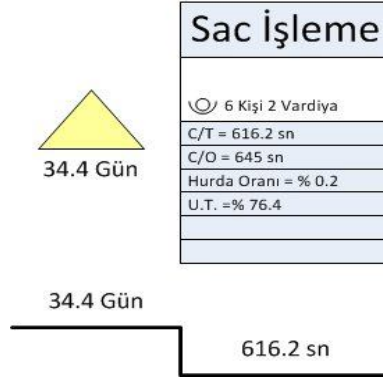
Projemiz, mevcut üretim sisteminin bütün problemlerini görünür kılmak ve bu problemlerin sebeplerini anlayabilmek amacıyla değer akış haritalama tekniğini kullanmıştır.

3.1 Değer Akış Haritası

Yalın üretim sisteminin bir aracı olan değer akış haritası, bir fabrikanın üretim sisteminde hammaddeden mamule malzeme ve bilgi akışının gösterilmesine yarar. Katma değer yaratan ve yaratmayan adımların, hammadde stok seviyelerinin, hatalı ürün sayısının, makinelerin kurulum (setup) sürelerinin, birimlerin durma sürelerinin görülmesinde ve bunların sebeplerinin anlaşılmasında bu tekniğe başvurulur (Rother and Shook, 1999). Kısacası, değer akış haritası sayesinde sistemdeki aksaklıklar sebepleriyle birlikte rahatça gözlemlenir. Bununla birlikte, yapısı dolayısı ile gelecek durum haritasını oluşturmayı ve sorunlara yalın üretim prensipleri doğrultusunda çözümler sunmayı kolaylaştırır (Brunt, 2000).

Haritanın çizim sürecinde ilk adım değer akış haritası çizilecek ürün ailesinin belirlenmesidir. Seçim işlemi üretimdeki ortak işlem sayısının fazlalığına göre yapılır. Proje kapsamında hava yalıtımlı hücreler, beton köşkler, metal clad hücreler, RMU hücreler ve kesicilere ait tüm üretim aşamaları incelenmiş ve ürün ailesinden şirkete katma değeri en yüksek ürün ailesi olan hava yalıtımlı hücre ürün ailesi değer akış haritası çizilmek üzere seçilmiştir. İkinci aşama olarak; hava yalıtımlı hücrelerin, alt modellerinde bir ürün ailesi ayrımı olup olmayacağı tespit edilmiştir. Bununla birlikte hava yalıtımlı hücre montaj bandında ortak operasyonlar için modeller bazında alt ürün ailesi olup olmadığı araştırılmıştır. Tüm modellerde ortak operasyon oranı %80'in üzerinde olduğu için bir alt ürün ailesi olmadığına karar verilerek, hava yalıtımlı hücre değer akış haritasına karar verilmiştir.

Sonraki adımda, üretim alanı içerisinde yarı mamul miktar analizleri, hammadde stok analizleri, makinelerin kurulum süresi analizleri gibi çalışmalar yapılarak, değer akış haritasının içeriğini oluşturacak bilgiler toplanmıştır. Nihayetinde, toplanan veriler ışığında mevcut durum değer akış haritası oluşturulmuştur (Ek 1).



Şekil 1. Değer Akış Haritası Örneklendirme

Mevcut durum haritasında (Ek 1); Şekil 1’de de görüldüğü gibi küçük kutuların her biri bir süreci, üçgenler ise stok miktarlarını göstermektedir. Her bir kutunun içinde; işçi sayısı, değişim ve döngü süreleri ve vardiya sayısı yazmaktadır. Departmanlar arası bağlantı ok ile gösterilmiştir. Ayrıca bilgi akışını göstermek için çizgiler kullanılmıştır. Yuvarlaklı çizgi elektronik ve manüel bilgi akışını gösterirken, zikzaklı çizgi yalnızca elektronik bilgi akışı olduğunu göstermektedir. Haritanın en altında, üretim ve bekleme sürelerini gösteren zaman çizelgesi bulunmaktadır. Üst basamakta katma değersiz zaman olarak adlandırdığımız bekleme süresi, alt basamakta ise katma değerli zaman diyebileceğimiz üretim süresi yazmaktadır. Bekleme süreleri her bir sürecin önünde bulunan üçgenlerdeki tedarik süreleri toplanarak elde edilmiştir. Her bir üçgenin süresi; stok miktarı günlük müşteri sayısına bölünerek hesaplanmış ve paralel olan süreçlerin sürelerinden en büyüğü zaman çizelgesine yazılmıştır. Katma değerli zamanlar ise yine aynı şekilde, paralel süreçlerden en büyüğünün süresi alınarak yazılmıştır.

3.2 Değer Akış Haritasının Yorumlanması: Belirtiler ve Şikâyetler

Sistemde tespit edilen problemler şunlardır:

1. Hücresinin hammaddeden mamule dönüşmesinde geçen 58 günün sadece %1,8’inde değer yaratan faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Hammadde, yarı mamul ve mamul stokları, duruşlar, taşımalar, kurulum (set up) süreleri ise geriye kalan %98,2’lik kısmı oluşturan israflardır. Bu israflar ürünlerin maliyetini arttırmakta ve şirketin hammadde, yarı mamul ve mamule bağladığı paranın geri dönüşünü geciktirmektedir.
2. Şirketin yan sanayiden temin ettiği hammadde stok seviyeleri, sac işleme bölümünde 34,4 gün, talaşlı imalat bölümünde 24,6 gün,

- reçine bölümünde 34,72 gün, bakırhane bölümünde ise 37,23 gündür.
3. Üretilen yarı mamul stok seviyeleri sırası ile; sac işleme bölümünde 4,97 gün, talaşlı imalat bölümünde 18,8 gün, reçine bölümünde 2,73 gün, bakırhane bölümünde 2,76 gün, boyahane bölümünde 12,09 gün, şalter bölümünde 0,6 gün, kesici bölümünde 4,2 gün ve elektrikhane bölümünde 1,18 gündür.
 4. Bitmiş ürün stoklarındaki ürün miktarı 5,26 gündür.
 5. Bakırhane, sac işleme ve talaşlı imalat bölümlerinde kurulum süreleri, reçine ve boyahane bölümlerinde işlem süreleri, bakırhane bölümünde de kullanılan iş gücü miktarının gerekli miktardan fazla olduğu gözlenmektedir.
 6. Hammadde, yarı mamul ve mamul stoklarının istifi için fabrikada önemli bir alan işgal edilmektedir ve stok için yeni alanlara ihtiyaç duyulmaktadır.
 7. Hammadde stok seviyesi bu kadar yüksek olmasına rağmen ihtiyaç duyulan hammaddenin zamanında tedariki sağlanamamakta ve üretimde duruşlar yaşanmaktadır. Ayrıca hücre montaj hattını besleyen sac işleme, talaşlı imalat, boyahane, bakırhane ve reçine bölümlerinde yarı mamul stok miktarları ciddi seviyelerde olmasına rağmen doğru parçaların üretimi doğru zamanda yapılamadığından hücre montaj hattında duruşlar yaşanmaktadır. Örneğin sac işleme bölümündeki X parçası montaj hattında gereğinden fazla olmasına rağmen üretilmekte iken, montaj hattı Y parçası elinde olmadığı için duruş yaşanmaktadır.
 8. Hammadde yarı mamul seviyeleri yüksek olduğu için zaman içerisinde hammaddelerde ve yarı mamullerde elleçlemeye bağlı hurda miktarı artmaktadır. Ayrıca tasarımdaki herhangi bir değişiklik durumunda eldeki stoklar hurdaya atılmaktadır.
 9. Planlama bölümünden tüm bölümlere ayrı ayrı bilgi akışı olması nedeniyle bölümler arası uyum bozulmakta ve bölümler ürettikleri yarı mamulleri birbirlerine kitlesel üreterek göndermektedir.

3.3 Problem Tanımı

Ulusoy Elektrik A.Ş. firmasında uygulanan geleneksel üretim sisteminin sonucu olarak hammadde, yarı mamul ve bitmiş ürün stokları yüksek olmakta ve gereğinden fazla iş gücü kullanılmaktadır. Bunun sonucunda, üretimde sekronizasyon bozukluğuna bağlı duruşlar yaşanmakta ve hurda miktarları artmaktadır. Kısacası, itmeye dayalı üretim sistemi fabrika içerisindeki her türlü israfı arttırmaktadır.

3.4 Projenin Amacı

Proje, hammaddenin mamule dönüş süresini, 58 günden; %70 iyileşme sağlayarak 17,5 güne düşürecek üç yıllık bir aksiyon planı ile

birlikte, örnek iki noktada yalın üretim ilkelerine dayalı iyileştirme çalışmaları yapmayı amaçlamıştır.

4. Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Gelecek durum değer akış haritası (Ek 2); mevcut durumun yalın teknik ve prensiplerle iyileştirilmiş malzeme ve bilgi akış modelidir. Bu doğrultuda, projemizin gelecek durum değer akış haritası; hedeflenen asgari %70 oranındaki iyileşmeyi elde edebilmek için yalın üretim prensiplerini kullanarak işletmeye çözümler önermeyi amaçlamıştır. Rehber olarak seçilen yalın prensipler şunlardır:

- Mümkün olan her noktada kesintisiz akış sistemi kurulmalıdır.
- Sürekli akışın sağlanmadığı yerlerde üretimi kontrol edebilmek için süpermarketler kullanılmalıdır.
- Üretim planı sadece tetik noktası olarak belirlenen tek bir noktaya gönderilerek, sistemin harekete geçmesi sağlanmalıdır.
- Ürün talebi seviyelendirilmelidir. Bu sayede bitmiş ürün stoğu miktarı azaltılacaktır.
- Tüm süreçlerde talep seviyelendirmesine uygun çalışabilmek için iyileştirmeler yapılmalıdır. Kurulum (setup) zamanlarının kısaltılması da küçük partili çalışmaya geçebilme olanağını sağlayacaktır. Küçük partili üretim süreçleri de müşteri isteklerine daha hızlı cevap verebilecektir.
- Sunulan harita ile sağlanan yararlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:
- Hammaddeden ürüne dönüşüm süresinin 17,5 güne indirilmesi (%70 iyileştirme)
- Geleneksel itme sistemi yerine tek bir noktadan tetik alan çekme sistemlerinin oluşturulması
- Maliyetlerin azaltılması ve envanter seviyelerinin düşürülmesi
- Yürüme israflarının ortadan kaldırılması
- Fabrika içi alanın daha verimli kullanılması ve alan tasarrufu
- Kusurlu ürün miktarının sürekli iyileştirmeye açık olacak şekilde düşürülmesi
- Kullanılabilir kapasitenin artırılması.

Harita üzerindeki her sarı daire, sürecin yalınlaştırma çalışması içinde ulaşılmak istenen hedefe varabilmek için yapılması gereken iyileştirme çalışmasını temsil etmektedir. Bunlara, yalın terminolojide “*Kaizen*” denilmektedir. Kaizenleri, gelecek durum değer akış haritasının amacına ulaşması için yapılması gereken ödevler olarak da tanımlayabiliriz.

Gelecek durum değer akış haritası ile fabrikaya, üç seneye yayılan iyileştirme projeleri sunulmuştur. Bu projelerden bakırhane ve sac hammadde tedariki ile ilgili projeleri grubumuz üstlenmiştir.

4.1 İyileştirme Projesi 1: Bakırhane Bölümü Tek Parça Akış

Bakırhane bölümü, hücre montaj hattına gönderilen bakır parçalarının hazırlandığı bölümdür. 2011 Ocak, Şubat ve Mart aylarındaki üretim bilgileri kullanılarak ABC analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda üretimin yaklaşık %92'sini oluşturan 01, 02, 04, 08 hücre tipleri için model kurulmuştur. Bakırhane bölümünden bu dört farklı hücre için 31 farklı parça talep edilmektedir. Bu parçaların bakırhanedeki üretimi için dört farklı işlem uygulanmaktadır. Birinci işlem kesme-delme-bükme, ikinci işlem taşlama, üçüncü işlem CNC işlemleri(özel bükme işlemleri), dördüncü işlem ise tezgah işlemleri olarak tanımlanmıştır.

Fabrika için hazırlanan, mevcut durum değer akış haritasından alınan verilere göre bakırhane bölümü ile hücre montaj hattı arasında 2,76 günlük stok vardır. Hurda oranı ise %2,6'dır. Bakırhane bölümünde mevcut durumda dört işçi çalışmaktadır. Çalışan dört işçiden bir tanesi ise özür durumundan dolayı sadece taşlama işlemini yapabilmekte, diğer üç personel ise diğer işlemlerin hepsini yapabilmektedir. Fakat mevcut durumda özürlü personel haricindeki bir personel sadece bölüm içi montaj işlemlerini yapmaktadır.

ABC analizine göre model kurulan hücre tiplerinin ortalama günlük üretim miktarları, standart sapmaları ve talep sıklığı tespit edilmiştir. Fabrikada var olan, bakırhane parça üretimi süreç çalışmasının verileri kullanılarak, üretilen her parçanın işlem süreleri ve sıraları çıkartılmıştır. Bu miktarlar, süreler ve kısıtlar baz alınarak; mevcut durumun benzetim modeli yapılmıştır.

Bu model sonucunda Tablo 1 de özetlendiği gibi işçilerin düşük kapasitede çalıştıkları tespit edilmiştir.

Tablo 1. İşgücü kullanım oranları

İşçi İş Tanımı	Kullanım Miktarı
Taşlama Ustası	39,30%
Tezgâh Ustası	45,50%
Kesme Delme Ustası	25,08%

Yapılan hesaplamalar göstermiştir ki; her 12 dakikada bir montaj hattı bakırhaneden parça gereksinimi duymaktadır. Bakırhane bölümü ile hücre montaj hattı arasında akışı sağlayabilmek amacıyla iki bölüm arasında tek parça akış sisteminin kurulması uygun bulunmuştur. Sistem her 12 dakikada bir bakırhaneden parça talep eden hücre montaj hattının parçalarını bu süre içinde eş zamanlı olarak üretmeyi amaçlamaktadır. Bu sistemde koşul bekleme sürelerinin kısaltılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda her hücre tipi için gerekli olan parçaların üretilme sıraları ve iş gücü kullanımı düzenlenmiştir.

Sistemde hücre montaj hattının başından sinyal alan bakırhane, hattın başında üretimine başlanılan hücre tipine göre gerekli parçaları verilen sıra ile üretecek ve 12 dakika sonunda parçalar hücrelere monte edilecek şekilde sistem kurulmuştur ve çalışan işçi sayısı düzenlenerek üç işçiye indirilmiştir. Bakırhanenin yerleşim planında da iyileştirmeye gidilmiştir.

4.1.1.Kazançlar

Bu çalışmanın sonucunda mevcut durum değer akış haritasında tespit edilmiş olan 2,79 günlük stok seviyesi tek parça akış sayesinde sıfır stok seviyesine indirilmiştir. Bunun sonucunda stoğa bağlı parada 26.496TL'lik bir azalma sağlanmıştır. Ayrıca dört olan personel sayısı üçe düşürülerek bir personel ihtiyaç olunan farklı bir bölüme kaydırılmıştır ve bunun sonucunda yıllık 18.000TL'lik işçilik maliyeti azaltılmıştır. Bunlara ilave olarak hücre montaj hattındaki duruş oranları %1,8 'den sıfıra düşmüş ve yıllık 36.000 TL kazanç sağlanmıştır.

4.1.2.Maliyetler

Bu projenin sonunda, bakırhanenin yerleşim planı iyileştirilmiştir. İyileştirme sırasında yaşanacak durmalar şirkete maliyet olarak yansır. Bu maliyet hesabı şu şekilde yapılmıştır; Bakırhanede ki değişimin yapılabilmesi için bu bölümü de üretimi bir gün boyunca durdurmak gerekmektedir fakat siparişlerin sarkmaması amacıyla değişimin yapılacağı gün montaj hattında kullanacak bakır parçaların üretimi bir gün önce gece mesaisine kalınarak telafi edilecektir. Bu durumun şirkete maliyeti dört işçinin beş saatlik mesai ve yemek ücretlerinin toplamıdır yani bu yaklaşık maliyet 121TL olarak hesaplanmıştır.

4.2 İyileştirme Projesi 2: Sac Hammadde Tedariğinde Kanban Modeli

Mevcut durum değer akış haritasında görüldüğü üzere, fabrikanın hammadde stok alanında 34,4 günlük sac, 24,6 günlük talaşlı imalat, 34,72 günlük reçine ve 37,23 günlük bakırhane hammaddeleri stoklanmış olarak tutulmaktadır. Dolayısıyla projemiz, sac hammaddelerinin stok miktarını düzenleyen bir kanban modelinin kurulmasını öngörmüştür. Sac hammaddeleri için yapılacak projenin gelecekte yapılacak olan diğer hammadde kanban modelleri içinde temel oluşturması planlanmıştır.

Sac hammadde stok alanındaki stok seviyesinin bu seviyede olmasının sebepleri araştırılmak üzere satınalma bölümünden son 15 ayın satın alma raporları alınmış ve bu raporlar analiz edilmiştir. Analizler sonucunda aydan aya satın alımlarda büyük dalgalanmalar yaşandığı gözlemlenmiştir (Ek 3). Bu dalgalanmalara sebep olarak sac fiyatlarındaki iniş ve çıkışlar gösterilmektedir. Projenin amacı; bu dalgalanmaları düz ve istikrarlı bir hale getirerek hem tutulan stok miktarını azaltmak hem de yüksek miktarlı ve dalgalı stok seviyelerinden ötürü meydana gelen hurda miktarını düşürmektir.

Ulusoy Elektrik A.Ş. mevcut satın alımlarının %70'ini Firma 1 tedarikçisinden yapmaktadır ve Firma 1'de Ankara da faaliyet gösterdiği için, diğer tedarikçilerden daha avantajlı hale gelmektedir (Ek 4). Bu nedenle; fabrika yönetimi mevcut proje için Firma 1 ile yaptığı görüşmeler sonucu, alımların %100'ünü Firma 1 ile yaptığı takdirde, sipariş teslim süresinin üç gün olacağı garantisini almıştır.

Gelecek durum değer akış haritasında hedeflendiği üzere sac hammadde stok seviyesinin 24,6 günden 7,0 güne düşürülmesi öngörülmüştür. Kanban modelinde bir günlük talebi karşılamaya yetecek kadar emniyet stoğu ve üç günlük talebi karşılamaya yetecek kadar tampon stoğu tutulacaktır. Başlangıç anında toplam dokuz günlük sac hammadde stokta tutularak üretime başlanılacak ve stok miktarı yedi günlük seviyeye düştüğü zaman işaret alınarak tedarikçiye beş günlük talebi karşılamaya yetecek kadar sac talebinde bulunulacaktır. Bu sacların fabrikaya teslimi üç gün sürmektedir, dolayısıyla talep edilen beş günlük sac fabrikaya ulaştığında fabrikada sadece tampon olarak tutulan üç günlük stok seviyesi ile bir günlük emniyet stok seviyesinin bulunması ön görülmektedir. Tedarikçinin gönderdiği beş günlük sac stok seviyesi, fabrika içindeki sac stok seviyesini tekrar dokuz güne çıkacaktır. Olumsuz durumlar sonucu tedarikçinin sacı teslim süresinin uzaması durumunda ise dört günlük tampon ve emniyet stokları sistemin sağlıklı bir şekilde üretime devam edebilmesi için kullanılacaktır (Ek 5).

Bu modelin uygulanmasında kullanılacak olan raf sistemi ile görsel kontrol sağlanacaktır. Raf sisteminde her sacın belirli stok yerleri olmakla birlikte; raftaki sac miktarı yedi günlük seviyeye düştüğü nokta kırmızı çizgi ile belirlenecektir, sacın bu seviyeye düşmesi tedarikçiye sinyal gönderilmesini işaret edecektir. Bu yöntem ile model gayet basit bir şekilde uygulanabilmektedir

Çalışmanın ilk adımı olarak, ürün yelpazesine ABC analizi yapılarak yoğun kullanımı olan ürünler tespit edilmiş ve gruplandırılmıştır. A grubu ürünler toplam tüketimin %85'ini, B grubu ürünler %9,79'unu oluşturmakta ve geriye kalan %4,60'lık kısım C grubu ürünlerden oluşmaktadır. Bu analizin amacı; A ve B grupları için kanban modeli oluşturularak stok seviyesinin yedi güne düşürülmesi ve C grubundaki saclar için ise aylık alımlar yapılmasını sağlamaktır.

Kanban modelimiz 19 farklı sac modeli için oluşturulmuştur. Bu 19 sacın dokuz tanesi fabrikanın ilerde kullanacağı ve kodları fabrika tarafınca belirlenmemiş olan yeni saclardır. Geriye kalan 10 sac ise A ve B grubunda olmakla beraber fabrikanın mevcut durumda kullandığı ve ileride de üretimde kullanmayı planladığı temel sac hammaddeleridir.

4.2.1. Kazançlar

Yapılan kanban modeli ile firmanın mevcut satın alma politikasının değiştirilmesi öngörülmüştür. Hedeflenen politika ile sacların düzenli zaman aralıklarında ve sabit miktarlarda alınması amaçlanmıştır. Bu değişiklik; firmanın aylık ortalama tutmuş olduğu sac stoğunu 34,4 günden ortalama 7,0 güne çekerek stok alanında %80'lik bir iyileştirme sağlanmaktadır. Aylık stokta tutulan sacların tutarı önceki durumda 1.352.072,99TL iken öngörülen kanban modeli ile 275.131,13TL'ye kadar düşürülmektedir. Böylelikle fabrika aylık 1.076.941,86TL'lik nakit parayı hammaddeye yatırmaktan kurtulmaktadır. Aynı zamanda öngörülen bu iyileşme; stok alanının düzene girmesini sağlayarak; önceki durumda elleçleme, forklift çarpmaları ve stokta uzun bekleme sonucu oluşan yaklaşık %1'lik hurda oranını belirgin bir şekilde azaltacaktır. Tüm bunların yıllık getirisi 60.000TL'dir. Ayrıca sac hammadde için ayrılmış olan stok alanından %60 oranında bir alan boşa çıkartılacaktır. Tüm bu kazançların yanı sıra; mevcut durumda stok alanında yüksek miktarda sac hammaddesi bulunmasına rağmen, elde bulunamayan bazı sac hammaddeleri olduğu gözlemlenmiş ve kontrolsüz olarak yapılan bu stoklama sonucunda hücre montaj bandı üretiminin %0,9 oranında durduğu ortaya çıkarılmıştır. Öngörülen kanban modelinde her çeşit sac hammaddesinin stok seviyeleri belirleneceği ve işaret seviyesine düştüğü anda tedarikçiye sinyal gönderileceği için bu noktadan sonra sacların bulunmaması gibi durumlar ortadan kaldırılmış olacak ve durmalar sıfırlanacaktır.

4.2.2 Maliyetler

Bu projenin şirkete olan maliyeti, sac işleme bölümünde bir personelin bir gün boyunca alan düzenlemeleri için kullanılacağı göz önüne alındığında o işinin bir günlük maliyeti kadar masraf olacaktır ve miktarı da 31,5TL'dir. Ayrıca yeni bir raf sistemi yapılması gerekirse bu da şirkete yaklaşık olarak 10,000TL kadar bir masraf yaratacaktır. Fakat şirket yetkilileri, her iki projenin de getirilerini dikkate aldıklarında bu masrafların hiçbirinden kaçmayacaklarını açıkça belirtmişlerdir.

4.3 Gelecek Projeler

Bu projeden tetik olarak, önerdiğimiz aşağıdaki projelerde, öngördüğümüz kazanımları elde etmeyi bekliyoruz. Yapılan hesaplamalarda, duruş oranından elde edilecek kazançları ilgili bölümün yıllık giderlerine oranlayarak bulunmuştur. Bir önceki yıla ait yıllık işletme gideri, kaynak kullanım oranlarına göre fabrikadaki bölümlere dağıtılmıştır. Daha sonra her bölünün değeri duruş oranları ile çarpılarak, ilgili bölümün iş üretmediği zamanlar için genel gidere eklediği israf hesaplanmıştır. Hurda ve fire oranları ise kullanılan hammaddenin

maliyetine göre hesaplanmıştır.Örneğin sac işleme projesinde, sac plaklarındaki hurda ve fire oranındaki azalma aylık sac maliyeti ile çarpılarak bulunmuştur.

1. **Sac İşleme Kanban Projesi:** Çıkarttığımız mevcut durum haritasından tetik olarak şirket tarafından ODTÜ Endüstri Mühendisliği'nden bir proje grubuna sac işleme kanban projesi atanmıştır. Mevcut projemizle eşzamanlı yürütülen bu proje sayesinde sac plaka yerleşimlerinde değişiklikler yapılmış ve bunun sayesinde hurda ve fire oranları %30 oranında azaltılarak aylık 20.000TL kazanılmıştır. Ayrıca mevcut durum değer akış haritasında 4,97 gün olan yarı mamul stok seviyesi 2,0 güne çekilerek %67'lik bir iyileştirme sağlanmıştır. Son olarak; hücre montaj hattındaki duruş oranı %18,87'den sıfıra indirilerek yıllık 360.000TL kazanç sağlanmıştır.
2. **Hammadde Stok Seviyelerini Azaltma Projesi:** Yapmış olduğumuz sac hammadde tedarigi kanban modeline benzer modeller kurularak; talaşlı imalat hammadde stok seviyesinin 24,6 günden 7,0 güne düşürülmesi ile %71,5'lik iyileşme (aylık 85.357TL stoğa bağlanmayacak), reçine bölümünde hammadde stok seviyesi 34,72'den yedi güne düşürülerek %79,8'lik iyileşme (aylık 140.952TL stoğa bağlanmayacak), bakırhane bölümünde 37,23 gün olan bakır hammadde stok seviyesi 7,0 güne düşürülerek %81,19 iyileştirme (aylık 121.020TL stoğa bağlanmayacak) sağlanması öngörülmektedir.
3. **Talaşlı İmalat Bölümü Kanban Modeli:** Talaşlı imalat bölümüne kanban sistemi kurularak, 18,8 gün olan yarı mamul stok seviyesi 7 güne indirilerek %62,7'lik bir iyileştirme yapılarak 65.000TL'lik bir iyileştirme sağlanabilir. Ayrıca hücre montaj hattındaki duruş oranı %0,48 den sıfıra indirilerek yıllık 9600TL kazanç sağlanabilir.
4. **Kesici Montaj Bölümü Çekme sistemi:** Şirketin daha önce şalter montaj bölümünde uyguladığı kanban sisteminin bir benzeri kurularak 4,2 günlük kesici stok seviyesi 0,5 güne düşürülerek 32.560TL'lik paranın stoka yatırılması önlenecektir. Ayrıca hücre montaj hattındaki %12,9'luk duruş oranında sıfıra indirilerek yıllık 258.000TL'lik bir kazanç sağlanacaktır.
5. **Boyahane Bölümü Kanban Sistemi:** Boyahane bölümü sac hammadde kanbanı ve sac işleme kanbanından tetik olarak kanban sistemine dâhil edilmesi halinde boyalı parçaların stoğu 12,09 günden 2,0 güne düşürülerek %83'lük iyileştirme ile 45.404TL'lik bir paranın stoğa yatırılması önlenecektir.
6. **Hücre Montaj Hattı Süper Market Uygulaması:** Hücre montaj hattının, belirlenecek bir noktadan ikiye bölünmesi ve bu iki

bölüm arasına süper market sistemi kurulmasıyla müşterilere daha kısa sürede cevap verebilen bir üretim hattının hayata geçirilmesi planlanmaktadır. Cevap sürelerinin kısaltılmasıyla, mevcut durumda elde tutulan 5,26 günlük bitmiş ürün stoğu 0,5 gün seviyesine düşürülerek bitmiş ürün stokuna bağlanmış olan 1.071.000TL'lik bir paranın stoka bağlanmasının önüne geçilecektir Süper market sayesinde hücre montaj hattı oluşabilecek duruşlardan etkilenmeyecek, sistemin sağlıklı bir şekilde işlemini sağlayacaktır. Sistemin tetik noktası olarak planlama bölümünden sadece elektrikhane bölümüne bilgi akışı gerçekleşecektir. Bu sayede elektrikhane bölümündeki 1,19 günlük yarı mamul stok seviyesi 0,25 güne düşürülerek 12.690TL'lik bir parayı stoğa yatırmaya gerek kalmayacaktır.

5. Genel Değerlendirme

Yukarda bahsi geçen bütün iyileştirmelerle birlikte Ulusoy Elektrik A.Ş. içerisinde itme sistemine göre üretim yapan hiçbir bölüm kalmayacak; mevcut sistem, tamamen çekme sistemine göre üretim yapan yalın bir sistem haline dönüştürülecektir. Hammaddenin mamüle dönüşünde harcanan zamanın %70 oranında iyileşmesini beklediğimiz bu proje tüm israfları en aza indirgeyecek ve maliyetleri azaltacak; kuruluşun piyasadaki rekabet gücünü daha da artıracaktır.

KAYNAKÇA

Brunt, D., (2000), "From current state to future state: Mapping the steel to component supply chain", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 3, (3), 259-271.

Rother, M., Shook, J., 1999. "Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda", The Lean Enterprise Institute, Inc., Brookline, MA

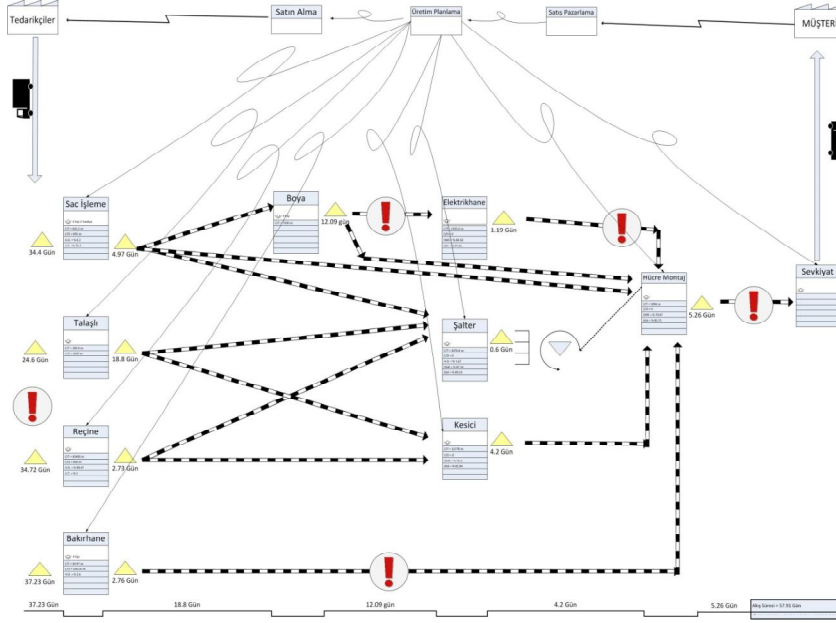
Wilson, Lonnie, 2010. "How to Implement Lean Manufacturing", The McGraw-Hill Companies, Inc., US

Feld, William M, 2000. "Lean Manufacturing: Tools, Techniques and how to Use Them", St.Lucie Press.

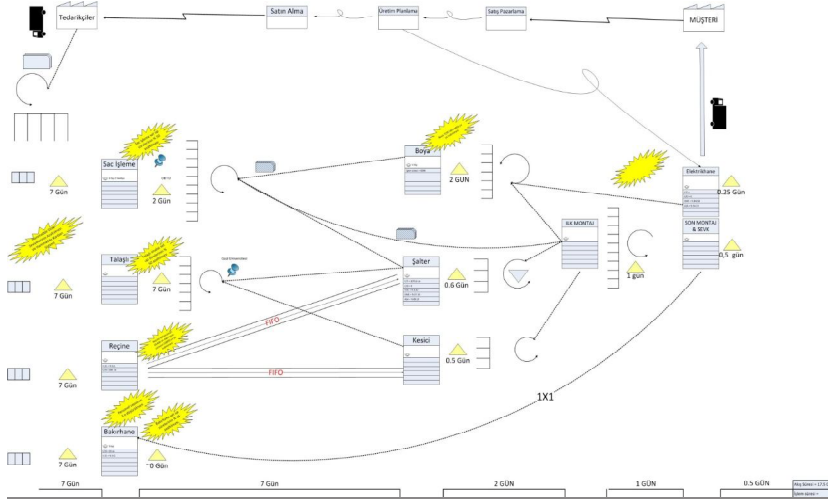
Editorial, 1985, "Kanban Just-in-time at Toyota" Japan Management Association. Translated by David J. Lu, 1986, Productivity, Inc.

EKLER

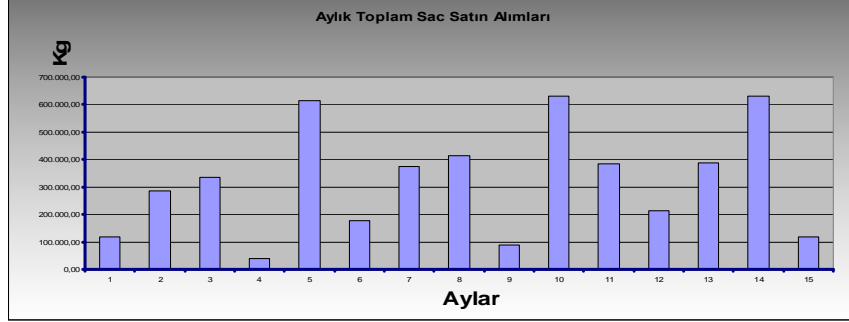
Ek 1. Mevcut Durum Değer Akış Haritası



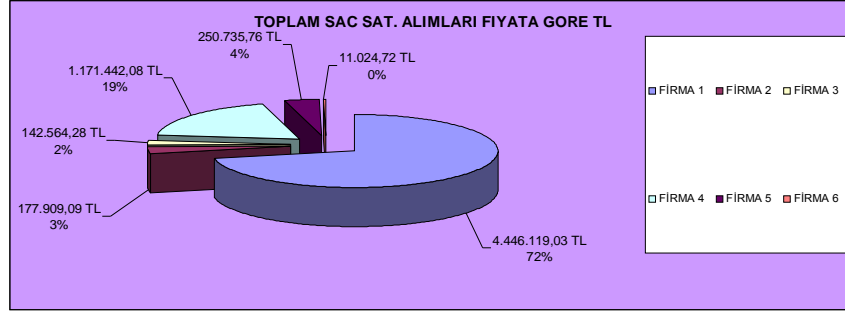
Ek 2. Gelecek Durum Değer Akış Haritası



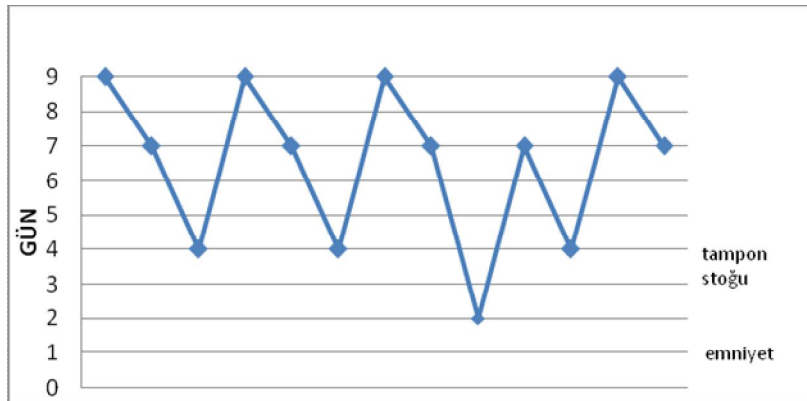
Ek 3. Son 15 Ayın Satın Alma Raporları



Ek 4. Firma Analizi



Ek 5. Sac Kanban Talep Grafiği



Stok Tahsisi ve Yerleşim Tasarımı

Unilever Türkiye

Proje Ekibi

Feyza Aykır
Ömer Faruk Cavga
Zeynep Hız
Nil Tuncel
Memet Yazar

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Can Öneş, Unilever Türkiye
Dağıtım Operasyon Yöneticisi
Burcu Solak, Unilever Türkiye
Talep Planlamacı
Serkan Ülker, Unilever Türkiye
Talep Planlamacı

Akademik Danışman

Prof. Ülkü Gürler, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Unilever Türkiye'nin depolarının kapasitesi talebi karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Proje, 2020 satış hedeflerini karşılayacak şekilde, depolama kapasitesini sabit tutarak, yükleme kapasitesini artırmayı amaçlamaktadır. Depoların iş yükünü dengeleyecek ve talep desenleri benzeyen altmarkaları aynı altdepoya yerleştirecek bir model ile Xpress çözücüsü kullanılarak stok tahsisi yapılmıştır. Anadepoya atanan 389 ürünün toplama sırasında katedilecek mesafeyi en aza indiren bir algoritma ile Java kullanılarak yerleştirilmesinin sonucunda altdepolardaki iş yükü dengelenmiş, kaynak kullanımları %70'e çekilmiştir. Talepler doğrultusunda, kullanımın %90'a çıkarılmasıyla çıkış miktarında da %30'luk bir artış sağlanacaktır.

Anahtar Sözcükler: Stok tahsisi, depo yönetimi sistemi, yerleşim tasarımı

1. Şirket Tanımı

Unilever, temelleri margarin üreticisi *Unie* ve sabun üreticisi *Lever* tarafından 1930'lu yıllarda atılmış bir hızlı tüketim malları üreticisidir. Şirket, bugün gıda, ev temizliği ve kişisel temizlik kategorilerinde onlarca markaya sahiptir. 100'den fazla ülkede, günde 2 milyar insanın "hayatına dokunan" Unilever, Türkiye'de 1953 yılından beri Knorr, Lipton, Axe, Omo, Domestos, Rexona, Sana, Algida gibi pek çok bilindik marka ile faaliyet göstermektedir. 2010 yılı itibariyle 1562 SSB'si (Stok Saklama Birimi), 4530 personeli ve 2,9 milyar TL cirosu bulunan şirket, Türkiye'de bir kuru gıda fabrikası, bir ev temizliği ve kişisel temizlik fabrikası, bir dondurma fabrikası, bir margarin fabrikası, üç çay fabrikası, dört depo, üç dağıtım merkezi ve üç çapraz sevkiyat merkezine sahiptir.

Unilever'in depolarından üçü olan A1 (anadepo), A2 ve A3 Gebze'de tek bir lokasyonda toplanmaktadır. Diğer depo ise Şekerpınar'da bulunmaktadır. Bu depoların yetmediği durumlarda, yan depolar kiralanabilmektedir.

2. Proje Tanımı

Sürekli büyümekte olan şirket, 2020 yılına kadar satışlarını ikiye katlamayı hedeflemektedir. Bu süreçte, üretim ve satış hedeflere uygun olarak büyürken deponun da günlük çıkış miktarında artış sağlanarak, servis seviyesini (CCFOT – Customer Case Filled on Time) koruyacak şekilde hizmet vermesi beklenmektedir.

Bu amaca yönelik olarak yapılan projede, deponun bugünkü kapasitesi "stoklama" ve "yükleme" olarak iki açıdan incelenmiş, sistemdeki bazı belirtiler de dikkate alınarak; deponun mevcut sistemle 2020 satış hedeflerine cevap vermesinin mümkün olmadığı görülmüştür.

Bunun ardından, deponun stoklama ve yükleme kapasitelerini artırmaya yönelik çözüm yöntemi, "stok tahsisi" ve "yerleşim tasarımı" adı altında iki faza ayrılmıştır. İlk fazda 52 "altmarka", depolardaki çıkış rampalarının yoğunluğu dengelenecek şekilde depolara tahsis edilmiş, daha sonra ise Gebze'deki anadepo mercek altına alınarak, depoda bulunan 389 SSB, depo içindeki trafiği azaltacak şekilde depo içindeki raflara yerleştirilmiştir.

3. Mevcut Sistem

3.1 Mevcut Sistemin Analizi

Mevcut sistemde, ürünlerin altdepolarına atanması kategori (gıda, ev temizliği ve kişisel temizlik) bazında yapılmıştır. Mal kabulden depoya giren ürünler, depoda çıkış rampasına en yakın boş yere rastgele bir şekilde yerleştirilmektedir.

Buna ek olarak, müşterilerden gelen siparişler iki şekildedir; tam paletli ve koli bazlı siparişler. Bu sipariş çeşitleri, depoda iki çeşit gözden toplanmaktadır. İlk çeşidi, tam paletlerin bulunduğu gözlerdir.

İkinci çeşit ise, “toplama gözü” adı verilen, koli bazlı siparişlerde kolilerin toplandığı, yarım paletli gözlerdir. Toplama gözleri depoda bir alanda toplanmış durumdadır. Bu toplama gözlerindeki paletler boşaldığında, tam paletlerle beslenmektedir.

3.2 Belirtiler ve Şikâyetler

Mevcut sistemin incelenmesi sırasında, üretim kapasitesinin 2020 yılı satış hedeflerini karşılayabileceği ve müşteriden gelen talep üzerinde değişiklikler yapılamayacağı varsayılmıştır. Şirketten gelen veriler incelendiğinde, depo kapasitesinin ihtiyaca cevap veremediği ve bunun üzerine ek depoların kiralandığı görülmektedir.

Buna ek olarak, aşağıdaki belirtiler de gözlemlenmiştir:

- *Üretimde duruşlar:* Depo stoklama kapasitesinin tamamını kullanır duruma geldiği için, 2009 yılında üretim 11 defa durma noktasına gelmiştir.
- *Aşırı yükleme:* Depolama alanındaki rafların tamamı dolduğunda, üretimden gelen paletler koridorlara istiflenmektedir. Bu yüzden, ambar yönetim sistemi yazılımı Cubic üzerinde adreslenemeyen paletlere erişim zorlaşmış, bu da sipariş hazırlanma sürelerini artırmıştır.
- *Koli bazında siparişler:* Yükleme operasyonu, siparişteki tam palet/yarı palet sayısına, çeşit sayısına ve uğranması gereken altdepo sayısına göre 2-8 saat arası bir süre almaktadır. Unilever’e gelen siparişlerin %36’lık kısmı, koli bazında siparişlerden oluşmaktadır. Bu tip siparişlerde; birden fazla toplama gözünden koli bazında toplama yapılarak karma paletler oluşturulduğu için, paletleme işlemi tam paletlere göre daha uzun sürmektedir.
- *Dar koridorlar:* Stoklama kapasitesini artıran dar koridorlar manevra alanını daralttığı için elleçleme işlemi bu gözlerde diğer gözlerdekinden farklı ekipmanlarla ve daha uzun süren bir iş akışı ile yapılmaktadır. Bu da, toplama süresini artırmakta ve yükleme kapasitesini düşürmektedir.

Bu belirtilere ek olarak, mevcut aylık çıkış kapasitesi baz alınarak yapılan çalışmalarda, aylık güncel satış verilerinin ikiye katlanmasıyla elde edilen 2020 yılı satış hedeflerinin mevcut kapasiteyle yakalanmasının mümkün olmadığı yine görülmektedir (Ek 1).

3.3 Problem Tanımı

Bütün belirtiler bir araya geldiğinde, mevcut kapasitenin bugünkü talebi bile karşılayamadığı görülmektedir. 2020 satış hedeflerinin bugünün iki katı olduğu düşünüldüğünde, kapasitenin bu hedefler için yeterli olmayacağı görülebilmektedir.

Bu yüzden, sistemdeki problem özetle “yetersiz depo kapasitesi” olarak tanımlanabilmektedir. Buradaki “depo kapasitesi”, daha önce de

bahsedildiği gibi stoklama ve yükleme kapasitesi olarak ele alınmaktadır.

4. Çözüm Yöntemi

4.1 Çözüm Yaklaşımı

Probleme çözüm yaklaşımındaki birincil amaç, stratejik aksiyonlara gitmeden, daha kısa vadede, eldeki mevcut imkânlarla alınabilecek taktiksel aksiyonlarla depo kapasitesini artırmaktır. Bunun için proje, “stok tahsisi” ve “yerleşim tasarımı” adları altında iki faza ayrılmıştır (Ek 2).

4.2 Faz 1: Stok Tahsisi

Bu fazda amaç, siparişin müşteriye sevkiyatındaki iş akışını hızlandırarak, kapasiteyi artırmaktır. Bunun için, hangi ürünün hangi depoda stoklanacağına karar verilmiştir.

Bu yaklaşımda ilk başta “ürün bazlı” ve “müşteri bazlı” stok tahsisi yaklaşımları ele alınmıştır.

- *Ürün bazlı stok tahsisi:* Bu yaklaşımda 52 altmarkadan her birinin hangi depoda bulundurulacağına karar verilir.
- *Müşteri bazlı stok tahsisi:* Bu yaklaşımda ise, depoda Unilever’in öncelikli müşterileri için belirli alanlar ayrılır ve hangi müşterinin stoğunun hangi depoda tutulacağına karar verilir.

Bu iki yaklaşım ile ilgili yapılan ön çalışmalar sonucu, müşteri bazlı stok tahsisinde oluşacak yüksek değişkenliğin sistemi olumsuz etkileyeceği düşünülmüştür. Bu şekilde iş akış zamanı düşecek olsa da, güvenlik stoğu miktarlarının artması ile daha fazla stoklama kapasitesi ihtiyacı duyulacağından risk havuzlama yoluna gidilmiş ve ürün bazlı stok tahsisi ile yola devam edilmiştir.

Ürün bazlı stok tahsisiyle devam edilmesine karar verildikten sonra yapılan gözlemlerde, daha önce bahsedilen koli bazlı bütün siparişlerin A1’den çıktığı, bu yüzden de bu deponun rampalarının neredeyse %100 kullanım ile çalıştığı, diğer altdepolaradaki çıkış rampalarının ise daha az kullanım yüzdesine sahip olduğu görülmüştür. Bu sebeple “Hat Dengeleme Problemi” (Baybars, 1986) mantığı kullanılarak, bu rampaların kullanımının dengelenmesi hedeflenmiştir. Bu sırada, depolararası maksimum birim trafik farkının minimize edilmesi yolu izlenmiştir. Öte yandan, yerleşim tasarımı aşamasında, sıklıkla aynı siparişte bulunan ürünlerin aynı depoda bulunmasının toplama süresini azaltacağı ve çıkış hızını artıracığı düşünülerek, bu ürünlerin aynı altdepoya atanması hedeflenmiştir. Böylece, her iki hedefi birden gözetken, çok hedefli bir karar modelinin verdiği sonuca göre atamaları yapacak bir “Stok Tahsis Modülü” oluşturulmuştur. Hazırlanan çok hedefli model şu şekildedir (Ek 3):

Stok Tahsis Modülü: Bu aşamada çok hedefli deterministik bir model yazılmıştır. Altdepolar arası trafiğin dengelenmesi ve bu sırada

korelasyonu yüksek olan altmarkaların aynı depoya atanması hedeflenmiştir. Bunun için altmodel girdi olarak akış miktarlarını, stoklama kapasitesini, ortalama stok seviyesini ve altmarkalar arasındaki korelasyonları alıp; depolarda oluşan trafikler arasındaki farkı minimize eden ve korelasyonu yüksek ürünlerin aynı altdepoda oluşunu maksimize eden bir atama yaparak; hangi altmarkanın hangi altdepoya atanması gerektiği kararını verecektir.

Trafik Değerlerini Belirleme Yöntemi: Her altmarkanın depo içinde oluşturduğu trafik miktarı belirlenirken o altmarkanın SSB'lerinin bulunduğu siparişler dikkate alınmıştır. "Trafik"ın tanımı ise palet bazında toplam çıkış (akış) miktarları yerine, depo içi hareket miktarını daha iyi yansıtan, o altmarkanın bulunduğu gözlere yapılan toplam hareket miktarı olarak belirlenmiştir. Tam palet toplama sayısının yanında, toplama gözlerine yapılan her sefer sayısı da koli miktarından bağımsız şekilde bir hareket olarak tanımlanmıştır. Altmarka i'nin yarattığı toplam hareket miktarı modelde (Ek 3) W_i değeri ile gösterilmektedir. 52 altmarkaya ait hesaplanan trafik değerleri ve toplam palet çıkış miktarları arasındaki fark grafiklerde açıkça görülmektedir.

Talep Korelasyon Hesaplama Yöntemi: Talep korelasyonu hesaplanacak altmarka ikilisinin, sipariş başına palet bazında çıkış miktarları dikkate alınmıştır. Bu süreçte öncelikle, bir siparişteki belirlenen alt markaya ait SSB'lerin çıkış miktarları toplanmıştır. Sonrasında, her altmarka ikilisi için oluşturulan dosyalara, Java programlama dili kullanılarak; o iki altmarkaya ait sipariş başına çıkış miktarları yazdırılmıştır. Bu işlemler sonucunda Ek 4'te görüldüğü gibi aynı sütundaki miktarların aynı altmarkaya ait olduğu talep miktarları dosyaları oluşturulmuştur. Bunun sonrasında, tüm altmarka ikililerine ait dosyalar alınarak Java programlama dili üzerinde her altmarka ikilisi için talep miktarlarının korelasyonları hesaplanmış; matris, Excel üzerinde oluşturulmuştur.

Girdiler elde edildikten sonra çok hedefli modelin oluşturulması sırasında klasik çok hedefli karar analizi yaklaşımlarından "kısıtlamalı programlama" kullanılmıştır. Bu aşamada korelasyonu yüksek ürünlerin aynı depoda olması öncelik kazanmış, depolar arası trafik dengesi kısıt olarak verilmiştir (Ek 3). Depo trafik değerleri arasındaki fark olarak tanımlanan denge değişkeni için kullanılacak üst limitin belirlenmesi sırasında da parametrik analiz yapılmıştır.

Çok hedefli model, Excel Solver kullanılarak uçdeğerler için doğrulanmış, daha sonra da Xpress optimizasyon aracında kodlanarak çıktuları alınmıştır (Ek 5). Daha sonra ise sistemin rassallığı düşünülerek, "Karşılaştırma Modülü"nde Arena üzerinde hazırlanan bir benzetim modeli oluşturulmuştur (Ek 2). Her iki hedef fonksiyonun

optimize edildiği uç noktadaki atamalar ile çok hedefli modelin sonucu olan atama senaryoları benzetim modülünde karşılaştırılmıştır.

- *Karşılaştırma Modülü:* Hazırlanan benzetim modelinde siparişler düştükten sonra hangi depoda toplama yapılacağına karar verilmekte, daha sonra tam palet/yarım palet ayrımı yapılmakta, gerekli işgücü atandıktan sonra siparişe ait koli veya paletler hazırlanmakta, bunlar tırlara yüklenmekte ve tırlar depodan ayrılmaktadır. Benzetim modeli ile ilgili olarak aşağıdaki noktaları vurgulamak mümkündür:
- Altmarkaların siparişlerde bulunma sıklığı (olasılığı) ve sipariş başına gelen talep miktarı, şirket verilerinden elde edilen istatistiksel dağılımları Arena benzetim yazılımının girdi analizi modülü kullanılarak elde edilmiş, modele aktarılmıştır (Ek 6).
- Toplama süreleri, şirketten alınan verilerin, bir istatistiksel yazılım olan Minitab üzerinde yapılan regresyon analizi ile elde edilmiştir. Bu süreler, tam palet ve birden fazla SSB içeren ve koli koli toplanan karma paletler için iki farklı şekilde hesaplanmıştır: Tam paletlerde sadece sabit işlem süresi varken; karma paletlerde, paletteki altmarka sayısı ile bağlantılı olarak değişen işlem süresi de dikkate alınmıştır (Ek 7).
- Toplama gözleri boşaldıkça, tam paletlerle beslenmektedir. Bu üç farklı senaryodan alınan günlük çıkış kapasitesi değerlerine bakılarak en iyi sonucun çok hedefli karar fonksiyonundan alınan çıktılara ait olduğu görülmüş ve 52 altmarkanın 4 altdepoya nihai tahsisi gerçekleştirilmiştir.

4.3 Faz 2: Yerleşim Tasarımı

Bu fazda ise birinci fazda altdepolara atanan altmarkalara ait SSB'lerin depolar içindeki yerleşiminin iyileştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Unilever şu anda 1562 SSB'ye sahiptir. Bu durum, problemin çözümünü hesapsal olarak güçleştirmektedir. Bunun için yerleşim tasarımı fazı, Unilever'in en büyük hacimli deposu olan anadepoyu kapsayacak şekilde daraltılmış ve girdi olarak Faz 1'de kararı verilen "anadepoya yerleşecek altmarkalar"a ait 389 SSB'nin verileri alınmıştır.

Daha önce bahsedildiği gibi, Unilever'e gelen siparişler palet bazlı ve koli bazlı siparişler olarak ayrılmaktadır. Palet bazlı siparişler daha az çeşitli fakat büyük hacimliyken, koli bazlı karma palet siparişleri ise daha az hacimli ve daha fazla çeşit barındıran siparişler olmaktadır. Bu yüzden, iki sipariş türünün toplanma işlemlerinde farklı karakteristikler görülmektedir. Koli bazlı siparişler için toplama sırasında alınan yol önem kazanırken, palet bazlı siparişler için ise iş akışının hızlandırılması kapasitenin kullanımı bakımından önem taşımaktadır. Bu iki tip sipariş göze alınarak yapılan literatür taramasında

“Sevkiyat/Rezerv Alanları” konsepti bulunmuş ve ikinci fazın çözüm yaklaşımına uyarlanmıştır (Bartholdi ve Hackman, 2002). Bunun için, “Yerleşim Tasarımı” fazı, “Sevkiyat Alanı Tasarımı Modülü” ve “Rezerv Alanı Tasarımı Modülü” olarak iki parçaya ayrılmıştır (Ek 2).

4.3.1 Sevkiyat Alanı Tasarım Modülü

İkinci fazın başlangıcında yapılan gözlemlere göre, koli bazlı siparişlerde çeşit sayısı fazla olduğu için, uğranacak toplama gözü sayısı da fazla olmaktadır. Bu nedenle, yerleşim tasarımı safhası için koli bazlı siparişlere yönelik olarak hazırlanan “Sevkiyat Alanı Tasarımı Modülü”nde aşağıdakiler amaçlanmıştır:

- Aynı sipariş içinde birlikte giden ürünlerin toplama gözlerinin arasındaki mesafenin azaltılmasıyla toplama sırasında katedilen mesafenin azaltılması,
- Akışı fazla olan ürünlerin çıkış rampalarına yakın olmasıyla depodaki toplam akışın hızlanması.

Toplama gözlerinin anadepoda yer alacağı raf alanı, toplama alanlarına en yakın olan 5 koridorun zemin katları olarak belirlenmiştir. Bu alanın fiziksel büyüklüğüne karar verilirken ise her SSB için bir paletlik kapasite ayrılması kararlaştırılmış ve SSB sayısı kadar toplama gözü adresi, rampalar orijin noktası kabul edilecek şekilde koordinat düzlemi üzerinde tanımlanmıştır.

Fabrika ve işyeri düzenlemesi konusunda literatüre önemli katkıları bulunan bölümümüz akademisyenlerinden Prof. Dr. Barbaros Tansel’le yaptığımız görüşmelerde, literatürdeki sezgisel yöntemlerin bu tip problemler için sağlıklı sonuçlar verdiği kanısına varılmıştır. Problemin kendine özgü gereklilikleri gözönünde bulundurularak hedef fonksiyonu tarafımızdan tanımlanmış ve tekrarlamalı çalışan bir algoritma oluşturulmuştur. Java programlama dilinde kodlanan algoritma, ihtiyacı olan girdileri Excel dosyalarından almakta ve açgözlü olarak hedef fonksiyonunu minimize etmeye çalışmaktadır.

Algoritmanın çalışma prensibi ise şöyledir (Ek 8): Önce SSB’ler birim zamandaki akış miktarlarına göre azalan şekilde dizilirler. Başlangıç olarak, en üstteki SSB, çıkışlara en yakın olacak şekilde elle yerleştirilir. Sıradaki SSB’nin boş toplama gözlerinin her birine yerleşmesi durumundaki hedef fonksiyonları teker teker hesaplanır. SSB, fonksiyonun minimize olduğu adrese yerleştirilir. Tüm SSB’ler yerleştirilene kadar işlem yinelenir.

Hedef fonksiyonu, ürünün aday gözden toplama alanlarına getirilmesi için katedilen toplam yol ile “komşu” gözlere yerleşmiş ürünler için gidilen yoldan aynı siparişte toplanmaları miktarınca sağlanan kazancın farkını vermektedir. Her aday toplama gözü için hesaplanan fonksiyonun ilk kısmı (akış miktarı x yol), o SSB’nin o gözde yer alması nedeniyle depo içinde oluşturduğu trafiğe karşılık

gelmektedir. İkinci kısım ise, SSB'nin yerleştirildiği aday gözün komşuluklarında yer alan ürünler dikkate alındığında, yerleşen SSB'nin yarattığı trafikte, komşuluklarındaki ürünlerin birlikte gitme oranlarında (korelasyon) sağlayacağımız azalmayı temsil etmektedir. Algoritmada kullanılan "komşuluk" yaklaşımı ise, bir toplama gözünün aynı koridorda sağında ve solundaki birer gözle, karşı koridorda ve aynı hizada yer alan bir göz olarak tanımlanmıştır. Bu şekilde birlikte giden ürünler birbirlerinin komşusu gözlere adreslenecek ve sipariş toplanması sırasında katedilen mesafe azalacaktır.

Sevkiyat alanı tasarım algoritması, küçük ölçekli bir girdi grubu kullanılarak Java üzerinde doğrulandıktan sonra, ürünler, bu algoritmaya göre, toplama gözü olarak belirlediğimiz adreslere programımız tarafından yerleştirilmiştir. Sonuçlara baktığımızda, algoritmamızın istediğimiz üzere akış miktarı fazla olan düşük numaralı SSBlerimizi, hedef fonksiyonunu minimize edecek şekilde, sevkiyat alanına yakın ve ürünümüzle pozitif korelasyonlu ürünlerin komşuluğuna adreslediğini görebiliriz. Örneğin, ilk ürünlerimiz SSB0 0 no'lu, SSB1 1 no'lu, SSB2 34 no'lu adreslere yerleştirilmiştir. Bu ürünler ilk yerleştirilen, akış miktarı fazla olan ürünler olduğu için, bunların yerleşiminde olmayan komşularından elde edeceği kazançansa, sevkiyat alanına uzaklık daha belirleyici olmuş ve bu alana en yakın adreslere yerleştirilmiştir. SSB6'ya dikkat ettiğimizde ise bu ürünün yerleşiminde yerleşebileceği yerlerdeki komşularıyla olan korelasyonun etkili olduğunu görebiliriz. Çünkü mevcut yerlerden sevkiyat alanına daha yakın olan 200 no'lu adrese yerleşmemiş, 101 no'lu adrese, komşuluğundaki SSB4'le birlikte olmasından kazandığı yol miktarını dikkate alarak yerleşmiştir. Korelasyon matrisimizi kontrol ettiğimizde, bu iki ürün arasındaki korelasyonun 0,6958 olduğunu görebilir ve bu iki ürünün sıklıkla gittiğini çıkarabiliriz. Algoritma bu şekilde çalışarak, 370 ürünün yerleşimini başarıyla tamamlamıştır.

4.3.1 Rezerv Alanı Tasarım Modülü

Mevcut sistemde SSB'lerin tam paletlerinin deponun içinde kapıya en yakın göze rastgele yerleştirilmesi sebebiyle, akışı fazla olan ürünler deponun gerisinde kalabilmektedir. Ancak, SSB'ler deponun içinde belirli adreslere atandıklarında, ürünlerin giriş ve çıkışlarındaki varyasyondan dolayı stoklama kapasitesinden kaybedilmektedir. Stok kapasitesinden kaybetmeden alınan yolu azaltmak için literatürdeki "sınıf bazlı yerleşim tasarımı" yaklaşımından yararlanılmıştır (Laporte, 2004).

Bu yaklaşımda, anadepo öncelikle fiziksel olarak sınıflara ayrılıp palet kapasiteleri belirlenmiştir. Sınıflar, rampalara yakınlıklarına göre önceliklendirilmiş, dar koridorları barındıran sınıf en düşük önceliğe

sahip olan sınıf olarak tanımlanmıştır. Sınıfta bulunan mevcut stok miktarının varyasyonunu azaltacak ve akış miktarı yüksek ürünlerin çıkış rampalarına yakınlıklarını artıracak bir algoritma Java programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Akış miktarlarına göre sıralanmış ürünler setinden sıradaki ürün, tüm aday sınıflara sırasıyla yerleştirilerek, oluşan sınıf ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanır. Bulunan veriler, hedef fonksiyonunda kullanılarak, en düşük sonucu veren sınıfa atama yapılı (Ek 9). Algoritma, SSB'lerin tamamı birer sınıfa yerleştirilene kadar tekrarlanır.

Hedef fonksiyonunun çalışma prensibi ise şu şekildedir: Ürünlerin ortalama mevcut stok değerleri arasındaki farkların standard sapma üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla, o sınıfa ait değişkenlik katsayısı elde edilmiştir. Ürünlerin toplanması sırasında katedilen toplam mesafeyi kısaltmak için, bir sınıfa atanmak üzere denkleme verilen SSB akış miktarı sınıf önceliğiyle çarpılarak, o sınıfa ait değişkenlik katsayısına eklenmiştir. Hedef fonksiyonunda toplam sapmayı düşürmek ile akış miktarı yüksek ürünleri önceliği yüksek alanlara yerleştirmek arasındaki önemi belirtmek için bir ölçek kullanılmıştır. Farklı ölçek değerleri için alınan sonuçlar karşılaştırılarak sınıf varyansını en aza indirgeyen ölçek 0,005 olarak seçilmiştir.

5. Sonuçlar

Yapılan stok tahsisi sonucunda, aşırı kullanılan ve yetersiz kalan kaynakların yeterli hale gelmesi sağlanmış, az kullanılan kaynakların verimliliği artırılmış, iş yükü dengelenmiştir. Benzetim modelinde alınan sonuçlar, altdepoları ait kaynakların kullanımının dengeli hale geldiğini göstermiştir. Kaynakların etkili kullanılmasıyla, sistemde darboğaz oluşturan A1 deposu içindeki toplama trafiğinin, diğer altdepoları dağılması sağlanmış, darboğaz ortadan kaldırılmıştır. Altdepo kaynaklarının kullanım oranlarının ortalama %70 seviyesine çekilmesi sağlanmıştır. Artan talepler doğrultusunda, tüm altdepoların kullanımının %90 seviyesine çıkarılması durumuyla doğru orantılı olarak, günlük çıkış miktarında %30 artış sağlanması öngörülmektedir.

Yapılan yerleşim sonucunda, akış miktarı fazla olan ürünlerin toplama alanına yakın ve beraber giden ürünlerin birbirlerinin komşuluğuna yerleştirilmesiyle, toplama işlemi esnasında alınan yollar azaltılmıştır. Koli bazlı siparişler, toplam siparişlerin hacimsel olarak %36'sını, toplam iş yükünün ise %60'ını oluşturmaktadır. Toplama gözlerinde sağlanan iyileşme, çıkış hızını önemli miktarda artırmaktadır. Sonucun yeterliliğiye, söz konusu sınıftaki ürünlerin 2010 yılında haftalık toplam miktarları; sınıf kapasiteleri, ürünlerin yıllık ortalama miktarları ve 3-standart sapmalarıyla karşılaştırılarak ölçülmeye çalışıldı (Ek 10). Karşılaştırmada, sadece Sınıf A'nın kapasitesinin mevcut ürünlerin haftalık değişimlerine bazı haftalarda

cevap veremediği, diğerlerininse rahatlıkla karşıladığı görülmüştür. Sınıf A'nın kapasitesinin yetmemesi, en düşük kapasiteli sınıf olması ve bu sınıftaki ürünlerin en yüksek akışlı ürün olması sebebiyle ürün geliş parti miktarlarının da yüksek miktarlarda olmasına bağlanmıştır.

6. Genel Değerlendirme

Yapılan proje, Unilever'in Chain Reaction 2011 etkinliği kapsamında sene boyunca ayda bir yapılan toplantılarda şirket çalışanları ve üst düzey yöneticilerinin yanında altı üniversiteden akademisyenler ve öğrenciler ile paylaşılmış, üst düzey yöneticiler tarafından ilgiyle takip edilmiş ve desteklenmiştir.

Entegrasyon aşamasında, SSB'lerin önerilen sisteme uygun olarak depolara yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu da deponun işgücünün bu değişime yönlendirilmesini gerektirmektedir. İşlem, çalışma saatleri içinde yapıldığı sürece işgücü açısından ek maliyet getirmemekle birlikte, sipariş akışının durmasına sebep olacaktır. Öte yandan değişim çalışma saatleri dışında yapıldığında siparişlerin çıkışı aksamayacak, ancak fazla mesai maliyeti ortaya çıkacaktır. Araç maliyetleri ve şoför maaşları gibi ek maliyet kalemleri de vardır. Yine de şirketin öncelikli olarak kayıp satıştan kaynaklı fırsat maliyetini düşürme eğilimi sebebiyle, projenin uzun vadede artacak talebi karşılayabilmeye yönelik getirilerinin, bahsedilen bu operasyonel maliyetlerin yanında çok daha ağır basacağı çalışanlar tarafından da öngörülmektedir.

Projenin yerleşim tasarımı aşaması, hesaplama süresi açısından karşılaşılan zorluklar nedeniyle sadece A1 deposunu içermektedir. Bu nedenle, ileriki vadede bu çözüm yaklaşımının A2, A3 ve Şekerpinar altdepolarına da uygulanması mümkündür.

Proje, şirketin depolarının kapasitesini artırmaya yönelik kısa-orta vadeli, tahmini olarak 3-5 yıllık bir süreyi kapsayacak çözüm önerileri sunmaktadır. Aynı zamanda, şirketin depolama sistemine getirdiği çözüm yaklaşımıyla gelecekte yapılacak stok tahsisi ve yerleşim tasarımı için de yeni bir bakış açısı sağlamıştır. Girdilerin güncellenmesi ile çözüm yaklaşımlarını oluşturan modüllerin yeniden yürütülerek güncel çıktıların alınması mümkün olacaktır. Fakat mevcut çalışmada şirketten alınan ham veriler problemin çözümünde kullanılmadan önce modüllere uygun girdiler haline dönüştürülmüş, bu da çalışma sırasında oldukça zaman almıştır. Mevcut üretim bilgi sisteminde modüllere girdi olan verilerin sistemdeki ham verilerden anlık olarak elde edilmesi, güncel girdilerin daha pratik yollarla elde edilmesini elverişli kılacaktır.

Bu çalışmanın devamı olarak, altdepoların tek lokasyona toplanmasıyla ilgili değerlendirmenin yapılması mümkündür. Bu tek deponun iş gücü ve stoklama kapasitesinin belirlenmesi, performans ölçütlerinin mevcut sistemle karşılaştırılması ile depo lokasyonları ile ilgili uzun vadeli kararlara ulaşmak da mümkün olacaktır.

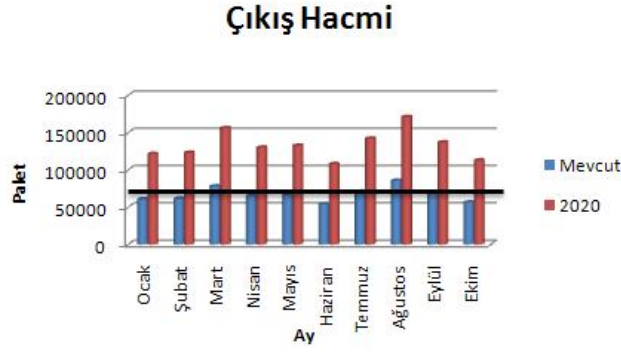
KAYNAKÇA

Baybars, I. "A Survey of Exact Algorithms for the Simple Assembly Line Balancing Problem." *Management Science* 32.8 (1986): 909-32. <<http://www.jstor.org/stable/2631657>>

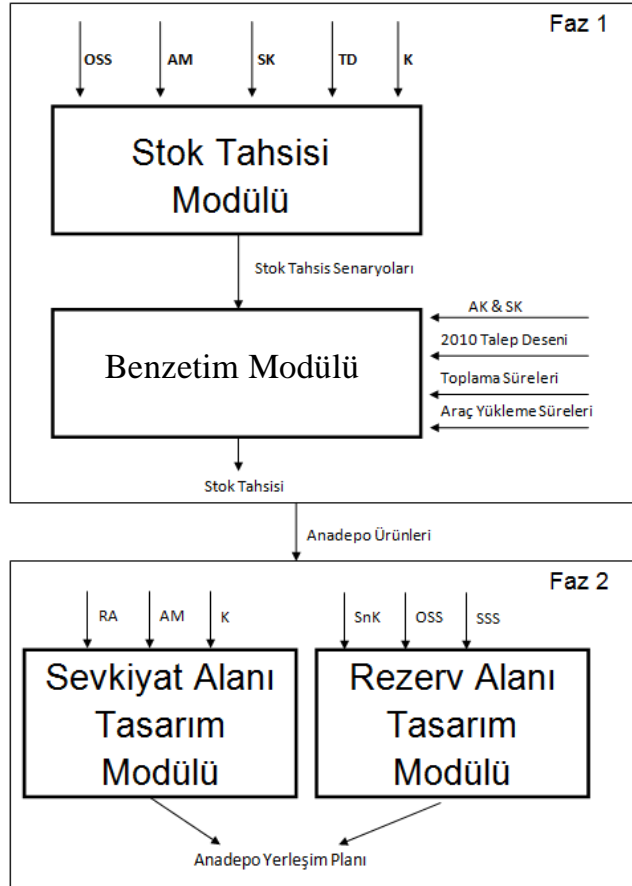
Laporte, G. Ghiani, G. Musmanno, R. "Designing and Operating a Warehouse" *Introduction to Logistics Systems and* (2004), p167.

EKLER

Ek 1. 2020 Satış hedefleri- mevcut kapasite grafiği



Ek 2. Önerilen sistemin akış şeması



Kısaltmalar:

-OSS: Ortalama Stok Seviyeleri

-AM: Akış Miktarları

-SK: Stok Kapasiteleri

Sapmaları

-TD: Talep Deseni

-RA: Raf Adresleri

-SnK: Sınıf Kapasiteleri

-SSS: Stok Standart

-K : Korelasyonlar

Ek 3. Stok tahsis modeli

Parametreler

OSS_i : Altmarkanın ortalama stok seviyesi	i=1..52
FC_j : Yükleme kapasitesi	j=1..4
SC_j : Stoklama kapasitesi	j=1..4
R_j : Altdepodaki rampasayısı	j=1..4
W_i : Birim sürede bir altmarkanın toplanması sırasında yapılan toplam hareket sayısı	i=1..52
C_{i1,i2} : İki alt markanın sipariş kırılımında gerçekleşen talep miktarlarının korelasyonu	i ₁ , i ₂ = 1..52

Değişkenler

IE_{i,j} : { 1, eğer altmarka i altdepo j ye yerleşmişse; 0, aksitakdirde	i=1..52 j=1..4
DD_{i1,i2,j} : { 1, eğer altmarka i ₁ ve i ₂ altdepo j ye yerleşmişse; 0, aksitakdirde	i ₁ ,i ₂ =1..52 j=1..4
D_{i1,i2} : { 1, eğeralt marka i ₁ ve i ₂ aynı altdepoya yerleşmişse; 0, aksitakdirde	i ₁ ,i ₂ =1..52
TR_j : Altdepo içi toplam trafik	j=1..4
UTR_j : Birim alt depo trafiği	j=1..4
B : Birim altdepo trafikleri arasındaki fark	

Model

$$\text{Max } \sum_{i1=0}^{52} \sum_{i2=1}^{52} D_{i1,i2} * C_{i1,i2}$$

$$\text{Min } B$$

s.t

$$TR_j = \sum_{i=1}^{52} (W_i * IE_{ij}) * FC_j \quad j=1..4$$

$$UTR_j: TR_j / R_j \quad j=1..4$$

$$B \geq UTR_{j1} - UTR_{j2} \quad j_1=1..4, j_2 < j_1$$

$$B \geq UTR_{j2} - UTR_{j1} \quad j_1=1..4, j_2 < j_1$$

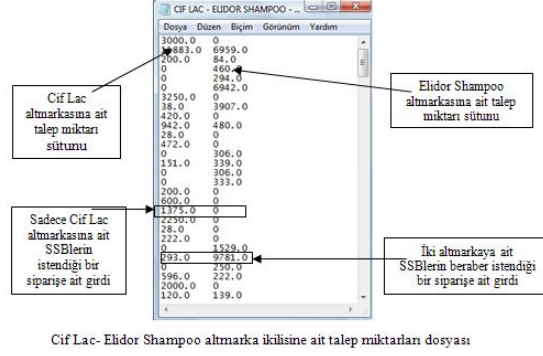
$$\sum_{j=1}^4 IE_j = 1 \quad i=1..52$$

$$\sum_{i=1}^{52} SS_i * IE_j \leq SC_j \quad j=1..4$$

$$D_{i1,i2} \leq \sum_{j=1}^4 DD_{i1,i2,j} \quad i_1, i_2 = 1..52, i_1 \leq i_2$$

$$DD_{i1,i2,j} \leq (IE_{i1,j} + IE_{i2,j}) / 2 \quad i_1, i_2 = 1..52, i_1 \leq i_2$$

Ek 4. Altmarka talep korelasyonlarının hesaplanması



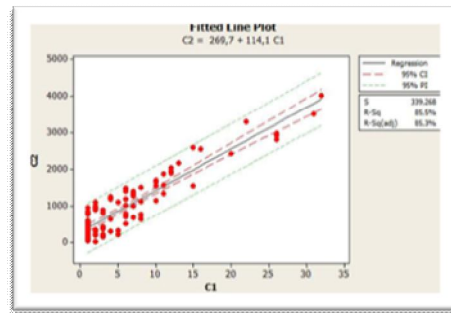
Ek 5. Çok hedefli karar modelinden Xpress çözücü kullanılarak alınan çıktılarından bir kesit

{i}	SUB	{i}	DEPOT	I	IE
1	1	1	1	1	1
1	2	2	0	0	0
1	3	3	0	0	0
1	4	4	0	0	0
1	5	5	1	1	1

Ek 6. Altmarkaların bir siparişte bulunma olasılığı ve sipariş başına o altmarkadan düşen talep miktarı dağılımları

Altmarka	Olasılık	Dağılım
HPC1	24%	LOGN(0.0859, 0.125)
HPC2	27%	LOGN(0.103, 0.162)
HPC3	33%	LOGN(0.321, 0.662)
HPC4	49%	LOGN(1.95, 5.98)
HPC5	44%	WEIB(0.819, 0.767)
HPC6	41%	WEIB(0.491, 0.704)
HPC7	39%	LOGN(0.535, 1.37)

Ek 7. Karma paletlerin toplama süresinin altmarka sayısına bağlı regresyon analizi



Ek 8. Sevkiyat alanı tasarım algoritması

$$\min f_{\text{ürün}} * d_{\text{aday}} * (1 - C_{\text{ürün,komşu}} * N_{\text{aday,diğer adres}})$$

$f_{\text{ürün}}$: Sıradaki ürünün akış miktarı

d_{aday} : Aday yerleşim yerinin çıkış rampalarına olan uzaklığı

$C_{\text{ürün,komşu}}$: Sıradaki ürünle komşuluğundaki diğer ürün arasındaki talep korelasyonu

$N_{\text{aday,diğer adres}}$: 0-1 değişkeni, iki adres komşuluk tanımındaysa 1, değilse 0 verir.

Ek 9. Rezerv Alanı Tasarım Algoritması

$$\min \sigma_{\text{sınıf}} / \mu_{\text{sınıf}} + F_{\text{ürün}} \cdot \text{öncelik}_{\text{sınıf}} \cdot X$$

$\mu_{\text{sınıf}}$: Bir sınıf içindeki ürünlerin mevcut stoklarının ortalama değeri

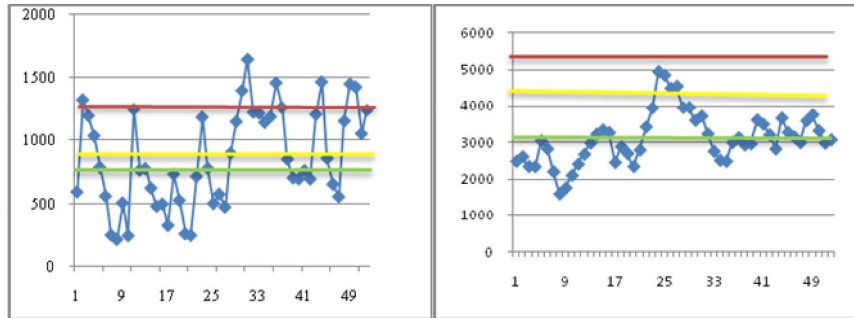
$\sigma_{\text{sınıf}}$: Bir sınıf içindeki ürünlerin mevcut stoklarının dağılımlarının standart sapması

$F_{\text{ürün}}$: Yerleşecek ürünün çıkış miktarı

$\text{öncelik}_{\text{sınıf}}$: Sınıfın önceliği (A,B,C,D,E) = {1,1.25,1.50,1.50,2}

X : Ölçek

Ek 10. Rezerv alanında ayrılan sınıfların performans değerlendirmesi



Sınıf A

Sınıf B

