

**BİLKENT ÜNİVERSİTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**ENDÜSTRİ PROJELERİ
2008**

Derleyenler

Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu

Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara

Yayın Kurulu:

- Yrd. Doç. Dr. Osman Alp (Bilkent Üniversitesi)
- Prof. Dr. Nesim Erkip (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Murat Fadıloğlu (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbyrak (Bilkent Üniversitesi)
- Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara (Bilkent Üniversitesi)
- Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Yiğit Karpat (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Ayşe Kocabyıkoğlu (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Banu Yüksel Özkaya (Hacettepe Üniversitesi)
- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu (Bilkent Üniversitesi)
- Bülent Sönmez (Kılgı)
- Perin Ünal (Aselsan)
- Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Hande Yaman (Bilkent Üniversitesi)
- Yrd. Doç. Dr. Emre Alper Yıldırım (Bilkent Üniversitesi)

Düzenleme Kurulu:

- Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu (Bilkent Üniversitesi)
- Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara (Bilkent Üniversitesi)
- Sibel Alumur (Bilkent Üniversitesi)
- Efe Burak Bozkaya (Bilkent Üniversitesi)
- Ece Zeliha Demirci (Bilkent Üniversitesi)
- Esra Koca (Bilkent Üniversitesi)

ISBN: 978-975-6090-31-2

BASKI: Meteksan Matbaacılık, Mayıs 2008.

İÇİNDEKİLER

Önsöz -----	i
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan -----	iii
Firmalardan -----	v
Bulaşık makinesi iç gövde hattının optimizasyonu Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası -----	1
Çizelgeleme karar destek mekanizması geliştirilmesi Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası -----	13
Personel takip ve makine rezervasyon planlama sistemi tasarımı ASELSAN -----	25
Evsel atık toplama ağı tasarımı ve geri kazanım süreçlerinin iyileştirilmesi Benli Geri Dönüşüm -----	41
Dağıtım ağında bayilik sisteminin fizibilite analizi Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. -----	59
Otomat yer seçimi ve servis sistemi tasarımı Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. -----	77
Soğutucu yenileme lojistik ağı tasarımı Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. -----	95
Deterjan üretim süreçlerinde etkin kapasite kullanımı amaçlı taktik ve operasyonel üretim planlama Eczacıbaşı Girişim Pazarlama -----	112
İş ve zaman etüdüne dayalı depo performans sistemi geliştirilmesi Frito Lay Gıda San. ve Tic. A.Ş. -----	130
Dış kaynak kullanımı için maliyet analizi ve tedarikçi değerlendirme sistemi tasarımı MAN Türkiye A.Ş.-----	148

Market zincirleri dağıtım ağı iyileştirilmesi Procter and Gamble Türkiye-----	166
Rafta bulunabilirliği arttırmaya yönelik dinamik bir sipariş ve veri takip sistemi tasarımı Procter and Gamble Türkiye-----	185
Ana dağıtım deposunun yeniden yapılandırılması Sanofi-aventis İlaçları Ltd. Şti. -----	205
Çizelgeleme karar destek sistemi tasarımı Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş. -----	223
3G uygulamaları için geniş bant internet mobil modem pazarlama stratejileri geliştirilmesi Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş. -----	240
Boeing 737-800 uçakları bakım malzemeleri ihtiyaç planlama sistemi tasarımı ve uygulaması Türk Hava Yolları Teknik A.Ş.-----	241
İki seviyeli dağıtım ağındaki stok yönetimi sistemi geliştirilmesi Unilever Türkiye -----	259
Perakende zincirlerinde depolama ve dağıtım lojistiğinin iyileştirilmesi Unilever Türkiye -----	273

Bugüne kadar bu programa katkıda bulunan şirketler:



2007-2008 döneminde bu programa katkıda bulunan kişiler:

Üniversitemizden,

Doç. Dr. Mustafa Akgül (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Selim Aktürk (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Osman Alp (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Selin Atalay (İşletme Bölümü)
Doç. Dr. Emre Berk (İşletme Bölümü)
Prof. Dr. Erdal Erel (İşletme Bölümü)
Figen Eren (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Nesim Erkip (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Murat Fadıloğlu (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Ülkü Gürler (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Destan Kandemir (İşletme Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Yiğit Karpat (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Ayşe Kocabıyıkoglu (İşletme Bölümü)
Doç. Dr. Osman Oğuz (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Burcu Uslu Özdemir (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Alper Şen (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Prof. Dr. Barbaros Tansel (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Hande Yaman (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Yrd. Doç. Dr. Emre Alper Yıldırım (Endüstri Mühendisliği Bölümü)
Leyla Yiğit (Endüstri Mühendisliği Bölümü)

Hacettepe Üniversitesi'nden,

Yrd. Doç. Dr. Banu Yüksel Özkaya (Endüstri Mühendisliği Bölümü)

Sanayiden,

Neslim Hancılar (Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası)
Güney Özaltan (Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası)
Emrah Akman (Aselsan)
Mert Akyunus (Aselsan)
Ali Alpay (Aselsan)
Fatih Demir (Aselsan)
Emre Özgenç Ekici (Aselsan)
Tamer Kalem (Aselsan)
Hayrettin Kesim (Aselsan)

Cüneyt Yılmaz (Aselsan)
Emre Akkaya (Benli Geri Dönüşüm)
Ömer Benli (Benli Geri Dönüşüm)
A.Serkan Sepin (Benli Geri Dönüşüm)
Oğuzhan Aksoy (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Murat Arslanbulut (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Mesut Turgay Boyar (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Bahri Ildır (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Şahin Keykon (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Çetin Özataç (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Müfit Özcan (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Caner Tek (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Tamer Uysal (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Ender Kudiaki (Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.)
Aydemir Özbek (Eczacıbaşı Girişim Pazarlama)
Aysun Şavaşkan (Eczacıbaşı Girişim Pazarlama)
Abdullah Topaloğlu (Eczacıbaşı Girişim Pazarlama)
Murat Anıl (Frito Lay Gıda San. ve Tic. A.Ş.)
Özhan Nuri Özesenli (Frito Lay Gıda San. ve Tic. A.Ş.)
H. Alper Özdiker (Makromarket)
Akif Ünal (Makromarket)
Deniz Çakır (MAN Türkiye A.Ş.)
Ertuğrul Çifci (MAN Türkiye A.Ş.)
Kudret Arman (Procter & Gamble Türkiye)
Tuğba Demiröğüten (Procter & Gamble Türkiye)
Billur Oğur (Procter & Gamble Türkiye)
Ergin Uluşahin (Procter & Gamble Türkiye)
Hasan Bala (Real Hipermarketler Zinciri)
Uğur Altın (Sanofi-aventis İlaçları Ltd. Şti.)
Aren Avedisyan (Sanofi-aventis İlaçları Ltd. Şti.)
Sinem Gözaydın (Sanofi-aventis İlaçları Ltd. Şti.)
Ahmet Kavuşturan (Sanofi-aventis İlaçları Ltd. Şti.)
İpek Tezel (Sanofi-aventis İlaçları Ltd. Şti.)
Ebubekir Arslan (Tepe Betopan A.Ş.)
Yüksel Çayır (Tepe Betopan A.Ş.)
Zehra Tereci (Tepe Betopan A.Ş.)
Fırat Türkiliz (Tepe Betopan A.Ş.)
Mustafa Yılmaz (Tepe Betopan A.Ş.)
Songül Anıl (Tepe Mobilya Tic. A.Ş.)
Ahmet Bülbül (Tepe Mobilya Tic. A.Ş.)
İsmail Demir (THY Teknik A.Ş.)
Sedef Kırıkkaya (THY Teknik A.Ş.)
Erhan Özcan (THY Teknik A.Ş.)

Hüseyin Bilal Pandul (THY Teknik A.Ş.)
Cebrail Uçur (THY Teknik A.Ş.)
Bilgen Aldan (Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.)
Ali İhsan Boyvada (Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.)
Ahmet Ekici (Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.)
Berna Tari (Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.)
Erdal Ulus (Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.)
Onat Ünal (Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.)
Ömer Barbaros Yiş (Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.)
Tamer Güneş (Unilever Türkiye)
Taner Kandemir (Unilever Türkiye)
Murat Köşker (Unilever Türkiye)
Sıla Kurt (Unilever Türkiye)
Tuğba Serez (Unilever Türkiye)

Teşekkür ederiz.

ÖNSÖZ

Bu kitap, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Üniversite-Sanayi İşbirliği Programı çerçevesinde 2007-2008 öğretim yılında gerçekleştirmiş olan sanayi projelerinin bazılarının özetlerini kapsamaktadır. Bu program, 1995 yılında sistem tasarımı derslerinin (bitirme projelerinin) sanayi projelerine dönüştürülmesi ile başlatılmıştır. Aradan geçen süre içinde çok sayıda farklı şirketle toplamda 196 proje gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda birlikte çalışılan şirketler arasında ALGIDA, ARAS KARGO, ARÇELİK, ASELSAN, BOSCH, BENLİ GERİ DÖNÜŞÜM, BİLKENT, CARLSBERG, COCA-COLA, COGNİS, DOĞADAN, DPT, ECZACIBAŞI, EFES, EMEK ELEKTRİK, ERKUNT, ETİ, FAF, FNSS, FRİTOLAY, GATE, GIPTA, KNAUF, MAN, MERKEZ BANKASI, METEKSAN, MİLLİ PRODUKTİVİTE MERKEZİ, ONKOLOJİ HASTANESİ, ODESA, ORS, P&G, REAL, ROKETSAN, SANOFİ-AVENTİS, TAI, TEPE BETOPAN, TEPE MOBİLYA, TOFAŞ, TURKCELL, TÜRK HAVA YOLLARI TEKNİK, TÜRK SAT, TÜRK TRAKTÖR, UNILEVER, YURT İÇİ KARGO, YÜKSEK İHTİSAS HASTANESİ sayılabilir.

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

2002-2003 öğretim yılında yapılan projeleri sanayimizin seçkin kuruluşları ile paylaşmak, çeşitli sektörlerden gelen farklı firmaların birbirleriyle ve üniversite ile olan etkileşimini artırmak amacı ile Bilkent Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nı başlattık. Bu paylaşımı daha kalıcı ve yaygın kılmak için de "Endüstri Projeleri" kitabı serisini hazırlamış bulunmaktayız. Bu kitapta 2007-2008 öğretim yılında yapılan projelerden seçilenler, gizlilik ilkesine bağlı kalınarak özet halinde sunulmaktadır.

Kitaba girecek olan projelerin seçim aşamasında desteklerini esirgemeyen meslektaşlarımız Prof. Dr. Selim Aktürk, Yrd. Doç. Dr. Osman Alp, Prof. Dr. Nesim Erkip, Yrd. Doç. Dr. Murat Fadiloğlu, Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak, Doç. Dr. Oya Ekin Karaşan, Yrd. Doç. Dr. Yiğit Karpat, Yrd. Doç. Dr. Ayşe Kocabıykoğlu, Yrd. Doç. Dr. Banu Yüksel Özkaya, Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rüştü Taner, Yrd. Doç. Dr. Hande Yaman, Yrd. Doç. Dr. Emre Alper Yıldırım'a ve sanayimizden Cemal Akyel (Microsoft), Mehmet Şakir Güvendi (McKinsey), Barış

Krakullukçu (Accenture), Aydemir Özbek (Eczacıbaşı), Bülent Sönmez (Kılgı), ve Perin Ünal'a (Aselsan) teşekkür ederiz. Ayrıca bu kitap projesine sağlamış olduğu destek ve katkılarından dolayı Rektörümüz Sn. Prof. Dr. Ali Doğramacı'ya çok teşekkür ederiz.

İhsan Sabuncuoğlu - Bahar Yetiş Kara
Bilkent Üniversitesi ,
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 1995 yılında Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) adlı bağımsız kuruluş tarafından eğitim kalitesini belgeleyen akreditasyonu Türkiye'de ilk alan endüstri mühendisliği bölümüdür.

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

Bu yıl altıncısı düzenlenen Bilkent Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nda bütün bir yılı özveri ile projeleri üzerinde çalışarak geçirmiş öğrencilerimizin 25 farklı çalışması sergilenmektedir. Bu vesileyle, öğrencilerimizi kutlamak ve büyük katkıları olan firma yetkililerine teşekkür etmek istiyorum.

Bir yıl boyunca yoğun ve özverili çalışmalarıyla programın hedeflerine uygun şekilde yürütmesinde büyük çabalar ortaya koyan programın koordinatörü Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara hocamıza ve asistanlarımız Sibel Alumur, Efe Burak Bozkaya, Ece Zeliha Demirci ve Esra Koca'ya ayrıca teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,

İhsan Sabuncuoğlu
Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı

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

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi 2006 yılından bu yana Yalın Üretim uygulamalarını üretim sistemlerini mükemmelleştirmek amacıyla kullanmaktadır.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri tarafından hazırlanan “Bulaşık Makinesi İç Gövde Hattının Optimizasyonu” projesi ile, Mekanik Üretim, İç Gövde Üretimi ve Montaj Hatları arasındaki değer akışının iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Hazırlanan Karar Destek Sistemi ile oluşturulacak planlama yönteminin, montaj hatlarına gövde besleme işini proses temin süresi ve ara stokları optimum seviyede tutarak gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü, üniversite-sanayi işbirliği çalışmalarından ötürü kutlar, proje ekibine ve akademik danışmanlara proje süresince gösterdikleri özverili ve gayretli çalışmalarından dolayı teşekkür ederiz.

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

ASELSAN A.Ş. Savunma Sistem Teknolojileri Grubu Elektronik Üretim Müdürlüğü'nden

Türk Savunma Sanayisinin lokomotifi olan **ASELSAN A.Ş.** kuruluşundan bu yanda kara, hava, deniz, uzay ve sivil uygulamalar kapsamında her nevi elektrik, elektronik, elektronik harp, haberleşme, mikrodalga, elektro-optik, güdüm, bilgisayar, bilişim, yazılım, kriptoloji ve güvenlik konularında Türk Silahlı Kuvvetleri'nin dışa bağımlılığını en aza indirmeyi; tüm müşterilerinin ihtiyaçlarını azami ölçüde karşılamayı; güncel ve gelişen teknolojilerle uyumlu, nitelikli ve maliyet etkin ürün ve sistem çözümleri tasarlamayı, geliştirmeyi, üretmeyi ve her koşulda devamlılığını sağlamak yönünde öncü olmayı; **ASELSAN A.Ş.**'nin sahip olduğu varlık ve kaynakları çoğaltmayı ve değerlerini sürekli artırmayı amaç edinmiştir.

ASELSAN A.Ş. Savunma Sistem Teknolojileri Grubu ise Hava Savunma Silah Sistemleri, Deniz Sistemleri (Deniz Savaş Sistemleri, Deniz Savaş Yönetim Sistemleri, Su Altı Akustik Sistemleri dahil), Kara ve Deniz Silah Sistemleri, Komuta Kontrol (C4I) Sistemleri, Ateş Destek Sistemleri, Keşif ve Gözetleme Sistemleri, Askeri Bilgisayar, İnsansız Kara ve Deniz Sistemleri, Anayurt Güvenliği Sistemleri, Trafik Sistemleri alanlarında teknoloji, donanım, yazılım, cihaz ve sistem geliştirerek ve üreterek Türk Savunma Sanayisine hizmet vermektedir.

ASELSAN A.Ş. yıllardır Sanayi-Üniversite İş Birliği vizyonu dâhilinde Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü önderliğinde çeşitli projeler gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda; 2007-2008 Eğitim yılı içerisinde Bilkent **Üniversitesi Endüstri Müh. Bölümü ile ASELSAN A.Ş. Savunma Sistem Teknolojileri Grubu Elektronik Üretim Müdürlüğü**'nün birlikte yürüttüğü "**Makine Rezervasyon, Planlama ve Personel Takip Uygulaması**" projesi başarı ile tamamlanmıştır. Bu proje sonucunda hızlı ve uygun bir karar destek yazılımı modellenmiş, yazılımı gerçekleştirilmiş ve ardından kurulumu gerçekleştirilmiştir. Müdür ve idari personelin atölye içerisindeki tüm personel hakkında bilgi edinebileceği, atölyeler arası personel değişimini takip edebileceği, izin, rapor vs. bilgilerini görebileceği bir yönetim aracı yazılımı bu çalışmalar sonucunda yeterli bir düzeyde şirketimize kazandırılmıştır.

Makine Rezervasyon, Planlama ve Personel Takip Uygulaması Projesi süresince başta Bilkent Endüstri Müh. Bölümü 4. Sınıf öğrencileri, Bölüm Başkanımız İhsan Sabuncuoğlu, bölüm danışmanımız Figen Eren ve bizleri fikirleri ile yönlendiren Elektronik Üretim Müdürlüğü yöneticilerimiz büyük özverilerde bulunmuşlardır. 1 yıl süren

Üniversite-Sanayi iş birliği amacı dahilinde yürütölen bu proje için emeği geöen öğrencilerimize, bizi yönlendiren eğitmen ve yöneticilerimize teşekkürlerimizi sunarım.

Emre EKİCİ
Proje Sorumlusu

Tamer KALEM
SST EUM Müdür Yardımcısı

BENLİ GERİ DÖNÜŞÜM Yönetimi'nden

Doğal Kaynaklarımızın hızla tükendiği, çevrenin kirlendiği, küresel ısınmanın artık ciddi bir tehdit haline geldiği günümüzde, yaşlanan dünyamız tehlike sinyalleri vermeye başlamıştır. İleriyi Düşünmek, gelecek nesillere güzel bir dünya bırakmak, bölgemize, ülkemize, dünyamıza kazandırmak ancak doğal kaynaklarımızı koruyarak atık oluşumunu minimize etmek, tekrar kullanımı teşvik etmek, bütün bunların işe yaramadığı durumda da doğal kaynaklar kullanılarak üretilen her türlü atığı kaynağında yani evlerimizde ayırıp geri dönüştürmekle mümkündür.

Ambalaj atıklarının toplama ayırma ve geri dönüşümü işi dünyamız ve ülkemiz için yapılması zorunlu fakat hem lojistik hem tesis işletmesi hem de finansman anlamında oldukça yüksek maliyetli bir iş olup ülkemiz için yeni, Avrupa ve Amerika içinse genç sayılabilecek bir iş koludur. Ülkemizde ambalaj atıklarının toplama ayırma ve geri dönüşümü işi ile ilgili bilimsel çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Benli Geri Dönüşüm ülkemizde bu işin üzerine ciddi ve bilimsel anlamda eğilen öncü firmalardan biridir. Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ile birlikte yürütülen bu projede amaç, geleceğimiz için yapılması elzem olan bu işin verimliliğini maksimize etmek ve bu gelişimi bilimsel çerçeveye oturtup, sadece firmamız için değil ülkemiz genelinde bu işi yapacak diğer girişimciler için de oluşturmaya çalıştığımız bir “MANUEL” in en önemli parçası olacak, bilimsel bilgiler ışığında bir çalışma gerçekleştirmektir.

Bu anlamda proje ekibi üzerine düşen görevi en iyi şekilde gerçekleştirip, sadece Benli Geri Dönüşüm için değil aynı zamanda ülkemiz için, insanlarımız için yakın gelecekte verilecek çok büyük bir hizmetin bilimsel temellerini atmış oldular.

Türkiye'deki atık yönetimi sektörünün tamamı KOBİ'lerden oluşmuştur. Normal şartlarda bir KOBİ'nin herhangi bir danışman firmaya bu çerçevede bir bilimsel çalışma yapması için bütçe ayırması hemen hemen olanaksızdır. Bilkent Üniversitesi'nin vermiş olduğu bu hizmet; devamlı bahsi geçen “KOBİ-ÜNİVERSİTE İŞBİRLİĞİ” söyleminin tam karşılığıdır.

Sonuç olarak; bu proje kapsamında çalışan öğrenci arkadaşlarımız, okullarında öğrenmiş oldukları bilimsel çalışma metodlarını, hepsinde ortak var olan hocalarından almış oldukları besbelli ahlaki seviye ve

yine okul kùltüründen almış oldukları sorumluluk duygusuyla sentezleyip, işlerini öğrenci değil birer profesyonel gibi benimseyerek yaptılar.

Sayın Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu, Sayın Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara ve proje toplantılarında yardımlarını esirgemeyen diğer hocalarımız.

Sizlerin engin bilgi ve tecrübelerinizden istifade eden öğrencileriniz; bilgilerimize bilgi, vizyonumuza vizyon, bakış açımıza ise yenilikler katmışlardır.

Bir kez daha kurumumuz, çalışanlarımız, bu projeden fayda görecek bütün insanlar ve çevremiz adına proje sırasındaki nezaketiniz ve projemizi başarıya ulaştırmanızdan dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

En içten saygı ve sevgilerimizle...

Ömer BENLİ
Genel Müdür

A.Serkan SEPİN
Genel Koordinatör

COCA-COLA Satış ve Dağıtım A.Ş. Dağıtım Şefi'nden

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan "Dağıtım Ağında Bayilik Sisteminin Fizibilite Analizi " projesinin şirketimizde uygulanmakta olan sistemin iyileştirilmesine yönelik atılan adımlara olumlu katkıları olmuştur.

Dağıtım Ağında Bayilik Sisteminin Fizibilite Analizi ile ürünlerimizin müşterilerimize ulaştırılması sürecinin iyileştirilmesi konusunda yapılan çalışmalar ve geliştirilen sistemler şirketimize dikkate değer bir iyileştirme sağlayacak niteliktedir.

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

Dağıtım sisteminin iyileştirilmesine yönelik bu başarılı projeden ötürü bölümünüze ve tüm proje ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

Murat ARSLANBULUT
Ankara Satış Merkezi Dağıtım Şefi

COCA-COLA Satış ve Dağıtım A.Ş. Doğu Bölgesi Teknik Hizmetler Sorumlusu'ndan

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan "Soğutucu Yenileme Lojistik Ağı Tasarımı" projesinin, şirketimizin Doğu Bölgesi'nde uygulanmakta olan sisteminin iyileştirilmesine yönelik atılan adımlara olumlu katkıları olmuştur.

Proje, yenileme kapsamındaki soğutucularımızın merkeze çağırılmasının hangi şehirlerde daha verimli olabileceğinin formüle edilmesi ve hurdaya ayırma kriterlerinin çok geniş kapsamlı incelenerek yeniden belirlenmesi ile sistemin gelişimine yönelik çalışmalardan oluşmuştur. Bu çalışmalar sayesinde soğutucularımızın lojistik sürecinde daha bilinçli hareket etmek gibi bir iyileştirme ile soğutucularımızın hurda ayırma kriterlerini daha gerçekçi yapmamızın sağlanması açısından sistemimize ciddi katkı sağlayacak niteliktedir. Ayrıca yenileme merkezinde yapılan çalışmaların daha verimli olması için yapılan incelemelerde şirket olarak bizim farkına varamadığımız birçok konu ortaya çıkartılarak, atölye çalışmalarında anında iyileştirmeler sağlanmıştır.

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

Sistemimizin iyileştirilmesine yönelik bu başarılı projeden ötürü bölümünüze ve tüm proje ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

Bahri ILDIR
Doğu Bölgesi Teknik Hizmetler Sorumlusu

COCA-COLA Satış ve Dağıtım A.Ş. Ankara Satış Merkezi Satış Geliştirme Şefi'nden

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci ve akademisyenlerinin katkıları ile hazırlanan "Otomat Yer Seçimi ve Servis Sistemi Tasarımı" projesinin Ankara Satış Merkezi'nde uygulanmakta olan sistemin iyileştirilmesine ve verimli olarak çalışmasına olumlu katkıları olmuştur.

Otomat Yer Seçimi ve Servis Sistemi Tasarımı projesi ile sürecin iyileştirilmesi konusunda yapılan çalışmalar ve geliştirilen sistemler şirketimize dikkate değer bir iyileştirme sağlayacak niteliktedir.

Otomat Yer seçimi ve Servis Sistemi Tasarımı Projesi kapsamında yapılan çalışmalar otomat cihazları için en doğru ve en verimli satış noktalarının belirlenmesi, müşterilere ve tüketicilere en uygun hizmetin sağlanması konusunda çözümlerin üretilmesi ile sistemimize katkılar sağlayarak stratejik kararlara ışık tutmuştur.

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

Ankara Satış Merkezi vendor (otomat cihazları) sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik bu başarılı projelerden ötürü bölümünüze ve tüm proje ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

Caner TEK
Ankara Satış Merkezi Satış Geliştirme Şefi

ECZACIBAŞI Girişim Pazarlama Tüketim Ürünleri San. ve Tic. A.Ő.'den

Eczacıbaşı Topluluğu Tüketim Ürünleri Grubunda faaliyet gösteren, Girişim Pazarlama, temizlik kağıtları, kozmetik ve kişisel bakım ürünleri, kuaför ürünleri, insektisitler, ev bakım ürünleri, profesyonel temizlik ürünleri, ve prezervatifler kategorilerinde kapsamındaki toplam 33 marka ve 1500'ün üzerindeki ürün çeşidi ile Türkiye'de en fazla perakende kapsamayı gerçekleştiren tüketim ürünleri kuruluŐudur. Dağıtımını yaptığı 20 ürün kategorisininin 10'unda lider konumdadır.

2007 yılı sonunda faaliyete başlayan Girişim Pazarlama Gebze fabrikada, yıllık 20,000 ton üretim kapasitesi ile deterjan, kozmetik ve kolonya üretimi yapılmaktadır.

Üniversite – Sanayi işbirliğine son derece önem veren Eczacıbaşı, her yıl farklı şirketleri ile Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri ile başarılı projeler gerçekleştirmektedir. Bu projelerin, hem öğrencilere, hem de şirketimize değer katması hedeflenmektedir.

Bu yıl, Girişim Pazarlama Gebze fabrikası için, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği son sınıf öğrencileri tarafından hazırlanan ‘Üretim Planlama Projesi’ başarı ile tamamlanmıştır.

Girişim Pazarlama için satıŐlardaki sezonluk etki nedeni ile, aylık üretim miktarlarının, o ayın siparişlerini karşılaması, müşteri memnuniyeti açısından önem teşkil etmektedir. Bu projenin amacı, ürün-makine eşleşmeleri göz önünde bulundurularak, geliştirilen matematiksel modeller kullanılarak, kapasitenin aylık talep tahminlerini karşılayabileceği bir sistem oluŐturmaaktır

Mevcut sistemin analizi sonucu, sistemdeki tüm kısıtları ve dinamikleri göz önünde bulundurarak taleplerin zamanında karşılanmasını sağlayacak üretim miktarlarını ve gündelik üretim çizelgelerini ortaya çıkartacak bir üretim planlama sistemi tasarlanmıştır.

Böylece,

- İşçinin kapasite üzerindeki etkisini araştırarak, geçici kapasite artışı için işçi veya mesai ayarlaması yapılabilecek,
- Talepteki sezonsal dalgalanmaları ve sistemin diğer özelliklerini (ay sonu envanter miktarı) göz önüne alarak şirketin daha sabit ve dengeli bir üretim yapabilmesi sağlanacak,

- Proje kapsamında oluşturulan sistemden alınacak veri ve raporların etraflıca incelenmesi ile doğabilecek sorunlara hızlı ve ekonomik çözümler üretilebilecektir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü, proje süresince gösterdikleri gayretli çalışmalar ve oluşturdukları çözümlerden dolayı kutluyor, proje takımına ve değerli hocalarımıza teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Aydemir ÖZBEK
Lojistik Müdürü

Aysun SAVAŞKAN
Lojistik Planlama Sorumlu Uzmanı

**FRITO LAY Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. Saha Lojistik
Müdürü'nden**

Frito Lay Türkiye, her gün her gönülde bir tutku yaratarak Türkiye'nin en hızlı büyüyen öncü makro çerez firması olma hedefine, küresel bilgi ve birikimler ile bilinen ve sevilen markalarını; kalite, hijyen ve çevre standartları ile harmanlayıp ülkemizin hammadde ve insan gücü ile bütünleştirerek ilerlemektedir.

Kocaeli ve Tarsus'ta faaliyet gösteren üretim tesisleri ile ülkemizin çeşitli yerlerinde kurulmuş 12 adet Dağıtım Merkezi ile Frito Lay Türkiye, müşteri ve tüketicilerine daha iyi hizmet götürebilmeyi amaçlamaktadır.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan "İş ve Zaman Etüdüne Dayalı Depo Performans Sistemi Geliştirilmesi" konulu proje, şirketimizin her yıl artan gereksinimleri ve kaynak ihtiyaçlarını, müşterilerimize mükemmel servis verme prensibimizden taviz vermeden, en uygun maliyet ile karşılanmasına çok önemli katkılarda bulunmuştur.

Yürütülen çalışma ve analizler ile depolama alanları ile raflar, depo personeli, yükleme rampaları ile otopark kapasitesi bütünlük olarak ele alınmış, mevcut yapının fotoğrafı net olarak çekilmiş ve alternatif büyüme planlarına karşı darboğaz ve fırsatlar tespit edilmiştir.

Ankara Dağıtım Merkezi temel alınarak tamamlanan bu projenin sonuçlarının şirketimizin diğer depolarına da başarı ile entegre edilebileceğine, bu vesile ile kaynaklarımızın daha verimli kullanılmasına katkı sağlayacağına yürekten inanıyorum.

Frito Lay Saha Lojistik Yönetiminin alacağı taktik ve stratejik kararlara temel teşkil edecek başarılı analiz ve yaklaşımlarından ötürü öğrencilerimize, akademik danışmanlarımıza ve Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümüne teşekkür eder; iş dünyası ile akademik çevrenin benzer projeler ile başarılı işbirliklerinin önümüzdeki yıllarda da devamını dileriz.

Özhan Nuri ÖZESENLİ
Saha Lojistik Müdürü

MAN Türkiye A.Ş. Dispozisyon Müdürlüğü'nden

MAN Türkiye A.Ş. ve Bilkent Üniversitesi işbirliği ile yıllardır başarılı projeler gerçekleştirmekteyiz. Üretim ve Lojistik odaklı bu projeler firmamızı bir adım öteye götürme konusunda bize büyük katkılar sağlamış ve süreçlerimize yeni bakış açılarıyla bakmamızda bizlere yardımcı olmuştur.

Kendisini sürekli geliştirme ve en iyiye ulaşma hedefinde olan firmamızda bu tür projeler ilerleme yolunda önemli adımlar olarak görülmekte ve desteklenmektedir.

“Dış Kaynak Kullanımı için Maliyet Analizi ve Tedarikçi Değerlendirme Sistemi Tasarımı” projesi Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından ele alınmış ve başarıyla tamamlanmıştır. Bu proje ile MAN Türkiye A.Ş. ön montaj istasyonları incelenmiş ve bu istasyonlarda gerçekleşen faaliyetler için maliyet analizi sistemi oluşturulmuştur. Ön montaj istasyonlarında üretilen ürünlerin dış tedarikçiye devredilmesi kararında önemli bir destek mekanizması tasarlanmıştır. Ayrıca bu projede “tedarikçi değerlendirme sistemi” alt yapısı oluşturulmuş ve tedarik hizmeti verecek firmaların değerlendirilmesi güvenilir bir prosedüre bağlanmıştır. Oluşturulan bu sistemin, maliyet hesaplama alanındaki desteğinin yanında, gelecek senelerde tedarikçilerle ilgili kararlar alınırken önemli bir rol oynayacağına inanıyoruz.

Bu projelerin önümüzdeki yıllarda da başarılı bir şekilde devam edeceği düşüncesindeyiz.

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

Saygılarımızla,

Deniz ÇAKIR
Dispozisyon Yöneticisi

Ertuğrul ÇİFTÇİ
Dispozisyon Müdürü

PROCTER & GAMBLE Satış ve Dağıtım Ltd. Şti. Ulusal Zincirler Lojistik Takımları 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 kendisinden ürünlerimize gelecek olan talebi doğru tahmin edebilmek ve bu talebi şekillendirecek etkenleri doğru değerlendirip talep üstündeki etkilerini anlamak; tüketicimiz karşısında raflarda stoksuz kalmamak için birinci öncelik verdiğimiz konu.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Market zincirleri dağıtım ağı iyileştirmesi” konulu proje her geçen gün büyüyen, rekabetin hızla arttığı perakende pazarındaki müşterilerimizin artan taleplerini zamanında ve en uygun fiyatlarla karşılamamız için oldukça önemli katkılarda bulunmuştur. Özellikle artan petrol fiyatlarından sonra nakliye masraflarının tırmanışa geçmesi ve giderlerin içerisindeki yerinin büyümesi, perakende pazarındaki büyümenin sadece hacimsel değil nokta sayısı olarak da gerçekleşmesi bu türden bir aracın bizim için gerekliliğini arttırmıştır. Çalışmalar boyunca proje grubundaki öğrencilerimiz bilgilerin istenen kalitede toplanmasını ve parametreler arasında doğru ilişkilerin yapılandırılmasını sağlamış; projenin her adımında karşılıklı geri bildirimlerle ve yaptıkları akademik araştırmalarla modeli güvenilir ve kullanılabilir bir noktaya getirmişlerdir.

Bu projenin, tüketicilerimize ve müşterilerimize kaliteli ürünler sunmanın yanında bu ürünleri zamanında ve daha düşük maliyetlerle karşılayarak hizmet seviyemizi en üst seviyelere çıkartma yolunda bize büyük katkıları olacağına inanıyoruz.

Dağıtım kanallarının en iyi şekilde kullanılmasını amaçlayan bu başarılı projenizden ötürü Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne ve proje grubumuza teşekkürlerimizi sunuyor, projelerimizin önümüzdeki yıllarda devamını diliyoruz.

Tuğba DEMİRÖĞÜTEN
Ulusal Zincirler Lojistik Takımları Müdürü

**PROCTER & GAMBLE Satış ve Dağıtım Ltd. Şti. Müşteri Takımı
Lojistik 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 tüketicimizin tatminini sağlamak, Gillette ürünlerini rafta açık sergilenir bir şekilde bulup satın alma eylemini gerçekleştirmesine yardımcı olmak en önemli önceliklerimizden biridir. Bu hedefe ulaşmak için ise; tüketicilerle aramızdaki köprüyü oluşturan Perakendecilerin bizim ürünlerimizde yaşadığı stok kaybını azaltmasına yardımcı olacak çalışmalar yapmaktayız.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından hazırlanan “Rafta Bulunabilirliği Arttırmaya Yönelik Dinamik Bir Sipariş ve Veri Takip Tasarımı” konulu proje de, şirketimizin her yıl artan bir önem verdiği stok kaybını önleme ve rafta ürün bulunurluğunu artırma konularına çok önemli katkılarda bulunmuştur. Çalışmalar boyunca proje grubundaki öğrencilerimiz dataların istenen kalitede toplanmasını, parametreler arasında doğru ilişkilerin yapılandırılmasını sağlamış, ve projenin her adımında karşılıklı geri bildirimlerle modeli güvenilir ve kullanılabilir bir noktaya getirmişlerdir.

Bu proje sayesinde tüketicilerimizi rafta stoksuz bırakmama adına önemli bir adım atarken, aynı zamanda perakendecilerimiz için de optimum sipariş ve sayım sıklığını ve doğru envanter seviyelerini belirlemelerine yardımcı olacak bir sistem geliştirilmiş oldu.

Gillette ürünlerinin rafta bulunurluğunu iyileştirme ve stok kaybını önlemeyi amaçlayan bu başarılı projenizden ötürü Bilkent Endüstri Mühendisliği Bölümüne ve proje grubumuza teşekkürlerimizi sunuyor, projelerimizin önümüzdeki yıllarda devamını diliyoruz.

Billur OĞUR
Müşteri Takımı Lojistik Müdürü

SANOFİ AVENTİS İlaçları Ltd. Şti. Kalite Güvence Birim Müdürü'nden

Dünyanın önde gelen ilaç şirketleri arasında yer alan sanofi-aventis, tüm insanların yaşamını iyileştirmek için tedavi çözümleri keşfetmekte, geliştirmekte ve hizmete sunmaktadır. Amaçlarımızdan biri, önemli tıbbi gereksinimlerin bulunduğu tedavi alanlarında, hastalara mümkün olduğunca hızlı bir şekilde, etkili ve iyi tolere edilen ilaç ve aşıları sağlamaktır. Bu amaç için 2006 yılında Samandıra'da faaliyete geçen sanofi-aventis Türkiye Dağıtım Merkezi aylık 6 milyon kutu ilaç sevkiyat ortalaması ile hizmet vermektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği 4. sınıf öğrencileriyle birlikte yürütülen "Ana Dağıtım Deposunun Yeniden Yapılandırılması" projesi şirketimize önemli kazanımlar sağlamıştır. Proje kapsamında dağıtım deposundaki süreçler proje ekibinin dağıtım merkezi personeli ile bilfiil birlikte çalışması ile incelenerek sistemin performansını bütünsel olarak iyileştirecek çözümler geliştirilmiştir. Bu bağlamda ergonomi çalışmaları yapılmış, paketleme alanı düzeni yeniden tasarlanmış, sipariş toplama alanı için geliştirilen rotalama sistemi ve yeni palet tasarımı ile ürün toplama süreci iyileştirilmiş ve hızlandırılmıştır. Bu çalışma dahilinde geliştirilen barkod okuma ve veri işleme programı ile koli içerisindeki ilaçların takibi mümkün hale getirilebilecek ve her sipariş için koli sarfiyatının minimuma indirilmesi sağlanabilecektir. Sağlık Bakanlığı tarafından 2009 yılından itibaren ilaç tedarik zinciri için zorunlu hale getirilecek iki boyutlu barkod ile ilaç takip sistemine uyum açısından firmamıza avantajlar sunmaktadır.

Proje ekibini aldıkları eğitimin ışığında gösterdikleri üstün performanstan dolayı kutlar, kendilerine özverili çalışmaları ve beklentilerimizi aşarak ürettikleri katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca firmamızda böyle bir çalışmanın yapılmasını sağlayan Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu ve Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara'ya ve proje akademik danışmanı Sayın Yrd. Doç. Dr. Yiğit Karpat'a teşekkürlerimizi sunarız.

Aren AVADİSYAN
Kalite Güvence Birim Müdürü

TEPE MOBİLYA Tic. A.Ş.’den

Tepe Mobilya ülkemizin en eski ve en büyük mobilya üretim kapasitesine sahip şirketlerinden biridir. Tepe Mobilya tüm ürünlerini, E1 normunda malzeme ve Avrupa standartlarına uygun, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeden en son teknolojiyi kullanarak üretmektedir.

Tepe Mobilya, Avrupa Topluluğu'nun kabul ettiği tüm normlara uygun kalitesi ve ayrıntılardaki titizliği ile ürün yelpazesini sürekli yenilemekte ve zenginleştirmektedir.

Tepe Mobilya fabrikalarında her türlü ev, ofis mobilyalarında yüksek kalitede ve çağdaş standartlara uygun bir şekilde üretilmektedir. Bu ürünler hem Tepe Home mağazalarında, hem de Tepe Mobilya'nın Türkiye’de yaygın 60 adet bayiisinde ve de müşterilere sunulmaktadır. Ayrıca Tepe Mobilya fabrikalarında çok çeşitli projeli işlere yönelik üretim de yapılmaktadır.

Standart üretimin yanısıra **Tepe Mobilya**; kurulduğu günden bugüne kadar bir çok büyük projeye imza atmış ve bu alanda da aranan ve güvenilen bir firma olduğunu kanıtlamıştır. Oteller ve Turizm Kompleksleri, Eğitim Yapıları, İş Merkezleri, Konferans Salonları, Sağlık Yapıları, Mağazalar, Havaalanları gibi özellik ve uzmanlık gerektiren büyük kapsamlı projelerin komple dekorasyon ve tefriş işlerini de başarı ile yapmış ve yapmaya devam etmektedir.

Sonuç olarak; farklı fiyat seçenekleri ve tasarım zenginliği içeren standart ürünlerinin yanısıra, değişik konulardaki projeli dekorasyon işleri alanında da, bugün yurt içinde ve yurt dışında giderek büyüyen ve güçlenen yapısıyla **Tepe Mobilya**; taleplere en doğru ekonomik hızlı ve güvenilir çözümler sunmaya devam etmektedir.

İçinde bulunduğumuz sektör pek çok kişi ve grubun ilgisini çekmekte ve bu alanda ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Özellikle **Tepe Home** konsepti pek çok kişi için örnek olmakta, çeşitli yatırımcılar Tepe Home benzeri konseptler yaratmaya çalışmaktadırlar. Tepe Home uyguladığı mağazacılık anlayışıyla, ülkemizde alanında ilk ve tektir. Türkiye’de Tepe Home; alışveriş merkezlerinde büyük alanlarda kurulu, yaklaşık 30.000 çeşit ürünle faaliyet gösteren, her türlü mobilya, aksesuar, beyaz ve elektronik eşya ile küçük ev aletlerini bünyesinde bulunduran tek konsepttir.

Ülkemizin gelişmesinde Üniversite-Sanayi işbirliğine ve bilime inanmanın, tüm ekonomik kazancımızı bilime ve eğitime destek için Bilkent Üniversitesi Vakfı'na vermenin, bu sayede, bilim adamlarının yetişmesine katkıda bulunmanın haklı gururunu duymaktayız.

Bilgi ve tüm enerjilerini bu projede kullanmaktan kaçınmayan, Bilkent Üniversitesi Endüstri Bölümü proje ekibine (Team 22), Öğretim görevlilerine teşekkür ederiz...

İşbirliğimizin gelecek yıllarda da devamını dileriz..

Tepe Mobilya Tic A.Ş.

THY TEKNİK A.Ş. Üretim Planlama ve Kontrol Müdürü'nden

Türk Hava Yolları, 1933 yılından bu yana Türkiye'nin bayrak taşıyıcısı olarak hava taşımacılık hizmeti sunmaktadır. THY Teknik A.Ş. ise 2006 yılından beri Türk Hava Yolları'ndan ayrılarak kendi bünyesinde bir havacılık bakım ve onarım şirketi olarak faaliyetlerini sürdürmekte, başta Türk Hava Yolları olmak üzere yerel ve yabancı dünyanın bir çok hava yolu şirketi için bakım ve onarım hizmeti vermektedir.

Yılların birikimiyle elde edilen tecrübe ve kazanılan teknik bilgi ile birlikte, planlı ve plansız yapılan bakımların, uçak gövdelerine, motorlara ve komponentlere uygulanan kısmi veya tam onarım ve revizyonları, verimli ve sağlıklı bir şekilde Amerikan, Avrupa ve Türk Havacılık standartlarına uygun şekilde uygular.

THY Teknik A.Ş., İstanbul'da Yeşilköy Atatürk Havalimanı'nda sahip olduğu çok maksatlı donatılmış 2 hangarla aynı anda 5 geniş gövdeli ve 7 dar gövdeli uçağa bakım verebilecek kapasitededir.

THY Teknik A.Ş., aradaki bilgi alışverişinin her iki taraf için de faydalı olacağını farkında olup, üniversite-sanayi işbirliğine büyük önem vermektedir. Bu nedenle her sene bir çok üniversite öğrencisine şirket bünyesinde staj imkanı da vermektedir.

Bu sene stajyer olarak çalışanların bir adım ötesine geçerek, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileriyle "Malzeme İhtiyaç Planlaması" projesini hayata geçirmiştir. Bu proje, THY Teknik A.Ş. için önemli bir başlangıç noktası olacaktır. İlk etapta sadece Boeing 737-800 tipi uçaklara ait malzemeler için yapılan bu çalışma, önümüzdeki zamanlarda daha da geliştirilerek bütün envanter için uygulanabilir bir hale getirilebilecektir.

Yaklaşık dokuz ay gibi kısa bir zaman içinde, şirketin kendi dinamiklerini öğrenip bunlara uygun bir çalışma ortaya koyan Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Team 17 proje ekibine, proje ekip danışmanı Yrd. Doç. Dr. Alper Şen'e, proje dersi sorumlusu Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara'ya ve Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu'na teşekkür ediyoruz.

Saygılarımla.

Erhan ÖZCAN
Üretim Planlama ve Kontrol Müdürü

TURKCELL Mobil İnternet ve Dijital Medya Yönetimi Müdürlüğü'nden

Şubat 1994'te kurulduğu günden bu yana mobil iletişim dünyasındaki yenilikleri, dünyayla eş zamanlı olarak Türkiye'ye getiren ve abonelerine hayatı kolaylaştıran, zaman kazandıran, bilgiye kolay erişim sağlayan hizmet ve ürünler sunmayı amaçlayan Turkcell, altyapı geliştirme çalışmalarını bu yönde devam ettirmektedir. 20 bin kişiye istihdam olanağı yaratan Turkcell'in bugüne kadar ki yatırımları lisans bedeli haricinde 8 milyar doları aşmıştır.

Turkcell bugüne kadar ticari faaliyetlerinin yanı sıra, sosyal sorumluluğunun bilinciyle, topluma değer katacağına inandığı eğitimden teknolojiye, kültür-sanattan spora çeşitli etkinliklere de destek vermektedir. Turkcell'in bu faaliyetlerdeki amacı, ülkemizdeki nitelikli insan kaynağının geliştirilmesine katkıda bulunmaktır. "Kardelenler" projesi Turkcell'e, IPR Excellence Awards, Foundation of Women Executives'in Public Relations (WEPR) "Crystal Obelisk" ve PR News CSR Awards olmak üzere uluslararası platformlarda ödüller getirmiştir.

Elinizdeki kitapçıkta, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümü öğrencileri ile birlikte yürüttüğümüz, 3G ile yeniden şekillenecek internet pazarında, özellikle gençler segmentine yönelik genişbant internet ürünleri konusunda yapılmış bir proje var. Bu projede öğrencilerimiz sahip oldukları farklı bakış açıları, kullandıkları farklı sayısal yöntemleri, sanki içimizden biriymişçesine uygulamaya hazır bir şekilde sundular. 3G pazarında geliştirebileceğimiz yeni ürünlerin içeriği, konumlandırması ve fiyatlandırılması konularının gençlerin ihtiyaçları ile örtüştürülmesi adına bize bir ışık tuttular.

Gözlerinde ilerleyen dönemlerde çok önemli görevlerin üstesinden gelebilecek ışıltıyı hisettiğimiz tüm poje ekip üyelerine teşekkür ederiz.

Projemize katkıda bulunan, Proje Koordinatörü görevini yürüten Doç. Dr. Bahar Yetiş'e, projede Akademik Danışman olarak yer alan Bilkent Üniversitesi, İşletme Bölümü'nden Yrd. Doç. Dr. Destan Kandemir'e teşekkür ederiz.

Ülkemizde örneklerini çok az görebildiğimiz, Üniversite Sanayi İşbirliği konusunda oluşturduğu gelenekle, doyurucu örnekler sunan Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Üniversite'lerin Sanayi'ye yön vermesi konusunda bir deniz feneri konumunu üstlenmekte.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün bu konuma gelmesinde önemli katkıları olan Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu'nu tebrik ederiz.

Bilgen ALDAN
Turkcell Katma Değerli Servisler
Mobil İnternet & Dijital Medya Yönetimi

Onat ÜNAL
Turkcell Pazarlama
Veri Madenciliği

UNILEVER Türkiye'den

Unilever, 1930 yılında sabun üreticisi Lever Bros. Şirketi ve Margarin üreticisi Unie'nin ortaklığı ile kurulmuştur. Gıda, kişisel bakım ve ev bakımı ürünlerinden oluşan çok geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Dünyanın yaklaşık 150 ülkesinde her gün 150 milyon tüketiciye farklı markalarıyla ulaşan Unilever, 2007 yılındaki 40.1 milyar Euro cirosu ile dünyanın önde gelen şirketleri arasındaki yerini korumaktadır.

Araştırma Geliştirme faaliyetlerine her yıl ayırdığı ortalama 1 milyar Euro ile tüketicilerine en iyi ve en kaliteli ürünleri sunmakta, bilimsel çalışmalara öncülük ederek piyasadaki rekabet ortamını da hareketlendirmektedir. Sosyal sorumluluk çalışmalarına her yıl ayırdığı 60 milyon Euro ile yarına yatırım yapmakta ve var olduğu toplumların sosyal gelişmelerine katkıda bulunmaktadır.

Çok uluslu ve faaliyet gösterdiği ülkelerde yerel köklere çok bağlı bir şirket olan Unilever, 1952'den beri Türkiye pazarında aktif rol oynamaktadır. Birçoğu bulunduğu pazarlarda lider konumda olan Omo, Rinso, Domestos, Yumoş, Cif, Elidor, Dove, Clear, Rexona, Lux, Axe, Signal, Sana, Becel, Knorr, Komili, Lipton, Algida ve Amaze markalarının üreticisidir.

Unilever'in misyonu "hayata canlılık kazandırmaktır". İnsanların kendilerini iyi hissetmelerine, iyi görmelerine ve hayattan daha fazla keyif almalarına yardımcı olan markalarla günlük hijyen, beslenme ve kişisel bakım ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

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

Unilever'in içinde bulunduğu kategorileri raflarında tüketicilere satan değişik potansiyellerde yaklaşık 116.000 perakendeci bulunmaktadır. Unilever, 2007 yılında yaklaşık 22.000 noktaya distribütörler vasıtası ile doğrudan ulaşmaktadır. Geride kalan perakendecilere ise Unilever mamülleri dolaylı olarak ulaşmaktadır. Bu proje; dolaylı yolla ulaştığımız perakendecilere daha iyi hizmet vererek Unilever mamüllerinin bu bulunurluğunu artırırken stok seviyemizi de optimize etmek için gerçekleştirilmiş bir stok yönetimi çalışmasıdır. Proje

sonuçları detaylı olarak test edildikten sonra mevcut sistemin geliştirilmesi için kullanılacaktır.

Müşterilerine verdiği servise büyük önem gösteren Unilever'in mamüllerinin bulunurluğunu stok seviyesini de optimize ederek iyileştirmeyi sağlayacak olan bu projeye büyük önem vermekteyiz. Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne ve projede görev alan takım üyelerine çalışmalarından ve katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Tamer GÜNEŞ
Talep Planlama Müdürü (Gıda)

Bulaşık Makinesi İç Gövde Hattının Optimizasyonu

Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası

Proje Ekibi

Beste Becerik
Dinçer Kaya
Arda Küçük
Serkan Mütevellî
Barış Özdemir
Mert Yılmaztürk

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Güney Özaltan, Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi,
Üretim Müdürü

Akademik Danışman

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

ÖZET

Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası'nda montaj hatlarının etkin beslenememesi, yani mekanik ve iç gövde bölümlerinden çıkan parçaların montaj bantlarında üretimi aksatmamak için gereğinden fazla ara stok tutulması Arçelik'i hem finansal hem de üretim verimliliği açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Takım 14 olarak projemizin amacı Arçelik'in montaj hatlarının etkin beslenmesi amacıyla üretim planlaması sağlayacak bir Karar Destek Sistemi oluşturmaktır. Hazırlanan sistem Java platformunda yazılmış olup, girdi olarak Excel'i veritabanı olarak kullanmaktadır. Kurulan sistemin çıktılarını test etmek için Arena 11.0 benzetim programı kullanılmıştır. Şirkette uygulanma sürecine girilmiş olup, alacağımız geri bildirimler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılacaktır.

Anahtar Sözcükler: üretim planlama, etkin besleme, ara stok azaltma, benzetim modelleme, optimizasyon.

1. İşletme Tanıtımı

Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası 1992 yılında Ankara Sincan Organize Sanayi Bölgesi'nde kurulmuştur. 1993 yılında seri üretime başlayan kuruluş, 60cm standart solo ankastre ve 45cm standart solo ankastre ana modeller olacak şekilde toplam 500 adet farklı model üretmektedir. Arçelik ürettiği bulaşık makinelerini iç pazar haricinde, 5 farklı kıtada 60'a yakın ülkeye ihraç etmektedir. Ana iş hedefi olarak 2010 yılına kadar dünyanın tek çatı altında en büyük bulaşık makinesi üreticisi olmayı hedefleyen Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası, her geçen yıl yatırım yapmaya ve büyümeye devam etmektedir.

2. Proje Tanımı

Arçelik'te yapılan incelemeler ve proje danışmanlarından alınan geri bildirimler sonucunda, proje kapsamı üretim hattında yalın üretimin çekme prensibinin tam olarak uygulanmamasından kaynaklanan, çok sayıda ara stok oluşumu ve iş akış verimliliğinin sağlanamaması problemlerini çözmek olarak belirlenmiştir. Proje, iç gövde hattı hammaddelerinin sisteme girişinden iç gövde ve kapılarının montaj bantlarına ulaşmasına kadar olan bölümü kapsamaktadır.

Sistemin gözlemlenmesi ve analizi sonucunda oluşturulan eylem planı doğrultusunda, oluşturulacak senaryolara yardımcı olması ve proje çıktılarının test edilmesi amacıyla bir benzetim modeli oluşturulmuştur. Benzetim modeli ve sistem incelemelerinden sonra yalın üretim prensiplerinden çekmeye uygun teknikler kullanılarak bir üretim planı algoritması çıkarılmıştır. Bu veriler doğrultusunda yazılımın öngördüğü üretim planının testi, doğruluğu önceden onaylanmış benzetim modelimizde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak projemiz, Arçelik Bulaşık Makinesi iç gövde üretim hattının yukarıda belirtilen yalın üretim odaklı sorunlarını azaltacak bir üretim planı oluşturmaktır. Bu bağlamda proje çıktıları aşağıdaki şekildedir:

- Ara stok değerlerinin azaltıldığı ve operasyonların koordinasyonunun sağlandığı bir üretim planlama algoritması.
- Arçelik'in kullanmakta olduğu haftalık montaj üretim taleplerini belirlenen üretim temposunu göz önünde bulundurarak günlük montaj üretim talebine dönüştüren bir algoritma.
- Yukarıdaki iki algoritmadan faydalanarak üretim temposuna göre güncellenebilen ve çıktı olarak üretim planı sunan bir karar destek sistemi.

3. Analiz

Analiz safhası, sistemin eksiklerinin ve gereksinimlerinin daha iyi anlaşılması ve sisteme en uygun yaklaşımın oluşturulması için önem teşkil etmektedir. Bu yaklaşımla birlikte analiz süreci, mevcut sistemin analizi ve problem tanımı olarak iki ana başlık altında değerlendirilmiştir.

3.1. Mevcut sistem

Arçelik iç gövde üretimini mekanik ve iç gövde bölümü olmak üzere iki bölümde tamamlamaktadır. 45cm'lik, 60 cm'lik ve talltub olmak üzere üç ana tipte iç gövde üretimi yapılmaktadır.(Değerler iç gövdelerin enlerini temsil etmektedir.) Bölümler arası koordinasyonun sağlandığı günlük sabah toplantılarından edinilen verilerle, ustabaşları gelen haftalık üretim planlarını deneyimlerine dayalı olarak, herhangi bir bilimsel yöntem olmaksızın şu şekilde oluşturmaktadırlar: Montaj hattı için oluşturulan haftalık talepler 45cm'lik, 60cm'lik ve talltub için ayrılır. En yakın 45cm'lik bulaşık makinesinin talebinin teslim zamanı baz alınarak o haftanın bütün 45cm'lik iç gövdeleri üretilir. Haftanın kalan zamanında 60cm'lik iç gövdeler üretilir. Talep miktarının diğer iç gövdelere göre az olması sebebiyle talltub iç gövdeler, o ayın haftalık talep listelerinden ayrılır. En yakın teslim süresi baz alınarak her ayın herhangi bir gününde aylık talltub iç gövdeleri üretilir. Bu üretim tekniği kurulum sürelerini aza indirmektedir fakat fabrikada oluşan yüksek miktarda ara stok sorun teşkil etmektedir. Ayrıca ara stokların çok beklemesinden dolayı oluşan hurda fazla maliyete sebep olmaktadır.

3.2. Üretim akışı

Arçelik'in mevcut sistemi, ham madde olarak kullanılan sacların mekanik bölümlerdeki hidrolik preslere gönderilmesi ile başlamaktadır. Hidrolik pres makinelerinde alt, üst, C ve iç kapılar basılmaktadır. Bu parçalar Ek 1'de görülmektedir. Mekanik bölümü hidrolik pres makinelerinden oluşmaktadır ve her yarı mamul birden fazla makinede farklı operasyon süreleri ile üretilebilmektedir. Sac kalitelerine ve ölçülerine göre 23 farklı yarı mamul bulunmaktadır. Hidrolik preslerde yarı mamul haline gelen saclar iç gövde üretim hatlarında işlenmektedir. İç gövde bölümü; kenet tezgahları ve bitüm tezgahlarından oluşmaktadır. Mekanik bölümden çıkan 45cm ve 60 cm'lik yarı mamuller alt, üst ve C parçaları birleştirilmek üzere ayrı kenet hatlarına gönderilirler. Bu işlemden sonra 45cm ve 60cm'lik gövdeler yalıtım amaçlı bitüm fırınlarında işleme tabi tutulurlar. Çerçeve ve travers parçalarının oluşturulan gövdeler ile birleştirilmesi diğer kenet tezgahında sağlanır. Daha sonra gövdeler montaj hatlarına gönderilirler. Hidrolik preslerden çıkan iç kapılar, iç gövde bölümünde işlem görüp montaj hatlarına sevk edilirler.

3.3. Problem Tanımı

Projemizin problem tanımı proje ve akademik danışmanlarımızla yaptığımız görüşmeler ve sistem analizi sonucunda belirlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda problem, yalın üretim prensiplerinin tam olarak uygulanamaması neticesinde, montaj hatlarının etkin beslenememesi ve yüksek ara stok miktarı olarak tanımlanmıştır. Bu sorunlar, üretim

verimliliğinin düşmesine ve sonuç olarak şirket için para kaybına yol açmaktadır.

4. Önerilen Yöntem

Sistem analizi ve problem tanımından sonra probleme çözüm olarak; bölümler arası stok miktarını azaltan ve montaj hattının etkin beslenmesini sağlayan bir karar destek sistemi tasarlanmış ve bir yazılım geliştirilmiştir. Bölümlerin ustabaşları ile yaptığımız görüşmeler geliştirdiğimiz algoritma için taban oluşturmuştur. Bu geliştirilen yazılımı mekanik ve iç gövde bölümleri için iki ayrı bölümde ele alırsak; mekanik bölümünde yer alan hidrolik preslerin toplam operasyon sürelerini dengeleyen ve aynı zamanda montaj hattının etkin beslenmesini sağlayacak bir sezgisel yöntem geliştirilmiştir. Diğer taraftan, mekanik bölümünü takip eden iç gövde hattının da eş zamanlı halde ilerlemesini yani yakın zamanlarda hidrolikten çıkan alt üst c parçaların kenet operasyonunda birleşmesini sağlayan sonuç olarak da ara stok değerlerini düşürmesini sağlayan üretim planları program içerisinde düzenlenmiştir.

4.1. Genel yaklaşım

Arçelik'te aylık talepler haftalık taleplere bölünmektedir. Projenin bir beklentisi olarak geliştirilen karar destek sistemi bu haftalık talepleri montaj hattını geciktirmeyecek şekilde günlük taleplere bölmektedir. Karar destek sistemi kullanıcısı üretim planlama bölümünden aldığı haftalık talep verilerini MS Excel programında geliştirilen ara yüz sayesinde programa girecek ve çıktı olarak günlük üretim miktarlarını elde edecektir. Daha sonra diğer bir algoritma sayesinde günlük üretim miktarları operasyonlara dağıtılacaktır ve böylelikle günlük üretim planı oluşturulacaktır. Programın çıktısı olan günlük üretim planları hangi makinede, hangi işin, hangi sırada ve kaç adet yapılacağını belirtmektedir. Bu sayede her bir makinenin ustabaşlarına gün boyunca izleyeceği çizelge sunulacaktır.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

4.2.1. Haftalık taleplerin günlük taleplere bölünmesi

Projenin çözüm aşamasında Arçelik'teki yetkililer ile yapılan görüşmeler sonucunda Arçelik bünyesinde varolan JAVA platformu seçilmiştir. Karar destek sisteminin örnek java kodu Ek 2'de verilmiştir. Arçelik'in daha önce tallub iç gövdeler için kullanmakta olduğu üretim planlaması devam ettirilmektedir. Haftalık talep listesindeki 45cm ve 60cm'lik iç gövdeler bir başka MS Excel programı ile günlük taleplere bölünür. Bu bölme aşamasında, montaj hattının talep listesindeki her bir 60'lık ve 45'lik iç gövde adedi, bir gövde için geçen çevrimiçi süresi ile çarpılıp toplanır. Süre üç vardiyalık zamana ulaştığında talep listesindeki o basamakta günlük üretim kesilir.

4.2.2. Günlük talepler için üretim planlaması

Haftalık talepler günlüğe bölüldükten sonra montaj hattından çekme yöntemiyle sırasıyla işler iç gövde ve mekanik bölümüne verilirler. Java kodunu oluşturan sezgisel yaklaşımın adımları aşağıda verilmiştir:

1. Montaj hattından alınan üretim sırası 60'lık ve 45'lik iç gövde için toplam süresi en az olan kenet tezgahına verilir. Sonraki her sıra için kenetlerin toplam üretim süreleri karşılaştırılarak atama işlemi dögüsel olarak devam eder.
2. 60'lık ve 45'lik Kenet'lerin yenilenen sırası bitüm operasyonlarına aynen verilir.
3. 1. maddedeki dögüsel işlem diğer kenet operasyonu için tekrarlanır. Diğer kenet operasyonu için de üretim planı oluşturulmuş olur.
4. Kenet operasyonlarından önce bulunan hidrolik operasyonlarına, kenet operasyonlarının üretim planı sıralanır. Sırada bulunan gövde tipi alt, üst, C ve iç kapı parçalarına ayrılır. Gün içinde farklı üretim sırasında olan aynı tip alt üst c parçaları birleştirilir ve hidrolik pres makinelerinde beraber en kısa sürede yapıldıkları makineye atanır. Her bir işlemde sonra preslerin toplam operasyon süreleri ve kurulum süreleri toplanır. Bir sonraki iş atandığında hangi hidrolikte toplam süre daha az olarsa o makineye sıradaki iş atanır.
5. Hidrolik operasyonlarında her iç gövde için aynı metot uygulanarak üretim planı oluşturulur.

Arçelik üretim planlama bölümü tarafından belirlenen haftalık programda montajın talebi iş, adet ve sıra olarak verilmektedir. Geliştirilen program montaj hattının talebini geciktirmemeyi amaçlamaktadır ancak gecikme durumunda talep ara stoktan temin edilmektedir. Böylelikle iç gövde ve mekanik bölümü birbirinin iş planını takip edecek şekilde planlanmış ve ara stok değerleri azaltılmıştır.

4.3. Karar destek sistemi

Yukarıdaki sezgisel yöntemler doğrultusunda Java platformunda oluşturulan karar destek sistemimiz montaj hattından gelen taleplerin yetiştirilme zamanlarını (duedate) sistemde çekme yöntemiyle her bir makineye atayarak etkin besleme gerçekleştirmektedir. Bu nedenle sistem içinde düzgün bir akış sağlandığı için ara stok değerleri azaltılmıştır. Ayrıca yukarıda geliştirilen sezgisel yöntemlerle hem ara stok miktarlarında hem de toplam operasyon sürelerinde düşüş sağlanmıştır.

Bu karar destek sistemi kullanıcı dostu bir ara yüz ile desteklenerek Arçelik'in kullanabileceği bir hale dönüştürülmüştür. Ara yüz Ek 3'te gösterilmiştir.

Karar destek sistemi kullanıcısı girdi olarak haftalık montaj talep listesini programa girecek ve program çıktı olarak haftanın her günü için makine bazlı üretim planı oluşturacaktır. Bu üretim planları .txt formatında kullanıcıya rapor edilecektir. Programın ortalama çalışma süresi 5–10 sn arasındadır. Programın kodlanması ileriye dönük değişikliklere uygun şekilde tasarlanmıştır.

4.4. Benzetim modellemesi

Mevcut Arçelik iç gövde üretim hattı incelendikten ve gerekli veriler toplandıktan sonra karar destek sisteminin analizi ve test edilmesi için bir benzetim modellemesi yapıldı. Benzetim modelinin ekran görüntüsü Ek 4'te verilmiştir. Benzetim modellemesi Rockwell Software ARENA 11.0 platformunda yapıldı. Oluşturulan modelleme sistemin içindeki her noktadaki ara stok sayısını, toplam üretim sayısını ve zamanını, kurulum sayılarını hesaplayacak şekilde yapılmıştır. Geliştirilen karar destek sisteminin test edilmesi amacıyla Arçelik'in geçmiş 4 haftalık üretim planı sisteme girilmiş ve günlük üretim planları elde edilmiştir. Bu üretim planları daha önce geliştirdiğimiz benzetim modeline yansıtılıp birebir gözlemlendiğimiz ara stok değerleri ile kontrol edilmiştir. Karar destek sisteminin gerçek sistemdeki uygulaması önümüzdeki günlerde Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikasında birebir yapılacaktır. Ayrıca Arçelik'e karar destek sisteminin performansını görsel halde sunmak için animasyon yapılmıştır. Böylece karar destek sisteminin akış şeması görsel bir şekilde de test edilebilmektedir.

5. Uygulama Planı

Karar destek sistemi Arçelik'e tanıtıldıktan sonra en kısa sürede uygulamaya başlanılacaktır. Kullanıcı bilgisayarına yüklenecek karar destek sistemi aldığı haftalık talebi günlere bölerek her gün için ayrı bir üretim planı oluşturmaktadır. Bu .txt formatındaki üretim planları Arçelik'in mevcut iletişim yöntemi olan elektronik posta yoluyla iç gövde bölümündeki sorumlu ustabaşına gönderilecektir. Operasyon bazlı üretim çizelgesi her bir operasyondan sorumlu ustabaşlarına dağıtılacak ve üretim bu çizelge doğrultusunda gerçekleşecektir.

Karar destek sisteminin şirkette uygulanmasında izlenecek olan ilk basamak, kullanıcılara sistem ve kullanımı hakkında eğitim verilmesidir. Karar destek sistemi ile birlikte sağlanacak olan kullanım kılavuzu ise ileride karşılaşılabilecek problemler için çözüm önerileri sunmaktadır.

Karar destek sisteminin şirkette uygulanması için belirlenen günlerdeki üretim talepleri programa girilerek bir üretim planı

çıkartılacak ve çıkartılan bu planlar üretimde birebir kullanılarak sonuçları gözlemlenecektir. Bu gözlemlerden çıkarılan sonuçlar analiz edilerek soruna yol açan kısımlar belirlenecek ve bu sorunlar için çözümler geliştirilecektir. Geliştirilen çözümlerin benzetim modelinde test edilmesinin ardından olumlu bulunanlar yeniden sisteme uygulanacaktır.

6. Genel Değerlendirme

Geliştirmiş olduğumuz karar destek sisteminin çıktıları benzetim modeline aktarılarak test edilmiştir. Bu test aşamasını benzetim modelinde gerçekleştirmemizin sebebi, oluşabilecek problemleri önceden tespit edip karar destek sisteminin şirkette uygulanmasından önce gerekli düzenlemeleri yapabilmektir. Arena platformunda yapılan testler sırasında tespit edilen problemler endüstriyel ve akademik danışmanlarımızla yaptığımız görüşmeler sırasında aldığımız geribildirimler göz önüne alınarak giderilmiştir.

Arçelik'in mevcut üretim planı kurulum sayılarını en aza indirecek şekilde yüksek ara stok miktarı ile çalışarak montajı besleme prensibine dayalıdır. Makineler, günde en fazla 3-4 çeşit iç gövde tipi üreterek montajı beslemektedir. Ancak yüksek miktarda ara stok tutulması, ara stokta bekleyen gövdelerin hurdaya ayrılma riskini de artırmaktadır. Bu artış maliyetlere de olumsuz olarak yansımaktadır. Endüstriyel danışmanlarımızdan aldığımız geribildirimler doğrultusunda geliştirdiğimiz sistem, montaj hattının üretim taleplerini belirlenen sırada ve zamanda karşılamasını sağlamaktadır. Hidrolik ve kenet makinelerinin de verimli bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayarak montaj hattının üretim taleplerini karşılanması için gereken sürenin düşürülmesi sağlanmıştır.

Karar destek sisteminde kullanılan örnek üretim planı benzetim modelinde çalıştırılmıştır. Üretim planı montaj hattını gecikmesiz beslemeyi amaçlar ancak herhangi bir gecikme durumunda güvenlik stoğu tutarak montaj hattı geciktirilmemektedir. Benzetim modeli yardımıyla belirlenen tablodaki ara stok miktarları ile üretim planı günlük talebi de karşılamaktadır. Belirtilen ara stok değerleri ile uygulanmaya başlandığında sistem günlük talep verilerini karşılamakta ve de bir sonraki gün için benzer stok miktarlarını biriktirmektedir.

<i>Mevcut ara stok miktarı</i>	<i>İndirgenen ara stok miktarı</i>
3500	2000 ± 500

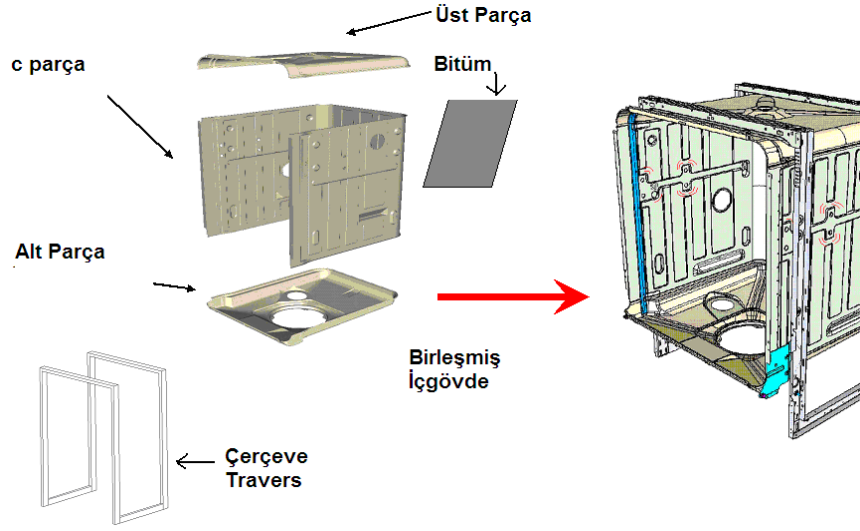
7. İleriye Dönük Geliştirme Olanakları

Projenin çözümüne yönelik geliştirilen senaryolar proje danışmanlarının isteği doğrultusunda, mevcut sistem göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Diğer bir deyiş ile sisteme yeni bir donanım (makine,

yeni bir üretim hattı vb.) eklenmemiştir. Fabrikanın yerleşim planında, operasyonların sırasında ve personel sayısında da herhangi bir değişiklik söz konusu değildir. Hazırlanmış olduğumuz Karar Destek Sistemi, evrensel bir kodlama dili olan Java ile programlanmıştır. Karar Destek Sisteminin Java platformunda kodlanması daha sonraki aşamalarda sisteme eklenecek ek değişkenler ve sınırlamalar için kolayca güncellenebilen esnek bir yapı sağlamaktadır. Sisteme daha sonradan bir makine veya bölüm eklenmesi ya da çıkarılması bu eklemelere örnek olarak gösterilebilir. Bu esneklik, Arçelik'e üretim kapasitesi artırımlarında veya genişleme politikalarında kolaylık sağlayacaktır. Karar destek sistemi ile birlikte hazırlanan kullanım kılavuzu kullanıcılara programın kodunda yapabilecekleri olası değişiklikler için yardımcı olacaktır. Bu ara yüz kullanım kolaylığı sağlaması amacıyla MS Excel tabanında hazırlanmıştır. Sistemin şirkette uygulanması esnasında ustabaşları ve mühendislere program hakkında gerekli eğitim bu ara yüz yardımıyla verilecektir. Bu eğitim sonrasında alınacak geribildirimler doğrultusunda ara yüz güncellenecektir.

EKLER

Ek 1. Gövdeyi oluşturan parçalar



Ek 2. Örnek java kodu

```
icgovde.java
}
//machine 0-1 are scheduled ends

//machines 4-5 are scheduled begins
kk = 0;
jj = 0;
for(int i=0; i<numberOfJobs; i++){
    if(dataMatrix[i][0] == 60 && (dataMatrix[i][1] >0) ){

        setupImp1 = 0;
        setupImp2 = 0;
        if(kk-1 >= 0){
            if( dataMatrix[i][2] == dataMatrix[(int)mach4[kk-1]][2] ) setupImp1 = 0;
            else setupImp1 = setupTime;
        }

        if(jj-1 >= 0){
            if( dataMatrix[i][2] == dataMatrix[(int)mach5[jj-1]][2] ) setupImp2 = 0;
            else setupImp2 = setupTime;
        }
    }
}

General Output
Ust Parca - 45lik ust parca(100)
Alt Parca - 304 kalite sac tuz kutusuz(100)

The Schedule of : Hidrolic 4(Total Time: 108450.0)
C Parca - 45lik C Parca fan deliksiz(100)
Ust Parca - 45lik ust parca(100)
C Parca - 60lik C304 kalite sac deliksiz(50)
Alt Parca - 304 kalite sac tuz kutusuz(50)
Alt Parca - 304 kalite sac tuz kutusuz(100)
Alt Parca - 304 kalite sac tuz kutusuz(100)
Iç Kapi - 04 T. Bitim(100)
C Parca - 60lik C430 kalite sac fan delikli(100)
Alt Parca - 430 kalite sac tuz butulu(100)
```

```
Gunluk.java
int totalItems60 = 0;
int totalItems45 = 0;
int day = 1;
boolean dayIsFull45 = false, dayIsFull60 = false;

while(!al.isEmpty()){
    BufferedWriter writer = new BufferedWriter(new FileWriter("gun="+day+".txt"));

    while(!al.size() && (!dayIsFull45 || !dayIsFull60) ){
        double[] dataArray2 = (double[]) al.get(i);
        System.out.println("="+dataArray2[0]);
        if(dataArray2[2] == 45 && !dayIsFull45){
            if( (totalItems45 + dataArray2[1]) < maxItems45 ){
                totalItems45 += dataArray2[1];
                al.remove(i);
                writer.write(new Integer((int)dataArray2[0]+1).toString());
                writer.newLine();
                writer.write(new Integer((int)dataArray2[1]).toString());
                writer.newLine();
            }
        }
    }
}

General Output
*4.0
*0.0
*2.0
*5.0
*6.0
*7.0
*8.0
*9.0
*10.0
*3.0
*6.0
*11.0
*3.0
*4.0
*0.0
*3.0

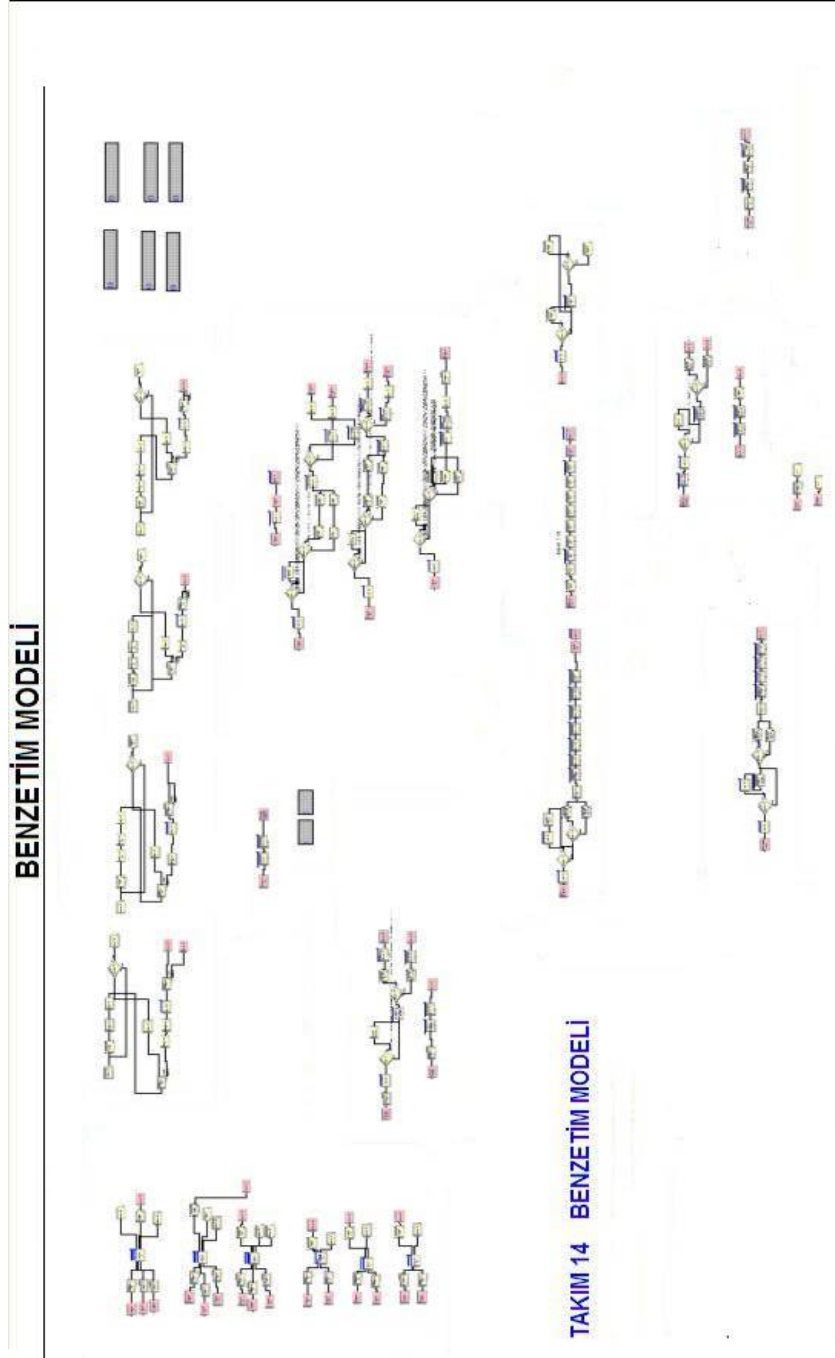
Process completed.

Build Output | General Output
For Help, press F1
```


Ek 3. Kullanıcı ara yüzü

	A	B	C	D	E	F	G	I
1	ÜRETİM TİPİ VE ADETLERİNİ GİRİNİZ				GÜNLÜK ÜRETİLEBİLECEK MİKTAR			
2	GÖVDE TİPİ	ÜRETİM ADEDI	Temizle	gövde tipleri	GÜNLÜK ÜRETİLEBİLECEK MİKTAR	ÜRETİM ADEDI		ÜRETİM PLANI
3	gövde tipi 1	50,00		gövde tipi 1	gövde tipi 1	50,00		*****
4	gövde tipi 2	60,00	GÜNLÜK ÜRETİM PLANINI ÇIKAR	gövde tipi 2	gövde tipi 2	60,00		***The scheduling of the 45 sect
5	gövde tipi 3	70,00		gövde tipi 3	gövde tipi 3	70,00		*****
6	gövde tipi 4	80,00		gövde tipi 4	gövde tipi 4	80,00		*****
7	gövde tipi 5	90,00	GÜNLÜK ÜRETİM PLANI PROGRAMINI ÇALIŞTIR	gövde tipi 5	gövde tipi 5	90,00		*****
8	gövde tipi 6	100,00		gövde tipi 6	gövde tipi 6	100,00		***The scheduling of the 80 sect
9	gövde tipi 7	110,00		gövde tipi 7	gövde tipi 7	110,00		*****
10	gövde tipi 8	120,00	GÜNLÜK ÜRETİM PLANINI GÖSTER	gövde tipi 8	gövde tipi 8	120,00		*****
11	gövde tipi 9	130,00		gövde tipi 9	gövde tipi 9	130,00		*****
12	gövde tipi 10	140,00		gövde tipi 10	gövde tipi 10	140,00		***The items assigned to the hid
13	gövde tipi 11	150,00		gövde tipi 11	gövde tipi 11	150,00		*****
14	gövde tipi 12	160,00	ÜRETİM PLANI PROGRAMINI ÇALIŞTIR	gövde tipi 12	gövde tipi 12	160,00		*****
15	gövde tipi 13	170,00		gövde tipi 13	gövde tipi 13	170,00		*****
16	gövde tipi 14	180,00		gövde tipi 14	gövde tipi 14	180,00		*****
17	gövde tipi 15	190,00	GÜNLÜK ÜRETİM PLANINI GÖSTER	gövde tipi 15	gövde tipi 15	190,00		*****
18	gövde tipi 16	200,00						
19	gövde tipi 17	210,00						
20	gövde tipi 18	220,00						
21	gövde tipi 19	230,00						
22	gövde tipi 20	240,00						
23	gövde tipi 21	250,00						
24	gövde tipi 22	260,00						
25	gövde tipi 23	270,00						
26	gövde tipi 24	280,00						
27	gövde tipi 25	290,00						
28	gövde tipi 26	300,00						
29								
30								

Ek 4. Benzetim modeli



Çizelgeleme Karar Destek Mekanizması Geliştirilmesi

Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası

Proje Ekibi

Ali Onur Berkün
Yasemin Çayır
Arda Ecevit
Mustafa Gerçik
Beran Önal

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
Ankara

Şirket Danışmanları

Güney Özaltan, Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi, Üretim Müdürü
Neslim Hancılar, Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi, Kalite Uzmanı

Akademik Danışmanlar

Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. İhsan Sabuncuoğlu, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde üretim esnasında gerçekleşen ürün tipi geçişlerinden kaynaklanan makine kurulum sürelerini , bu ürün tiplerinin doğru parti büyüklüklerini göz önüne alarak oluşturulacak üretim planlama sisteminin eksikliği verimlilik sürecini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu projenin amacı, efektif bir şekilde iş-makine görevlendirmesi yapabilen, bu departman için geçerli olan geçiş süresini ve yine bu departmanda tutulan ara stok seviyelerini iyileştiren, haftalık üretim planı çıktısı sağlayan, hızlı ve kullanıcı dostu bir karar destek mekanizması tasarlayıp uygulamak olarak açıklanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Geçiş süresi iyileştirme, Ara stok seviyesi iyileştirme, Sıraya bağlı kurulum zamanları, Parça kümeleme, Üretim planlama, GUI (Grafik Kullanıcı Arabirimi).

1. İşletme Tanıtımı

İlk bulaşık makinesi üretimine 1985’de Çayırova Tesisleri’nde başlayan Arçelik A.Ş. , 1992’de Ankara Sincan’daki Organize Sanayi Bölgesi’nde Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi’nin temellerini atmıştır.İşletmenin üretim adedi, faaliyete geçtiği 1993 yılında 34 bin 273 iken, teknolojisindeki gelişmeler ile daha esnek ve akıllı ürünler üretilmeye başlanan işletmenin kurulu kapasitesi 2008 yılında günlük 5000 gibi bir rakama ulaşmıştır.Ürün gamına ankastre ürünleri de ekleyen işletme üretim kalitesini AA ürün performansı ile uluslararası kalite standartlarına taşıyarak tam boy,yarım ankastre ve tam ankastre ürünlerden oluşan 600 farklı model ve markada üretim yapmaktadır.Ankara’daki 109 bin metrekarelik tesiste, Arçelik A.Ş kendi teknolojisi ile ürettiği bulaşık makinelerini, çoğu Avrupa Birliği ülkesi olmak üzere toplam 63 ülkeye ihraç etmektedir ve şirket 2007 yılını 6.6 milyar YTL konsolide ciro ile kapatmıştır.

2. Projenin Tanımı

Güçlü üretim teknolojisi ve birçok farklı modelde üretim yapabilecek donanımına sahip olan firmanın üretimin kalbi olarak görülen mekanik departmanında, etkili bir iş-makine ataması ve üretim planlama metodolojisi bulunmamaktadır. Ürün çeşitliliğinin ve üretim sayısının düşük olduğu bir kuruluştta üretimin makine görevlendirme bazında planlanmasının çok zor olmayacağı düşünülebilir. Ancak, firma dünyanın 63 farklı ülkesine 600 farklı model ihraç etmektedir. Böylesine geniş bir ürün yelpazesine sahip bir işletmede, üretim esnasında gerçekleşen ürün tipi geçişlerinden kaynaklanan makine kurulum sürelerini, bu ürün tiplerinin doğru parti büyüklüğünü göz önüne alarak oluşturulacak üretim planlama sisteminin gerekliliği önemle göze çarpmaktadır. Proje kapsamında ürünlerin hammadde olarak , farklı tonajlarda iki pres makinesi ve bir dış kapı üretim hattından oluşan mekanik departmanından girişi ile başlayan ve boyahane departmanından çıkışı ile son bulan süreç esas alınmıştır.Proje amacı efektif bir şekilde iş-makine görevlendirmesi yapabilen, bu departman için geçerli olan geçiş süresini ve yine bu departmanda tutulan ara stok seviyelerini minimize eden, haftalık üretim planı çıktısı sağlayan bir karar destek sistemi sunmak olarak açıklanmıştır.

3. Analiz

3.1. Mevcut sistem analizi

Proje kapsamında incelemeye alınan üretim akışı ayrıntılı bir şekilde Ek 1’de yer almaktadır. Mekanik üretim departmanı farklı tonajlarda iki pres makinesi ve Dış Kapı Üretim Hattı’ndan oluşmaktadır.

Dış Kapı Hattı'nda üretilen paslanmaz dış kapı ailesi dışında, Mekanik Üretim Departmanı'ndan çıkan parçalar proje kapsamında ikinci aşama olarak görülen Boyahane'ye transfer edilmektedir. Boyahane 55 şasi , 355 yanduvuar ve dış kapı askısından oluşan konveyörün boya kabinleri içerisinde rotasyonu prensibiyle çalışmaktadır. Boyahane için işlem zamanı olan, taşıyıcının bir tam turu 72 dakika sürmektedir. Beyaz ve LG ana renk olarak üretimin %80'ini oluşturmaktadır, gümüş, siyah ve inox ise daha az kullanılan diğer renklerdir.

Sistemde kurulum türü ve zamanları bir önceki parça tipine göre değişkenlik göstermektedir. Mekanik Üretim Departmanı'nda pres makinelerinde parça üretimi transfer ayarlaması olarak adlandırılan minör kurulum ya da kalıp değişimi olarak adlandırılan majör kurulumu takiben minör bir kurulum gerektirmektedir. Dış kapı hattında ise, kurulum süreleri 15 ile 480 dakika arasında ürün tiplerine göre değişkenlik göstermektedir. Boyahane Departmanı iki adet renk kabininden oluşmaktadır. Bunlardan biri beyaz renkli parçaların, diğer kabin ise diğer renkteki parçaların boyandığı kabindir. Boyahane'de bir renkten diğer bir renge geçiş 2,5 saatte gerçekleşmektedir ve bu süreçte yalnızca beyaz parçalar boyanabilmektedir.

Proje kapsamında geçiş süresinin uzun oluşu, mekanik üretim sonrasında ve boyahane sonrasında oluşan ara stok seviyelerinin yüksek oluşu ana semptomlar olarak tespit edilmiştir. Mevcut sistemde, geçiş süresi olarak tanımlanan hammaddelerin mekanik üretime girişi ile başlayan ve boyahane'den çıkışı ile son bulan süreç firma tarafından beklenen düzeyin üzerinde olup ortalama 4 gün sürmektedir. Sistem içerisinde oluşan ara stok seviyeleri ise parça türlerine göre günlük verilerle Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Mekanik üretim ve boyahane arasında oluşan günlük ortalama ara stok seviyeleri.

Şasi	5,000 parça
Yan Duvar	15,000-17,000 parça
Dış Kapı	15,000-17,000 parça
Toplam	35,000-39,000 parça

Boyahane sonrasında oluşan ara stok seviyesi ise tüm parçalar için ortalama toplam olarak 23,000 adet olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Günlük talep seviyeleri.

Şasi	5,000 parça
Yan Duvar	10,000 parça
Dış Kapı	5,000 parça
Toplam	20,000 parça

Gerçekleştirilen analiz ve gözlemlerin ardından görülmüştür ki; proje kapsamındaki üretim akışı ve planı ustabaşları tarafından, o günkü stok seviyeleri ve talep miktarına göre özerk bir kararlar üretilmektedir. Ancak, yukarıda belirtilen özelliklere sahip bir sistemde gerek yüksek ürün çeşitliliği gerekse yüksek üretim hacmi sebebiyle doğru ve efektif bir üretim planlamasının bilimsel bir yöntemle yapılmasının gerekliliği açıkça ortaya konulmuştur.

3.2. Problem tanımı

Mekanik üretim hattına giren parçaların montaj bandına girişlerine kadar olan geçiş sürelerinin uzun oluşu ve bu parçaların ara stok seviyelerinin yüksek oluşu gibi ana semptomların ışığında, proje kapsamında incelenen alanda yalın üretim prensiplerinin uygulanmaması ve herhangi bir üretim planlama sistemi ya da metodolojisi kullanılmaması problem tanımı olarak açıklanmıştır. Tüm bunlara ek olarak endüstriyel danışmanlarla gerçekleştirilen görüşmelerde, ara stokların üretim alanında büyük bir alan işgal etmeleri, ve daha önemlisi bu stokları oluşturan parçaların, yeterli stok alanı olmayışı sebebiyle, yere koyulmasıyla meydana gelen yüksek hurda ve kayıp seviyeleri göz önünde bulundurulmuş şikayetlerdir.

3.3. Literatür taraması

Literatür taraması gerçekleştirilmeden önce, sistem tüm özellikleriyle planlama terminolojisi esas alınarak yeniden tanımlanmıştır. Buna göre proje kapsamı 2 aşamalı bir sistemden oluşmaktadır. Literatür terminolojisi ile, sistemin bileşenleri aşağıdadır:

- Talep zamanları
- Parçaları kümeleme

Aşama I (Mekanik Üretim):

- Sınırsız hammadde temini
- Sıraya bağlı kurulum zamanları
 - Minör kurulum zamanları
 - Major kurulum zamanları
- Üç adet birbirinden ilişkisiz paralel makine
- Sabit işlem süresine sahip iki makine
- Parçe türüne bağlı işlem süresine sahip bir makine

- Ürünler alternatif makinelerde üretilemez

Aşama II (Boyahane):

- 72 dakikalık sabit işlem süresi
- 410 askılık rotasyonel hareket eden taşıyıcı (Bunlardan 55'i şasi, 355'i ise yan duvar ve dış kapı askısı olarak kullanılmaktadır).

Literatür taraması sonucunda, sistem özelliklerini göz önünde bulundurarak istenilen objektifleri sağlamak amacıyla ATC Sezgisel yöntemi temel alınarak çözüm yöntemi oluşturulmuştur.

4. Önerilen Yöntem

Önerilen yöntem, efektif bir şekilde iş-makine görevlendirmesi yapabilen, bu departman için geçerli olan geçiş süreçlerini ve yine bu departmanda tutulan ara stok seviyelerini minimize eden, haftalık üretim planı çıktısı sağlayan ve yalın üretim prensiplerini esas alarak çalışan bir karar destek sistemi kullanmak olarak açıklanmıştır.

4.1. Genel yaklaşım

Çözüm yöntemleri şekillendirilirken, firma önerileri/şikayetleri ve sistem gereksinimleri göz önünde bulundurulmuştur.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

4.2.1. Sezgisel yöntem

Seri olarak çalışan iki ana istasyonu içeren sistem tanımı gereğince, çözüme ulaşmak için istasyonların çizelgelemelerinin sondan başlayıp geriye doğru giderek oluşturulması kararı alınmıştır. Söz konusu yöntem, fabrikada şu anda uygulanan çekme sistemi ile de paralellik gösterip, bu uygulamayı daha da sistematik bir hale getirecektir. Bu doğrultuda geliştirdiğimiz yazılımın uygulayacağı çözüm yöntemi ana hatları ile aşağıda adım adım listelenmiştir:

1. Boyahane çizelgesinin oluşturulması
2. Boyahane'de işlenen parçaların, çizelgeye göre boyahanedeki işleme başlama zamanlarının Mekanik Üretim'deki işlem bitiş zamanları değerlerine atanması
3. Mekanik Üretim'deki DKH, 800T ve 1250T makine ve üretim hatlarının geliştirilen algoritma ve sezgisel yöntem doğrultusunda çizelgelemelerinin yapılması

4.3. Çizelgeleme oluşturma

4.3.1. Boyahane çizelgelemesinin oluşturulması

Literatür taramalarımız sonucunda, Boyahane'de kullanılacak olan algoritma ATC (Apparent Tardiness Cost Heuristic) adlı sezgisel yöntemi baz alarak oluşturulmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda istasyondaki boya değişimlerinin getirdiği kısıtların oluşturulan çizelgeler üzerinde önemli ölçüde etkisi olacağı anlaşılmış ve algoritmaya gerekli adımlar eklenmiştir. Söz konusu kısıtlar şunlardır:

1. Siyah boya gerektiren işler, maliyet açısından bir arada çizelgenmelidirler.
2. Boya değişimi sırasındaki kurulum süresi 2.5 saat olup, bu süre içinde yalnızca beyaz boya gerektiren işler çizelgenelenebilir.

Şasi ve diğer parçalar için iki ayrı tip askı bulunması ve diğer yapısal karakterler sonucunda, bu iki farklı askı grubu için ayrı çizelgeler oluşturulması gerektiğine karar verilmiştir. Şasiler boyanmayıp, ortak bir kimyasal madde ile kaplama işlemine tabi tutulmaktadır, dolayısı ile şasiler için boya tiplerinden doğan kısıtlar sözkonusu değildir. Bu doğrultuda şasi parçalarından oluşan işler ve diğerleri için iki ayrı algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmalar ana hatları ile aşağıdadır:

Şasi dışındaki parçalar için geliştirilen algoritma:

1. Eğer çizelgenmemiş işler varsa, ATC kuralına göre beyaz boya gerektiren işlere ağırlık atanması
2. whiteTime değerinin sıfıra eşitlenmesi
3. En yüksek ağırlığa sahip işin çizelgeye bir sonraki iş olarak atanması.
4. whiteTime değerine son çizelgelenen işin işlem zamanının eklenmesi
- 5.1 whiteTime \geq 2.5 saat ise, boya tipinden bağımsız olarak her çizelgenmemiş işe ağırlık atanması
- 5.2 En yüksek ağırlığa sahip işin çizelgeye bir sonraki iş olarak atanması.
- 5.3 Eğer çizelgelenen iş siyah boya gerektiriyorsa, ardından siyah boya gerektiren bütün işlerin çizelgeye yerleştirilmesi. whiteTime değerinin sıfıra eşitlenmesi ve Adım 1'e dönüş.
- 5.4 Eğer son çizelgelenen iş beyaz veya siyah boya gerektirmiyorsa, whiteTime'ın sıfıra eşitlenmesi ve Adım 1'e dönülmesi
- 5.5 Eğer son çizelgelenen iş beyaz boya gerektiriyorsa, whiteTime'a işlem süresinin eklenmesi ve Adım 5.1'e dönülmesi

Şasilerden oluşan işler için algoritma:

1. Eğer çizelgenmemiş işler varsa, her işe ATC kuralına göre ağırlık atanması
2. En yüksek ağırlığa sahip işin çizelgeye bir sonraki iş olarak atanması
3. Adım 3'e geri dönülmesi

4.3.2. Mekanik üretim çizelgelemesinin oluşturulması

Boyahane'deki çizelge oluşturulduktan hemen sonra, Mekanik Üretim'de işlerin bitmesi gereken zamanlar Boyahane'de başlamaları gereken zamanlara eşitlenir (Boyahane'de işlenmeyen paslanmaz parçalar dışında). Daha sonra her 3 makine için ayrı ayrı aşağıdaki algoritma uygulanır:

Adım 1: K1 ve K2 değer aralığından, şu ana kadar kullanılmamış bir kombinasyon seçilmesi

Adım 2: Seçilen K değerlerini ATC kuralını oluşturan formülde kullanarak, çizelgelenmemiş her işe ağırlık atanması

Adım 3: En yüksek ağırlığa sahip işin bir sonraki iş olarak çizelgeye atanması

Adım 4: Eğer çizelgelenmemiş işler kaldıysa, Adım 2'ye dönülmesi.

Adım 5: Eğer mevcut K değerleri doğrultusunda oluşturulmuş çizelgede geciken işler yoksa ve geçiş süresi şu ana kadar oluşturulan çizelgeler içinde en az ise, bu çizelgenin kullanılacak çizelge olarak belirlenmesi.

Adım 6: K1 ve K2 değer aralıkları tamamen taranmadıysa Adım 1'e geri dönülmesi.

İşlere ağırlık atanması işlemi, aşağıdaki formül üzerinden yapılmaktadır:

$$I(t, l) = \frac{w_j}{p_j} \exp\left(-\frac{\max(d_j - p_j - t, 0)}{K_1 \bar{p}}\right) \exp\left(-\frac{s_{ij}}{K_2 \bar{s}}\right)$$

Formüldeki parametrelerin açıklamaları aşağıdadır:

$I(t, l)$ = t zamanında son olarak işlenen "l" işinden sonra gelebilecek işin ağırlığı

w_j = j işinin diğer işlere göre önemi (modelimizde her iş için 1 kabul edilmektedir)

p_j = j işinin işlem süresi

d_j = talep zamanı

t = sistem zamanı

s_{ij} = i işinden j işine geçerken harcanan kurulum süresi

K1 = işlem zamanlarının ağırlık atamadaki etkisi

K2 = kurulum zamanlarının ağırlık atamadaki etkisi

K1 ve K2 değerleri, çizelgede kullanılacak olan işlerin karakterlerine göre her durum için değişik değerlerde en iyi sonucu verir. Literatürde, bu değerleri tahmin etmek için basit yöntemler mevcuttur fakat bu tip yöntemler ile elde edilen K değerleri ile sonuç ortalama iyilikte olup, en iyi olmaktan uzaktır. Aldığımız karar doğrultusunda, K1 ve K2 değerlerinin en iyi sonucu veren kombinasyonu elde etmek amacı ile, algoritmada görüleceği gibi her kombinasyon denenmektedir.

4.4. Benzetim modeli

Mevcut sistemin özelliklerini kavramak ve test aşamasında araç olarak kullanılmak amacıyla proje kapsamındaki üretim sistemi Arena yazılımı kullanılarak bir benzetim modeline yansıtılmıştır. Model Ek 2'de yer almaktadır.

5. Benzetim Modeli Sonuçları ve Çıktı Analizi

Benzetim modeli sonuçları incelendiğinde, ortalama geçiş süresinde %40, toplam ara stok seviyesinde ise %11 iyileşme görülmüştür.

6. Uygulama Planı

Uygulamanın arayüzü, herhangi bir kullanıcı tarafından deneyim gerektirmeden uygulanabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Geliştirilmekte olan arayüz tasarımının bir örneği Ek 3'de yer almaktadır.

7. Genel Değerlendirme

Gerçekleştirilen çıktı analizi sonucunda şunu söyleyebiliriz ki; proje kapsamındaki üretim alanında oluşan ara stok seviyelerinde düşüş sağlanması, yalnızca üretim alanında bu parçalarca kaplanan alanı açmakla kalmayıp, parçaların bekletilirken zarar görerek oluşturdukları hurda ve kayıp oranlarında gözle görülür bir düşüş sağlamaktadır.

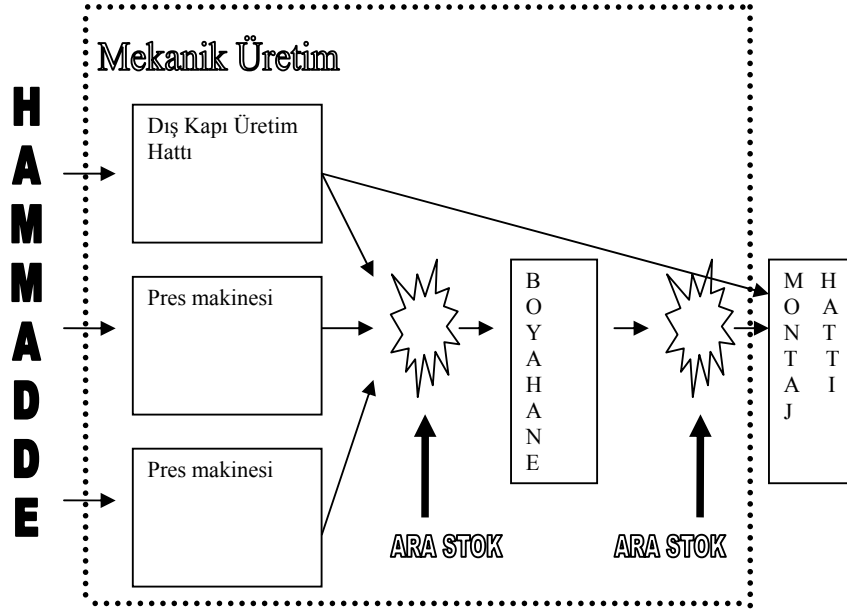
Oluşturulan çözüm sistemi sayesinde, proje kapsamındaki üretim akışı planlamasının bir metodolojiye dayandırılarak yapıyor olması ve bu metodolojinin sistem özelliklerini geliştirecek şekilde tasarlanması, planlamanın doğru ve efektif bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamıştır.

KAYNAKÇA

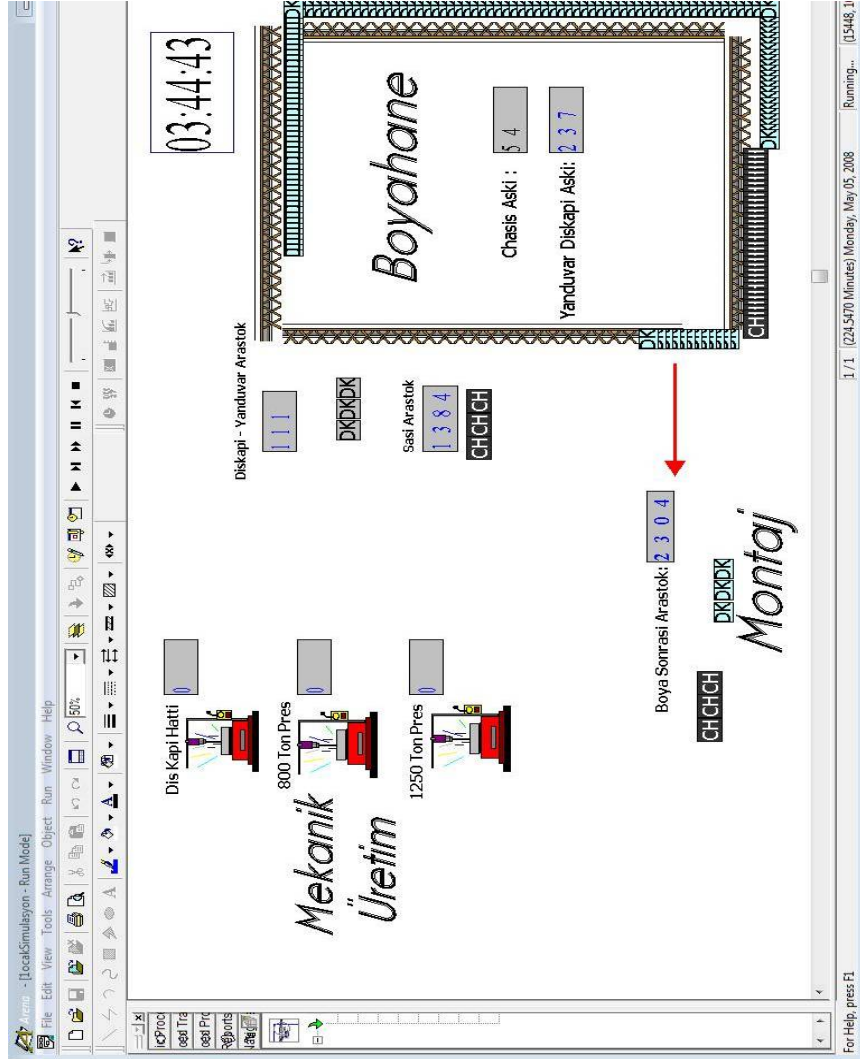
Pinedo, M. (2005). Planning and scheduling in Manufacturing and services, Springer, New York.
<http://sistem.ie.metu.edu.tr>
<http://www.systems.org/>
<http://www.kadifeli.com/cgi-bin/compdict.pl>

EKLER

Ek 1. Proje kapsamında incelemeye alınan üretim akışı



Ek 2. Benzetim modeli



Ek 3. Kullanıcı arayüzü örneği

UserForm1

Çizelgeleme Sihirbazı

Parça Tipi:

Adet:

Renk:

Gün:

Çizelgeleme Sihirbazı

Toros Diskapi

Difüzyon Diskapi

Dis Kapi(F/S)(B Tipi Delik)

Ankastre Diskapi 45cm

Dis Kapi(B/I)(B Tipi Delik)

Standart Dis Kapi 45cm

Dis Kapi(B/I)(B Tipi Delik) ZZ Detay

Dis Kapi Bombeli (B Tipi Delik)

Personel Takip ve Makine Rezervasyon Planlama Sistemi Tasarımı

ASELSAN

Proje Ekibi

Mehmet Fatih Büyükegen
Ece Dilsizoğlu
Zehra Rabia Genç
Mesut Gümüş
Saruhan Berkay Yavuz

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Emre Özgenç Ekici, Aselsan, Üretim Planlama Mühendisi

Akademik Danışman

Figen Eren, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Aselsan Elektronik Üretim Bölümü'nde personel çalışma bilgilerinin tutulduğu bir sistemin eksikliği ve makinelerin kullanım planlamalarının işgücü faktörüne bağlı yapılması, personel yönetimi ve üretim planlamasının verimli olmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu projenin amacı, anlık iş ve personel çalışma takip kolaylığı ve kullanıcı dostu bir karar destek sistemi tasarlayıp uygulayarak veri tutulmasında oluşan zaman kaybı ve iletişim sorunlarının önüne geçmek, iyileştirme ve planlama çalışmaları için gerekli altyapıyı hazırlamaktır. Sistem, ASP.NET programlama dili ve MySQL veritabanı kullanılarak geliştirilmiştir. Kurulan sistem ile bir kazanım tespit çalışması yapılmış ve yeni sistemle bilgi paylaşımının hız ve etkinlik kazandırdığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: ASP.NET, personel takip, makine planlama rezervasyon.

1. İşletme Tanıtımı

ASELSAN A.Ş., 1975 yılı sonunda Kara Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı öncülüğünde, Vakıf Kuruluşu bir Anonim Şirket olarak kurulmuştur. Ankara'da Macunköy ve Akyurt'ta yerleşik iki ayrı tesiste üretim ve mühendislik faaliyetlerini sürdürmekte olan ASELSAN'ın Genel Müdürlük teşkilatı Ankara Macunköy'de bulunmaktadır. ASELSAN, farklı yatırım ve üretim yapısı gerektiren proje konularına bağlı olarak Haberleşme Cihazları Grup Başkanlığı (HC), Mikrodalga ve Sistem Teknolojileri Grup Başkanlığı (MST), Mikroelektronik, Güdüm ve Elektro-Optik Grup Başkanlığı (MGEO) olmak üzere üç ayrı Grup Başkanlığı bünyesinde örgütlenmiştir.

ASELSAN, İstanbul, İzmir Bölge Müdürlükleri ve yurt çapına yayılmış olan satış bayilikleri ile satış sonrası hizmetlerini de başarıyla yürütmektedir. Çeşitli ülkelerde temsilcilikleri bulunan ASELSAN, ilk yurtdışı şirketi olan ASELSAN-BAKÜ şirketini, 1998 yılında Azerbaycan'da kurarak faaliyete geçirmiştir. Son yıllara bakıldığında ise, 2004 yılında; ABD, Almanya, İngiltere, Fransa, Hollanda, Belçika, Tunus, Pakistan, Azerbaycan ve KKTC' ye toplam 33,2 Milyon \$ tutarına varan ihracat gerçekleştirilmektedir.

ASELSAN üretim hatlarında; çok katlı ve esnek baskı devreler yüzey monte teknolojisi, bilgisayar destekli tasarım-üretim teknolojileri başarıyla kullanılmaktadır. 2000'li yılların en kritik teknolojileri arasında yer alan mikroelektronik teknoloji ile üretim ile elektro-optik alanında üretim gerçekleştirilmektedir. Bütün gruplarda bilgisayar destekli tasarım (CAD), mühendislik (CAE) ve üretim (CAM) teknolojileri askeri standartlar ve ISO-9000'e uygun olarak başarıyla uygulanmaktadır.

2. Projenin Tanımı

Makine Rezervasyon, Planlama ve Personel Takip uygulamaları, ASELSAN elektronik üretim bölümünde teknisyenler tarafından yapılan ve üretimi doğrudan etkileyen çalışmalardır. Dolayısıyla, personel ve makinelerin anlık takibinin, her yetki grubundan çalışanın kullanabileceği merkezi bir sistemden yapılabilmesi, ASELSAN için zaman tasarrufu sağlamasının yanında, maliyetler açısından büyük önem taşımaktadır.

Savunma sanayi sektöründe ileri teknolojiyle üretim yapılan firmada teslimat tarihi odaklı çalışılması, personel verimliliğinin %100'e yakın bir seviyede tutulmasını gerektirmektedir. Bu seviyeye ulaşılmasında, gözlemler sonucunda hazırlanacak yeni sistemin hızlı ve uygun bir karar destek mekanizması sağlaması yararlı olacaktır. Bu bakımdan projenin temel hedefi; personelin anlık çalışma durumlarını ve makinelerin rezervasyonlarını önceden tespit ederek üretimin aksamadan yapılmasını sağlamaktır. Sonuç olarak sistemde fazla mesai

ve iş içi stok nedeniyle oluşan maliyetlerin en alt seviyeye düşürülmesi amaçlanmaktadır.

3. Analiz

Elektronik üretim bölümü, makinelerin ve el işçiliğinin yapıldığı tezgâhlardan oluşan bir birimdir. Ürün üretiminde kritik öneme sahip elektronik alt birimler bu bölümde üretilmektedir. Dolayısıyla, bölümün üretim akışında önem arzemesi sebebiyle, personelin çalışma oranının ve makinenin kullanım oranının yüksek olması verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır.

3.1. Mevcut sistemin analizi

3.1.1. Personel takip uygulamaları

Mevcut personel takip uygulamalarında, personelin yoklama, izin, sağlık raporu ve fazla mesai kayıtları her iş istasyonunda teknisyenler tarafından ayrı excel dosyalarında tutulmaktadır. Bu dosyalar, atölye mühendisi tarafından biraraya getirilip tek dosya halinde yerel ağda paylaşılan klasörlere yerleştirilmektedir. Üst yönetimin kayıtları takibi bu şekilde sağlanmaktadır. Bu durum ile ilgili firmada karşılaşılan problemler ve personelin şikâyetleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Üst yönetimin güncel bilgilere ulaşması, yetkili mühendisin evrak konsolidasyon işlemini bitirmesine bağlı, bu da mevcut sistemde bilgi paylaşımının uzun ve karmaşık olmasına neden olmaktadır.
- Verilerin merkezi bir veritabanında depolanmaması nedeniyle, sistemde personel bilgilerinin paylaşımı için yoğun “evrak işi” gerekmektedir.
- Bilgi paylaşımında görülen hiyerarşik iletişim sebebiyle, üst düzey yöneticilerin sistemde oluşan problemlere zamanında müdahale süresi uzamaktadır.
- Personelin atölyelere atama işleminin sistematik yaklaşımdan uzak olması, doğru zamanda doğru iş istasyonuna doğru personeli atama işlemlerini verimli bir şekilde yapılmasını engellemektedir.
- Mevcut sistemde fonksiyonel yönü zayıf Excel dosyaları ile yapılan evrak işi ve bireysel inisiyatife bağlı yapılan bilgi paylaşımı, iletişim sorunlarının yanında zaman ve olası bilgi kayıplarına neden olmaktadır.
- Aselsan mevcut SAP uygulaması, Elektronik Üretim Bölümü'nün personel takip ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır.

3.1.2. Makine rezervasyon ve planlama

Mevcut sistemde makine rezervasyon, farklı bölümler tarafından ortak kullanılan makinelerin sorumlu teknisyenler tarafından zaman çizelgesinde kullanım için rezerve edilmesidir. Makine planlama işlemleri de üretim planlama mühendisinin gelen iş emirlerini, teslimat tarihi ve gecikme maliyetini göz önünde bulundurarak planlamasıdır. Bu uygulamalarda herhangi bir algoritmanın kullanılmaması mevcut sistemde, iş çakışması ve gecikme gibi olumsuz sonuçlara neden

olmaktadır. Yapılan gözlemlerde saptanan problemler aşağıda verilmiştir:

- Hatalı ürünlerin üretim süreçlerine yönelik verilere ulaşımın güçlüğü ve yetersizliği sebebiyle, hata tespitinde istenen başarı sağlanamamaktadır.
- Atölyedeki makinelerin çalışma durumları ile bakım ve kalibrasyon tarihleri anlık izlenememektedir. Dolayısıyla, üretimde çakışmalar ve gecikmeler oluşabilmektedir.
- Üretime gelen iş emirlerinin planlaması üst yönetim tarafından tespit edilen önceliklendirmeye göre yapılmaktadır. Üretim sırasında bir işin yarım bırakılıp işi içi stok oluşturması ve başka bir işin sıralamada öne alınması gibi istenmeyen durumlar da görülmektedir.

3.2. Problem

Yapılan incelemede, personel takip uygulamaları ile ilgili veri depolama işlemlerinde endüstri mühendisliği yaklaşımları kullanılarak sistemin daha verimli hale getirilebileceği görülmüştür. Mevcut sistemde, verilerin toplanması ve sınıflandırılmasında tekrar eden işlerin olduğu görülmüş, yatay ve dikey raporlamalarda istenen verilere ulaşım ve paylaşımında güçlükler gözlemlenmiştir.

Makine planlama ile ilgili ise, iş içi stok oluşması, makine rezervasyon işlemleri sırasında birimler arasında çakışmaların yaşanması, planlama işlemleri sırasında herhangi bir makinenin belirli bir zaman aralığında dolu-boş durumunun bilinmemesi, gecikme cezalarını azaltmak için uygun bir yöntemin uygulanmaması gibi problemler tespit edilmiştir.

3.3. Literatür taraması

Şirkette yapılan gözlemler sonucu oluşturulan problem tanımından yola çıkarak, intranet etkileşimli bir bilgi akışının ve karar destek sisteminin mevcut sistemdeki sorunları giderebileceği sonucuna varılmıştır. Önerilen sistem, veritabanındaki bilgilerin yerel bir sunucu yerine intranet üzerinden oluşturulmasını veya değiştirilmesini öngörür. Veritabanının intranet etkileşimli olması ve merkezi sistemin farklı bilgisayarlardaki bilgileri eş zamanlı olarak değiştirmesine imkân verebilmesi için, uygun programın ASP.NET ve JAVA olabileceği yapılan literatür taramaları sonucunda tespit edilmiştir. Güvenlik, bilgi değiştirme kolaylığı, desteklediği diller açısından kıyaslama yapıldığında, ASP.NET'in önerilen sistem için en uygun yazılım platformu olduğuna karar verilmiştir. Bunun yanı sıra, ASP.NET'in veri ulaşım hızını en etkin hale getiren ADO.NET'i destekleyebilmesi de sistem için uygunluğunun göstergeleri arasındadır. Veritabanı seçiminde ise ASP.NET'le uyumu ve programın lisans fiyatı göz önünde bulundurularak, Microsoft SQL Server, Oracle ve MySQL veritabanı programları arasından, MySQL'in en uygun olduğu sonucuna

varılmıştır.

Personel Takip yazılımı için endüstriyel alanda yapılan literatür taraması sürecinde, benzer problemler için yapılan veritabanı örnekleri (The Sybase –‘Mobile Personnel Tracking Application’, Primasoft-‘Personnel Organizer Deluxe’, Akınsoft- ‘Akınsoft NetPersonel’) incelenmiştir. (Sybase, 2007), (Primasoft, 2007). Bu incelemeler, yapılması planlanan veritabanının mantığının ER diyagramının ve tablolarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Makine planlama probleminde firmanın hedefleri, gelen işi vade gününe kadar bitirmek ve gecikme maliyetini en aza düşürmek olduğu için, yapılan araştırmalar sonucunda, bu amaçlara yönelik bazı özel kurallar karşılaştırıldığında Apperant Tardiness Cost (ATC) kuralının en uygun ve diğer kurallara göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. (Ek 1) (Vepsalainen ve Morton, 1987)

Ürünlerin iş akışının ve iş zamanlarının benzerlik, fakat makinede işlem görme zamanlarında farklılık göstermesi nedeniyle, ATC kuralının daha verimli çalışması için, her bir makine önünde ATC kuralına göre sıralama yapılması ve dolayısıyla her bir makine için vade zamanının bulunması öngörülmüştür. Makine önlerindeki vade zamanlarını bulmak için, yaptığımız araştırmalar sonucunda “Total Work Content Due Date Rule” (TWK)’ın diğer kurallara kıyasla gecikme performansında daha başarılı olduğu görülmüştür. (Ek 1) (Baker, 1984).

4. Önerilen Yöntem

Projede, problem çözümü için öngörülen yaklaşım şöyledir: “Excel dosyaları ve sözel olarak yapılan tüm personel takip, makine rezervasyon ve planlama işlemlerinin, “**Makine Rezervasyon, Planlama ve Personel Takip Yazılımı**” kullanarak evrak işlerini ve gecikme maliyetlerini en alt seviyeye çekerek en verimli seviyede yapılmasını sağlamaktır.”

4.1. Genel yaklaşım

Gözlem ve analizlerin ardından, problemin çözümü için intranet tabanlı dinamik bir yöntem tasarlanmıştır. Personel takip işlemleri ile ilgili sorunların çözümü için, bilgi paylaşımının merkezleştirilmesi düşüncesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Makine planlama ve rezervasyon ile ilgili sorunların çözümünde ise teorik yaklaşımlar ele alınarak sistematik bir yol izlenmiştir. Her iki yöntem bilim, geliştirilen yazılımda birleştirilerek kullanıcıya sunulmuştur.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Geliştirilen yazılımın işleyiş mantığı sunucu-kullanıcı ilişkisini baz alarak oluşturulmuştur. Sunucu olarak belirlenen ve tam yetki kullanım hakkına sahip olan bilgisayara yazılım ve veritabanı (MySQL) kurulmuştur. Yazılım, belirlenen bir adres aracılığıyla intranet

üzerinden kullanıcıların erişimine sunulmuştur. Böylece, sistemde tanımlı tüm bilgisayarlar üzerinden merkezi veritabanına bağlanarak anlık bilgi paylaşımı sağlanmaktadır. (Ek 2)

4.2.1. Personel takip programı

Personellere ait kişisel bilgiler, izin, sağlık raporları, günlük yoklama ve fazla mesai kayıtlarının tutulması ve bu verilerin paylaşımının merkezi kontrollü, intranet-tabanlı, interaktif kullanımlı, hızlı bir yazılım ile desteklenmesi öngörülmüştür. Geliştirilen yazılım, kullanıcı adı ve şifre sorgulaması ile açılmaktadır. Sisteme giriş yapan kullanıcı, yetkilendirme derecesine göre sadece kendisinin değişiklik yapabileceği verilere ulaşır. Hazırlanan sistemde verilerin kaydedilmesi, güncellenmesi ve görüntülenmesi, şirketin organizasyon yapısı gözetilerek hazırlanan yetkilendirme esasına göre tasarlanmıştır. Her yetki grubuna özgü arayüzler ve veri içeriği hazırlanmıştır. Problem tespitinde ve projenin geliştirilmesinde önemli olan verilerin güvenliği ve doğruluğu bu şekilde sağlanmış olmaktadır. Ayrıca geliştirilen ek bir modül sayesinde atölyeler arasındaki personel atamaları ve değişimleri yeni sistemde yapılabilmektedir. (Ek 3)

Program, istatistiksel raporlama ve grafiksel çıktılarla üst yönetime sistemin analizi açısından yardımcı olmaktadır. İstatistiksel raporlamalarda, sorgulanan veri türüne göre, personele ait periyodik olarak grafiksel veriye ulaşılmaktadır. Bu veriler, aylık izin kullanım miktarı, personel bazlı izin kullanım miktarı, atölyelerin aylık kapasite çizelgeleri gibi bilgileri içermektedir.

4.2.2. Makine rezervasyon ve planlama

Programın personel takip kısmında olduğu gibi, makine rezervasyon ve planlama kısmında da tezgah, makine, iş istasyonu ile ilgili tüm bilgiler veritabanına kaydedilmektedir. Excel dosyaları üzerinde hazırlanan rezervasyon çizelgesi, yazılım sayesinde ortak bir veritabanına taşınmıştır. Böylece, intranet üzerinden makinelerin anlık takibinin yapılabilmesi sağlanmıştır. Ayrıca veritabanında tanımlanan makinelerin kalibrasyon ve bakım tarihleri veritabanından çekilerek, çizelge üzerine otomatik olarak kaydedilmektedir. Bunun yanı sıra, çizelgede manuel olarak da rezervasyon işlemleri yapılmaktadır.

Makine planlama kısmında, mühendis tarafından iş emirleri veritabanına kaydedilecektir. Planlama yaparken, program veritabanından çekeceği iş emirlerinin ürün teslimat tarihlerini, belirlenen bir kurala göre hesaplamaktadır. Daha sonra, program gecikme cezaları ve teslimat tarihlerini baz alan “Apparent Tardiness Cost” (ATC) kuralıyla işleri makinelerde otomatik olarak sıralamaktadır. Her yeni iş emri sisteme girildiğinde bu sıralama yeniden yapılmaktadır.

Belirlenen zaman aralığında tüm makinelerin çalışma durumları

çizelgeleme aracılığıyla izlenebilmektedir.(Ek 4)

5. Yöntemin Uygulanması

Daha önce de belirtildiği üzere programın kodlanmasında kullanılacak en uygun yazılımın belirlenmesi amacıyla literatürde yapılan araştırmalar sonucunda, verilere kolayca ve güvenilir bir şekilde ulaşabilmek için, ASP.NET programlama dili ve MySQL veritabanı kullanılmıştır.Geliştirilen yazılımın kodlanmasıyla hazırlanan programlar uygulanmadan önce bir dizi testten geçirilmiştir. Yetkili mühendis ile birlikte oluşturulan örnek verilerle program test edilmiştir. Ayrıca, kablosuz ağ sistemi yardımıyla çok kullanıcıli bir ağ oluşturulmuş ve sunucu-kullanıcı arasındaki iletişim kontrol edilmiştir.

6. Uygulama Planı

Elektronik Üretim Bölümünün ihtiyaçları dikkate alınarak belirlenen proje kapsamında tanımlanan probleme çözüm olarak, mevcut sisteme hızlı ve etkin karar destek mekanizması sağlayacak intranet-tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Program kodlarının yazılması ve ara yüzlerinin hazırlanması sürecinde programı kullanacak olan mühendis ve teknisyenlerin görüşleri alınmıştır. Personel Takip Uygulamaları ile ilgili geliştirilen yöntembilimin taslağı hazırlandıktan sonra, program firmada yetkili mühendisin bilgisayarına kurulmuştur. Böylece test süreci güncelleme ile beraber devam etmeye başlamıştır. Kolay kullanılabilirlik, görsel tasarım ve ihtiyaçlara cevap kapsamında son kullanıcılardan sürekli geribildirim mekanizması oluşturulmuştur.

Intranet tabanlı programa giriş, kullanıcılara verilen kullanıcı adı ve şifre ile yapılmaktadır. Programın kullanılabilirliğini kolaylaştırmak için detaylı yardım bölümü hazırlanarak olası soruları yanıtlamak için kullanım kılavuzu hazırlanmıştır.

Personel Takip Uygulamalarını merkezi bir veritabanı kullanarak yeniden düzenleyen yazılım, kullanımın firma içinde yaygınlaştırılması için diğer departmanlara da tavsiye edilmiştir. Firma genelinde kullanılan SAP veritabanına programın entegrasyonu için görüşmeler yapılmıştır fakat, gerek veri paylaşımı gerekse de kullanım farklılığı sebebiyle, program SAP'den bağımsız olarak kullanılmaya başlanmıştır.

7. Genel Değerlendirme

Geliştirilen personel takip programı, sistematik yaklaşımı, hızlı ve etkin karar destek mekanizması, kullanım kolaylığı ve görsel tasarımı ile firmanın mevcut çalışma kültürüne yenilik katmıştır. Ayrıca, firmaya özgü ihtiyaçları karşılamaından dolayı, piyasadaki benzer programlardan farklıdır, zaman ve işgücü anlamında kazanımlar sağlamıştır.

7.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Proje başlangıcı aşamasında yapılan gözlemlerin ardından saptanan problemlere; çözümlerin yanısıra, getirdiği yenilikler açısından

proje, Aselsan için uzun süreli kullanıma uygun bir sistemdir. Projenin kazanımları aşağıda belirtilmektedir:

Tablo 1. Projenin kazanımları

Mevcut Sistem	Önerilen Sistem	Öngörülen Kazançlar
Evrak işi	Veritabanına bilgi girişi	Zaman Kazancı
Excel dosyaları	Merkezi Veritabanı Sistemi	Kullanım Kolaylığı
Dikey Bilgi Akışı Eksikliği	Intranet Üzerinden Kullanım	Etkili Yönetim Desteği
Hatalı İşlemlere Geç Müdahale	Hatalı İşlemlere Zamanında Müdahale	Grafiksel ve İstatistiksel Çıktılarla Sistemi Anlık Takip
Hiyerarşik Bilgi Paylaşımı	Anlık Bilgi Paylaşımı	Sistemin Oto-kontrolünün Sağlanması

Detaylı Açıklama (Ek 4):

- Geliştirilen sistem ile teknisyenlerin verileri merkezi veritabanına girmesi sağlanarak evrak işi tamamen ortadan kaldırılarak, iletişimin ve bilgi paylaşımının hızlandırılması sağlanmıştır.
- Mevcut sistemde Excel dosyalarında tutulan tüm verilerin, geliştirilen sistemde veritabanına kaydedilmesi, kullanıcılara kullanım kolaylığı sağlamaktadır.
- Mevcut sistemdeki karışıklıktan dolayı oluşan dikey bilgi akışı zorluğu, geliştirilen sistemin yerel ağ üzerinden kullanımıyla aşılmaktadır. Ayrıca yerel ağ üzerinden veritabanındaki bilgilere ulaşılması, üretim sahasında karşılaşılan sorunlara etkili ve zamanında müdahale edilmesini sağlamaktadır.
- Makinelere iş atama, iş istasyonlarına personel atamalarının belirli bir sistemle yapılmaması hatalı işlemlere geç müdahale edilmesine sebep olmaktadır. Geliştirilen sistemin anlık bilgi paylaşım sağlamasıyla hatalı işlemlere zamanında müdahale edilmesi sağlanmaktadır. Veritabanında bütün bilgilerin tutulması, sistemin grafiksel ve istatistiksel çıktılarla analiz edilebilmesini sağlamaktadır. Ayrıca anlık bilgi paylaşımıyla sistemin oto-kontrolü sağlanmaktadır.

7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

Yazılım uygulamaya konduktan sonra programın açık kodu ve veritabanı şeması firmaya teslim edilecektir. Gerekli görüldüğü takdirde firmanın bilgi işlem birimi yazılım üzerinde değişiklikler ve eklemeler yapabilecektir.

KAYNAKÇA

Vepsalainen, Ari P. J. ve Morton, T. E. (1987). "Priority Rules for Job Shops with Weighted Tardiness Costs." *Management Science*, 33(8), 1035-1047.

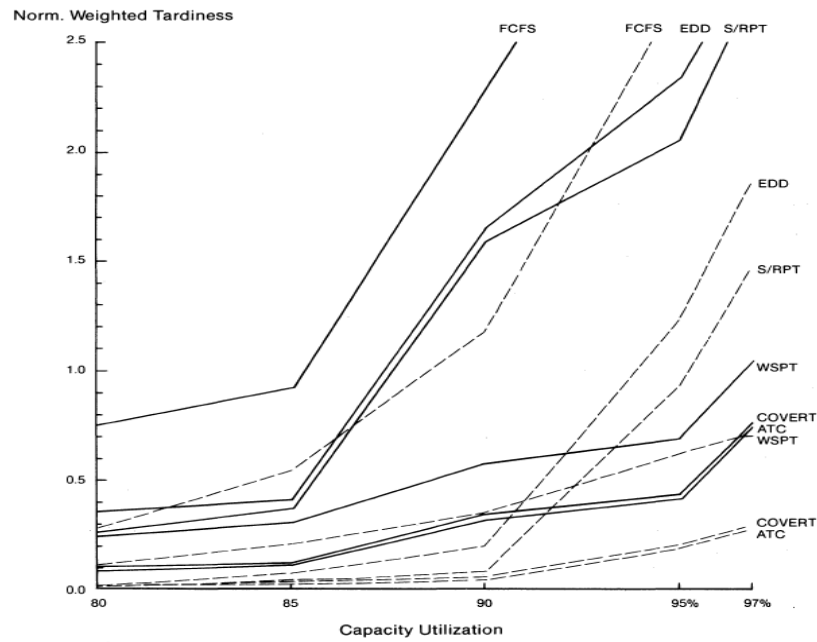
Kim, Yeong-Dae. (1993). "Heuristics for Flowshop Scheduling Problem Minimizing Mean Tardiness." *The Journal of the Operational Research Society*, 44(1), 19-28.

<http://www.primasoft.com>

<http://www.sybase.com>

EKLER

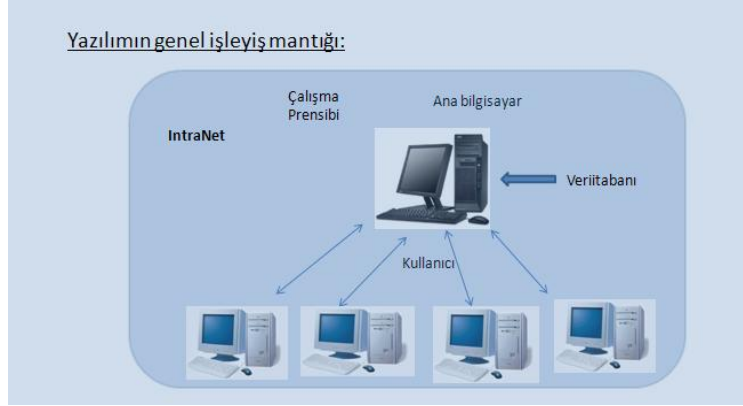
Ek 1. ATC ve TWK



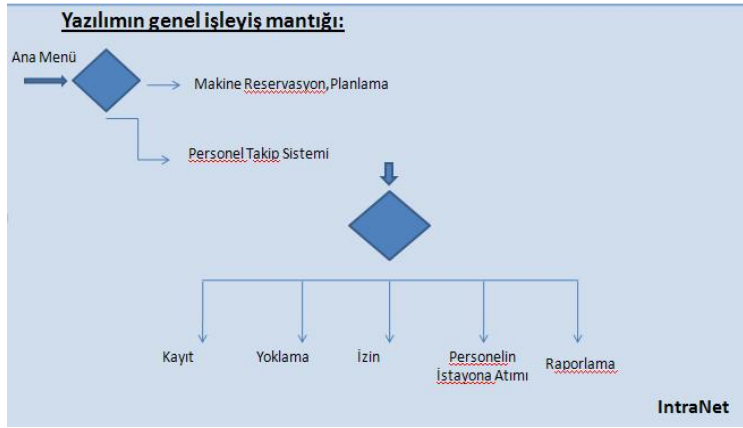
The Comparison Shows TWK to be Desirable, for Both Job Due-Dates and Operation Due-Dates

		Job	Due-Date	Rule
		SLK	PPW	TWK
Operation Due-Date Rule	CON	2.28	2.92	1.49
	SLK	2.11	2.08	1.47
	TWK	1.45	1.18	0.87

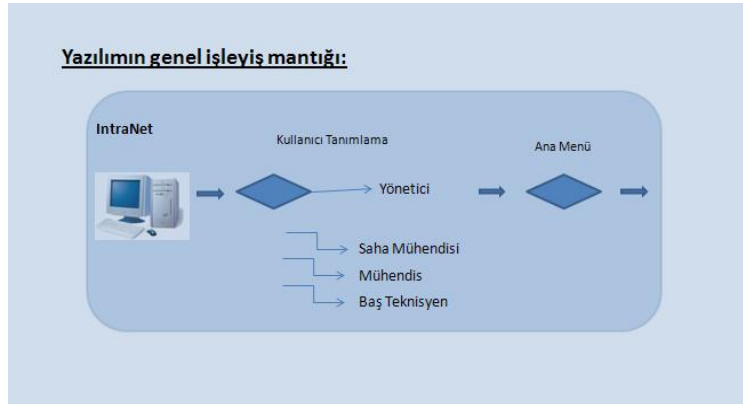
Ek 2. Yazılımın genel işleyiş mantığı



Şekil 1. Sunucu-kullanıcı ilişkisi



Şekil 2. Yazılım içerik (veri başlıkları)



Şekil 3. Kullanıcı bazlı kullanım (yetkilendirme)

Ek 3. Program ara yüzleri

Giriş: Kullanıcı

Giriş

Kimlik No:

Şifre:

Bir sonraki girişimde hatırla

Ana Menü | Personal Takip | Atölye Destek | İstasyonlar | Tezgah - Makine | Tezgah Parçaları | Program Ayarları | Çıkış

Ana Menü

Personal Takip
Atölyelere Destek İşlemleri
İstasyon Tanımlamaları

Yeni Personel Kayıt

Ana Menü | Personal Takip | Atölye Destek | İstasyonlar | Tezgah - Makine | Tezgah Parçaları | Program Ayarları | Çıkış

EUM PERSONEL BİLGİ FORMU

Sıralı No:

Borcun:

Adı:

Adresi:

EuroBİB Durumu: Çalışıyor Kesildi

Yaş:

Boy:

Ses:

Çevre:

Adreslik Durum:

TC Kimlik No:

Soyadı:

Takı:

En Takı:

Çap Takı:

EuroBİB Tarihi:

Kan Grubu:

Çalışan Türü:

Ana Menü | Personal Takip | Atölye Destek | İstasyonlar | Tezgah - Makine | Tezgah Parçaları | Program Ayarları | Çıkış

YENİ TEZGAH TANIMLAMASI

Tezgah Numarası:

Detay:

Tanım:

Sıra No:

İstasyon:

Resim:

PERSONEL İZİN GİRİŞİ

Personel Sicil No:	<input type="text"/>	Seçiniz:	<input type="text"/>
Başlangıç Tarihi:	<input type="text"/>	Başlangıç Saati:	<input type="text"/>
Bitiş Tarihi:	<input type="text"/>	Bitiş Saati:	<input type="text"/>

Personel İzin Kayıt Giriş

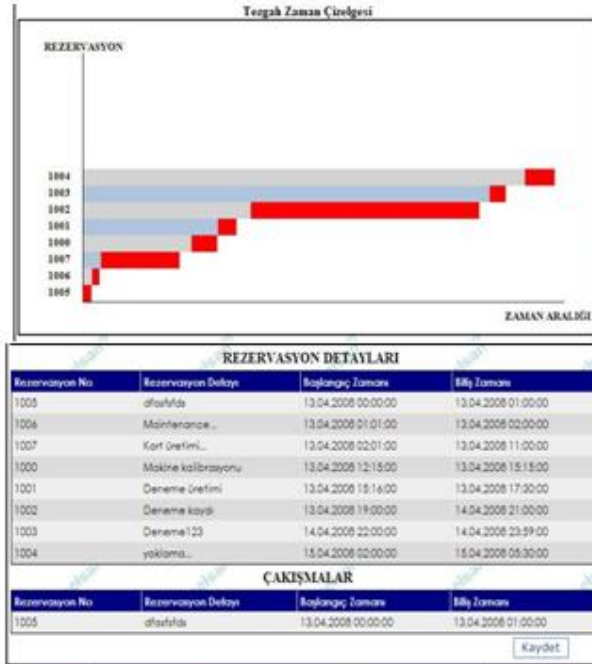
MANUEL TEZGAH REZERVASYON

Rezervasyon No:	<input type="text" value="1000"/>
Rezervasyon Detayı:	<input type="text"/>
Başlangıç:	Tarih: <input type="text"/> Saat: <input type="text"/>
Bitiş:	<input type="text"/>
Opsiyon Aralığı:	<input type="text"/> (Gün)
Tezgah Kodu:	<input type="text"/>

Tezgah Zaman Çizelgesi

Tezgah Bilgi

Manuel Makine Rezervasyon



Ana Menü Personel Takip Akıllı Detay Sitasyonlar Tezgah - Makine Tezgah Haritası Program Kurulum Çık

YENİ ÜRÜN

Giris dizisi deger biçiminde degildir.

Ürün Kodu:

Ürün Adı:

Ürün Detayı:

OPERASYON TANIMLARI

Operasyon Kodu: 10

Operasyon Adı:

İşlem Süresi: (Dakika)

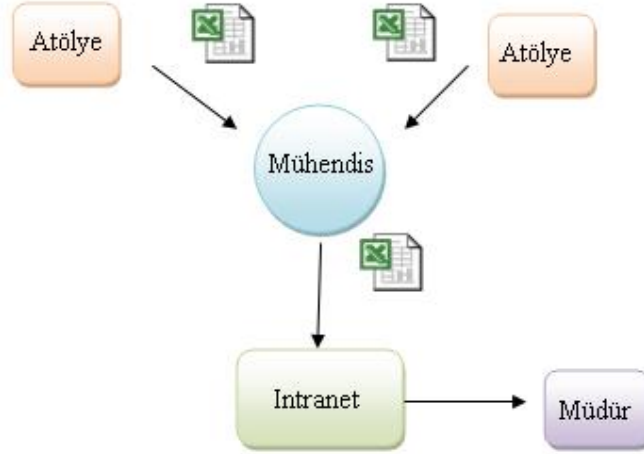
Kararım Süresi: (Dakika)

Tezgah: Ekli

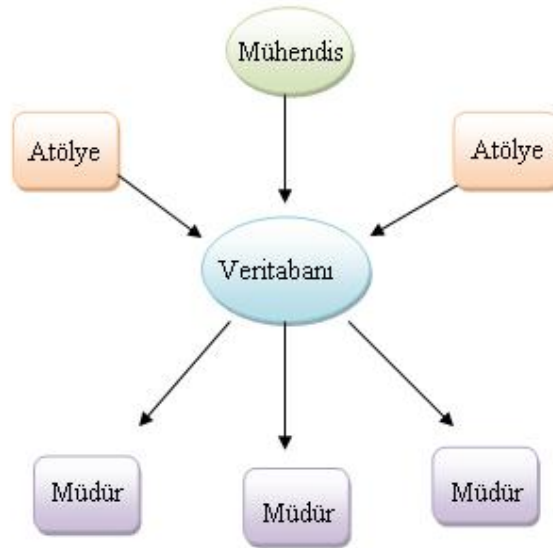
Kaydet

Ek 4. Proje öncesi ve sonrası sistemdeki bilgi paylaşımı karşılaştırması

Mevcut Sistem



Geliştirilmiş Sistem



Evsel Atık Toplama Ağı Tasarımı ve Geri Kazanım Süreçlerinin İyileştirilmesi

Benli Geri Dönüşüm

Proje Ekibi

Hande Aydın
Deniz Başoğlu
Melih Demirel
Ali Güleç
Ekin Palaoğlu
Aslı Şimşek

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

A.Serkan Sepin, Benli Geri Dönüşüm, Firma Müdürü

Akademik Danışman

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

ÖZET

Mevcut sistemin analizi neticesinde problem evsel atık toplama ve ayrıştırma süreçlerinin yüksek maliyetli olması olarak tanımlanmış ve maliyetleri azaltacak iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca palet atölyesinin yerleşiminin ayrıştırma süreçlerini olumsuz yönde etkilediği gözlemlendikten sonra firmanın isteğiyle yeni yapılacak palet atölyesi için yerleşim planı tasarlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda firmaya öneriler sunulmuştur. Bu öneriler şu an uygulanmaktadır ve firma uygulamalardan memnun olduğunu dile getirmiştir. Sunulan önerilerin uygulanması neticesinde palet atölyesi için malzemelerin dolaşma mesafelerinin ortalama %70 oranında azalması, ayrıştırma bandına eklenen teknolojik donanımlarla ayrıştırılan atık miktarının %17 oranında artması ve tasarımı bizlere ait *RotaÇiz* programı ile toplam toplama mesafesinin %42 oranında azalması beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler: evsel atık, yerleşim planı tasarımı, toplama ağı tasarımı, kapasiteli araç rotalama problemi(CVRP), sezgiseller.

1. Firma Tanıtımı

Sanayileşmenin hızlanması, tüketimin giderek artması sebebiyle son yıllarda endüstriyel ve evsel atık miktarı giderek artmaktadır. Bu hızlı artış, oluşan atıkların geri dönüştürülmesi ihtiyacını da tetiklemektedir. Benli Geri Dönüşüm, 35 yıl boyunca hurda ticareti ile faaliyetlerini sürdürdükten sonra 2002 yılından itibaren geri dönüşüm sektöründe faaliyetlerine başlamıştır. Firma, 2005 yılında müşterilerine profesyonel ve kurumsal atık yönetimi hizmetleri vermek üzere yeni yatırım kararı alarak Eskişehir Odunpazarı Sanayi Bölgesi'nde (EOSB) 10848m²'lik bir alan üzerine Benli Geri Dönüşüm Tesisleri'ni kurmuştur. Firma Odunpazarı Belediyesi, ÇEVKO ve Özçetin Kağıtçılık ile imzalanan sözleşmeler sonucunda 27.02.2007 tarihinde "İleriye düşünüyoruz, geri dönüştürüyoruz" sloganı ile "Odunpazarı Geri Kazanım" Projesi'ne başlamıştır. Proje başlangıcından Ağustos ayı sonuna kadar 357200 kg ambalaj atığı toplanarak bu atıkların geri kazanımı sağlanmıştır. Şu an proje kapsamında 24000 konuta hizmet verilmektedir.

2. Proje Tanımı

Odunpazarı Belediyesiyle ortak yürütülen projede şu an Eskişehir Odunpazarı Belediyesi'ne bağlı 5 mahalleden evsel atık toplanmaktadır. Benli Geri Dönüşüm'ün amacı tüm Odunpazarı Belediyesi'ne yayılmak ve mevcut bölgeler için de verimi arttırmaktır. Ancak evsel atık toplama süreci mevcut yöntemlerden ötürü çok maliyetli olduğundan, firmanın bu alanda zarar etmesine yol açmaktadır. Ayrıca mevcut rota tüm sokaklara erişimi sağlayamamakta ve bazı bölgelerden atık toplanamamaktadır. Firma bu nedenlerden ötürü hizmet kalitesini arttırırken zararını en aza indireyecek bir toplama ağı tasarımına ve toplama süreçleri için bir iyileştirme çalışmasına ihtiyaç duymaktadır. Bu duruma ek olarak Benli Geri Dönüşüm tesislerine yapılan ziyaretler sırasında, gelen evsel atığın tamamıyla ayrıştırılamadığı gözlemlenmiş, bu gözlem neticesinde sistemi iyileştirmek ve de evsel atık toplama süreçlerinin iyileştirilmesi sonucu oluşacak artışı karşılayabilmek amacıyla ayrıştırma bandının kapasitesini arttırmaya ve ayrıştırma süreçlerinin maliyetini en aza indiremeyecek için bir iyileştirme çalışmasına ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir.

Benli Geri Dönüşüm evsel atığın yanısıra sanayiden gelen atıkları da toplayıp geri kazandıran bir kuruluştur. Sanayiden toplanan paletleri ayrıştırıp geri kazandırmak, firma için önemli bir gelir kaynağıdır ve firmanın iş yükünün büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Paletlerin geri kazanım süreçleri tesis içerisinde evsel atık ile ortak bir alanda gerçekleşmektedir ve paletle ilgili süreçlerin gerçekleştiği alanlar tesis genelinde çok yer kaplamaktadır. Bu durum aynı zamanda evsel atık ayrıştırma süreçlerinde de verimsizliğe yol açmaktadır. Firma bu

gözlem neticesinde paletler için kullanılabilir alanın yarısında yeni bir yerleşke inşa etmeye karar vermiştir ve firmanın isteği doğrultusunda evsel atığın geri kazanımı süreçlerine müdahale etmeyecek şekilde oluşturulacak yeni bir palet atölyesinin yerleşim planını tasarlamak proje kapsamına dahil olmuştur.

Sonuç olarak proje kapsamı üç dala ayrılmıştır. Bunlar; evsel atık ayrıştırma süreçlerinin iyileştirilmesi, yeni yapılacak palet atölyesi için bir yerleşim planı oluşturulması ve evsel atık toplama ağı tasarımı ve toplamayla ilgili süreçlerin iyileştirilmesidir.

3. Sistemin Genel Analizi

Benli Geri Dönüşüm, şu an aktif olarak Odunpazarı Belediyesi'ne bağlı 5 mahalleye ait evlerden ve evsel atık çıkaran iş merkezlerinden atık toplamaktadır. Her mahalledeki tüm binalar belirlenen günlerde evsel atığını, Benli Geri Dönüşüm'ün dağıttığı 70*100cm'lik poşetler içerisinde, kendi binasının önüne çıkarmaktadır. Toplama 2 küçük (1.5 ton) ve 1 büyük (2 ton) kamyon ile haftanın 6 günü yapılmaktadır. Evsel atık toplama süreçlerinde toplam 10 işçi çalışmakta, her kamyon mesai saatleri içerisinde mahalleleri 3 işçi ile gezmektedir. Firma mahallelerden çıkan atık miktarına ve Odunpazarı Belediyesi'nin önceden belirlediği günlere göre hangi kamyonların hangi mahallelere ne sıklıkta gideceğine karar vermiştir. Kamyonlar kendi kapasitesini doldurduktan sonra tesise geri dönmektedir ve eğer bir kamyon kendi rotasını tamamlamadan kapasitesini doldurursa, yeni bir kamyon toplama süreçlerine devam etmek için tesisten ayrılmaktadır. Firma yeni başlattığı barkodlu toplama süreçleri ile birlikte, şu an atık toplamakta olduğu 2 mahalledeki her binanın önüne barkodlu konteynır koymuştur. Bunun sayesinde toplama sırasında her binadan çıkan evsel atık miktarına dair veriler poşet bazında tutulabilmektedir. Diğer mahallelerin bilgileri ise her mahalle için tartım sonucu sahip oldukları verilerle aylık olarak tutulmaktadır.

Evsel atık bünyesinde toplanan ambalaj atıkları; cam, kağıt, plastik, naylon, metal, OPP, kompozit ve kartondan oluşmaktadır. Kamyonlar tarafından toplanan bu atıklar, gün içerisinde kamyon geldikçe atık sahasına boşaltılmakta ve bir işçi tarafından besleme bandına yüklenerek ayrıştırma bandına çıkmaktadır. Bantta her tür malzemeyi ayrıştırmakla görevli 10 kişi çalışmaktadır. Atıklardan karton, hacminin büyük olması nedeniyle ayrıştırıldıktan sonra büyük bir konteynırda tutulmakta ve kağıt, hiçbir işçi tarafından toplanmayan tek atık olarak bandın sonuna yerleştirilen bir başka konteynıra akmaktadır. Kağıt ve karton haricindeki atıklar bantta türlerine göre ayrıştırıldıktan sonra çuvallara yerleştirilir ve geri kazandırılmak üzere fabrika içinde başka istasyonlara veya başka kuruluşlara gönderilir.

Evsel atığa ek olarak EOSB’de yer alan kuruluşlarından da atık toplanmaktadır. Tahta paletler, çeşitliliği, geri kazanım için çok fazla operasyon gerektirmesi ve firma için önemli bir gelir kaynağı olması nedeniyle sanayi atıkları arasında en önemli yeri tutan atık türüdür. Firma kullanılmış paletleri alarak hasar durumuna göre ayrıştırdıktan sonra, bu paletleri tamir ederek veya kullanılabilir durumda olan malzemeleri ayırarak yeniden palet üretmekte, ürettiği paletleri sanayi kuruluşlarına satmaktadır. Ayrıca kullanılmayacak durumda olanları da parçaladıktan sonra odun olarak satmaktadır. Raporun devamında proje kapsamında yapılanlar her dal için ayrı bir başlık altında detaylı olarak anlatılacaktır. İlk olarak evsel atık ayrıştırma süreçlerinin iyileştirilmesi başlığı altında yapılanlar anlatıldıktan sonra yeni palet atölyesi için yerleşim planı tasarlanması alanında yapılanlar hakkında bilgi verilecektir. Sonrasında da toplama ağının tasarımı ve toplama süreçlerinin iyileştirilmesi ile ilgili çalışmalar anlatılacak ve raporun bitiminde tüm dalları kapsayan genel bir değerlendirme yapılacaktır.

4. Evsel Atık Ayrıştırma Süreçlerinin İyileştirilmesi

4.1. Problem tanımı ve analiz

Süreç üzerinde yapılan incelemelerde ilk olarak günlük gelen atığın ayrıştırılmadığı ve bunun birikmeye yol açtığı görülmüştür. İkinci olarak, kartonun düzensiz stoklama nedeniyle banda tekrar çıktığı, hacminin büyüklüğü nedeniyle de bant üstünde karton dışındaki malzemeleri ayırmakla görevli işçilerin performansını düşürdüğü gözlenmiştir. Daha detaylı yapılan incelemelerde gelen atığın banda poşet içerisinde % 50 oranında çıktığı görülmüştür. Bant üzerinde poşet açmakla yükümlü personel hem poşet patlatmakta hem de kendi malzemesini ayrıştırmakta sorun yaşamaktadır. Bu durum aynı zamanda atığın bant üstünde homojen olmayan şekilde dağılmasına yol açmakta, işçilerin performansını düşürmekte ve bandın sık durmasına neden olmaktadır. Yapılan analizler ve firmadan alınan veriler neticesinde problem, ayrıştırma bandının kapasitesinin verimli kullanılmaması olarak tanımlanmış ve buna temel neden olarak bandın çok fazla insan gücüne dayalı çalışması gösterilmiştir. Ayrıca ayrıştırma süreçlerinin maliyeti de çok fazladır. İş akışlarının (Ek 1.1) ve bandın yerleşiminin (Ek 1.2) çıkarılmasından sonra, Arena programıyla mevcut sistem için benzetim modeli oluşturulmuştur. Haftalık ayrıştırılan atık miktarları belirlenmiş ve bandın günde ortalama 82 dakika durduğu gözlemlenmiştir.

Probleme çözüm önerileri getirme aşamasında ilk olarak benzer bir kuruluş olarak Ankara’da hizmet veren Simat Geri Dönüşüm Fabrikası ziyaret edilmiştir. Daha sonra ODTÜ Çevre Mühendisliğiyle yapılan görüşmeler neticesinde alınan Tchobanoglous’un ‘Katı Atık

Mühendisliği' (1993) ve Vesilind'in 'Katı Atık Yönetimi' (2001) kitapları incelenmiştir.

4.2. Önerilen yöntem

Süreç için yapılan problem tanımından sonra problemi çözmek adına uygulanacak genel yaklaşımın insan gücüne bağlılığı mümkün olduğunca azaltmak olması gerektiğine karar verilmiştir. Yapılan literatür taramaları neticesinde, bu yaklaşımın uygulanmasını sağlayacak çözüm önerileri bulunmuş, bu önerilerin bir arada ve ayrı hallerde uygunluğu benzetim modelinde test edilmiştir. Tüm çalışmalar sonucunda geliştirilen çözüm önerileri şunlardır:

- Beslemeyi dışardan yaparak, beslemeyi yapan çalışanla birlikte kartonu banda çıkmadan ayıracak ikinci bir işçinin bulunması
- Besleme bandının ayrıştırma bandına döküldüğü yere elekli tambur yerleştirilerek ayrıştırma operasyonunun verimsiz olmasına sebep olan atığın poşette gelmesinin önlenmesi, atığın bant üstüne homojen olarak dökülmesinin sağlanması
- Bandın sonuna hava püskürtme (air blower) mekanizması ekleyerek, kâğıttan başka bir malzemenin daha bandın sonunda ayrıştırılması, bu malzemeyi ayrıştıran işçinin elenmesi

Sunulan bütün önerilerin performanslarının ölçülmesi ve de sisteme uyumlu olup olmadığının görülmesi için her bir öneri benzetim modeli üzerinde ayrı ayrı test edilmiştir. Yapılacak bu yatırımlar sayesinde iş yükünün azalması neticesinde bandın daha yüksek bir verime daha az işçiyle yakalaması ve bu sayede maliyetin de azalması beklenmektedir. Benzetim ve maliyet analizleri sonucunda elde edilen çıktılar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Benzetim ve maliyet analizi çıktıları

Yatırım türü	Bir ayda bant durma süresinde azalma (dk)	Durma süresinde azalma (%)	Ayrıştırılan atık miktarındaki artış	Kar (YTL)	Maliyette beklenen azalma (YTL)
Kartonun banda sokulmaması	638	%32	6472	1054	2000
Elekli tambur yatırımı	1348	%68	12924	2106	1000
Hava püskürtücü yatırımı	812	%58	9780	1594	1000

4.3. Sonuç analizi ve uygulama

Elekli tambur ile hava püskürtme mekanizmasının birlikte alınması ve kartonun bantta ayrıştırılmaması alternatiflerinin bir arada uygulanması halinde beklenen çıktılar benzetim modeli üzerinden hesaplanıp mevcut sisteminki ile karşılaştırıldığında ortaya çıkan sonuç Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Ayrıştırma bandında mevcut ve yeni durum karşılaştırması

	Ayda ayrıştırılan atık miktarı	Hat durma süresi	Kar (YTL)	Sistemde çalışan işçi sayısı	Maliyette beklenen azalma (YTL)
Mevcut durum	69184	1976 dk/ay		11	
Yeni Durum	81176	532 dk/ay	4741	7	4000
Yüzdesel Fark	%17 artış	%73 azalma			

Firma üç öneriyi de uygulamakta karar kılmıştır. Bu karar sonrasında elekli tambur ve hava püskürtme mekanizmaları yapılan literatür taramaları neticesinde tasarlanmış, ayrıştırma bandının yeni yerleşim planı oluşturulmuş (Ek 1.3) ve firmaya sunulmuştur. Ayrıca oluşabilecek değişik sonuçlar için benzetim modeli üzerinden senaryo ve maliyet analizi yapılmıştır (Ek 2).

5. Yeni Palet Atölyesi İçin Yerleşim Planı

5.1. Problem tanımı ve analiz

Benli Geri Dönüşüm Tesisleri'ne yapılan ziyaretlerde palet geri kazanımı ile ilgili süreçlerin incelenmesi sonucunda; makine ve malzeme ara stok alanlarının, iş akışları ve operasyon sıraları göz önünde bulundurulmadan belirlendiği görülmüş bunun insan gücü ve makinelerin verimsiz kullanımına yol açtığı gözlenmiştir. Mevcut sisteme ait verilerin toplanması ve analiz edilmesinden sonra problem, makine ve malzeme ara stok alanlarının, iş akışları ve operasyon sıraları göz önünde bulundurulmadan belirlenmesinden ötürü malzemelerin fabrika içinde çok fazla dolaşması ve fabrika içerisinde düzensiz trafik akışı olarak tanımlanmıştır. Yapılan bu gözlemlerin geçerliliğini sınamak için ilk olarak mevcut sistemin yerleşim planı, daha sonra da tüm palet türleri için iş akışları çıkarılmıştır (Ek3.1). Analizin doğruluğu, iş akışlarının takibiyle belirlenen malzeme akışlarının mevcut yerleşim planı üzerinde gösterilmesiyle ve literatür taramasıyla (Francis, 1991) desteklenmiştir.

5.2. Önerilen yöntem

Yapılan problem tanımı neticesinde, çözüm için önerilecek yaklaşım, yeni yapılacak palet atölyesi için malzemelerin fabrika içinde dolaştığı mesafeleri azaltan, aynı zamanda fabrika içindeki trafiği düzenlerken makine ve insan gücünün de verimli kullanımını sağlayan bir yerleşim planı hazırlamak olarak tanımlanmıştır. Yeni yerleşim planı hazırlanırken birincil olarak malzeme akışı göz önüne alınacağından paletler hasar durumlarına göre hasarsız, az hasarlı, çok hasarlı ve hurda olmak üzere 4 gruba ayrılmış ve her gruptan çıkan malzemelerin çıkma yoğunlukları 'out-tree' yapısı diyagramları kullanılarak belirlenmiştir

(Ek 3.2). Malzemelerin izledikleri yolların takip edilmesi, makinelerin lokasyonlarının belirlenmesi ve out-tree structure diyagramları sonucunda çıkan yoğunluklara göre mevcut yerleşim planı üzerinde malzemelerin akışı gösterilmiş, malzemelerin fabrikada dolaşma mesafeleri belirlenmiştir (Ek 4.1).

'Rank Order' Sınıflandırması çalışması neticesinde hücreyel yerleşimin bu problem için uygun olmayacağına karar verilmiş ancak hangi makinelerin birbirine yakın durması gerektiğinin tespiti mümkün olmuştur. Hangi makinelerin birbirine yakın durması gerektiğinin tespitinden sonra alternatif yerleşim planları oluşturulmuş, bu planlar malzemelerin fabrika içinde dolaşma mesafeleri göz önünde bulundurularak karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde tüm alternatifler arasından en az dolaşma mesafesini veren planın firmaya sunulmasına karar verilmiştir.

5.3. Sonuç analizi ve uygulama

Firma yetkilileriyle yapılan görüşmeler neticesinde yerleşim planı atölye kısıtları da göz önünde bulundurularak uygulamaya konmak üzere son halini almıştır (Ek 4.2). Tablo 3'de uygulanmakta olan yerleşim planı ile eski yerleşim planının karşılaştırması görülmektedir.

Tablo 3. Mevcut ve yeni yerleşim planı karşılaştırması

	Tahta	Odun	Bel Palet
Eski yerleşim planında malzemenin dolaşma mesafesi(m)	361.4	154.9	67
Yeni yerleşim planında malzemenin dolaşma mesafesi(m)	47	47	22
Sonuç	%87 azalma	%70 azalma	%68 azalma

Belirlenen yerleşim planı Şubat 2008 itibariyle yeni atölyenin inşasından sonra uygulanmaya konmuştur. Firmadan alınan geri bildirimlere göre, palet geri kazanımıyla ilgili süreçler yeni yerleşim planında sorunsuz işlemektedir. Yeni sunulan yerleşim planının daha verimli çalışabilmesi, palet üretiminin bir plan dahilinde yapılması ile mümkün olacaktır.

6. Evsel Atık Toplama Ağı Tasarımı ve Toplama Süreçlerinin İyileştirilmesi

6.1. Problem tanımı ve analiz

Süreç üzerinde yapılan incelemeler sonucunda kamyonların haftalık toplama zaman çizelgelerinin, firma sisteme yeni toplama noktaları ekledikçe, belirli bilimsel verilere dayandırılmadan oluşturulduğu görülmüştür. Bu zaman çizelgeleri doğrultusunda her

kamyonun gideceği rota, kamyon şoförünün kendisi tarafından belirlenmektedir. Mevcut toplama ağının takibi sonucunda toplama lojistiğinin yetersiz kaldığı görülmüş, işgücü, mazot ve zamanın verimsiz kullanımından dolayı sürecin yüksek maliyetli olduğu gözlenmiştir. Bütün bu problemlerden dolayı, mevcut sistemde toplama süreçlerinin maliyetini azaltacak bir rotalama çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin çok değişkenli ve de birden çok parametreye sahip olmasından dolayı literatür taramaları ve internet araştırmaları uygulanabilirlik, hız ve kesinlik kısıtları göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

6.2. Önerilen yöntem

Yapılan literatür taramaları sonucunda, mevcut sisteme en iyi rotayı çıkarabilecek algoritmanın Eiselt, vd. (1995); Amponsah, vd. (2004) ve Vittorio'ya (2004) ait Kapasiteli Yol Rotalama Problemi olduğu görülmüştür. Mevcut rotaların takibiyle ilk olarak, algoritmanın ihtiyaç duyduğu verilerden biri olan sokakların yönlerinin ve girilebilirliğinin belirlenmesi için her sokak teker teker gezilerek bilgiler toplanmıştır. Sonrasında bölgelerin demografik ve sosyoekonomik durumları göz önünde bulundurularak her bir sokaktan çıkacak tahmini atık miktarları da saptanmıştır. Ancak Kapasiteli Yol Rotalama Problemi'nin sezgisel çözüm yöntemleri yetersizdir ve bu yöntemlerin uygulanması çok zordur. Bu nedenle hem mevcut modele uygun hem de uygulaması daha kolay olan ve Kapasiteli Yol Rotalama Problemi'ne benzetilebilen Kapasiteli Araç Rotalama Problemi'nin problemleri çözen algoritma olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Kapasiteli Araç Rotalama Problemi dağıtımın belirli taşıma kapasitesi olan araçlar tarafından yapıldığı bir tümleşik optimizasyon problemidir ve amaç dağıtım maliyetini en aza indirmektir. Bu problem için literatürde pek çok çözüm yöntemi geliştirildiği ancak bu yöntemlerin sadece düşük düğüm sayıları için çabuk ve iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Dantzig, vd. 1959; Cordeau, vd. 2002).

Bunun neticesinde Kapasiteli Araç Rotalama Problemi'nin sezgisel yöntemleri araştırılmış ve bunlardan biri olan Clarke&Wright sezgiselinin kullanılması uygun görülmüştür. Bu sezgiselin seçilmesindeki temel neden, problemin tüm kısıtlarına uygun olması, kısa zamanda sonuç vermesi ve en iyi çözüme çok yakın bir sonuç veriyor olmasıdır. Clarke&Wright sezgiselinin uygulanması sonucunda çıkan çözümü daha iyi bir değere çıkarmak için 3-Opt iyileştirme sezgiselinin de uygulanması öngörülmüştür (Clarke, Wright; 1964; Cordeau, Gendreau, Laporte, Potvin, Semet; 2002; Silver; 2004). Bu sezgisellerin performansının test edilmesi için Kapasiteli Araç Rotalama Problemi ilk olarak Kurtuluş mahallesinin bir bölümüne belirlenen verilerle Xpress-MP optimizasyon programı kullanılarak uygulanmış ve

uygulama 2 saat 43 dakikada çözüm vermiştir. Belirlenen sezgisel yöntemlerin modele uygulanmasından sonra da, Kapasiteli Araç Rotalama Problemi'nin en iyi sonucundan %2.8'lik sapması olan bir mesafeye sahip bir rota elde edilmiştir.

Geri Dönüşüm Projesine yeni mahallelerin katılacak olmasından dolayı, firmanın yeni rota tasarımları yapabilmesi, mevcut rotaları görebilmesi ve de bu rotalar üzerinde değişiklikler yapabilmesi için kullanımı kolay bir ara yüze ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda, kullanıcı için kullanımının kolay olması esas alınarak, Java yazılım programında ara yüzü de içeren bir program yazılmış ve '*RotaÇiz*' olarak adlandırılmıştır. *RotaÇiz* programının kullanıcı ara yüzü oluşturulurken girilecek verilerin ulaşılabilir olmasına, veri girişinin kolay olmasına, birçok kısıta adapte edilebilecek olmasına ve çıkan sonuçların analizinin kolay olmasına özen gösterilmiştir.

6.3. RotaÇiz

RotaÇiz, Benli Geri Dönüşüm'ün Odunpazarı Belediyesi ve ÇEVKO ile yürüttüğü geri kazanım projesi için hazırlanmış bir programdır ve benzer ihtiyaçları olan başka sistemler için de kullanılabilir. Programın temel girdisi bölgenin haritasıdır. İlk olarak, programın içerisinde bir proje başlatıldıktan sonra kullanılacak haritanın seçilmeli ve harita ölçeğine göre piksel metre oranının girilmelidir. Daha sonra deponun yeri harita üzerinde belirlenmelidir. Programın bir diğer girdisi harita üzerindeki toplama veya dağıtım noktalarıdır. Bu noktalar harita üzerinde belirlenmeli ve yerleştirilirken önceden belirlenmiş olan her noktadan çıkacak tahmini atık miktarları da beraberinde girilmelidir. Sonrasında bu noktalar arasındaki yollar tanımlanmalıdır.

Programın girdilerinden bir diğeri de toplama veya dağıtım araçlarının taşıma kapasitesidir. Atıkların hacmiyle ağırlığı arasındaki ilişki değişkenlik gösterdiği için toplanan atık miktarı ve kamyonun kapasitesi bu proje için poşet cinsinden belirlenmiştir. Harita üzerinde toplama noktaları ve atık miktarlarının belirlenmesinden sonra araçların kapasiteleri de belirlenerek program çalıştırılmalıdır. Program araç kapasitesinin dolduğu noktaya kadarki rotayı tamamladıktan sonra geri kalan toplama noktalarını ikinci bir araç kullanarak tamamlamaktadır. Kullanılacak araç sayısı da program çıktılarından bir tanesidir.

RotaÇiz programı toplama noktalarına ulaşımı daha az maliyetli hale getirmek amacıyla önce Clarke&Wright yapılandırma sezgiselini kullanarak en iyi çözüme en yakın sonuçlardan birini veren bir rota çıkarmakta ve bu rotayı 3-Opt iyileştirme sezgiselini kullanarak daha da iyileştirmektedir (Ek 5). Program toplama noktaları arasındaki geçiş sırasını belirledikten sonra bu sıra üzerinden haritadaki gerçek yolları kullanarak bir rota çizmektedir.(Ek 6)

6.4. Sonuç analizi ve uygulama

RotaÇiz programının ve de oluşturulan algoritmanın sonuçlarının doğrulanması için, Kurtuluş mahallesinin verileri uygulanmıştır. Kurtuluş mahallesinin seçilmesinin nedeni bu bölgenin şehrin genel özelliklerini en iyi yansıtan bölge olmasıdır. Bunun sonucunda eskiden mahalle içinde 17 km mesafe gidilirken, *RotaÇiz* programı sayesinde 9 km mesafe gidilmektedir. Bu da %47'lik bir kazanım demektir. Oluşturulan sezgiselin performansının geçerli olduğu görülmüş, diğer mahalleler için de uygulanmasına karar verilmiştir. Ayrıca, *RotaÇiz* programının değişik senaryolar altında ne kadar verimle çalıştığını ölçmek için program test edilmiştir. Bu senaryo çalışması, farklı atık miktarlarının veya kamyon kapasitesinin değiştirilmesi ile yapılmıştır. Bu çalışmada amaç, o bölgeye küçük veya büyük kamyon için ortaya çıkan rota farklarının gözlenmesi olarak belirlenmiştir. Toplama esnasında atık miktarının kapasiteyi aştığı durumlar da analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, programın çıktılarında biri olan, belirlenen bölge için kullanılacak kamyon sayısı da elde edilmiştir.

Yapılan performans ölçümü ve duyarlılık analizleri sonucunda oluşturulan algoritmanın ve *RotaÇiz* programının uygulanabilir olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda, *RotaÇiz* programı her mahalle için belirlenen ve toplanan veriler ve kısıtlar doğrultusunda uygulanmıştır. Uygulamaların sonucunda, eski ve yeni rota mesafeleri Tablo 4'de gösterilmektedir.

Tablo 4 Eski ve yeni rota mesafeleri karşılaştırması

	Mevcut mesafe (km)	Yeni rotada alınan mesafe	Yüzdesel fark
Kurtuluş	17	9	% 47 azalma
Üniversite Evleri	5.5	3.7	% 31 azalma
Çankaya	11.8	5	% 50 azalma
Yenikent	14.7	10.7	% 38 azalma

RotaÇiz programı ile elde edilen rotalar, Benli Geri Dönüşüm firmasına sunulmuştur. Firma önerilen rotaları uygun görmüş ve de her birini uygulamaya başlayacağını söylemiştir. Bu aşamadan sonra, firmanın atık toplama frekanslarının uygulamasında verimi arttırması beklenmektedir.

7. Genel Değerlendirme

Evsel atık ayrıştırma süreçleri için problem, sistemin insan gücüne çok dayalı olması nedeniyle bant kapasitesinin verimsiz kullanılması ve maliyetin yüksek olması olarak tanımlanmıştır. Önerilen yöntem bilim neticesinde ayrıştırma işlemine eklenecek teknik donanımlarla ayrıştırılan atık miktarında ortalama %17 artış, maliyetlerde %15 oranında azalma ve yatırımların kendini karşılamaından itibaren her ay ortalama 1232YTL kazanç beklenmektedir. Ayrıca beslemenin

dışarıdan yapılması ile fabrika içerisinde düzen sağlanmış ve bu alanda yapılan tüm çalışmalar sayesinde iş yükünün azalması, daha az işçiye ihtiyaç duyulması ve işçilerin performansının artması mümkün kılınmıştır.

Yeni palet atölyesinin tasarımı için problem, malzemelerin fabrika içerisinde çok fazla dolaşması ve düzensiz trafik olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak hiçbir ek yatırıma ihtiyaç duyulmadan trafiği düzenlerken, malzemelerin dolaşma mesafelerinin ortalama %70 oranında azalması beklenen yeni bir yerleşim planı firmaya sunulmuştur. Bu planın uygulanması neticesinde verimli alan, işçi ve makine kullanımı mümkün olmuş, iş yükünün azalması neticesinde aynı üretim hızı daha az işçiyle yakalanmıştır.

Evsel atık toplama süreçleri için problem, plansız rotalama nedeniyle sürecin yüksek maliyetli olması olarak tanımlanmıştır. Önerilen yöntem bilim neticesinde, planlı ve verimli bir rota elde edilmesini sağlayan *RotaÇiz* programı hazırlanmıştır. Program sayesinde şu an sistemde mevcut mahalleler için toplama mesafesinde %42'lik azalma beklenmektedir. *RotaÇiz* kullanımı kolay, yeni mahallelerin de sisteme eklenmesini mümkün kılan ve benzer sistemlere de adapte edilebilecek bir programdır. Dolayısıyla gereken veriler toplandıktan sonra başka projeler için de kullanılabilir.

Yapılan tüm çalışmalar neticesinde proje kapsamını oluşturan üç dal için iyileştirme önerileri firmaya sunulmuştur. Sunulan tüm öneriler, farklı koşullar altında oluşması muhtemel senaryolar için test edilmiştir. Sonuç olarak üç dal için de sistem iyileştirmesine yönelik yapılacak tüm yatırımların firmaya her durumda fayda sağlaması beklenmektedir. Firma, sunulan önerileri değerlendirdikten sonra tümünü uygulamaya karar vermiştir.

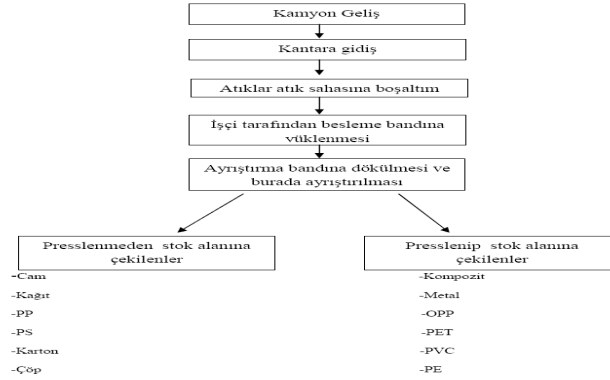
KAYNAKÇA

- Amponsah, S. K. ve Salhi, S. (2004). "The investigation of a class of capacitated arc routing problems: the collection of garbage in developing countries", *Waste Management*, 24 (7), 711-721.
- Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points" *Operations Research*, 12, 568-581.
- Cordeau, J-F.; Gendreau; M., Laporte, G., Potvin; J-Y, Semet, F. (2002). "A Guide to Vehicle Routing Heuristics", *The Journal of the Operational Research Society*, 53 (5), 512-522.
- Dantzig, G. B. ve Ramser, J. H. (1959). "The truck dispatching problem", *Management Science*, 6, 80-91.
- Eiselt H. A., Gendreau, M ve Laporte, G. (1995). "Arc Routing Problems. Part I. The Chinese postman problem" *Operations Research*, 43, 231-242
- Eiselt, H. A.; Gendreau, M. ve Laporte, G. (1995). "Arc Routing Problems, Part II: The Rural Postman Problem", *Operations Research*, 43 (3), 399-414.
- Francis, R. L., McGinnis, F. ve White, J. A. (1991). *Facility Layout and Location: An Analytical Approach*. Prentice Hall, The Plant Layout Problem, Storage Systems Layout
- Maniezzo V. (2004). "Algorithms for large directed CARP instances: urban solid waste collection operational support", Technical Report of Department of Computer Science of University of Bologna, Italy.
- Silver, E. A. (2004), "An Overview of Heuristic Solution Methods", *The Journal of the Operational Research Society*, 55 (9), 936-956.
- Tchobanoglous, T. ve Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. In McGraw-Hill, Waste Handling and Separation, Storage, and Processing at the Source (159-191), Collection of Solid Waste (192-247), Separation and Processing and Transformation of Solid Waste (247-323), Transfer and Transport (325-360), Materials, Separation and Processing Technologies (543-605).
- Worrell, V. ve Reinhart, D. R. (2001). *Solid Waste Engineering*. In Brooks/Cole, Collection (67-109), Processing of Municipal Waste (173-224), Materials Separation (224-283).

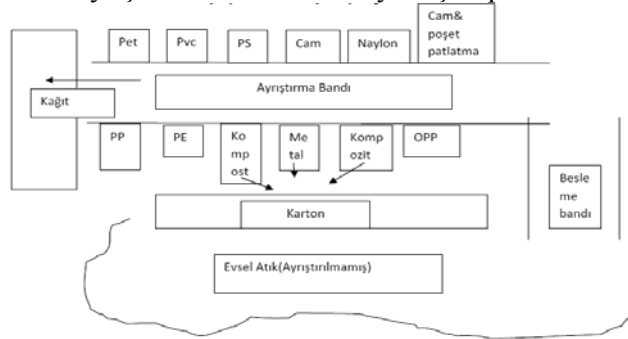
EKLER

Ek1. Evsel atık ayrıştırma bandı eski ve yeni yerleşim planları ve iş akışı

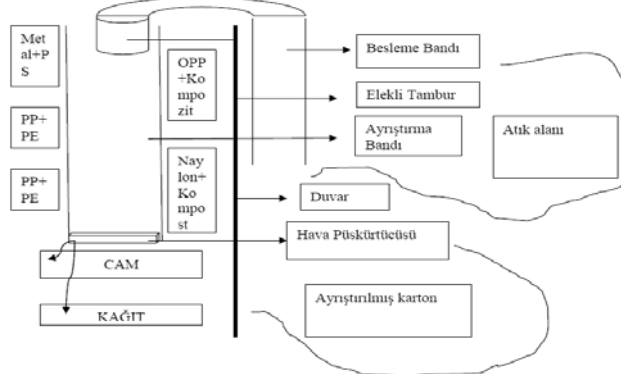
Ek 1.1. Evsel atık türleri için iş akış şeması



Ek 1.2. Evsel atık ayrıştırma bandı mevcut yerleşim planı



Ek 1.3. Evsel atık ayrıştırma bandı yeni yerleşim planı

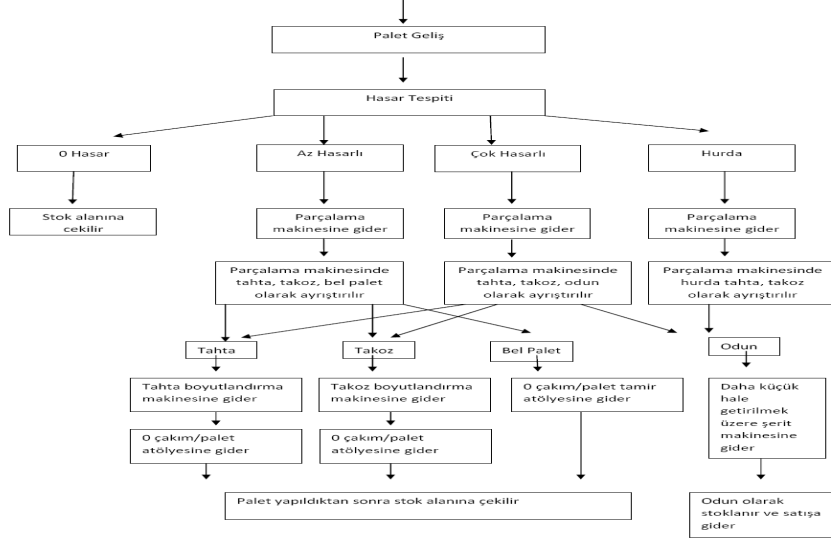


Ek 2. Farklı atık miktarları ve işçi performansları için benzetim modeli sonucunda yapılmış olan senaryo sonuçları

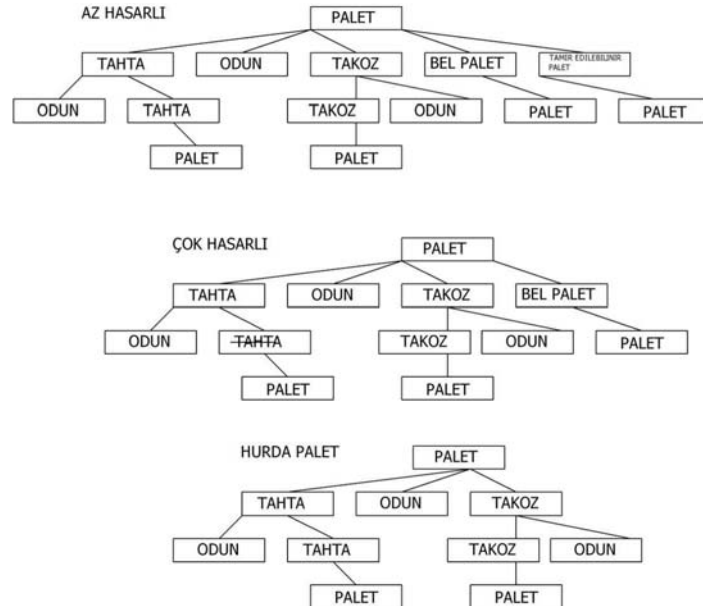
	Bant üstünde doğru malzemeyi yakalama olasılığı %85(mevcut)	Bant üstünde doğru malzemeyi yakalama olasılığı %90	Bant üstünde doğru malzemeyi yakalama olasılığı %95
Gelen atık miktarı 4 ton	Yatırım 5 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 282YTL kazanç,	Yatırımlar 4 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 883YTL kazanç,	Yatırımlar 3 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 2262YTL kazanç,
Gelen atık miktarı 5 ton	Yatırımlar 5 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 284YTL kazanç,	Yatırımlar 4 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 1232YTL kazanç,	Yatırımlar 3 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 2630YTL kazanç,
Gelen atık miktarı 6 ton	Yatırımlar 4 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 387YTL kazanç,	Yatırımlar 4 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 1223YTL kazanç,	Yatırımlar 3 ay içerisinde maliyetini karşılar, maliyetlerde 4000 YTL'lik azalma ve daha sonra 2630 YTL kazanç,

Ek 3. Yeni palet atölyesi tasarımı için yapılan çalışmalar

Ek 3.1. Palet türleri için iş akış şeması



Ek 3.2. Out-tree structure diyagramı



Ek 5. Clarke&Wright ve 3-Opt sezgisel metotları için pseudocode

```

PROCEDURE Clark&Wright Construction Heuristic
  ct is the capacity of the truck
  Cij is the distance between nodes i and j
  k is the number of vehicles
  Sij is the savings of i and j
  SM(i,j) is the matrix that holds sij
  cw(i,j) is the matrix that holds each street's amount of waste
  cw the total waste collected
  rk is the number of vehicles that is needed
  routem(i,j) is the matrix that holds the route
  TD is the total distance traveled by routem(i,j)
  INITIALIZE k to zero
  INITIALIZE cw to zero
  FOR all i not equal to j DO
  Define route (i,0) and (0,j) and (i,j)
  Define  $Sij=Ci0+ C0j -Cij$ 
  Put Sij into SM
  Sort SM in a non-decreasing way
  end FOR
  FOR all i not equal to j DO
  Define route (0,i,0)
  Add one to k
  end FOR
  FOR all Sij in SM DO
  FOR first value of SM DO
  WHILE (ct  $\geq$  cw)
  IF the route (0,j) and (i,0) are defined,
  DELETE (0,j) and (i,0) from SM
  SUBTRACT 1 from k
  CREATE (i,j)
  PUT (i,j) into routem
  ADD cw(i,j) to cw
  ADD distance of route (i,j) to TD
  end IF
  OTHERWISE ADD 1 to rk
  DO cw equal to zero
  END WHILE
  END FOR
  END FOR
PROCEDURE 3-OPT improvement heuristic
TDN is total distance created for new routes
  Initialize TDN to 0
  DELETE randomly 3 (i,j) from 'route' matrix
  REPEAT
  DO new routes between remaining fragments of the tour by adding 3 new
edges
  TDN= Total Distance of the new route
  IF TDN<TD
  ADD new edges to 'route' matrix
  ELSE
  ADD deleted edges to 'route' matrix
  END IF
  until no further improvements are done

```

Ek 6. Görüntülerle RotaÇiz programı

1 RotaÇiz programı çalıştırıldığında açılan ilk ekran. Burada "Seçenekler" kısmından ya varolan bir proje yükliyoruz, ya da yeni bir proje yaratıyoruz.

2 Yeni bir proje yaratırken ilk olarak proje ismini giriyoruz. Daha sonra, kullanmak istediğimiz haritayı bilgisayarmızdan çağırıyoruz. Proje çıktılardan biri olan mesafenin biriminin metre olması açısından haritanın metre/piksel oranını da

3 Projemizi yükledikten sonra harita üzerinde çalışacağımız bölgeyi projeye ekliyoruz.

4 Projemizdeki bölgeler arasında geçiş yapabileceğimiz kısım. Projemiz için ilk olarak depo noktasını harita üzerinde belirliyoruz. Daha sonra toplama/dağıtım noktalarını belirliyoruz. Son olarak bu noktalar arasındaki yolları, tek veya çift yönlü olarak harita üzerinde çiziyoruz.

5 "Toplama noktalarını seç" butonunu kullanarak belirlemiş toplama noktalarından çıkmakta olan ortalama atık miktarını giriyoruz.

6 Harita üzerinde çalışacağımız tüm toplama noktaları ve yolları tanımladıktan sonra programımızın "Çözümler" başlığı altında araç kapasitemizi belirliyor ve izlenmesi gereken yolları görmek üzere çalıştırıyoruz.

7 Programımız, sol tarafta görüldüğü üzere harita üzerinde gidilecek rotayı belirten bir görsel çıktı ve bir de sağ tarafta görüldüğü üzere, sonuçları daha detaylı inceleyebileceğimiz bir rapor çıktısı hazırlamaktadır.

Dağıtım Ağında Bayilik Sisteminin Fizibilite Analizi

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.

Proje Ekibi

Seda Badem
M. Kemal Çağırın
Arife Karakoca
Seda Kurtuldu
M. Bora Sezen

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Tamer Uysal, Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş., Alan Satış Müdürü,
Turgay Boyar, Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş., K/A Bölge Müdürü,
Murat Arslanbulut, Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş., Dağıtım Şefi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Hande Yaman, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Coca-Cola Ankara Satış ve Dağıtım A.Ş.'de, sürekli artan talep hacminden dolayı gelecekte depo ve dağıtım kapasitesinde yetersizlik çıkacağı ön görülmüştür. Bu projenin amacı mevcut dağıtım sisteminin yükünü azaltmak amacıyla bayilik sistemine geçişin fizibilite analizini yapmaktır. Başka bir deyişle mevcut sistem ve bayilik sisteminin maliyetlerinden yola çıkarak verimliliklerini karşılaştırmak, bunun yanında, gelecek yıllarda Coca-Cola'nın anlaşmalı olduğu bir bayi tarafından açılması planlanan ek bir depo için maliyet analizi yapıp verimliliğini ölçmektir. Sistem analizi MS Excel programı kullanılarak yapılmıştır. VisualBasic.NET programlama dili ile de firmanın ek analizleri için kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Yapılan analizler, Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.'nin bayilik sistemine geçiş aşamasında bir kaynak çalışma teşkil etmesinden dolayı faydalı olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Maliyet analizi, süreç analizi, fizibilite çalışması.

1. İşletme ve Proje Tanıtımı

Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCI) Güney Avrasya ve Ortadoğu'yu kapsayan geniş bir alanda "The Coca-Cola Company"(TCCC) markalı ürünlerin üretim, satış ve dağıtım hizmetini vermektedir. CCI' nin vizyonu kalite, hacim ve karlılık oranları göz önünde bulundurularak TCCC'nin ilk altı şişeleycisinden biri olmaktır. Misyonu ise müşteri ve tüketici memnuniyetini sürekli olarak arttırmaktır. Pazarlarının tümünde satılan markalar, Coca-Cola, Coca-Cola Light, Fanta Cappy, Nestea, Damla ve Powerade. Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. Ankara'nın Etimesgut ilçesinde yer almaktadır. CCI'nin Ankara satış ve dağıtım ağı bu merkezden yönetilmektedir. Coca-Cola'nın özütü TCCC'den getirilmekte olup, şişeleme işlemi Esenboğa havaalanı yolu üzerinde bulunan fabrikada gerçekleştirilmektedir. Şişelenen ürünler Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. deposuna gönderilmekte ve satış ve dağıtım işlemleri buradan yönetilmektedir. Temel amaç doğru ürünü doğru miktarda doğru zamanda doğru müşteriye ulaştırmaktır.

IE 477-478 Sistem Dizayn dersleri kapsamında "Coca-Cola Ankara dağıtım ağına bayilik sisteminin fizibilite analizi" başlığı altında yapılan projenin amacı mevcut dağıtım sistemini endüstri mühendisi bakışı açısından incelemek ve uygun görülen uygulamalarla verimliliği arttırmaktır. Bu rapor, dağıtım sistemi problemlerinin ve bulgularının belirlenmesi amacıyla yapılan mevcut durum analizini, çözüm planını ve muhtemel sonuçları açıklamaktadır.

2. Mevcut Sistem Analizi

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. bünyesinde Ankara ilinin merkez ilçelerinin taleplerini karşılayan ve Etimesgut bölgesinde kurulmuş tek bir depo vardır. Coca-Cola'nın satış ve dağıtım sistemi aşağıda açıklanmıştır. Satış temsilcileri sorumlu oldukları müşterilerden siparişleri toplarlar, toplanan siparişler günün sonunda sipariş havuzuna aktarılır ve müşterilerin birbirlerine yakınlığı ve kamyonların kapasitesi göz önünde bulundurularak yükleme raporları çıkarılır. Raporlar çıkarıldıktan sonra, belirli bölgelere atanmış kamyonların yüklemeleri sabaha kadar depoda tamamlanır. Ertesi sabah "plasiyerler", diğer bir deyişle aracı süren ve dağıtım yapan personeller, dağıtıma çıkarlar (Ek 1). Dağıtım sisteminde üç farklı kanal yer almaktadır. Bu kanallar geleneksel, bayi ve K/A (Key/Account) kanallarıdır. Geleneksel kanal kafe, küçük bakkal, restoran gibi satış noktalarına hizmet vermektedir. Coca-Cola'nın bu kanalda kullandığı kamyonlar ve elemanlar firmaya aittir. Elemanlar, dağıtım sırasında oluşan çeşitli aksaklıklardan ve dönemsel talep farklılıklarından dolayı fazla mesai yapmak zorundadır ve bunun için ödenen ek ücretler firmaya ek maliyet getirmektedir. K/A kanalı Migros, Tansaş gibi zincir marketlere hizmet vermektedir. Kanalin özelliği dağıtımın taşeron firma aracılığıyla yapılmasıdır. Bayi

kanalı, Ankara içinde beş bölgenin dağıtımından sorumludur. Bayi kanalında dağıtım araçları ve personel, tahsilat yükü bayilere ait olup, satış yükü ve sorumluluğu Coca-Cola'nın sorumluluğundadır. Bayiler Coca-Cola'nın bölgelerden elde ettiği cironun belirli iskonto yüzdesini alırlar. Ayrıca, Coca-Cola'nın farklı şehirlerde kurulmuş olan fabrikalarından müşterilere de nakliye maliyetlerini azaltmak üzere direk dağıtım mümkündür.

Coca-Cola'da mevcut olan dağıtım sistemini anlamak, projenin ilerleyişi için kritik bir adımdı. Bu sebepten dolayı, sistem analizi şirket danışmanlarımızın yardımı ile dört parçaya bölünüp yapılmıştır. Bu parçalara göre ilk olarak her takım elemanı iki hafta boyunca gözlem için her kanalda satış ve dağıtım çıkmıştır. Bu süre boyunca satış ve dağıtım süreçlerinin akışı incelenmiş, potansiyel problemlere göz gezdirilmiş ve hazırlanan anketler ile müşteri memnuniyeti ölçülmüştür. Daha sonra, deponun mevcut durumu ve araç yüklemelerini gözlemek amacıyla, takım olarak depoda yükleme işlemleri gözlemlenmiştir. Son olarak, bayilerin çalışma yapısını anlayabilmek amacıyla, bayi sahipleriyle bir toplantı düzenlenmiş ve sistem hakkında detaylı bilgi edinilmiştir.

3. Problem Tanımı

Coca-Cola için doğru ürünü doğru miktarda doğru zamanda doğru müşteriye ulaştırmak çok önemlidir. Coca-Cola geleneksel kanalda 46 kamyonu sahiptir. Kış sezonu için toplam araç kapasitesi talep edilen sipariş miktarını karşılayabilmektedir, fakat yaz sezonunda taleplerin iki katına çıkmasıyla araç ve eleman takviyesi gerekmektedir (Ek 2). Bu takviyeler Coca-Cola'ya ilave maliyet getirmektedir. Ayrıca Coca-Cola'nın şu anki depo kapasitesi, yapılan eleman ve araç takviyesine rağmen mevcut talebi karşılamak için ileride yeterli olmayabilir. Bu yetersizliğin kamyon yükleme sürelerinde meydana getirdiği aksaklıklar nedeni ile ürünler müşterilere geç teslim edilmektedir. Buna bağlı olarak müşteri memnuniyetsizliği artmaktadır. Artan müşteri sayısı ile beraber geleneksel kanalda Coca-Cola satış temsilcilerinin satış, tanzim ve teşhir çalışmalarına ek olarak tahsilat da yapmaları, sadece satışa odaklanmalarını engellemektedir.

4. Literatür Taraması

Kaynak araştırması yaparken en önemli hedefimiz projemizle ilgili gerek sanayide gerekse teoride uygulanmış kaynaklara ulaşmaktır.

Araştırmamız iki kısımdan oluşmaktadır. Araştırmanın birinci kısmı, bayilik sisteminin uygulanabilirliğiyle, ikinci kısım açılacak deponun yerinin belirlenmesi ile ilgilidir. Birinci kısmın uygulamaları sanayide kolayca gözlemlenebilir. Coca-Cola'da bayilik sistemi şu şekilde işlemektedir: Coca-Cola tarafından belirlenen ve belirli bölgelere tayin edilen bayiler, o bölgenin dağıtımından ve tahsilatından

sorumludur. Bunun karşılığında, dağıtım yaptıkları bölgeden elde edilen genel ciro üzerinden belirli bir pay almaktadırlar. Bayilerin kullandıkları dağıtım kamyonları ve çalışanlar kendi bünyelerindedir. Ankara’da yürütülen bayilik sistemi yukarıdaki gibidir. Fakat CCI, Mersin ve Konya gibi şehirlerde farklı bir bayilik sistemi uygulamaktadır. Bu şehirlerde, her bayinin kendine ait bir deposu, kendi oluşturduğu bir dağıtım rotası vardır ve tahsilatı kendi elemanları yapmaktadır. CCI’nin bu tür bayilere verdiği ciro yüzdesi Ankara’daki bayiliklere göre daha yüksektir. Bu araştırma sonuçlarına göre amacımız Coca-Cola’nın diğer şehirlerde uyguladığı bayilik sistemlerini örnek alarak Ankara’da bayilik sisteminin uygulanabilirliğini incelemektir.

Mevcut dağıtım sisteminin maliyet analizi yapılırken, personel maliyetlerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere iş kanunundan faydalanılmıştır. 4857 nolu iş kanununa göre, saatlik fazla mesai ücreti, mesai ücretinin yarısı olarak hesaplanmıştır. Toplam mesai ücretleri bu kanun doğrultusunda hesaplanmıştır (İş Kanunu, 2003).

Projenin ikinci kısmında problemimize alternatif çözüm sunabilecek belge ve sanayi araştırması yapılmıştır. Mevcut deponun yükünü azaltabilmek ve mevcut depoya uzak olan müşterilere daha kısa zamanda daha az maliyet ile dağıtım yapabilmek için en uygun yere bayilerden herhangi birine ait olan yeni bir deponun açılması alternatifi üzerinde durulmuştur. Depo açılması için gereken maliyet bileşenlerini ortaya çıkarılırken, deposu olan bayiler ve emlakçılarla görüşülüp, farklı semtlerdeki imar izinleri, kiralar ve metrekare başına düşen inşaat maliyetleri hakkında bilgi toplanmıştır. Bunun yanında internet üzerinden yapılan araştırmalar sonucunda, “National Food Service Management Institute” tarafından yayınlanmış olan “Depo maliyetinin tayin edilmesi” isimli belge de, analizimize katkıda bulunmuştur (National Food Service Management Institute, 2003). Maliyet bileşenleri ana başlıkları ile belirlenirken, bu belgede bahsedilen depo kullanım süresi, dağıtım ekipmanları, personel maaşları, sigorta ve depo kurulum maliyetleri, kendi analizimizi yaparken yol gösterici bir kaynak niteliği taşımıştır.

5. Önerilen Yöntem

Ekim ayının sonundan itibaren, takım olarak firmaya yapılan düzenli ziyaretlerle dağıtım sistemi ve projede yer alacak süreçler hakkında bilgi toplanmıştır. Projenin çok kapsamlı bir dağıtım sistemi içermesinden dolayı, ilk iki ay süreçlerin her aşamasında gözlem yapılmış ve bu gözlemler doğrultusunda problemler tanımlanmıştır. Problem tanımı kısmının çok uzun zaman almasının sebebi, bütün dağıtım sistemine hakim olabilmek için, bütün aşamalarda (satış, dağıtım araçlarının yüklenmesi, dağıtım) gözlemci olarak yer almanın gerekli olmasıdır. Bu analizin sonucunda, sistemin farklı yerlerinde

tanımlanan problemler nedenleriyle açıklanmıştır. Bu problemlerden yola çıkarak sunulan muhtemel çözüm önerileri aşağıdaki gibidir:

- Tüm sistemin kapasitesini arttırmak (araç sayısı, çalışan sayısı, depo kapasitesi)
- Mevcut dağıtım sisteminin yükünü fabrikalardan yapılan direk dağıtımın miktarını arttırarak azaltmak
- Bayilik sisteminin uygulandığı farklı senaryoları inceleyip değerlendirmek
- Önceden belirlenmiş bir bölgede rotalamayı düzenlemek

Bu alternatifler içerisinde, bayilik sisteminin farklı senaryolar altında incelenmesi seçeneği tercih edilmiştir.

Bayilik sisteminin uygulanması, Coca-Cola'nın geleneksel kanaldaki müşterilerini, başka bir deyişle dağıtımını Coca-Cola dağıtım araçlarının ve çalışanlarının yaptığı, bayilere aktarması demektir. Daha önce de açıklandığı gibi, Coca-Cola çalışanları ödemelerin müşterilerden tahsil edilmesinden sorumludur ve müşteri sayısı çok fazla olduğu için bu büyük bir risk oluşturmaktadır. Firma eğer bu kanaldaki müşterilerini bayilere transfer ederse, dağıtım ve tahsilat sorumluluğunu bayiye devredip sadece satıştan sorumlu olacaktır. Ek olarak, dağıtım araçları ve personel bayi sorumluluğunda olacağından, Coca-Cola araç maliyetleri, ek araç ve personel maliyetleri ile çalışan ücretlerinden sorumlu olmayacaktır.

Bayilik sisteminin mevcut sistemden daha verimli olduğunu sayısal olarak gözlemleyebilmek için, iki sistemin maliyetlerini karşılaştırılması gereklidir. Coca-Cola, bayilik sistemine geçmeyi yaklaşık beş yıldır planlarının arasında bulundurmakta, fakat kısa bir zaman içinde uygulamaya geçmeyi düşünmemekteydi. Asıl amacı bayilik sistemini K/A kanalı hariç bütün Ankara'ya uygulamak olan Coca-Cola da bizimle birlikte diğer taraftan maliyet analizi çalışmalarına başlamıştır. Fakat bazı bölgelerde bu sistemin karlılık olarak uygun olamayacağı olasılığı da olduğu için, firma danışmanları takımımızdan maliyet bileşenlerini içeren ve her bölgenin dağıtım maliyetini hesaplayabilecek bir maliyet analizi yapısı oluşturmamızı istemiştir.

Satış bölgelerinin belirlenmesinde coğrafi kapsam, satış hacmi ve gelir seviyesi faktörlerini içeren müşteri profili göz önünde bulundurulmuştur (Bjerre, 1995). Takım olarak çalışmalara Coca-Cola'nın C bölgesi olarak adlandırdığı Etimesgut, Batıkent ve Sincan semtleri baz alınarak başlanmasına karar verilmiştir, çünkü bu bölgenin müşteri profili ortalama seviyededir. Böylelikle kısa zamanda veri toplamanın kolaylaşmasıyla, sonuçlara daha çabuk ulaşım süreci hızlandırılmıştır. Toplanan veriler, belirli bir bölgeye atanan kamyon sayısı ile önemli derecede ilgilidir. Fakat bölgeye yapılan takviye

seferlerin verileri tutulmadığından ve uygun olan herhangi bir dağıtım aracı herhangi bir bölgeye takviye sefer yapabildiğinden dolayı, belirli bir bölgeye atanan kamyon sayısını toplam veriden çekmek oldukça zor ve karışık bir işlemdir. Mevcut sistemde, günün ilk dağıtım seferleri her bölgeye atanan belirli kamyonlarla yapılmaktadır. Fakat yüksek talepten dolayı ek seferler gerektiğinde, kendi bölgesine yapmış olduğu dağıtımdan ilk önce dönen herhangi bir araç herhangi bir bölgeye takviye sefer yapabilir. Ortalama müşteri profilinin C bölgesinin seçilmesinde etkili olduğu nokta takviye sefer sayısının en az sayıda olmasıdır. Ayrıca, bölge coğrafi olarak diğer bölgelerden çok belirgin bir şekilde ayrılmıştır. Bu nedenlerden dolayı, bölgeye servis yapan araç sayısının çeşitliliği en azdır.

Projemizin ikinci aşaması olan yeni depo kurma maliyet hesabı kısmında ise, tekrar bir maliyet analizi yapısı oluşturulmuştur. Coca-Cola'nın önerdiği alan dışındaki alternatif depo alanları incelenirken aşağıdaki noktalar kriter olarak belirlenmiştir:

- Belirlenen yerin tır giriş çıkış trafiği bakımından uygun olması.
- Belirlenen yerin yerel yönetim tarafından imar iznine sahip olması.
- Belirlenen yerin dağıtım yapılacak bölgelere giriş çıkış bakımından avantajlı konumda olması ve araçların trafik yoğunluğuna takılma riskinin az olması.

Bu kriterler çerçevesinde yapılan emlak araştırması sonucunda Çankaya'da bir, Gölbaşı'nda ise iki alternatif depo alanı bulunmuştur. Çankaya'daki seçenek belediyenin bu bölgelere imar izni vermemesi sebebiyle otomatik olarak elenmiştir. Gölbaşı'ndaki seçeneklerden ilki imar izni açısından hiçbir problem teşkil etmemesine rağmen dağıtım bölgesine uzaklığı ve arsa bedelinin yüksek olması sebebiyle elenmiştir; diğer alternatif ise dağıtım bölgesine yakın olması ve gerekli tüm kriterleri sağlaması sebebiyle tercih edilmiştir.

6. Model Gelişimi

Bir önceki bölümde de açıklandığı gibi mevcut sistemin iyileştirilmesi için iki aşamalı çözüm sistemi geliştirilmiştir. İlk aşamada MS Excel'de her bölgenin maliyet analizini yapan bir program hazırlanmıştır. Hangi dağıtım sisteminin daha verimli olacağına karar verebilmek için mevcut sistemdeki her bölge ile bayilik sistemine devredilmiş yeni sistemdeki her bölgenin kar oranları kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama aşağıdaki hesaplamalar doğrultusunda yapılmıştır:

$(İskonto * (X bölgesinin genel cirosu)) = Coca-Cola'nın bayiye genel ciro üzerinden iskonto oranında verdiği miktar$

$A = Coca-Cola'nın bayiye genel ciro üzerinden iskonto oranında verdiği miktar$

$B = Coca-Cola'nın X bölgesindeki dağıtım maliyeti$

A ve *B* nin kıyaslanması sonucunda, ilgili bölge için hangi dağıtım sisteminin daha karlı olduğunu gözlemleyebiliriz. Maliyet analizimiz aşağıdaki parametreleri içermektedir:

- Maaş
- Mazot Maliyeti
- Araçlar için Bakım ve Değer Kaybı Maliyeti
- Mesai Ücreti

Belirli bir bölge için maliyeti etkileyen değişkenler aşağıdaki gibidir:

- Performans (Saat başı bir işçinin dağıttığı koli miktarı)
- Kullanılan araç sayısı
- Müşteriler ve depo arasında katedilen toplam mesafe (kilometre)
- Toplam “plasiyer” sayısı
- Müşteriye teslim edilen koli miktarı
- Araçların kapasitesi

Mevsimler nedeniyle oluşan talep farklılaşması, dağıtımın performansını, araçların kapasitesini ve toplam plasiyer sayısını etkilemektedir. Sonuç olarak, analizler mevsimsel değişiklikler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Varsayımlar:

- Bir ayda 21 iş günü vardır ve 1 günde 10 saat çalışılmaktadır.
- Tüm hesaplamalar yıllık verilere göre yapılmıştır.
- Talep seviyesine göre araçlarda bulunan plasiyer sayısı değişkenlik göstermektedir. Her aracı süren plasiyerin ortalama aylık maaşı 1.500 YTL ve muavin maaşları asgari ücret olarak kabul edilmiştir.
- Yaz sezonu içinde yer alan aylar: Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim
- Kış sezonu içinde yer alan aylar: Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart.
- Mazot maliyeti bir litre mazotun fiyatı baz alınarak hesaplanmıştır.

Maliyet hesabı aşağıdaki gibi yapılmış olup formülasyonun detayları Ek 3’de yer almaktadır.

- Bir Sezondaki fazla mesai ücreti = ((Sezondaki talep miktarı / Sezondaki ortalama performans değeri) – (Sezondaki toplam çalışma saati)) * (Saat başına fazla mesai ücreti)
- i = sezon ($i = 1$ ise yaz sezonu, $i = 2$ ise kış sezonu)
- i sezondaki ortalama performans değeri = (Bir işçinin n tane satış noktasına bir saat içinde dağıttığı toplam kasa sayısı) / (Bölgedeki satış noktalarının sayısı)
- Toplam fazla mesai ücreti = Yaz ve kış sezonlarındaki toplam fazla mesai ücreti

- Personel maliyeti = (Belirli bir bölgede çalışan toplam şoför plasiyer sayısı) * (12) * (Şoför plasiyerin aylık ücreti) + ((Belirli bir bölgede çalışan muavin sayısı * Asgari ücret)* Muavin ile dağıtım yapılan ay sayısı)
- Mazot maliyeti = (Müşteriler ve depo arasında katedilen ortalama mesafe) * (Toplam sefer sayısı) * (Kilometre başına düşen mazot maliyeti)
- Müşteriler ve depo arasında katedilen ortalama mesafe = X bölgesi içerisindeki ortalama turlama mesafesi
- Toplam sefer sayısı = (yaz sezonundaki toplam talep miktarı + kış sezonundaki toplam talep miktarı / (8 paletli bir aracın ortalama kapasitesi * 8 paletli araç sayısı) + (6 paletli aracın ortalama kapasitesi * 6 paletli araç sayısı)) * (Coca-Cola'nın toplam araç sayısı)
- Belirli bir araç için yıllık bakım ve değer kaybı maliyeti = (Bütün araçlar için yıllık bakım ve değer kaybı maliyeti / (Coca-Cola'nın toplam araç sayısı)) * (8 paletli toplam araç sayısı + 6 paletli toplam araç sayısı)
- Toplam Maliyet = (Toplam fazla mesai ücreti) + (Personel maliyeti) + (Mazot maliyeti) + (Belirli bir araç için yıllık bakım ve değer kaybı ücreti)

Bu formülasyon sadece C bölgesi için uygulanmıştır. C Bölgesi müşteri satış noktalarını birleştirmek için beş alana bölünmüştür. Bir önceki bölümde bu bölgeyi seçmemizin nedenleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Hesaplanan yıllık maliyet değeri 187.190 YTL'dir. Maliyet bileşenleri Ek 4'de görülebilir.

Projenin ikinci aşaması olan depo yerleşkesinin bir önceki bölümde belirtilen kriterler göz önünde bulundurularak yapılan fizibilite çalışması sonucunda, Coca-Cola'nın ilk aşamada uygun gördüğü depo yerleşkesinin verimliliği doğrulanmış olup en kısa mesafe öngörülerek gerçekleştirilen hesaplamalarda da Çankaya bölgesindeki arsa en uygun arsa olarak belirlenmiştir. Ancak bu yerleşkenin bulunduğu semt nedeniyle imar izninin bulunmaması ve yerleşkenin tır giriş çıkışı için uygun olmaması seçeneklerimiz arasından elenmesine sebep olmuştur. Gölbaşı'nda üzerinde depo kurulu olan arazinin kapasite bakımından uygun olmaması ve aylık kirasının 35,000 YTL üstü olarak belirlenmesinden dolayı bu seçenek de uygun bulunmamıştır. Coca-Cola İçecek A.Ş.'nin dağıtımını aktarmayı planladığı bayinin bir başka firmaya ait yaptıkları dağıtım deposunun yanında olması sebebiyle ilk aşamada Coca-Cola'nın önermiş olduğu arsa seçeneği en uygun yerleşke olarak belirlenmiştir. Bu yerleşkede bayinin depo kurduğunu varsayarak ve sıfırdan inşa edilecek olan deponun kurulmasında oluşacak tüm maliyet bileşenleri göz önünde bulundurularak, bayinin

dağıtım maliyetinin genel cironun yaklaşık olarak %4'üne denk geldiği hesaplanmıştır.

- 3500 m²'lik yerleşkenin muhtemel satın alma fiyatı 1.000.000 YTL'dir.
- Bu yerleşkenin imar izni toplam alanın %40'ıdır. Bu değer 1350 m²'ye karşılık geldiği için yaklaşık inşaat maliyeti m² başına 500 YTL olarak hesaplanmıştır.
- Böyle bir tutarın kiralık arsa üzerine yatırılmasının çok riskli olmasından dolayı satın alma seçeneği uygun görülmüştür.
- Arsa ve imar maliyetleri ile birlikte toplam maliyet 2.201.600 YTL olarak hesaplanmıştır (Ek 5).
- Belirlenen maliyet değişkenleri ile birlikte bayinin sahip olacağı yıllık dağıtım maliyeti 1.207.980 YTL olarak hesaplanmıştır (Ek 6). Yıllık mazot maliyetinin hesaplanması Ek 7'de gösterilmiştir.
- Kurulan deponun ömrü muhasebe standartlarına göre ön görülmüştür..
- 20 yıl baz alınarak depo değerindeki amortisman yüzdesi senelik %5 olarak hesaplanmıştır. Bu %5'ilk değer 110.080 YTL'ye karşılık gelmektedir.
- Yıllık toplam sabit maliyetle birlikte hesaplandığı zaman bayinin yıllık gideri 1.318.060 YTL olarak hesaplanmıştır.
- Bu maliyet yıllık 35 trilyon olan cironun yaklaşık %4'üne karşılık gelmektedir.
- Toplam maliyet dağıtım maliyeti, mazot maliyeti ve deponun yıllık maliyeti ile birlikte 1.349.154 YTL'dir. Bu miktar da bölgenin genel cirosunun % 4'üne karşılık gelmektedir.

7. Genel Değerlendirme

Hesaplamalarımız sonucunda, C bölgesinin yıllık cirosu 6.129.030 YTL, Coca-Cola'ya yıllık maliyeti 187.190 YTL'dir. Dolayısıyla, Coca-Cola'nın bu bölge için bayiye ödediği miktar 235.864 YTL'dir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, bu bölgenin dağıtımının bayi aracılığı ile yapılmasının maliyeti, mevcut sistem maliyetinin üçte ikisi kadardır. Bu sonuçtan, maliyet analizinin her bölge için ayrı ayrı yapılması gerektiği ve hesaplamaları Ankara geneli üzerinden yapmanın çok net sonuç vermediği söylenebilir. Çünkü, daha önce de bahsedildiği gibi, her bölge için bayilik sistemi verimli olmayabilir. Örnek olarak, C bölgesinin mevcut depoya çok yakın olması ve takviye seferlerin çok az olması sebebiyle Coca-Cola için bu bölgenin yakıt maliyeti çok azdır. Aynı şekilde, fazla mesai için ödenen ücret de çok düşük seviyededir. Fakat yine de bu analiz sonucu maddi açıdan olumsuz görünse de, bayilik sisteminin seçilebilirliğini arttıran Coca-Cola üzerindeki tahsilat

ve dağıtım yükünün azaltılması gibi faktörler sebebiyle bu bölgenin de bayiye verilmesi uygun grlmştir.

C bölgesinin maliyet analizinin yapısı oluşturulurken, MS Excel programı kullanılmıştır ve daha sonra bu programın her bölgeye uygulanabilmesi için gerekli altyapı oluşturulup, VisualBasic.NET programlama dili desteğiyle kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlanmıştır (Ek 8).

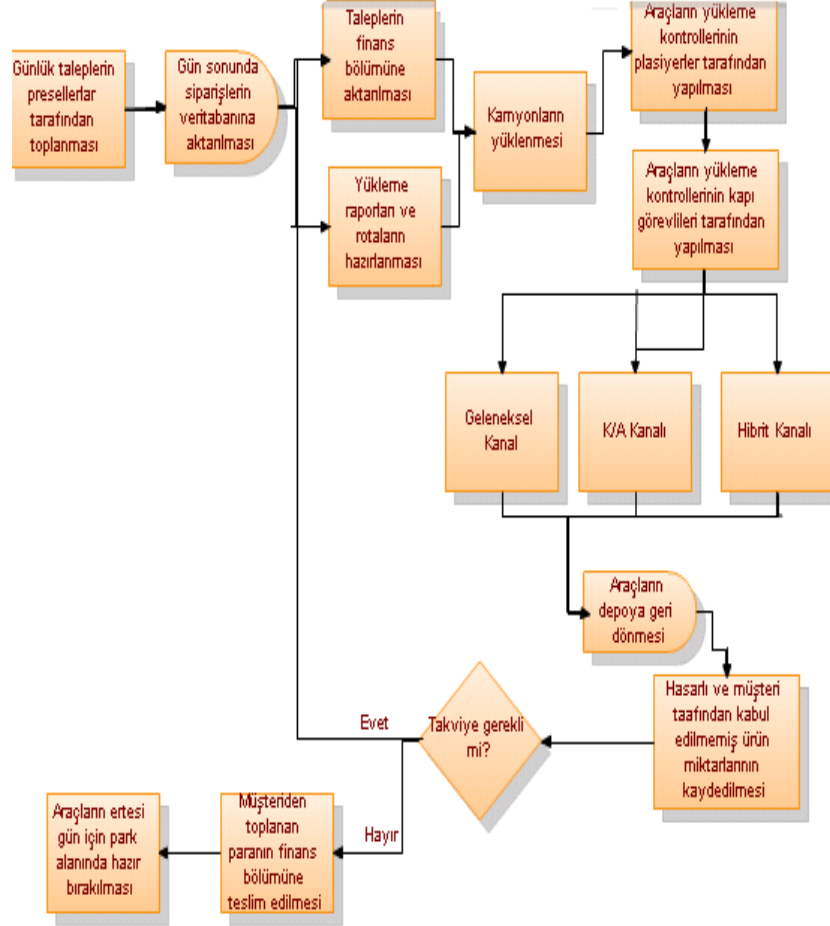
Yapmış olduğumuz depo kurma alışması, Coca-Cola'da ilerleyen zamanlarda olası depolu bir bayi gereksinimi durumunda yararlı olacak kaynak bir analiz niteliği çalışmaktadır. Özellikle depo kurum maliyeti değişkenlerinin belirlenmesi ve toplam maliyete yansıtılması konularında firmaya genel bir bakış açısı verebilme özelliğine sahiptir. Yapmış olduğumuz çalışmalar, özellikle depo kurulacak alanın seçilmesindeki kriterlerin belirlenmesi konusuna hız kazandırabilir.

KAYNAKÇA

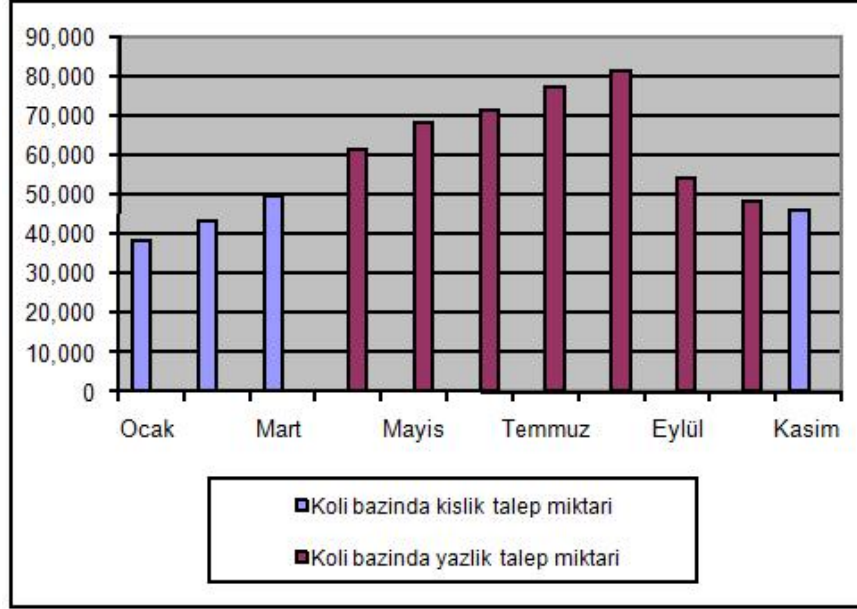
Bjerre, M. (1995). "Trade Marketing: Hvordan-Hvordan?", Borsen Boger.
<http://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k4857.html>
<http://www.nfsmi.org/Information/firstchoice/appendix4.pdf>
<http://www.cci.com.tr>

EKLER

Ek 1. Sistemin akış diyagramı



Ek 2. Sezonluk talep çizelgesi



Ek 3. Maliyet hesabı için formüller

- D_i : i sezonundaki talep miktarı
- TWH_i : i sezonundaki toplam çalışma saati
- AVP_i : i sezonundaki ortalama performans değeri
- OSC_i : i sezonundaki fazla mesai ücreti , $i=1,2$ (1=yaz, 2=kış)
- ACV_j : Araç j'nin ortalama kapasitesi
- NPV_j : j tipindeki araç sayısı, $j=1,2$ (1=8 palet, 2=6 palet)
- n: Bölgedeki satış noktalarının sayısı
- OP: Saat başına fazla mesai ücreti
- TAB: Bir işçinin n tane satış noktasına bir saat içinde dağıttığı toplam kasa sayısı
- DP: Belirli bir bölgede çalışan toplam şoför plasiyer sayısı
- BP: Belirli bir bölgede çalışan muavin sayısı
- MS: Şoför plasiyerin aylık ücreti
- MW: Asgari ücret
- GC: Mazot maliyeti
- TNT: Toplam sefer sayısı
- TDT: n tane satış noktası için katedilen toplam mesafe
- ADT: Müşteriler ve depo arasında katedilen ortalama mesafe
- YMDC: Bütün araçlar için yıllık bakım ve değer kayıp ücreti
- MDC: Belirli bir bölge için yıllık bakım ve değer kayıp ücreti
- TV: Coca-Cola'nın toplam araç sayısı
- TOS: Toplam fazla mesai ücreti

$$OSC_i = (D_i / AVP_i) - TWH_i * OP$$

$$AVP_i = (TAB) / n$$

$$TOS = \sum_{i=1}^2 OSC_i$$

$$PC = (DP * 12 * MS) + (BP * MW)$$

$$GC = (ADT) * TNT * (\text{kilometre başına düşen mazot maliyeti})$$

$$ADT = (TDT / (12 * n))$$

$$TNT = (D_1 + D_2) / (ACV_1 * NPV_1 + ACV_2 * NPV_2) * TV$$

$$MDC = (YMDC / (TV)) * NPV_1 + NPV_2$$

$$\text{Toplam Maliyet} = TOS + PC + GC + MDC$$

Ek 6. Maliyet değişkenleri

Maliyet Faktörü	YTL (Yıllık)
Depo Memuru	12,000
2 Depo Elemanı	24,000
2 Forklift Operatörü	24,000
Muhasebeci	12,000
14 Dağıtıcı 14 Muavin	80,000
Satış Şefi	12,000
1 Genel Bakımdan Sorumlu Kişi	12,000
Mali Müşavir	12,000
Yemek Masrafı	50,400
1 Forklift Yakıt Gideri	10,800
Fatura Maliyeti	60,480
Kırtasiye Gideri	12,000
Doğalgaz+Su	40,800
Otomatik Ödeme (Elektrik+Telefon+Kredi Kartı)	38,400
2 Binek Aracı Yakıt	16,800
Depo Sigortası	8,200
Bakım Gideri	30,000
Araba Sigortası+ Kasko	1,100
İş veren Sorumluluk Sigortası	1,700
Finansman Gideri	600,000
Yıllık Tabela Vergisi	5,000
Yazlık Kıyafet+ Kışlık Kıyafet	1,000
Kamyon Brandası	800
Kıdem Tazminatı Karşılığı	115,000
Teminat Mektubu Giderleri	27,500
Toplam Maliyet	1,207,980

Ek 7. Mazot maliyetinin hesaplanması

Bölge	Talep	Mesafe	Toplam Sefer	Toplam Km.	Mazot Maliyeti
Çayyolu	27,380	70	34.23	2,396	6,948
Emek-Balgat	13,629	43	17.04	733	2,124
Maltepe-Balgat	18,946	45	23.68	1,066	3,091
Öveçler-Sokullu	14,149	44	17.69	778	2,257
Dikmen-Oran	14,557	37	18.2	673	1,952
Çankaya-Seyran	16,364	42	20.46	859	2,491
Ayrancı	18,173	52	22.72	1,181	3,426
Seyran-Cebeci	13,119	62	16.4	1,017	2,948
Gölbaşı	12,279	14	15.35	215	623
Kızılay	34,379	42	42.97	1,805	5,234
			Toplam Mazot Maliyeti		31,094

Ek 8. MS Excel maliyet analizi ekranı

	A	B	C	D	E	F
1	Coca-Cola Maliyet Analizi					
2						
3	Bölgenin adını giriniz	C Bölgesi				
4	Araç sayısını giriniz	5				
5						
6	Gelir	6,129,030				
7	Sürücü plasiyerin saat başına fazla mesai ücreti	11,25				
8	Aylık minimum ücret	681				
9	Kilometre başına mazot maliyeti	0.55				
10	Muavin plasiyerin saat başına fazla mesai ücreti	5.1				
11	İskonto	0.06				
12	Mazot Maliyeti	42,662				
13						
14	Fazla Mesai Ücreti	Kış	Yaz			
15		5,386	11,979			
16	Personel Maliyeti	111,102				
17						
18	Bakım ve Değer Kaybı Maliyeti	16,060				
19						
20						
21	Performans Katsayısı	Kış	Yaz			
22		51	63			
23	Mesafe Katsayısı	Kış	Yaz			
24		65	56			
25						
26	Dağıtılan Miktar	Kış	Yaz			
27		181,229 koli	471,653 koli			
28						
29	Toplam Sefer Sayısı	Kış	Yaz			
30		370	963			
31						
32						
33						
34						
35						
36	Dağıtım Maliyeti	187,190				
37	Bayiye Ödenecek Miktar	235,864				
38						
39						

Otomat Yer Seçimi ve Servis Sistemi Tasarımı

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.

Proje Ekibi

Gökhan Bozyiğit
Mustafa Çavdar
İrem Erkaya
Abdülkerim Korucu
F. Nur Parlar
E. Sonat Yalçinkaya

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Caner Tek, Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş., Satış Geliştirme Şefi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ayşe Kocabıykoğlu, Bilkent Üniversitesi
İşletme Bölümü

ÖZET

Otomat sektörü küresel boyutta doyuma ulaşmış olsa da, Türkiye’de ancak son yıllarda hızlı bir gelişim kaydetmeye başlamıştır. Geleceği daha da umut vaadeden bu sektörde Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. ek yatırımlar yapmaya karar vermiştir. Hedefler arasında Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.’nin Ankara’daki doğrudan satış başarısının otomat pazarına da yansıtılması için en verimli noktaları belirlemek ve farklı müşteri profillerine en uygun hizmeti sağlayabilmek yer almıştır. Bu hedefler doğrultusunda Ankara’daki soğuk içecek otomat pazarı incelenmiş, talebi tahmin etmeye uygun bir model tasarlanmış, araçların takip edeceği güzergahlar kısıtlandırılmış ve en uygun çözümler belirlenerek bir model çerçevesinde birleştirilmiştir. Geliştirilen yazılım ile de kullanım kolaylığı ve uygulamaların devamlılığı sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Coca-Cola, Regresyon Analizi, Tahmini Talep Fonksiyonu, AHP, Karar Destek Yazılımı: T2J.

1. İşletme Tanımı

Coca-Cola'nın ilk kez 1964 yılında başlayan Türkiye operasyonları çeşitli ortaklıklarla 2002 yılına kadar devam etmiş, bu tarihten itibaren Coca-Cola'nın Türkiye operasyonları Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCİ) tarafından yürütülmeye başlanmıştır. CCİ, 5'i Türkiye'de olmak üzere 11 üretim tesisi ile 2 milyar 850 milyon litre üretim kapasitesini Azerbaycan, Irak, Kazakistan, Kırgızistan, Suriye, Tacikistan ve Ürdün bölgelerinde gerçekleştirmektedir. Yıllık cirosu 1 milyar YTL olan CCİ hem beyaz hem mavi yaka olmak üzere toplam 3909 kişiyi doğrudan istihdam etmekte olup 300 bini aşkın satış noktası ile 2,1 milyar litre satış hacmine sahiptir. Ürün yelpazesinde Coca-Cola, Coca-Cola Light, Coca-Cola Zero, Sprite, Fanta, Nestea, Cappy meyve suları, Damla Su, Sensun, Powerade, Schweppes ve Burn bulunmaktadır.

2. Projenin Tanımı ve Analiz

2.1. Proje tanımı

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş. kendine en uygun otomat makinesi işletme sistemine ihtiyaç duymaktadır. Halihazırda bulunan otomatlar düşük verimlilik ile çalışmakta, ürün yelpazeleri müşteri taleplerine uygun olmamakta, otomatların ileri yaşları nedeniyle çok sık teknik arızalar yaşanmakta ve ödeme şekilleri rakip firmalara göre çok kısıtlı kalmaktadır.

Firmanın projeden beklentisi rakiplerinin gerisinde kaldığı bu satış kanalında satışları ve pazar payını artıracak şekilde otomat yerlerinin en verimli şekilde belirlenmesidir. Yukarıda bahsi geçen semptomlar ve firmanın beklentileri doğrultusunda problem “Satış potansiyelinin yanlış tahmini sonucu hatalı otomat yeri seçimi ve müşteri talebini karşılamada yetersiz kalan ürün içeriğinden kaynaklanan verimsizliği önleyecek bir sistemin tasarlanması” olarak belirlenmiştir.

Bu projenin amacı, Ankara şehri içinde halihazırda kullanımda olan ve ayrıca Bahar 2008'de gelmesi beklenen yeni Coca-Cola otomatlarının yerlerinin, en çok kar getirecek şekilde ve önceden belirlenmiş seviyedeki ulaşım masrafı kısıtı göz önünde bulundurularak seçilmesi olmuştur. Yeni belirlenecek olan potansiyel noktalar firma tarafından yapılan EOS (Every Outlet Survey/Her Nokta Anketi) sonuçlarına göre belirlendiği gibi aynı zamanda mevcut Tam Servis Otomat Sistemi'nden çekilen istatistikler de bu çalışmada kullanılmıştır. Bu amacı gerçekleştirirken müşterilerin taleplerinden haberdar olmak ve onlara bu taleplerin paralelinde hizmet sağlamak da hedeflenmiştir.

2.2. Mevcut sistem analizi

Mevcut sistemde Coca-Cola sadece içecekleri tedarik ederken, otomatlarının yerleştirilmesi ve işletilmesinden taşeron firma Venpa A.Ş. sorumludur. Görev tanımları arasında otomat yerleştirecek

noktalara karar vermek, otomatların ürün içeriği ve dolun frekanslarını belirlemek, arıza durumlarında ise teknik destek sağlamak bulunmaktadır. Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.'den pazar fiyatının altında maliyetle ürün alan Venpa A.Ş. sunduğu hizmet karşılığı kar marjını kazanmaktadır. Tam servis sistemi ile çalışmak firmaya çeşitli avantajlar kazandırmaktadır. Hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyeti sağlamak için harcanacak efor ve maliyetler Venpa A.Ş. tarafından üstlenilmiştir. Bu maliyetlerin başında plan ve plan dışı ulaşım masrafları gösterilebilir. Örnek olarak otomatların yeniden doldurulma, tahrip edilen ve arızalanan otomatlara ulaşım masrafları düşünülebilir. Buna ek olarak otomatlarda sahte para kullanımından kaynaklanan yasal süreçlerin maliyetlerinin ve bundan kaynaklanabilecek itibar kaybının Venpa A.Ş. tarafından üstlenilmesi avantaj olarak gösterilebilir. Ancak taşeron firmayla çalışmanın çeşitli dezavantajları da vardır. Mevcut sistemin analitik altyapı kullanılmadan bağımsız bir şirket tarafından Coca-Cola adı ile işletilmesi, hizmet kalitesini riske atmakta ve bu da markanın itibarını olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca bu durum Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.'nin sistemin takibini ve uygulayabileceği potansiyel gelişmeleri engellemektedir.

2.3. Literatür taraması

Bu kısımda problem tanımına uygun olarak literatürdeki örnek uygulamaların araştırmaları yapılmıştır. Buna göre, belirlenen problem tanımını doğrultusunda talep tahmini ve AHP uygulamaları incelenmiştir. Bu problemi alışlagelmiş nokta belirleme problemlerinden ayıran özellik birden fazla hedefi göz önünde bulundurmasıdır. Bu nedenle araştırmalar yer belirleme problemi üzerine değil, talep tahmini ve regresyon modelleri üzerine yoğunlaşmıştır. Otomat sektörünün dünyada ve Türkiye'de hızla büyüyen bir sektör olmasına rağmen literatürde otomat sektörü için mevcut problem tanımına birebir uyan bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple gıda ve içecek sektörü üzerine yapılan çalışmalar taranmış, ve proje konusuna en yakın olan akademik çalışmalar aşağıda listelenmiştir:

Grimm, Harnack ve Story (2004), alkolsüz içecek tüketimini etkileyen faktörleri ve bunların ağırlıklarını incelemiştir. Bu makale alkolsüz içecek pazarı için tüketimi etkileyen faktörleri sunsa da, otomat sektörüne yönelik problemin ihtiyaçlarını tam olarak karşılamamaktadır. Otomat sektöründe müşteri eğilimine yönelik makalelere bakıldığında ise Morris (1969), tüketimi etkileyen faktörler olarak otomatın görünürlüğünü, otomat kullanımında karşılaşılan hataları, stok yetersizliği problemlerini, müşteri sadakatini, diğer şirket otomatları ile rekabeti, otomat çevresindeki garanti satış noktalarını ve müşteri profilini göstermiştir. Bu araştırmalar ışığında otomat sektöründe tüketimi etkileyen faktörler belirlenmiştir.

AHP literatürüne baktığımızda ise Cebeci ve Kahraman (2002) ve Cebeci (2001) Türkiye’de yiyecek içecek servisi sektöründe AHP kullanarak müşteri memnuniyetini ölçmüştür. Partovi (1990), Kahraman, Cebeci ve Ulukan (2003) tedarikçi seçiminde AHP uygulamaları üzerine çalışmıştır.

3. Önerilen Yöntem ve Uygulaması

3.1. Genel yöntem

Potansiyel otomat noktalarının belirlenmesi üzerine ilk yapılan, aranan tipte noktaları belirlemek için firmaya öngörü sağlayacak bir *Talep Tahmini* yöntemi bulunması olmuştur. Böyle bir yöntem bir otomatın bir noktaya yerleştirilmeden önce satışlarını tahmin edebilmeyi ve böylece şimdiye kadar sıkça görülen nihai yeri bulunana kadar otomat taşınmalarını (otomatların “kaydırılması”nı) kayda değer bir şekilde düşürmeyi amaçlamıştır. Böylece talep tahminini yapabilmek için Regresyon Analizi kullanılarak talebi etkileyen faktörler analiz edilmiştir. Bu analiz Minitab programı yardımıyla tamamlanmıştır.

Çıkarılan detaylı formül, tahmini talep miktarını etkileyen faktörleri kullanıcıya göstererek problemin asıl amacına hizmet etse de, problemin kısıtlarının da analiz edilmesi gerekmiştir. Böylece yapılan çalışmalar, gerçekten uzak ve eksik kalmaktan korunmuştur. Bu nedenle *Rota/Güzergah Masrafları* hesaplanmıştır. Bu analiz için Google Earth ve ArcView programları ağırlıklı kullanılmıştır. Otomatların yerleştirileceği en verimli noktaların seçimi için ise gerek problemin büyüklüğü gerekse zorluk seviyesi nedeniyle çok hedefli karar analizi metodlarından biri olan *Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)* çözüm mekanizması olarak benimsenmiştir. Sonrasında, modelin testi ve performans değerlendirmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Bu şekilde nihai yerlerin kararları verildikten sonra sıra bu noktalardaki potansiyel müşterilerin *tüketim davranışlarını* belirlemeye gelmiştir. İki ana hedef kitle olan çeşitli sektör çalışanları ve çeşitli üniversite öğrencileri arasında yapılan anketler sonucunda her noktanın müşteri profiline uyacak şekilde değişen otomat içerikleri belirlenmiştir.

Tüm bu çalışmaların sonunda ise bahsi geçen tüm analitik yöntemlerin kullanılmalarının firma içinde uzun ömürlü olmasını sağlamak amacıyla, kullanımı kolay bir yazılım tasarlanmış ve hayata geçirilmiştir. Projenin ana basamakları ve bu basamaklarda kullanılan yazılım araçları ekteki akış semasında belirtilmiştir (Ek 1).

3.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Önceden sıkça görülen durumun bir otomatın nihai yeri bulunana kadar çoğunlukla bir kereden fazla olacak şekilde kaydırılması olduğu görülmüştür. Geliştirilen yöntem ile potansiyel bir noktanın satışı tahmini olarak önceden tespit edilebilmekte ve böylece bahsedilen oldukça verimsiz durum önlenmektedir.

3.2.1. İstatistiksel talep tahmin modeli

Talebi tahmin etmekte kullanılan regresyon analizi için gerekli örnek popülasyonun verileri, mevcut durumda Coca-Cola otomatlarının kullanılmakta olduğu yerlerde toplanan bilgi formları aracılığıyla elde edilmiştir.

Çoklu regresyon modellemesinin oluşturulmasında Minitab aracılığıyla yukarıda bahsedilen toplam 132 noktanın verileri temel alınmıştır. Modelde tahmini talebi (\hat{Y} , bağımlı) etkilemesi muhtemel tüm değişkenler X_i , (bağımsız) olarak adlandırılmıştır. Bu bağımsız değişkenlerin ilk 3 tanesi sürekli olup tüm pozitif değerleri alabilirken, diğerleri kategorik değişken olarak sayılmıştır. Bu nedenle bu 2. tip değişkenler için çoklu regresyon modeline kukla değişkenler eklenmiştir. Doğrusal çoklu regresyon analizi ile başlanan çalışmalarda her değişkenin serpmeye diyagramları ile tahmini talep ile arasındaki ilişki incelenerek oldukça önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Örneğin beyaz ve mavi yakalı personel sayılarının talebi 2. ve hatta 3. kuvvetlerinde etkilediği görülmüştür. Benzer bir ilerleme de korelasyon analizleri sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Beyaz yakalı personel sayısı ile iş yerindeki ortalama gelir seviyesindeki artışın, iş yerinde kantin ve benzeri olanakların olmasıyla başka bir içecek otomatının olup olmamasının yüksek bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiş ve modele eklenmiştir. Talebi önemli derecede etkilemediği gözlemlenen, iş yerindeki ortalama yaş ve kurumun hafta sonları açık olup olmaması gibi değişkenler regresyon denkleminde çıkarılmıştır. Sonuç olarak elde edilen model şöyledir:

$$Y = 63.5 - 8.09 \cdot 10^{-3} \cdot X_1^2 + 2.9 \cdot 10^{-5} \cdot X_1^3 + 1.8 \cdot 10^{-7} \cdot X_2^3 + 4.0 \cdot 10^{-6} \cdot X_3^3 + 8.0 \cdot X_4 - 68.6 \cdot X_5 - 12.1 \cdot X_6 + 270 \cdot X_7 + 34.6 \cdot X_8 + 170 \cdot X_9 + 7.0 \cdot X_{10} + 2.71 \cdot X_1 \cdot X_5 - 184 \cdot X_9 \cdot X_{10}$$

Tablo 1. “Minitab” ile regresyon analizi sonucu

Y: Haftalık kutu satış miktarı	
X_1 : Beyaz yakalı çalışan sayısı	X_6 : Bayan personel oranı 25 ve altı
X_2 : Mavi yakalı çalışan sayısı	X_7 : Bayan personel oranı 50 ve üzeri
X_3 : Personel harici ziyaretçi sayısı	X_8 : Gece vardiyasının olması
X_4 : Ortalama gelir seviyesi 0-750 YTL	X_9 : Kantin ve benzeri olanakların bulunması
X_5 : Ortalama gelir seviyesi 1250 YTL ve üstü	X_{10} : Başka bir içecek otomatının da var olması

Y , bir otomatın incelenen noktada tahmini olarak gerçekleştirileceği haftalık kutu içecek sayısını göstermektedir. Analizin P değerinin de çok küçük olması (0,000) tüm çalışmanın belirgin nitelikte geçerli olmuştur (Ek 2). Bahsi geçen çoklu regresyon

modelinin R^2 'sinin (belirleme katsayısı) %67.9, düzeltilmiş R^2 'nin ise 61.5% olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın başarısını ölçmek amacıyla taranan benzer literatür çalışmaları arasından bir örnek verilmesi gerekirse, dayanıksız tüketim malları sektöründe yapılan çalışma şöyle özetlenebilir: Rekabetçi strateji değişkenlerinin (X_i), tüketiciye yönelik pazarlama sektöründeki karlılığa (Y) olan etkilerinin 157 ampirik veri ile yapılan regresyon analizinin R^2 'sinin %51, düzeltilmiş R^2 'nin ise %45 olduğu tespit edilmiştir (Varadarajan 1985). Bu ve benzer gerçek hayat regresyon analizlerinin sonuçlarına bakıldığında, yukarıda bahsi geçen talep tahmin fonksiyonunun böyle bir çalışma için gerçeği açıklayabilmedeki gücü daha iyi anlaşılabilir.

Bağımsız değişkenlerin katsayılarının da yorumlanması faydalı olmuştur. Beyaz yakalı çalışan sayısının 2. ve 3. kuvvetinin farklı işaretlerinin de kullanılıyor olmasının nedeni Minitab'ın, mevcut veri kümesini en iyi temsil eden fonksiyon davranışını oluşturmasıdır. Mavi yakalı çalışan sayısının modellenmesi de aynı yöntemle belirlenmiştir. Bu değişkenlerin katsayılarının oldukça küçük olması ve ayrıca P_değerlerinin yeterince küçük olmamasına rağmen modele eklenmesinin nedeni çok önemli bir değişken gibi gözükme de düzeltilmiş R^2 'yi kayda değer miktarlarda artırmaları, modelin genel açıklama kabiliyetini yükseltmesidir. Başka bir deyişle, asıl amacın bir otomatı bir noktaya yerleştirmeden önce satış miktarını tahmin edebilmek olduğu tekrarlanırsa, bu tahmini gerçeğe en uygun şekilde yapabilmek istenmektedir.

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş'nin üst yönetiminin isteği üzerine otomat satışlarının ortalama gelir seviyelerinden etkilenme miktarları da bu modele entegre edilmiştir. Tahminlere paralel olarak, bu çalışmanın sonucunda ortalama gelir seviyesi üç parçaya ayrıldığında, en az gelir seviyesindeki grubun otomat satışlarına fazla bir katkısının olmadığı, orta seviyedeki grubun en çok satışa karşılık geldiğini ve en üst seviye gelir grubunun ise satışları adeta negatif etkilediği hesaplanmıştır. Bunun nedeni en üst seviyedeki grubun tüketmeye meyilli olduğu içeceklerin otomatların sunduğu olanaklarla sınırlı kalmadığı ve böylece otomata bağımlılığın azalması olarak yorumlanmıştır. Bu sonuç, şirketin üst yönetiminin sezgisel olarak tahminlerini analitik olarak kanıtlamayı sağlamıştır. Fakat, yine de bu değişkenlerin aslında model için tahmin edildiği kadar önemli olmadığı da belirtilmelidir.

Ayrıca, cinsiyetin de iş yerlerinde otomat satışlarında ciddi farklar yarattığı görülmüştür. Bunun kanıtı ise bir noktada bayan personelin oranı arttıkça, otomattan içecek tüketiminin de oldukça ciddi miktarlarda artmasıdır. Bu kukla değişkenlerin regresyon modelini belirgin olarak etkiledikleri de gözlemlenmiştir.

Bir noktada kantin ve benzeri olanakların veya başka içecek otomatlarının bulunması ise ilk bakışta Coca-Cola otomatlarının satışlarını negatif etkilemeleri beklense de, aksinin doğru olması hem markanın gücü ile hem de iş yerinin çalışanlarına sağladığı sosyal imkanların yaygınlığıyla ilgilidir. Bir noktada kantin ve benzeri bir olanağın olması, oradaki çalışanlar için ortak bir buluşma mekanı oluşturup otomatın görünürlüğünü artırarak satışları olumlu yönde etkilemektedir. Kantinde satılan ürünlerle otomatın sunduğu ürünlerin çakışmadığı da işletmelerin kendi stratejileri gereği doğal olarak geçerlidir. Genellikle bu tip mekanlarda birden fazla içecek otomatının bulunması da yaygın olduğundan, bu iki değişkende korelasyon bulunmuş ve ayrıca diğer otomatların bulunması pozitif bir etkiye sahip olarak temsil edilmiştir. Aslında bu sonuç, CCI'in ürünlerinin gücünü kanıtlamakta ve rakibin karşısında tüketicinin tercihi olduğunu da göstermektedir.

3.2.2. Analitik hiyerarşi süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), matematiksel ve istatistiksel analizlerin, insan psikolojisi ve inisiyatifiyle birlikte modellenenbilmesine imkan vermektedir. AHP ile seçilmesi olası n sayıda alternatif noktanın karara etki eden tahmini talep değerlerinin ve ulaşım maliyetleri kriterlerinin (firma tarafından belirlenen ağırlıkları oranında) göz önünde bulundurarak sıralanmasını sağlamıştır. Böylece olası n nokta arasından en iyi skoru elde eden m tanenin seçilmesi ile Coca-Cola otomatlarının yerlerinin belirlenmesi mümkün olmuştur. Geliştirilen modelin analitik hiyerarşi şeması ektedir (Ek 3).

1. seviyede projenin esas amacı olan noktaların belirlenmesi yer almaktadır. Bu amaca ulaşmak için 2. seviyede, *tahmini talep değerleri* ve *ulaşım kolaylığı* kriterleri yer almaktadır. Tahmini talep değerleri, önceki başlıklarda anlatılan regresyon modeli doğrultusunda hesaplanırken; ulaşım kolaylığı değerleri, dağıtım yapan firma (Venpa A.Ş) nin yönetiminin inisiyatifinde verilen 1-5 aralığında (1: ulaşımı en zor, 2: ulaşımı en rahat) değerlerden oluşmaktadır. Eniyileme modelinde kullanılan noktalar arası gerçek uzaklıkların yerine burada 1-5 aralığının kullanılmasının nedeni, noktaların birbirine fazla yakın olduğu durumlarda bu kriterin ayırt edici özelliğini yitirmesi olmuştur. Bu bakış açısıyla, güzergah belirleme planlaması yapılmassa da, potansiyel bir noktayı otomat ağına dahil ederken, tahmini talep değerinin yanı sıra ulaşım kolaylığının da göz önünde bulundurulmasına olanak tanınmıştır (Ek 4).

Sonuç olarak tüm noktalar için birer skor hesaplanmıştır. Toplam n nokta arasından en yüksek skora sahip m tanesinin seçimiyle de otomat noktalarına karar verilmiştir. Bu yöntemle firma yetkililerinin

modele inisiyatiflerini katabilmeleri sağlanmış, kurulan sistemin gerçek hayata yakınlığını ve uygulanabilirliğini artırmıştır.

3.3. Modelin testi, performans ve duyarlılık analizi

AHP modeli ile karar verilen en iyi m noktanın kriterlere atanan ağırlıklardaki değişimlere olan duyarlılığı, farklı kriter ağırlıklarıyla elde edilen sonuçların kıyaslanmasıyla hesaplanmıştır. Model için kullanılan taban ağırlıklar şirketin kısa dönemde stratejik kararları doğrultusunda talep için %88, ulaşım kolaylığı için ise %12 olarak seçilmiştir. Yapılan analizler sonucu AHP modelinin verdiği sonuçların ağırlık değerleri değişimlerine şaşırtıcı bir şekilde duyarsız olduğu görülmüştür. %12 - %50 arası değişen ulaşım ağırlık değerleri için AHP sonuçları değişmiş; fakat potansiyel noktaların sıralamasında ve dolayısıyla seçiminde önemli bir değişiklik olmamıştır. Bunun nedeni araştırıldığında ise otomatların işletiminden sorumlu Venpa A.Ş.'nin nokta seçimlerindeki yanlış politikası ortaya çıkmıştır. Bu politikaya göre Venpa'nın hizmet ettiği ulaşım değerleri düşük noktalarının talep değerlerinin de genellikle düşük olduğu saptanmıştır. Oysa ki, ulaşım değeri düşük olan bir noktada hizmet verilmesinin nedeni, o noktadaki talep değerinin düşük olan ulaşım değerini telafi edecek kadar yüksek olmasıdır. Fakat mevcut durumda bu strateji geçerli olmadığından geliştirilen AHP modeli de ulaşım ve talep ağırlık değerlerine duyarsız kalabilmektedir.

3.4. Koşturumun sonucu ve çıktı analizi

3.4.1. AHP sonuçları

Noktaların AHP değerlerini azalan bir şekilde sıraladığımızda soldan sağa verim azalmaktadır. Buna göre ilk aşamada en verimsiz 12 noktadaki otomatlar için yer değişikliği yapılması öngörülmüştür. Tüm noktaların AHP değerlerini gösteren grafik ektedir (Ek 5).

3.4.2. Ürün yelpazesi belirlenmesi

Eski sistemde oldukça eksik ve duyarsız olduğu tespit edilmiş olan, “müşteriye özel” hizmet amacını sağlayabilmek için, projenin bu aşamasında, otomat yerleştirilen noktalarda, oradaki müşteri profili bazlı ürün yelpazesi kararları verilmesi gerekmiştir. Noktaların karakteristik özelliklerinin farklı olmasına neden olan faktörlerin ortaya çıkarılması için “Müşteri Eğilimi Anketi” hazırlanmıştır. Ankette yöneltilen sorular cinsiyet, yaş, sektör farklılıklarından doğan tüketim alışkanlıklarını ortaya çıkarma amacıyla düzenlenmiştir. Bunun yanı sıra, müşterilerin gözünde otomatların güvenilirliği ve bundan kaynaklanan satış performansının yorumlanması amaçlanmıştır. Anket öncelikle 150 kişilik bir test grubuna uygulanmış, geri bildirimler doğrultusunda anket soruları gözden geçirilmiş ve ankete son şekli verilmiştir. Bu sayede anket sorularının anlaşılabilirliği ve işlevselliği test

edilmiştir. Geliştirilen anket bu aşamadan sonra farklı yaş, cinsiyet ve sektör gruplarından katılımcılara uygulanmıştır.

Analiz sürecinde cinsiyet farklılıklarının ürün yelpazesinde değişiklik yaratmadığı gözlemlenmiştir. Bu faktörün ortadan kalkması, analizleri iki basamaklı bir süreç haline getirmiştir. Bu nedenle ilk olarak sektör farklılıklarına göre ayrılan ürün yelpazesini, sonrasında yaş gruplarındaki farklılıklara göre belirlenmiştir. Mevcut otomatlarda bulunan 8 ürün gözü, ankette yer alan ilk beş tercih sorusuna verilen cevapların ürün başına toplam tercih sayısına göre dağıtılmıştır. Toplam tercih sayısının %17'si ve üstü puanda olanlara 2 göz, sıralamada geri kalanlara ise 1'er göz verilmiştir.

3.4.2.1. Eğitim sektörü

Eğitim sektöründeki müşteri profilinden dolayı yalnızca 25 yaş altı katılımcıların verileri elde edilmiştir. Bu doğrultuda eğitim sektörüne konulacak yeni otomatlarda ürün yelpazesinin şu şekilde olması gerektiği öngörülmüştür.

Tablo 2. Eğitim sektöründe yaş gruplarına göre önerilen ürün yelpazesini

Eğitim Sektörü/Yaş Grubu	
25 Yaş Altı	
Ürün Adı	Göz Sayısı
Coca-Cola	2
Fanta	2
Schwepes	1
Sprite	1
Coca-Cola Light	1
Cappy	1
Nestea	1

3.4.2.2. Kamu sektörü

Kamu sektöründeki katılımcıların yaş profili üç gruptan oluşmuştur: 25 yaş altı, 25-35 yaş arası ve 35-45 yaş arası. 45 yaş üstü hiçbir katılımcı olmamıştır. Ancak 45 yaş üstü kullanım oranlarının çok düşük seviyelerde gerçekleşmesi (0,375 kutu/hafta), nedeniyle genel analizi etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Kamu sektöründe yaş gruplarına göre ürün yelpazesinin aşağıdaki tablodaki gibi olması önerilmiştir.

Tablo 3. Kamu sektöründe yaş gruplarına göre önerilen ürün yelpazesi

Kamu Sektörü / Yaş Grubu					
25 Yaş Altı		25-35 Yaş		35-45 Yaş	
Ürün Adı	Göz Sayısı	Ürün Adı	Göz Sayısı	Ürün Adı	Göz Sayısı
Coca-Cola	2	Coca-Cola	2	Cappy	2
Nestea	2	Coca-Cola Zero	2	Coca-Cola	1
Cappy	2	Cappy	2	Nestea	1
Sprite	2	Sprite	1	Coca-Cola Light	1
		Fanta	1	Coca-Cola Zero	1
				Fanta	1
				Sprite	1

3.4.2.3. Özel sektör

Aynı analizler özel sektörden katılımcıların verdiği cevaplar için de yapılmıştır. Özel sektörde yaş gruplarına göre ürün yelpazesinin aşağıdaki tablodaki gibi olması önerilmiştir.

Tablo 4. Özel sektörde yaş gruplarına göre önerilen ürün yelpazesi

Özel Sektör / Yaş Grubu					
25 Yaş Altı		25-35 Yaş		35-45 Yaş	
Ürün Adı	Göz Sayısı	Ürün Adı	Göz Sayısı	Ürün Adı	Göz Sayısı
Cappy	2	Coca-Cola	2	Cappy	2
Coca-Cola	2	Coca-Cola Zero	2	Coca-Cola	1
Coca-Cola Zero	1	Cappy	1	Nestea	1
Sprite	1	Coca-Cola Light	1	Coca-Cola Light	1
Fanta	1	Sprite	1	Coca-Cola Zero	1
Coca-Cola Light	1	Fanta	1	Fanta	1
				Sprite	1

3.4.2.4. Sağlık sektörü

Sağlık sektöründeki katılımcıların yaş profili iki gruptan oluşmuştur. 25 yaş altı ve 25-35 yaş arası (Ek 6). Bu yaş gruplarına göre ürün yelpazesinin aşağıdaki tablodaki gibi olması önerilmiştir.

Tablo 5. Sağlık sektöründe yaş gruplarına göre önerilen ürün yelpazesi

Sağlık Sektörü / Yaş Grubu			
25 Yaş Altı		25-35 Yaş	
Ürün Adı	Göz Sayısı	Ürün Adı	Göz Sayısı
Cappy	2	Cappy	2
Coca-Cola Light	2	Coca-Cola	1
Coca-Cola	1	Coca-Cola Zero	1
Coca-Cola Zero	1	Fanta	1
Sprite	1	Coca-Cola Light	1
Nestea	1	Nestea	1
		Sprite	1

Analizlerin bu kısmı daha önceki bölümlerden farklı olarak katılımcıların tümünün verdikleri cevaplar üzerinden ulaşılan sonuçlardan oluşmuştur. Bu bölümde müşterilerin gözünde otomat makinelerinin güvenilirliği ve tüketicilerin tercih ettikleri ödeme şekillerinin analizi yer almıştır.

3.4.2.5. Ödeme şekli analizi

Ankette katılımcılara kredi kartı, madeni para, kağıt para, cep telefonu ve trink kart olmak üzere 5 farklı ödeme seçeneği sunulmuş ve tercih ettikleri ödeme şekilleri kaydedilmiştir. Kredi kartı tercihinin %30 oranında gerçekleşmiş olması, henüz sadece madeni para ile çalışan Coca-Cola otomatlarının kredi kartı opsiyonunu da sunması gerektiğini ortaya koymuştur.

4. Uygulama Analizi

4.1. Verimsiz otomatların yerlerinin değiştirilmesi

Proje süresince henüz yeni otomatlar gelmese de bölüm 3.4.1’de sözü edilen en verimsiz 12 noktadaki makinalar AHP sonucuna göre daha verimli noktalara kaydırılmıştır.

4.2. Geliştirilen T2J programının işleyişi

Metod bölümünde anlatılan sistem işleyişinin firma tarafından rahat bir şekilde bilgisayar ortamında koşturumu için Java tabanlı T2J adlı program tasarlanmıştır. Bu programın çalışma mantığı şu şekildedir: Proje boyunca yürütülen çalışmalar sonucu elde edilen *Talep Tahmin Fonksiyonu* T2J programının içine modül olarak entegre edilmiştir. Kullanıcı yeni bir nokta eklerken talebi etkileyen 8 kriterin değerleri ile AHP’nin “*ulaşılabilirlik*” (1:en zor - 5: en rahat) değerini girer. Tüm veriler girildiğinde AHP değerleri hesaplanır ve sonuçlar görüntülenir (Ek 7).

T2J ile şirket yeni bir potansiyel noktayı değerlendirmek istediğinde bu nokta için talebi etkileyen kriterlerin değerlerini ve “*ulaşılabilirlik*” değerini girerek:

- bu noktanın eski noktalara oranla talep performansını gözlemleyebilecek,
- eski noktaları iptal edip otomatları daha verimli yerlere taşıyabilecek,
- yeni noktalara otomat koyabilecektir.

Böylece bu program bir karar destek mekanizması olarak hizmet verecektir. Ayrıca, bu arayüz projenin bitiminden sonra yöntemin sürdürülebilirliğini sağlamıştır.

5. Genel Değerlendirme

5.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

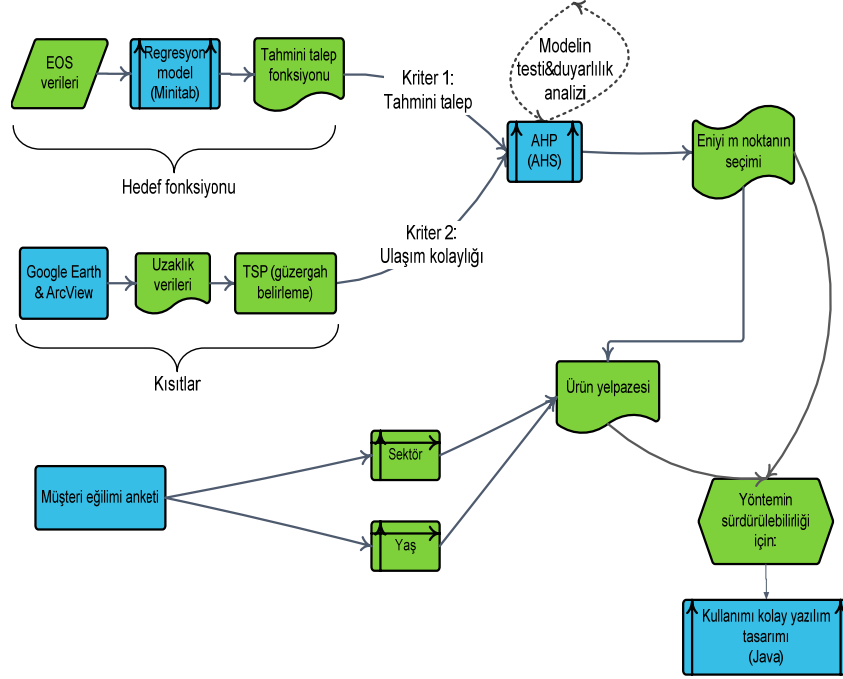
Otomat Yer Seçimi ve Servis Sistemi Tasarımı Projesi ile Ankara'daki soğuk içecek otomat pazarı incelenmiş, talebi tahmin etmeye uygun bir model tasarlanmış, güzergah maliyetleri göz önünde bulundurulmuş ve en uygun çözümler belirli bir çerçevede birleştirilmiştir. Bulunan tahmini talep modeli gerçeği %70 gibi yüksek bir oranda yansıtmaktadır. Bu da firmaya hem zaman hem maliyet avantajı getirmiştir. Çünkü bu şekilde en büyük sorunlardan biri olan “kabul edilebilir derecede” satış miktarına ulaşana kadar bile otomatların defalarca yer değiştirmesi durumuna ciddi bir çözüm getirilmiştir. Firma içinde otomat kanalı için benzer bir çalışmanın daha önce yapılmamış olduğu tespit edildiğinden, projenin bu sisteme ilk defa analitik bir bakış açısı getirmesi de oldukça dikkat çekici bir aşamadır. Bu nedenle firma çalışanları tarafından da yakın olarak takip edilen proje gelişmeleri, hemen etkilerinin göstermeye başlamıştır. Çalışmalar devam ederken dahi analizler ışığında verimsiz olduğu anlaşılan otomatlar kaydırılmaya başlanmıştır. Ayrıca yaptığımız tüm çalışmaları (otomat kanalında talebi etkileyen faktörleri çıkarmak, ulaşım kolaylığına göre olası noktaları değerlendirmek, sektörlere ve tüketici eğilimlerine göre analiz yapılarak otomatlar için ürün yelpazesi belirlemek) kapsayan kullanımı oldukça kolay bir arayüze sahip bir yazılım hayata geçirilmiştir. Bu sayede de projenin kalıcılığı ve ileri dönüklülüğü sağlanmıştır. Bahsi geçen yazılım için gereken altyapı ise açık-kaynak olup firmaya herhangi bir maddi yükümlülük getirmeyecektir.

KAYNAKÇA

- Cebeci, U. (2001). "Customer satisfaction of catering service companies in Turkey", Proceedings of the 6th International Conference on ISO 9000 and TQM (6th ICIT), Glasgow, Nisan,. 519-24.
- Cebeci, U. ve Kahraman, C. (2002). "Measuring customer satisfaction of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey", Proceedings of International Conference on Fuzzy Systems and Soft Computational Intelligence in Management and Industrial Engineering, Istanbul, Mayıs 29-31, 315-25.
- Draper, N. R. ve Smith, H. (1981). Applied Regression Analysis, Hafner, New York.
- Grimm G., Harnack L. ve Story M. (2004). "Factors associated with soft drink consumption in school-aged children", Journal of the American Dietetic Association, 104 (8), 1244 – 1249.
- Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ulukan, Z. (2003). "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP", Logistics Information Management 16 (6), 382-394.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. ve Hyndman, R. J. (1998), Forecasting: Methods and Applications, John Wiley & Sons, Inc, the USA.
- Morris, M. L. (1969). Growth Parameters for Automatic Vending, Journal of Retailing, 44:3.
- Park, H. M. (2002). "Using Dummy Variables in Regression", Indiana University, Bloomington .
- Partovi, F. Y., Burton, J. ve Banerjee, A. (1990). "Application of analytical hierarchy process in operations management", International Journal of Operations & Production Management, 10(3).
- Varadajan, R. P. (1985). "A Two-Factor Classification of Competitive Strategy Variables", Strategic Management Journal, 6 (4), 357-375.

EKLER

Ek 1. Temel proje adımlarının akış şeması



Ek 2. Değişkenlerin regresyon analizi sonuçları

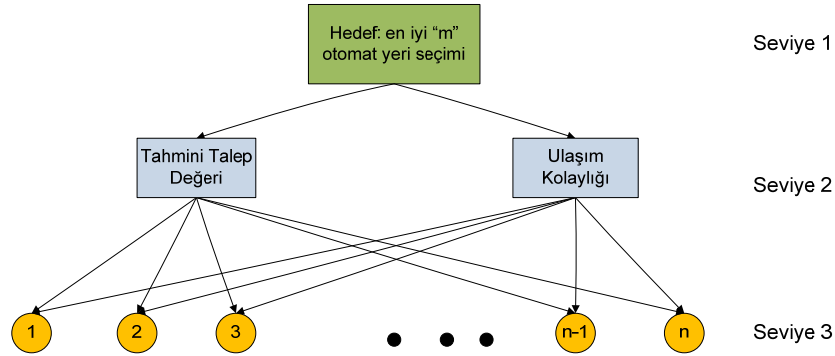
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	63.45	21.77	2.92	0.005
X1^2	-0.008092	0.009481	-0.85	0.397
X1^3	0.00002897	0.00006832	0.42	0.673
X2^3	0.00000049	0.00000018	2.75	0.008
X3^3	0.00000393	0.00000193	2.03	0.046
X4	8.03	17.19	0.47	0.642
X5	-68.61	36.30	-1.89	0.063
X6	-12.11	20.66	-0.59	0.560
X7	270.11	67.66	3.99	0.000
X8	34.59	15.77	2.19	0.032
X9	170.27	42.49	4.01	0.000
X10	7.01	64.51	0.11	0.914
X1*X5	2.708	1.080	2.51	0.015
X9*X10	-183.5	102.1	-1.80	0.077

S = 63.1569 R-Sq = 67.9% R-Sq(adj) = 61.5%

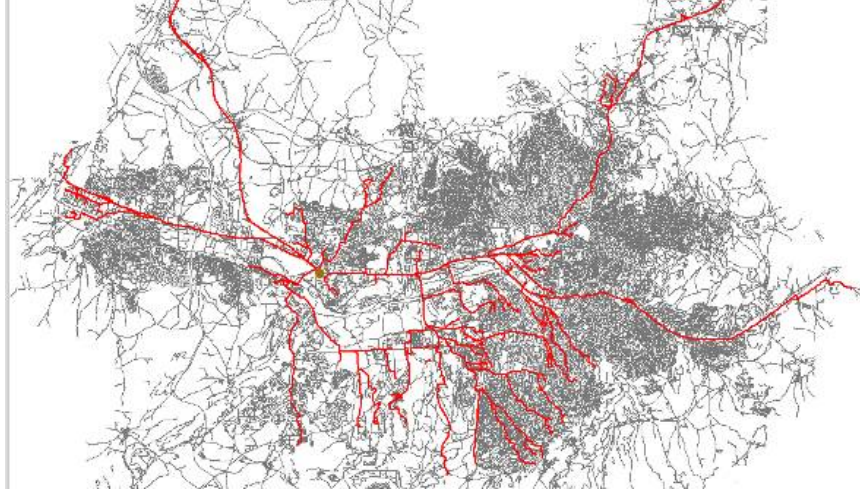
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	13	548609	42201	10.58	0.000
Residual Error	65	259271	3989		
Total	78	807880			

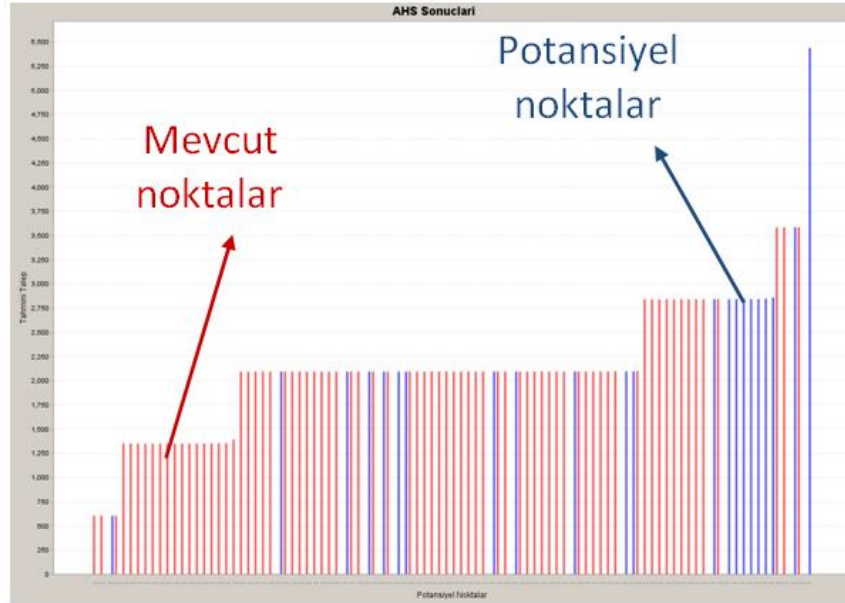
Ek 3 - Analitik hiyerarşi şeması



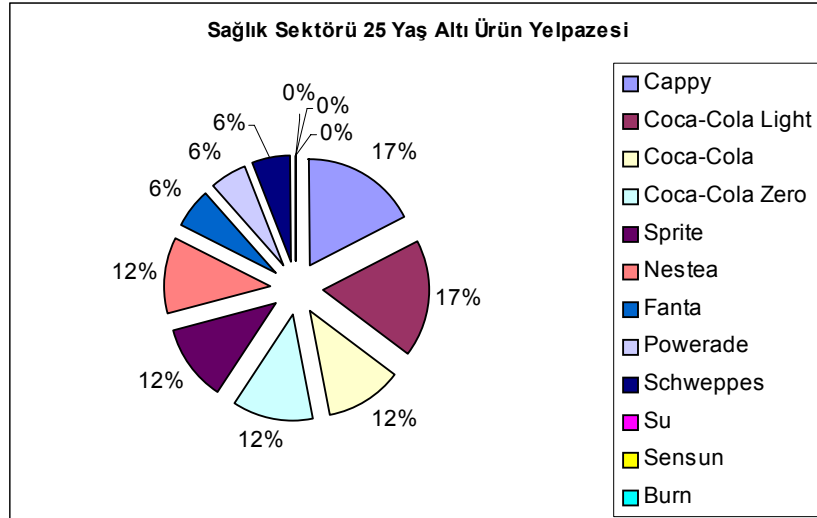
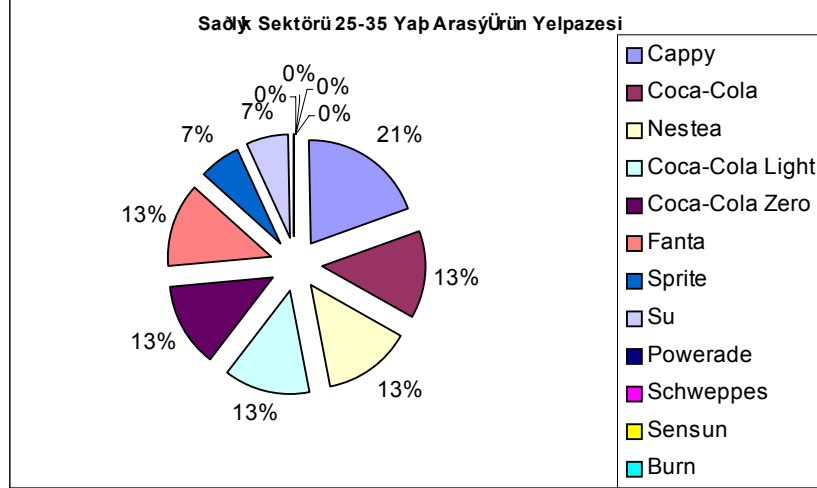
Ek 4 - ArcView ile mesafe hesaplamaları ve rotalama çalışmaları



Ek 5 - AHP skorlarına göre noktaların dağılımı



Ek 6 - Sağlık sektöründe ürün yelpazesi



Ek 7. T2J programının yeni nokta ekleme/çıkarma arayüzünden görünüm

Yeni Nokta Ekleme

Nokta Ekleme Çıkarma | AHP ve Talep Tahmin Sonuçları | Seviye 2 Kriter Değerleri

Yeni Nokta Ekleme | Nokta Sil | Projeyi Kaydet

Nokta Adı	Nokta Adresi	Noktada Bulunan Otomat Sayısı	Beyaz Yakalı Çalışan Sayısı	Mavi Yakalı Çalışan Sayısı	Personel Harici Ziyaretçi Sayısı	Ortalama Gelir Seviyesi	Bayan Personel Oranı	Gece Vardiyası Var mı?	Kafeterya (Çiğdem, Bufile, vb.) Var mı?	Herhang Bir İçecek Otomatı Var mı?	Ülasm Kolaylığı
A.İtink		0	4								3 - Orta
Altınk İnşaat		0	13								3 - Orta
Avesa		0	65								2 - Kötü
Avustralya B...		0	4								3 - Orta
Aydınlıklar		0	4								3 - Orta
Baser Otomob...		0									2 - Kötü
Beymen		0									3 - Orta
Bilin İşç...		0									3 - Orta
Bilkent Süğr...		0									4 - İyi
BM İnşaat		0	1								4 - İyi
Carfour		0	2								4 - İyi
Çelik Oto		0									4 - İyi
Çetnas Otomob...		0									2 - En İyi
Çedeman Tur...		0									3 - Orta
Doğus		0	24								3 - Orta
Emek İnşaat		0	1								3 - Orta
Eskikisar Oto		0	5								3 - En Kötü
Flapbur		0									3 - Orta
Garanti Bank...		0									2 - Kötü
İgitt Sauna		0	1								2 - Kötü
İmperial Toba...		0	2								2 - Kötü
İnterfarma		0									3 - Orta
İsbank		0	10	70		100.750 - 1250 YTL	%25 - %50	Yok	Yok	Yok	3 - Orta
İsk Göz		0	40	5		80.1250+ YTL	< %25	Yok	Yok	Yok	2 - Kötü
İtalyan B. elçil...		0	35	10		15.1250+ YTL	%25 - %50	Yok	Yok	Yok	2 - Kötü
Kasael Güneşli...		0	24	1		500.1250+ YTL	< %25	Yok	Yok	Yok	3 - Orta
Kent Gıda		0	5	65		3.750 - 1250 YTL	%25 - %50	Yok	Yok	Yok	3 - Orta
Kızılay Kan		0	5	120		50.0 - 750 YTL	%25 - %50	Var	Yok	Yok	2 - Kötü
Mavi Derhan...		0	9	1		40.750 - 1250 YTL	< %25	Yok	Yok	Yok	2 - Kötü
Radıyo Maydan...		0	1	14		10.750 - 1250 YTL	< %25	Var	Yok	Yok	3 - Orta
Reçus		0	45	5		30.1250+ YTL	%25 - %50	Yok	Yok	Yok	3 - Orta
Sanonmed		0	18	2		50.1250+ YTL	%25 - %50	Var	Yok	Yok	3 - Orta

Nokta Ekleme Çıkarma | AHP ve Talep Tahmin Sonuçları | Seviye 2 Kriter Değerleri

Sonuçları Güncelle !!! | Grafik Çiz

Nokta Adı	Tahmin Talep	Ahp Skoru
A.İtink	100.401	-1
Altınk İnşaat	296.55	-1
Avesa	4.911.391	-1
Avustralya B. elçilğ	74.963	-1
Aydınlıklar ups	51.279	-1
Baser Otomobv	591.302	-1
Beymen	66.706	-1
Bilin İşç	50.825	-1
Bilkent Süğretim	182.674	-1
BM İnşaat	62.807	-1
Carfour	67.357	-1
Çelik Oto	59.381	-1
Çetnas Otomobv	38.364	-1
Çedeman Turan	99.874	-1
Doğus	29.373	-1
Emek İnşaat	56.422	-1
Eskikisar Oto	14.928	-1
Flapbur	71.658	-1
Garanti Bankası	63.027	-1
İgitt Sauna	46.201	-1
İmperial Tobacco	500.906	-1
İnterfarma	51.173	-1
İsbank	66.768	-1
İsk Göz	82.069	-1
İtalyan B. elçilğ	81.043	-1
Kasael Güneşli Hem	574.779	-1
Kent Gıda	63.266	-1
Kızılay Kan	107.189	-1
Mavi Derhanne	50.967	-1
Radıyo Maydanee	85.647	-1
Reçus	103.16	-1
Sanonmed	76.288	-1
SİK	232.498	-1
SKK Ruzgarlı	106.614	-1
Tarım Zira	59.918	-1
TC 76xal Bankası	61.334	-1

Soğutucu Yenileme Lojistik Ağı Tasarımı

Coca-Cola Satış ve Dağıtım A.Ş.

Proje Ekibi

Deniz Cinalioğlu

Gül Erkekli

Senem Gönç

Yelda Karadede

Albina Mit

Kutay Pınarcı

Endüstri Mühendisliği

Bilkent Üniversitesi

06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Bahri Ildır, Coca-Cola Ankara Yenileme Tesisi,

Yenileme Tesisi Sorumlusu

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal, Bilkent Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Coca-Cola Ankara Soğutucu Yenileme Tesisi'nde kullanılan soğutucuların hurdaya atılma kriterinin ve tesisin hizmet alanının (arızalı soğutucu kabul edilen şehirler) gerekli analiz ve hesaplamalar yapılmadan belirlenmiş olması, sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu projenin amacı, yıllık maliyeti en aza düşürecek hurda oranını ve tesisin hizmet alanı içerisindeki şehirleri belirlemektir. Sistemdeki mevcut veriler, Microsoft Excel, Minitab ve ARENA Input Analyzer kullanılarak analiz edilmiş, ARENA 7.0 Simülasyon programı ile oluşturulan model kullanılarak değişik hurda oranı ve hizmet alanı için maliyetler hesaplanmıştır. Bulunan çözümlerle şirketin beklentileri karşılanmıştır.

Anahtar Sözcükler: hurda oranı, fırsat maliyeti, yoksatma maliyeti, hizmet alanı.

1. İşletme Tanıtımı

Coca Cola, Türkiye’de 1965’ten beri aktif olan bir şirkettir. Coca Cola İçecek’e ait olan 5 adet fabrika bulunmaktadır. Bunlar; İzmir, Ankara, Çorlu, Mersin ve Bursa’dadır. Coca Cola’nın şirket ortakları; %50,3 ile Anadolu Grup, %20,1 ile Coca Cola İhraç Kurumu ve %5 ile Özgörkey Holding’dir. Geri kalan hisseleri ise halka açılmıştır. 2007 yılında şirketin satışlarının değeri 1.564.492.000 YTL olarak belirtilmiş olup, şirketin kar marjı %10,6 ve satış hacmi 389 milyon ünite kasadır. Şirket, alkolsüz içecek sektöründe yer almaktadır. Ürün profili içerisinde; Coca-Cola, Coca-Cola Light, Fanta, Sensun, Schweppes, Sprite, Canada Dry, Cappy, Piko, Bonaqua, Damla, Turkuaz, Powerade, Nestea, Nescafe Xpress, ve Burn bulunmaktadır. Diğer ülkelere ihracat konusunda herhangi bir yönetmelik yoktur; fakat Coca Cola dünyanın her yerinde şişeleme tesisleri olan büyük bir şirkettir; bu yüzden ihracata gerek duyulmamaktadır. Coca Cola’nın kalite sertifikası The Coca Cola Quality Standards (TCCQS)’dır. TCCQS, kalitesi, prensipleri ve standartlarıyla çok kapsamlı bir sertifikadır. Şirketin misyonu insanların susuzluklarını gidererek yaşam kalitelerini artırmak ve en kaliteli içecekleri sunarak hayatlarına değer katmak olarak tanımlanmıştır.

2. Projenin Tanımı

Coca-Cola İçecek (CCI) Soğutucu Yenileme Lojistik Ağı Tasarımı Projesi, Ekim 2007 ve Haziran 2008 ayları arasında, Ankara’daki tesisin ve sorumlusu olduğu soğutucu hizmet alanının sisteminde yaşanan aksaklıkları ele alan bir projedir. Sistem, tesiste yapılan işlemler yönünden incelendiğinde, soğutucular *hurdaya atılacaklar, yenilemeye girecekler ve servis işlemi göreceklere* olmak üzere üçe ayrılır. İşlem sırası Ek 1’deki iş akış şemasından takip edilebilir.

Coca-Cola Ankara yenileme tesisinin hizmet alanı Ankara ve doğusundaki ve Kayseri ve kuzeyindeki illerden oluşur. Doğu Anadolu’daki alt sınır Erzincan ve Erzurum’dur. Belirli bir mesafeden sonra nakliye maliyetleri, CCI tarafından yüksek bulunduğu için Sivas’ın doğusunda (500 km’den uzak) kalan illerden soğutucu alınmamaktadır (Ek 2).

Bu projenin basamakları, 3 ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar yıllık maliyeti en aza düşürecek hurdaya atma kriterlerinin belirlenmesi, tesisin hizmet alanı sınırlarının tekrar belirlenmesi ve tesisteki verimliliği artıracak iş ve zaman etüdü çalışmalarının yapılmasıdır.

3. Analiz

Coca-Cola Türkiye, ürünlerinin istenilen soğukluk va kalitede müşterilerine ulaşabilmesi için satış birimlerinde kullanılan soğutucuları kendisi temin etmektedir. Bu soğutucular arızalandığında ise, aralarında

Coca-Cola Ankara fabrikasının da bulunduğu dört farklı ilde bulunan soğutucu yenileme tesislerinde tamir edilmektedirler.

3.1. Mevcut sistemin analizi

Ankara Yenileme Tesisi'ne gelen arızalı soğutucular, hurdaya atılacaklar, servis işlemi görecekler ve yenileme işlemi görecekler olmak üzere üçe ayrılırlar. Bu sınıflandırmadan sonra, soğutucuların görecekları işlem çeşidine göre gerekli yedek parçaları değiştirilir, arızaları giderilir ve paketlenerek soğutucu ihtiyacı olan şehirlere gönderilirler. Arızası giderilemeyecek kadar kötü durumda olan soğutucular hurdaya atılmaktadırlar. Şu an yenileme tesisinde bir soğutucuyu hurdaya atma kriteri olarak, %60'lık bir hurda oranı belirlenmiştir. Arızalı bir soğutucu üzerine yapılacak işlemler, yeni bir soğutucunun maliyetinin %60'ını geçer ise, bu soğutucu hurdaya atılmaktadır. Eğer bu işlemlerin maliyeti, bu %60'lık hurda oranını geçmez ise, arıza çeşidine göre yenileme işlemi ya da servis işlemi verilerek, soğutucu tekrar kullanılabilir hale getirilir.

Ankara Yenileme Tesisi'nin hizmet alanı İç Anadolu Bölgesi, Karadeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin bir kısmıdır(Ek 2). Soğutucular, arızalı yedek parçaları belli ve bu yedek parça, buldukları şehirdeki anlaşmalı bayi tarafından değiştirilebilir ise, buldukları şehirde servis işlemi görürler. Bulduğu şehirde servis gören soğutucuların tamir ücretlerinin %75'i CCI tarafından karşılanmaktadır. Geriye kalan %25'lik maliyeti kullanıcı kendisi ödemektedir. Soğutucu arızasının giderilmesinde, bayide gerçekleştirilemeyecek bir işlem gerektiriyorsa (ör: soğutucu gövdesinde bir problem, boyama işlemi, yenileme işleminin herhangi bir basamağı) soğutucu Ankara Yenileme Tesisi'ne gönderilmektedir. Ankara tesisine gönderilen soğutucuların nakliye ve tamir ücretlerinin tamamı CCI tarafından karşılanmaktadır.

3.2. Problem

Şu an kullanılan hurdaya atma kriterine göre, Coca-Cola Ankara Yenileme Tesisi'ne gelen arızalı bir soğutucuda yapılacak işlemlerin maliyeti, yeni bir soğutucu maliyetinin %60'ını geçer ise bu soğutucu hurdaya atılmaktadır. Ancak bu hurda oranı, belirli bir temele dayandırılmadan belirlenmiştir. Bu nedenle, gerekli hesaplamalar yapılarak, yıllık maliyeti en aza düşürecek olan yeni bir hurda oranının belirlenmesi gerekmektedir.

Bunun yanı sıra, Ankara Yenileme Tesisi'nden 500 km'den daha uzakta bulunan şehirlerden nakliye maliyetinin çok fazla olacağı ve uzun nakliye süresi sırasında soğutucuların çok fazla hasar göreceği düşünülerek soğutucu kabul edilmemektedir. Fakat bu mesafe sınırı da belirli temellere dayandırılarak belirlenmemiştir. Bu nedenle, gerekli analiz ve hesaplamalar yapılarak hizmet alanı içinde bulunan tüm

şehirlerin maliyetleri hesaplanmalı ve bunlar fırsat maliyetleriyle karşılaştırılmalıdır. Fırsat maliyeti, bir soğutucunun arızasının bulunduğu şehirde giderilmesinin Coca-Cola'ya getirdiği maliyettir. Bu karşılaştırmalara bakılarak, soğutucu kabul edilecek şehirler için öneriler yapılması planlanmıştır. Ancak, son karar Coca-Cola yönetimine bırakılacaktır.

Ayrıca, tesisteki sistemde bazı sorunlar vardır. Soğutucular verimli bir şekilde işlem görmemektedir. Bu sorunları gidermek ve tesisteki verimliliği arttırmak için de çeşitli önerilerde bulunulması planlanmıştır.

4. Önerilen Yöntem

Şu anki sistemin bir benzeri ARENA 7.0 simülasyon programında kurularak, iki ayrı model halinde incelenmiştir. İlk model en iyi hurda oranını belirlemek için, ikinci model ise hizmet alanını belirlemek için kullanılmıştır.

4.1. Genel yaklaşım

İncelemeler sonucunda sistemde yapılacak değişikliklerin sisteme olan etkilerinin, ancak şu anki sistemin bir benzerinin simüle edilerek gözlemlenebileceğine karar verilmiştir. Ayrıca, uzun vadede maliyetlerin sağlıklı bir şekilde hesaplanabilmesi için de kapsamlı bir simülasyon programı gerekmektedir. Modelleme için ARENA 7.0 tercih edilmiştir. Proje kapsamında alınması gereken kararlar stratejik kararlardır. Bu nedenle, yaratılan modeller, şirketin tekrar çalıştırması gereken modeller değildir. ARENA'dan çıkan sonuçlar direkt uygulamaya geçirilebilecek sonuçlardır.

ARENA'da yaratılan modeller, gerçek sistemin tüm elemanlarını (varsayımlarla birlikte) yansıtmaktadır. Modelin verileri, tesiste 2003 yılından itibaren yapılan işlemlerin verilerinden oluşturulmuştur. Bu verilerden soğutucuların ömrü, bozulma dağılımları, tesise yıl boyunca gönderilen soğutucu sayısı, şehirlere göre bozulma olasılıkları, işlem gören bir soğutucunun tekrar bozulma olasılığı ve yedek parçalara göre bozulma olasılıkları Microsoft Excel, Minitab ve Arena Input Analyzer kullanılarak hesaplanmıştır. Bu veriler analiz edilirken Bentley (1993) ve O'Connor(1991) adlı kitaplardan yararlanılmıştır.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Modellerin genel işleyişi ele alındığında, işlem gören soğutucular, dağılımlarına göre belirli bir süre sonra tekrar bozularak sisteme tekrar girebilir veya bir daha hiç bozulmayıp sistemden çıkabilirler.

Modellerimiz, gerçek sistemde de varolan mevsimsel dalgalanmayı (tesise yazın az, kışın çok soğutucu gönderilmesi) yansıtmakta ve kapasite kısıtlarını da göz önünde bulundurmaktadır.

Modellerde maliyet, soğutucular üzerinden hesaplanmaktadır. *Toplam maliyet, soğutucu üzerinden yedek parça maliyeti, işçi ve boya*

maliyeti, nakliye maliyeti, hurda ve alınan yeni soğutucu maliyetlerinin toplamına eşittir. Modeller, uzun vadede ortalama maliyet hesaplanmak üzere tasarlandığından, 10 yıl süreyle çalıştırılmıştır.

Nakliye maliyetleri gerçekte olduğu gibi modellerde de “Ankara içi” ve “Ankara dışı” olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Ankara sınırları içinden gelen soğutucular için nakliye maliyeti 10 YTL/soğutucudur. Ankara dışından gelen soğutucular için Coca-Cola, taşıyıcı firmalarla 10 tonluk sabit fiyatlarla anlaşmıştır. Soğutucu taşıyan kamyonların ağırlığı 10 tonu geçmemektedir. Bu nedenle, modellerde Ankara dışından gelen soğutucular için soğutucu başına fiyat, kamyonu taşıyan soğutucu sayısı üzerinden hesaplanmıştır (sabit nakliye ücreti/kamyonu taşıyan soğutucu sayısı).

Temel amaç maliyeti en aza indirgeyecek politikayı bulmaktır. Hurda oranını hesaplayacak olan model, öncelikle değişik hurda oranı yüzdeleri ile optimal hurda oranını hesaplamak üzere çalıştırılmıştır. Ancak, sabit bir hurdaya ayırma oranı belirlemenin işlevsel olmadığına karar verilmiştir ve aynı model, bozulan yedek parçalara göre belirlenen hurdaya atma kriterleri için de çalıştırılmıştır. Bu alternatif yöntem, fiyatı çok yüksek olup hurdaya atma kararını etkileyecek olan yedek parçaların (gövde, kapı, motor, evaporatör) bozulma durumlarını takip edecek şekilde tasarlanmıştır.

Hizmet alanı modelinde tesisin hizmet alanındaki bütün şehirler için şehir başına maliyet hesaplanmaktadır. Bu maliyetler, 500 km sınırı dışındaki şehirler için, soğutucuların yerinde tamir edildiği takdirde oluşacak olan fırsat maliyetleriyle karşılaştırılmıştır. Fırsat maliyeti bileşenleri, soğutucunun bayide gördüğü servis işlemi maliyetinin %75’i ve yok satım maliyetidir. Yoksatma maliyeti, soğutucuların bayilerde yüksek kalitede servis işlemi görmemesinin gelecekte Coca-Cola’ya olacak maliyetidir. Modelde, 500 km dışındaki şehirler için, şehir başına maliyetin fırsat maliyetinden az çıktığı durumlarda, o şehrin hizmet alanına dahil edilmesi, fazla çıktığı durumlarda ise dahil edilmemesi politikası izlenmiştir.

4.3. Varsayımlar

Modellerde kullanılan varsayımları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Talebi karşılayabilmek amacıyla, hurdaya atılan her soğutucunun yerine yeni bir soğutucu alındığı varsayılmıştır.
- Nakliye maliyeti elde edilemeyen şehirler için, bu maliyetler, Ankara’ya aynı uzaklıkta olan şehirlerin maliyetleriyle eşit olarak varsayılmıştır.
- Coca-Cola veritabanında sadece Ankara Yenileme tesisinden gönderilen soğutucuların verileri tutulmaktadır. Yenileme Merkezi’nin talebini elde edebilmek için soğutucuların bir şehire gönderildikleri sıklıkla bu şehirden geldikleri varsayılmıştır.

- Hizmet alanı modelinde, 500 km sınırı dışındaki şehirlerden soğutucu geldiğinde de kapasitenin aşılmadığı varsayılmıştır. Şirket, tesisin doluluğuna göre gelen soğutucuları durdurduğu için kapasiteyi göz önünde bulunduran bir çözüm istememiştir. Yine de modelin geçerliliği için şirketten kapasite ile ilgili veri talep edildiğinde alınan bilgiler, 500 km dışındaki şehirlerden soğutucu kabul edildiğinde de kapasitenin aşılmayacağını göstermektedir.
- Soğutucuların nakliye süreleri 500km'den yakın şehirler için 1 gün, 500km'den uzak şehirler için 2 gün varsayılmıştır.
- Arızalı bir soğutucunun ilk işleminden sonra gördüğü işlemlerin, bir öncekine bağımlı olduğu varsayılmıştır. Detaylı bir şekilde açıklamak gerekirse; bir soğutucunun servis işlemi gördükten sonra bir yedek parçasının değişme olasılığı ve yenileme işleminden sonra aynı yedek parçanın değişme olasılığı farklı dağılımlar izlemektedir.
- Toplam maliyet içerisinde bir soğutucunun nakliye sırasında yolda gördüğü hasarlardan kaynaklanan maliyet ve arızalı soğutucuya bayide servis vermenin sonucunda CCI için oluşacak güven eksikliğine karşılık olan maliyet dahil edilmemiştir. Karar aşamasında, bu maliyetlere Coca-Cola'nın daha doğru değerler biçeceği düşünülmüştür.

4.4. Sonuçlar

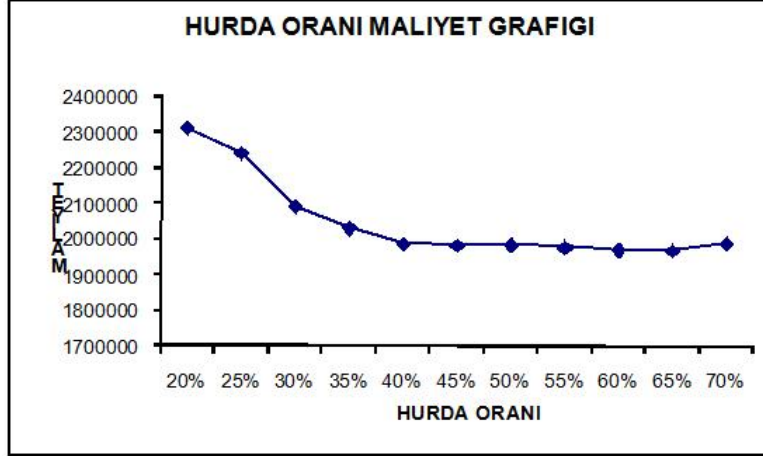
4.4.1. Hurda oranı sonuçları

Problemin ilk ayağı için, farklı hurda oranları ile hesaplanan toplam maliyetler karşılaştırılarak en az maliyet yaratan hurda oranının %65, en uygun olanın da %40 olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Farklı hurda oranlarına göre 10 yıllık toplam maliyetler

HURDA ORANI	TOPLAM YEDEK PARÇA MALİYETİ	TOPLAM İŞÇİ VE BOYA MALİYETİ	TOPLAM ANKARA DIŞI NAKLİYE MALİYETİ	TOPLAM ANKARA İÇİ NAKLİYE MALİYETİ	HURDA VE YENİ SOĞUTUCU MALİYETİ	TOPLAM MALİYET
20%	502839	620392	108785	537150	544152	2313319
25%	538797	628356	106934	537405	429852	2241344
30%	597041	638326	103848	537337	216729	2093281
35%	637900	649566	106362	532170	105698	2031696
40%	651276	651780	105541	529544	48682	1966824
45%	673544	653140	107057	528731	19204	1981677
50%	678694	655760	104967	533322	10804	1983547
55%	680636	654340	105958	531306	6208	1978449
60%	675805	655842	104921	531526	2527	1970622
65%	673883	655610	105843	531509	1410	1968256
70%	692288	656706	105295	532763	1068	1988119

*Bütün tablolardaki veriler, şirketten alınan verilerin belirli bir katsayıyla çarpılmış halidir.



Şekil 1. Hurda oranlarına göre 10 yıllık toplam maliyet grafiği

Tablo 1’de, hurda oranı arttıkça toplam yedek parça ile işçi ve boya maliyetleri artmakta, hurda ve yeni soğutucu maliyeti azalmaktadır. Bunun nedeni, hurda oranı arttıkça, hurdaya atılan ve dolayısıyla yeni alınan soğutucu sayısının azalması ve sistemde daha çok sayıda eski soğutucu bulunmasıdır. Nakliye maliyetlerindeki küçük farklılıklar hurda oranındaki değişiklikten değil; simülasyon modelinin stokastik işleyişinden kaynaklanmaktadır.

Sonuçlardan da görüldüğü üzere, sabit hurda oranı için maliyeti en aza indirgeyen tek bir hurda oranı önermek gerçekçi ve verimli bir çözüm olmamaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi, %40 - %70 arasındaki hurda oranlarına karşılık gelen maliyetler birbirine oldukça yakındır. Bu aralıkta maliyetlerin birbirine çok yakın olduğu düşünülürse, sisteme daha çok yeni soğutucu girmesi amacıyla düşük hurda oranı kullanılması tercih edilmelidir. Dolayısıyla, bizim önerdiğimiz hurda oranı %40’tır. Maliyetlerin %40 ve %70 arasında çok az değişkenlik göstermesi, yeni alınan soğutucuların bozulma dağılımlarıyla ilgili verilerin eksikliğinden (elimizde sadece tesisin açılma tarihi olan 2003 yılından beri tutulan verilerin olmasından ve bunların bir kısmının kullanılmamasından) kaynaklanmaktadır. Bu sonuç, sadece sabit bir hurda oranı kullanarak hurdaya atma kararı verilmesinin işlevsiz olduğunu desteklemektedir.

Bozulan yedek parçalara göre belirlenen hurdaya atma kriterleri için çalıştırılan model sonucu, en karlı hurdaya atma kriterinin, “yenileme için ‘gövdesi’ veya ‘kapı, motor ve evaporatörü’ bozuk olan soğutucuyu hurdaya atmak” olduğu saptanmıştır.

Tablo 2. Belirli yedek parçalara göre hurdaya atma kriterlerine göre 10 yıllık toplam maliyetler

İŞLEM TÜRÜ	ALTERNATİF SENARYOLAR	TOPLAM YEDEK PARÇA MALİYETİ (\$)	TOPLAM İŞÇİ VE BOYA MALİYETİ (\$)	TOPLAM NAKLIYE MALİYETİ (\$)	HURDA VE YENİ SOĞUTUCU MALİYETİ (\$)	TOPLAM MALİYET (\$)
Yenileme ve Servis için	Kapı ve Motoru Bozuksa	667544	654288	637280	37627	1996739
Yenileme için	Kapı ve Motoru Bozuksa	669051	653060	637516	33611	1993237
Yenileme ve Servis için	'Gövde' veya 'Kapı ve Motor' Bozuksa	651106	649130	638368	84326	2022930
Yenileme için	Gövde Bozuksa	662585	650312	637122	43980	1993999
Yenileme için	'Gövde' veya 'Kapı ve Motor' Bozuksa	654847	652562	639321	92670	2039401
Yenileme için	'Gövde' veya 'Kapı, Motor ve Evaporatör' Bozuksa	656987	648920	636176	39070	1981153

4.4.2. Hizmet Alanı Sonuçları

Hizmet alanı modelinin sonuçları aşağıdaki gibidir:

Tablo 3. 500 km dışındaki şehirlerin hizmet alanına dahil edilme kararı

ŞEHİRLER	ŞEHİR BAŞINA TOPLAM MALİYET (\$)	FIRSAT MALİYETİ(\$)	FARK (\$)	KARAR
Ardahan	38	973	-935	Sınırlara dahil edilmeli
Artvin	173	729	-556	Sınırlara dahil edilmeli
Bayburt	49		49	Sınırlara dahil edilmemeli
Erzincan	202	2224	-2022	Sınırlara dahil edilmeli
Erzurum	682	15570		
Giresun	471	4221	-3750	Sınırlara dahil edilmeli
Gümüşhane	81	607	-526	Sınırlara dahil edilmeli
İğdır	139	3004	-2865	Sınırlara dahil edilmeli
Kars	219	4423	-4204	Sınırlara dahil edilmeli
Ordu	808	5924	-5116	Sınırlara dahil edilmeli
Rize	111	5976	-5865	Sınırlara dahil edilmeli
Trabzon	855	79421		

Tablo 3'teki "Fark" sütunları, önerilen sorumluluk sınırı kullanıldığında oluşan "Şehir Başına Toplam Maliyet" sütunlarından, o şehirdeki soğutucular yenileme tesisine getirilmediğinde Coca Cola'nın ödeyeceği maliyetin ("Fırsat Maliyeti" sütunu) çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Bu farkın eksi çıktığı durumlarda, o şehir, Ankara yenileme tesisinin hizmet sınırına eklenmelidir önerisi uygun görülmüştür.

Önceden de belirtildiği gibi, modellerde fırsat maliyetinin hesaplanmasında yoksatma maliyeti, şehir başına toplam maliyetin hesaplanmasında da soğutucuların nakliye sırasında gördükleri zarardan doğan gizli maliyet göz ardı edilmiştir. Şirketten alınan bilgilere göre, soğutucuların yolda gördükleri zarardan kaynaklanan gizli maliyet, yoksatma maliyetinden çok daha önemli bir bileşendir. "Sınırlara dahil edilmeli" kararı, bu durum göz önünde bulundurularak verilmelidir. Kararlar, eklenen maliyetlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, soğutucunun yolda gördüğü zarardan kaynaklanan maliyet ve yoksatma maliyetlerine, Coca-Cola yönetiminin daha doğru değerler biçeceği düşünülmüştür ve hangi şehirlerin hizmet görmesi gerektiği kararı kendilerine bırakılmıştır.

Erzurum ve Trabzon illerindeki bayilerden alınan fırsat maliyetleri; bu şehirlerde büyük çapta bayiler olması ve çevre illerden de soğutucu kabul ediyor olmalarından dolayı, kıyaslanabilir maliyetler değildir. Yani, bu iki şehrin fırsat maliyetleri, sadece Erzurum ve Trabzon'un maliyetlerini yansıtmamaktadır. Dolayısıyla, bu şehirler için şehir başına toplam maliyeti fırsat maliyetleriyle karşılaştırmak, gerçekçi bir kıyaslama olmayacaktır.

Sonuç olarak, hizmet alanı modeli sonuçlarına göre, sadece Bayburt şehri hizmet alanına dahil edilmemelidir. Yukarıda belirtildiği gibi, Erzurum ve Trabzon illerinin kararı Coca-Cola yönetimine bırakılmıştır. Bu model, esnek bir model olduğu için ve kararları şirket kendi inisiyatifi de kullanarak vereceği için, Coca-Cola yönetimine bu modelin Microsoft Excel'de kullanılabilen yaklaşık bir versiyonu hazırlanıp sunulmuştur.

4.4.3. Yenileme tesisinde verimlilik artırma çalışmaları sonuçları

Soğutucu Yenileme Tesisi içerisinde yapılan verimlilik artırma çalışmaları sonucunda, darboğazın, yıkama ve maskeleme işlemlerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu alanlara getirilmek istenen kauçuk tıpa ve contalama gibi farklı teknik operasyon değişiklikleri ise kullanım açısından uygun bulunmamıştır. Maskeleme için şu an uygulanan yöntem, en verimli yöntem olarak tespit edilmiştir. Ayrıca tesis içerisinde yürütülen operasyonlarda, her bir çalışanın belirli bir iş tanımı bulunmamaktadır. Usta başı, ihtiyaç duyulan alana çalışanları yönlendirmektedir. Usta yetisinde olan çalışanların, ustalık

gerektirmeyen işleri yapıyor olması, bir günde yenilenecek olan soğutucu sayısını azaltmaktadır (günde ortalama 3 soğutucu). Bu nedenle, tesiste çalışanlar için iş tanımı yapılmalıdır.

5. Yöntemin Uygulanması

Çalışmalarımız sonucu Ankara Yenileme Tesisi'nde kullanılmak üzere, soğutucular için hurdaya ayırma kriterlerini içeren bir kılavuz hazırlanmıştır (Ek 3). Hazırlanan ikinci tip kılavuzda (Ek 3) Samsun, Trabzon ve Erzurum illerine yönelik, bu illerde soğutucular hurda olarak satılabildiği için, "Ankara'ya hurda olarak gönderme" seçeneği "hurda olarak satma" seçeneği olarak değiştirilmiştir. Bayiler için de, "soğutucuyu Ankara'ya yenileme işlemi için gönderme" ve "soğutucuyu Ankara'ya hurda olarak gönderme" kriterlerinin bulunduğu; aynı zamanda soğutucunun bayide iken değişen yedek parçalarının kayıtlarının tutulduğu bir kılavuz hazırlanmıştır (Ek 4). Bayilerde değişen yedek parçaların kayıtlarının ileride stratejik kararlar verilirken kullanılabileceği düşünülmüştür. Ankara Yenileme Tesisi'nde, soğutucunun hurdaya çıkarılmasına, bu formlardaki direktifler doğrultusunda karar verilecektir. Bu karar verilirken, bulduğumuz hurda oranı aralığı ve alternatif bozulan yedek parçaya göre hurdaya atma kriteri de göz önünde bulundurulacaktır.

Ayrıca hizmet alanındaki şehirlerin yıllık maliyetleri hesaplanırken kullanılan değişkenlerin (yıllık işlem gören soğutucu sayısı; yenileme, servis işlemi gören soğutucu sayısı; hurdaya giden soğutucu sayısı; işçi, boya, yedek parça ve yeni soğutucu maliyetleri; yoksatma ve fırsat maliyetleri) duyarlılık analizlerinin yapılabilmesi için Microsoft Excel'de bir program hazırlanmıştır. Şirket, bu programı kullanarak şehirlerin ortalama maliyetlerini hesaplayabilecektir. Böylece, gelecek yıllarda, yeniden hizmet alanındaki şehirlere karar vermek istediklerinde; bu programdan elde ettikleri sonuçları verdiğimiz sonuçlarla karşılaştıracaklar ve servis alanındaki şehirleri belirleyeceklerdir. Microsoft Excel'in tercih edilmesinin nedeni şirket için pratik, uygulanabilir ve kullanım kolaylığı olan bir program olmasıdır.

6. Uygulama Planı

Şirkete yaptığımız sunum sonucunda, ARENA 7.0 modeliyle bulunan yıllık maliyetlerin gerçeği yansıttığı ve şirketin verileriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca bulunan hurda oranı aralığı ve bozulan yedek parçaya göre hurdaya atma kriteri şirket tarafından beğenilmiştir. Daha önce de bahsedildiği gibi sabit bir hurda oranı belirlemek işlevsel olmadığı için, şirket alternatif yedek parça senaryosunu benimsemiş ve uygulamaya karar vermiştir. Bundan sonra yenileme tesisine gelen soğutucular, bulunan yeni kriterlere göre değerlendirilecek ve hurdaya atma kararı verilecektir.

Bununla beraber hazırlanan “Soğutucuyu Hurdaya Atma Kriterleri”, “Hurdaya Atma ve Yenileme İşlemi Kriterleri” ve “Soğutucudaki Arızalı Temel Yedek Parçalar” formları tesiste ve şehirlerdeki bayilerde kullanılmaya başlanacaktır. Bu formlardan elde edilen veriler, hazırlanan Microsoft Excel programında şirket tarafından girilecek olan değişkenleri bulmada kullanılacaktır.

Şirket, yaptığımız hesaplamalar sonucu belirlenen şehirlerden soğutucu kabul edecektir. Eğer maliyetlerde veya nakliye için uygulanan fiyat politikasında değişiklikler olursa Microsoft Excel programı kullanılarak hizmet alanındaki şehirlere yeniden karar verilecektir.

7. Genel Değerlendirme

7.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Uzun ve detaylı bir çalışmanın sonucu ortaya çıkan bu stratejik kararlar, şirket beklentilerini karşılama açısından Coca Cola için çok yararlı bir projenin sonuçlarıdır. Projenin şirkete kazandırdığı katkılar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Yenileme tesisinin yıllık maliyetinde %1.5’e varan maliyet düşüşü gözlenmiştir.
- Hurdaya atma kriterleri gerekli analiz ve hesaplamalar yapılarak belirlenmiştir. Bu nedenle hasarlı soğutucular daha sağlıklı bir şekilde hurdaya ayrılacak ve servis gören soğutucuların kalitesi artacaktır. Bu soğutucular bayilere yollandığında, müşteri memnuniyeti artacaktır. Bu durum Coca Cola’nın prestiji için önemlidir.
- Coca Cola’nın yeni belirlediği politikada yedek parçalar için sıfır stok kararı alınmıştır. Bayilerin formları doldurmasıyla, yedek parçalarla ilgili veriler tutulacak ve şirketin bu politikada istikrarı sağlanacaktır. Bunun sonucu olarak yedek parça maliyetinde düşüş beklenmektedir.
- Proje çalışmaları boyunca, soğutucuların geçmişleriyle ilgili verilerin düzenli bir şekilde tutulmaması nedeniyle şirkette sorunların yaşandığı gözlemlenmiştir. Tesiste ve bayilerde kullanılması planlanan formlar sayesinde, soğutucularla ilgili bilgilere kolaylıkla ulaşılabilir olacaktır. Ayrıca, bu durum şirket içi ve bayilerle olan iletişimi arttıracak; ilişkileri kuvvetlendirecektir.
- Coca Cola Yönetimi hizmet alanı içindeki şehirler hakkında daha sağlıklı kararlar verebilecektir. Ayrıca, fırsat maliyetlerinin ve yok satım maliyetlerinin, yıllık maliyetlere etkileri daha iyi gözlemlenecek; fiyat politikalarındaki değişiklikler daha kolay bir şekilde yapılacaktır.

7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

Proje çalışmaları boyunca mevcut sistemin analizi en iyi şekilde yapılmıştır. Sunulan çözüm önerileri sonucu, sadece yıllık maliyetleri

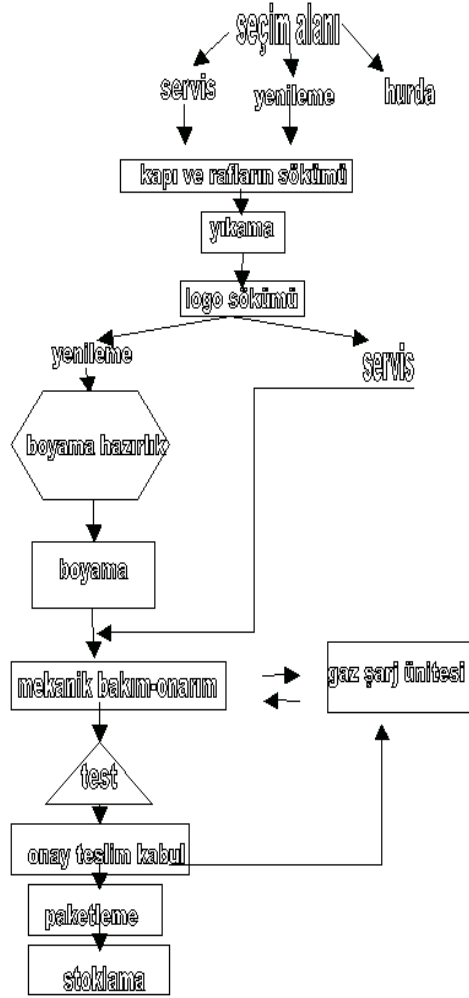
düşürmek hedeflenmemiş, müşteri memnuniyeti ve şirket prestiji de göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca sunulan çözüm önerileri ve hazırlanan programlar son derece esnek bir şekilde tasarlanmıştır ve kullanımı kolaydır. Bu nedenle Ankara Yenileme Tesisi'nin Türkiye çapında sorumlu olduğu alan ileride değişirse, oluşturulan ARENA modeli ve Microsoft Excel programı sayesinde hizmet alanına yeniden karar verilebilir. Yenileme tesislerinde yapılan işlemler aynı olduğu için, ileride yeni bir tesis açılması durumunda bulunan sonuçlar ve hazırlanan program bu tesise adapte edilebilir.

KAYNAKÇA

- Bentley, J. P. (1993). An Introduction to Reliability and Quality Engineering, Longman Scientific & Technical, New York.
- Tobias, P. A. ve Trindade, D. C. (1986). Applied Reliability, Van Nostrand Reinhold, New York.
- O'Connor, P. D. T. (1991). Practical Reliability Engineering Third Edition, John Wiley&Sons Ltd., England.
- Banks, J., Carson II, J. S.; Nelson, B. L. ve Nicol, D. M. (2005). Discrete Event System Simulation, Pearson Prentice Hall, USA.
- <http://www.cci.com.tr/tr/index.asp>

EKLER

Ek 1.



Şu anki sistem, tesiste yapılan işlemler yönünden incelendiğinde, öncelikle soğutucular hurdaya atılacak, yenilemeye girecek ve servis işlemi görecekları olarak üçe ayrılır. İşlem sırası olarak yenilemeye ve servise girecek olan soğutucuların kapak ve rafları sökülür ve yenileme ve servis soğutucularına farklı yıkama işlemleri uygulanır. Buradan servis işlemi uygulanacak soğutucular mekanik bakım onarım bölümüne, yenileyecek soğutucular ise logo sökümü (soğutucuların yanlarında bulunan logoların söküldüğü) ve boya hazırlığın yapıldığı (üst logo ve fanın sökülmesi, çatlakların macunlanması, soğutucunun tamamının zımparalanması ve soğutucu lambasının maskelenmesi) bölüme taşınırlar. Yenileme için ayrılmış olan soğutucular, logo sökümü ve boya hazırlıktan sonra boyama bölümüne taşınırlar. Boyama işleminden sonra soğutucuların, ertesi günün başına kadar kuruması beklenir ve mekanik bakım onarım bölümüne taşınırlar. Bu bölümde soğutucuların elektrik ve motor aksamları kontrol edilir, soğutma işlevini yerine getirip getirmediğine bakılır, eğer soğutmada bir sorun gözlemlenirse gaz şarj ünitesine gönderilir. Daha sonra bu aksamlar tekrar kontrol edilir, eski parçaların çıkartılması, logoların ve yeni parçaların takılması işlemine geçilir. Bundan sonra tekrar bir kontrolden geçen soğutucular, sorunla karşılaşırsa ilgili üniteye geri gönderilir, diğer durumda streçlenir ve dağıtıma hazır olarak stoklanır.

Ek 3.

HURDAYA ATMA VE YENİLEME İŞLEMİ KRİTERLERİ

Tüm Bayiler için:

- Soğutucunun gövdesinde giderilemeyecek paslanma ve çürümeler varsa, gövdenin çatısını bozan ve dengesizlik yaratan bir durum varsa soğutucuyu hurdaya atmak üzere Ankara'ya gönderiniz.
- Yenileme işlemine girmiş veya girecek soğutucuların kapısı ve motoru aynı zamanda bozuk ise soğutucuyu hurdaya atmak üzere Ankara'ya gönderiniz.

Soğutucuyu hurdaya atma durumunda Erzurum, Trabzon, Samsun Bayileri için:

- Soğutucunun gövdesinde giderilemeyecek paslanma ve çürümeler varsa, gövdenin çatısını bozan ve dengesizlik yaratan bir durum varsa
- Yenileme işlemine girmiş veya girecek soğutucuların kapısı ve motoru aynı zamanda bozuk ise

Soğutucu hurdaya, bulunduğu şehirde atılabilir.

Tarih:
Soğutucu ID:
Bayi Adı:

Ek 4.

COCA-COLA İÇECEK ANKARA YENİLEME TESİSİ

SOĞUTUCUDAKİ ARIZALI TEMEL YEDEK PARÇALAR

- | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gövde | <input type="checkbox"/> Kapı | <input type="checkbox"/> Motor |
| <input type="checkbox"/> Evaporatör | <input type="checkbox"/> Sticker | <input type="checkbox"/> Logo |
| <input type="checkbox"/> Radyal Fan | <input type="checkbox"/> Raf | <input type="checkbox"/> Termostat |
| <input type="checkbox"/> Kondenser | <input type="checkbox"/> Alt Panel | <input type="checkbox"/> Aksiyal Fan |
| <input type="checkbox"/> Kanopi Gövdesi | <input type="checkbox"/> Maylex Fan | <input type="checkbox"/> Kapı Lastiği |
| <input type="checkbox"/> Floresan Kapağı | <input type="checkbox"/> Arka Panjur | <input type="checkbox"/> Drayer |
| <input type="checkbox"/> Floresan Lamba | <input type="checkbox"/> Fişli Kablo | <input type="checkbox"/> FanAnahtarı |
| <input type="checkbox"/> Kapı Kolu | | |

Diğer.....
.....
.....
.....

Tarih:
Soğutucu ID:
Bayi Adı:

Deterjan Üretim Süreçlerinde Etkin Kapasite Kullanımı Amaçlı Taktik ve Operasyonel Üretim Planlama

Eczacıbaşı Girişim Pazarlama Tüketim Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Proje Ekibi

Onur Akkız
Şehmuz Aslan
Müfit Çağlayan
Levent Çoruh
Burcu Ercan
Timuçin Güzel

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Aydemir Özbek, Eczacıbaşı Girişim Pazarlama, Lojistik Müdürü
Aysun Savaşkan, Eczacıbaşı Girişim Pazarlama, Lojistik Sorumlu Uzmanı

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet R. Taner, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Eczacıbaşı Deterjan Üretim İşletmesinde her bir ürüne ait aylık üretim miktarlarının o ay içinde karşılanabilirliğinin sağlanması müşteri memnuniyeti açısından önem teşkil etmektedir. Bu projenin amacı, ürün-makine eşleşmeleri göz önünde bulundurularak geliştirilen matematiksel modeller kullanılarak kapasitenin aylık talep tahminlerini karşılayabileceği bir sistem oluşturmaktır. Sistem, Java programlama dili, Xpress optimizasyon programı, Microsoft Access ve Excel yazılımları kullanılarak geliştirilmiştir. Sistemi uygulamak için gerekli plan hazırlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çizelgeleme, Üretim Planlama, Döner Çevren.

1. İşletme Tanıtımı

Eczacıbaşı Girişim Pazarlama, Eczacıbaşı grubuna ait, tüketim ürünleri, ev dışı kullanım ürünleri ve kuaför ürünleri kanallarında, Okey, Selin, Egos, Detan, Marathon, Lotus Professional, Maratem, Dreumex ve Tana gibi her biri kategorilerinde öncü olmuş Eczacıbaşı Topluluğuna ait markalar ile yerli ve yabancı kuruluşların lider markalarının dağıtımını gerçekleştiren bir kuruluştur. Şirket etkin bir satış ve dağıtım örgütlenmesine sahiptir. Şirket tüketim ürünleri sektöründe temizlik kâğıtları, cilt bakım, kişisel bakım, kozmetik ürünleri, prezervatif ve yara bandı gibi sağlık ürünleri ile ev bakım ürünleri ana kategorilerinde hizmet vermektedir. Kurumun ana müşteri profilini zincir mağazalar, hastane, otel ve eczane gibi kuruluşlar oluşturmaktadır.

Eczacıbaşı İstanbul'daki fabrikasının taleplere yetişememesi üzerine Gebze'de yeni bir fabrika kurmuştur. 2007'de kurulmaya başlanan fabrika sıvı, kozmetik, toz ve kolonya olmak üzere dört ana ürün kategorisini üretecek şekilde tasarlanmıştır. Pilot üretime 2007 yılının Aralık ayında başlanan fabrikada sıvı ürün kategorisinde kırk dört çeşit ürün, kozmetik ürün kategorisinde ise on çeşit ürün üretilecektir. Yaptığımız çalışmalar üretim kapasitesinin üretim kısmında yaklaşık 480.000 kg/ay ve dolun kısmında işçi verimliliğine bağlı olarak en fazla 630.000 kg/ay olarak gerçekleşebileceğini göstermiştir. Ancak şu an fabrikada işçi verimliliği düşük olduğundan dolun kısmı dar boğaz olarak görülmüş, üretim kapasitesi yaklaşık olarak 350.000 kg/ay olarak tespit edilmiştir.

2. Projenin Tanımı ve Analiz

2.1. Mevcut sistem analizi

Projemiz, deterjan kısmının diğer bölümlerle aynı yapıya sahip olup daha kapsamlı olması bakımından, deterjan bölümü göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Deterjan bölümü üretim ve dolun kısmı olarak şu şekilde detaylandırılabilir:

- Üretim kısmında dört mikser bulunmaktadır.
- Mevcut durumda, mikserlerden biri işlemini bitirmeden diğer mikser üretime başlamamaktadır.
- Üretim bölümünde 44 ürün işlem görmekte, bunların beşini köpüren geri kalanını köpürmeyen ürünler oluşturmaktadır.
- Mikserlerin bir kafileyi işleme tabi tutması sabit kurulumuyla beraber üç saat sürerken, köpürenle köpürmeyen ürünlerin art arda üretilmesi durumunda fazladan iki saatlik kurulum süresi eklenmektedir.
- Mikserlerin kapasiteleri sırasıyla; 12.440, 12.440, 3300 ve 1550 litre olup, mikserler arasında kapasiteleri dışında bir fark bulunmamaktadır (Ek 1).

Deterjan bölümünde aynı anda dört mikserin de kullanılmamasının sebebi ürünleri oluşturan ham maddelerin çakışmasıdır. Örneğin, Mikser 1'deki ürünün ham maddelerinden birini içeren bir ürün bir diğer mikserde aynı anda üretilemez. Ayrıca, şirket yetkilileri de şu an için dört mikseri aynı anda kullanmanın gerekli olmadığını belirtmektedir.

Dolum bölümünde iki paralel hat bulunmaktadır. Bu hatlardan bir tanesi 5 ve 20 litrelik olmak üzere iki ürün ailesine tahsis edilirken, diğer hat 0,5 ve 1 litrelik ürünlerin dolumuna ayrılmıştır. Ürünler arasında değişken kurulum zamanları uygulanmaktadır. Aynı aileden iki ürün arasındaki kurulum zamanı her iki hat için de ihmal edilebilecek kadar küçükken, farklı ailelerden ürünler arasındaki kurulum zamanları 5 ve 20 litrelik hat için bir saat, 0,5 litrelik ürünler içinse iki saat kadar sürmektedir. 0,5 litrelik hattaki sürenin fazla olmasının sebebi ürünlerin köpüren ürünler olması ve buna bağlı olarak üretimin temizlenmesinin daha uzun sürmesidir.

Bu bağlamda bir ürünün akış şeması şu şekildedir:

- Üretilen ürünü oluşturan ham maddeler borular aracılığıyla mikserlere boşaltılırlar,
- Mikserde karıştırılma işlemi gerçekleşir. Mikserin önünde drop tank varsa karışım bu tanka aktarılır ve karışımın bulunduğu yerde kalite kontrol işlemi gerçekleştirilir,
- Kalite kontrol operasyonu bittikten sonra, ürünler hacimlerine göre ilgili dolum hattına gider,
- Bu işlemin sonunda paketlenip paletlere konan ürünler stok bölümüne gönderilir.

Yapılan analizler neticesinde deterjan bölümündeki dolum hattının dar boğaz olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, fabrikanın yeni kurulmasından kaynaklı olarak dolum hatlarındaki işçi verimliliğinin düşük olmasıdır.

Her bir mikserin bir kez doldurulması bir “kafile”ye karşılık gelmektedir. Bir başka deyişle, bir ürün dört kafilde üretiliyor olması, mikserin dört defa çalışarak o ürünün üretildiği anlamına gelmektedir.

2.2. Problem tanımı

Mevcut sistemin analizi sonucunda problemimiz, sistemdeki tüm kısıtları ve dinamikleri göz önünde bulundurarak taleplerin zamanında karşılanmasını sağlayacak üretim miktarlarını ve gündelik üretim çizelgelerini ortaya çıkartacak bir üretim planlama sisteminin tasarlanmasıdır.

Bu bağlamda projemizin amaçları daha detaylı olarak şu şekilde ortaya konabilir:

- İşçilerin kapasite üzerindeki etkisini araştırarak, geçici kapasite artışı için işçi veya mesai ayarlamasının yapılması,

- Talepteki sezonsal dalgalanmaları ve sistemin diğer özelliklerini (Ör., ay sonu envanter miktarı) göz önüne alarak şirketin daha sabit ve dengeli bir üretim yapabilmesinin sağlanması,
- Oluşturduğumuz sistemden alınacak veri ve raporların etraflıca incelenmesi ile doğabilecek sorunlara hızlı ve ekonomik çözümler üretilmesidir.

Mevcut sistemde çeşitli teknik ve operasyonel kısıtlar bulunmaktadır. Bunlar ;

1. Herhangi bir mikserin çalışması için gerekli alt limitin o mikserin hacminin yarısı kadar olması,
2. Farklı ürün aileleri arasında büyük kurulum aynı ürün aileleri arasında küçük kurulum süreleri olması, bir dolun hattının birden fazla üretim hattı tarafından aynı zamanda beslenememesi olarak sıralanabilir. Bu kısıtların tamamı oluşturduğumuz sisteme de yansıtılmıştır.

3. Önerilen Yöntem ve Uygulaması

Çözüm yöntemimiz deterjan bölümünde gerçekleşen üretim ve dolun operasyonlarını göz önüne almaktadır.

3.1. Genel yaklaşım

Geliştirdiğimiz sistem, genel üretim planlama ve çizelgeleme olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Genel üretim planlama kısmında detaylı işlemler göz ardı edilerek, operasyonların süreleri yaklaşık olarak belirlenmiştir. İkinci kısım olan çizelgeleme bölümünde ise deterjan departmanında üretimi etkileyen tüm operasyonlar detaylıca incelenmiş ve daha gerçekçi süreler kullanılmıştır.

Bu iki kısım oluşturulduktan sonra birbirleriyle olan entegrasyonları sağlanmış ve şirketin talepteki dalgalanmaları daha rahat karşılayabileceği, daha esnek ve hızlı kararlar verebileceği bir sistem yaratılmıştır.

3.2. Genel üretim planlama

Her ay içinde hangi üründen ne kadar üretileceğinin tespit edilmesi ve işçi performanslarının kapasite üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla genel üretim planlama modellerinden (Nahmias, 2004) yararlanılarak bir model oluşturulmuştur (Ek 2). Bu modelde envanter, işçilerin verimliliği kısıtları probleme eklenmiş ve çeşitli amaç fonksiyonları altında program test edilmiştir. Kullanılan amaç fonksiyonları;

1. Üretim miktarlarının aylar arasındaki en yüksek farkını en aza indirme,
2. Dolun hattında geçen toplam süreyi en aza indirme ve
3. Toplam kafiye sayısını en aza indirmedir.

Mevcut durumda, en yüksek sapmayı en aza indirmeyi hedefleyen birinci amaç fonksiyonu tercih edilmektedir. Şirket yetkilileri istediği takdirde diğer amaç fonksiyonları da rahatlıkla modele entegre edilebilecektir.

Üretim Planlama modelinin amaç fonksiyonları şu şekilde açıklanabilir:

1. Amaç Fonksiyonu

Min (ZZ)

$$\sum_{i=1}^{12} X_{ij} - \sum_{k=1}^{12} X_{kj} = S^+ - S^-$$

$$S^+ \leq ZZ$$

$$S^- \leq ZZ$$

En yüksek sapmayı en aza indirebilmek için aylar arasındaki farkın (S^+, S^-) ZZ gibi bir sayıdan daha küçük olması koşulu modele eklenir. Amaç fonksiyonu ise ZZ'nin en aza indirilmesini sağlar. Bu fonksiyon ile aylar arasında daha durağan üretim miktarlarının elde edilmesi hedeflenmiştir.

2. Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min} \left(\sum_{i=1}^{44} \sum_{j=1}^{12} T_{ij} \right)$$

Dolum hattında geçen toplam zamanın en aza indirilmesini sağlar. Bu fonksiyon ile dolumda harcanan zaman en verimli şekilde kullanılarak taleplerin karşılanması hedeflenmektedir.

3. Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min} \left(\sum_{i=1}^{44} \sum_{j=1}^{12} \sum_{k=1}^4 E_{ijk} \right)$$

Toplam kafiye sayısının en aza indirilmesini sağlar. Bu fonksiyon ile, mikserleri en az sayıda çalıştırarak talebi karşılamak hedeflenmektedir.

Üretim Planlama modelindeki kısıtlar şu şekilde açıklanabilir:

$$I_{ij} = I_{ij-1} + X_{ij} - D_{ij}$$

Bir önceki aydan gelen envanter miktarı ve bu ay üretilen ürün miktarı toplamı bu aydaki talep miktarından çıkartılarak, ay sonundaki net envanter miktarına eşitlenir.

$$G_{ij} \leq B_{ij1} \cdot M_1$$

Her bir mikserde yapılan üretim miktarı (G_{ij} , U_{ij} , Z_{ij} , E_{ij}) o mikserin kafiye sayısı (mikserin çalışma sayısı) ile mikser kapasitesinin

(M_k) kg cinsinden çarpılmış halini geçemez. Yani bir mikserde ay boyunca çalıştığından daha fazla üretim yapılamaz.

$$X_{ij} = G_{ij} + U_{ij} + Z_{ij} + E_{ij}$$

Toplam üretim miktarı (X_{ij}) mikserlerdeki toplam üretime eşittir.

$$P_{1j} = \sum_{i \in Set1} X_{ij}$$

Her bir dolun hattında (P_{1j} , P_{2j} , P_{3j}) ay boyunca çıkan ürünün kg cinsinden miktarları P_{1j} , P_{2j} ve P_{3j} 'ye eşittir. Buradaki Set₁ 5 kg'lık, Set₂ 20 kg'lık, Set₃ 1- 0,5 litrelik ürünlerdir.

$$P_{1j} \leq 2560 \cdot T_{1j} \cdot util$$

Her bir dolun hattında en az harcanması gereken zaman (T_{ij}), P_{ij} 'nin zaman cinsinden karşılığının daha altında olamaz. Buradaki 2560 sayısı dolun hattının hızını kg/saat cinsinden ifade eder. *Util* çarpanı ise dolun hattının verimliliğidir.

$$X_{ij} \leq D_{ij} + D_{ij+1} + D_{ij+2}$$

Toplam üretim üç aylık talep miktarını geçemez.

Bu model her ayın başında 12 aylık talep tahmini verileri, başlangıç envanter miktarı ve verimlilik yüzdesini girdi olarak alır, aylık üretim miktarlarını belirler. Üretim miktarları belirlendikten sonra kapasiteye bağlı olarak fazla mesai de belirlenebilmektedir.

Model Şubat ayı verileriyle test edilmiş ve dolun hattının verimlilik yüzdesi %57 olarak tespit edilmiştir.

3.3. Çizelgeleme

Geliştirdiğimiz sistemin ikinci kısmı çizelgeleme algoritmasından oluşmaktadır. Bu algoritma ay sonundaki son işin bitiş süresi en aza indirilmek amaçlanarak oluşturulmuştur.

Problem iki dolun hattı ve bunları besleyen bir makineyle, iki basamaklı “karma akış tipi atölye” problemine dönüştürülmüştür. Bu problemde son ürünün çıkış zamanını en aza indirecek iki basamaklı bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma, üretim planlamadan aylık üretim miktarlarını ve verimlilik parametrelerini girdi olarak alıp son ürünün bitiş zamanını en aza indirecek şekilde ürün üretim sırasını, ürün mikser eşleşmelerini, son ürünün sistemden çıkış zamanını belirlemektedir.

3.3.1. Üretim

Mikserler en az %50 alt limitle çalışabilmektedir. Bu yüzden her bir ürün talebinin bu şartı sağlayarak kalansız biçimde üretilmesi amaç

edinilmektedir. Bunun gerçekleşmediği durumlarda ortaya çıkan artan ürün miktarları göz ardı edilmektedir.

Örneğin 15.000 litrelik bir ürün tüm mikserlerin her birinin kapasitesinden daha fazla hacme sahiptir. Bu nedenle tek bir kafiye olarak mikserlere yüklenemez. Bu durumda hacmine en yakın mikser tam olarak doldurulur. Kalan kısım içinde aynı işlem yapılır.

15.000 mod 12.400 (Mikser 1'in kapasitesi) = 2600 lt

Artan 2600 litrelik ürün mikser3'ün kapasitesiyle bu mikserin kapasitenin yarısı arasındadır.

3300 (mikser3'ün kapasitesi) >2600 (kalan) >1650 (kapasitenin yarısı)

Sonuç olarak, ürün önce birinci sonra üçüncü mikserlere giderek kalansız üretilmiş ve toplam 2 şarj gerektirmiştir.

Bu metot tüm işlere uygulanarak hem işlerin yüklenecekleri mikserler bulunmuş hem de kafiye sayılarına göre işler küçükten büyüğe sıralanmıştır. İşlerin küçükten büyüğe sıralanmasının nedeni, şirketin kısa işlem süreli işlere öncelik vermek istemesindedir.

3.3.2. Dolum

Dar boğazın engellenmesi için yapılması gereken ilk şey dolumda son işin bitiş zamanını en aza indirmek adına grup teknolojisi yönteminin uygulanmasıdır (Pinedo, 2005). Bu yöntemde aynı ürün ailesine ait ürünlerin art arda üretilmesi gerekmektedir. İki adet dolum hattı olduğu için her hat ayrı ayrı ele alınmalıdır. Birinci hatta, 5 lt ve 20 lt ürünler arasında, diğer hatta 1 lt ve 0,5 lt ürünler arasında kurulum yapılmaktadır (Ek 3.1). Ancak 0,5 litrelik ürünlerin köpüren sınıfına girmesi ve bu tür ürünlerin kurulumunun tüm sistemi (üretim, dolum) temizlemek için bekletmesi (yaklaşık iki saat) sebebiyle bu ürünler en son üretilenlerdir (Ek 3.2).

Ek 3.2'de görülen şekil bize ürünler 0,5 lt'lik olmak üzere sekiz ürünün dolumu gerçekleşmektedir.

Bu durumda bizim stratejimiz 1 litrelik dört ürünün dolumdaki sırasıyla ilgili iyi ve uygulanabilir bir sonuç vermektedir. Asıl soru tek bir üretim hattının iki dolum hattını nasıl senkronize bir şekilde besleyeceğidir. Dolumun birinci hattındaki işlemlere bakıldığında, ürün sayısı ve miktarının bolluğu sebebiyle çok daha uzun sürdüğü görülmüştür. Bu hatta 19'u 5 lt'lik, 17'si 20 lt'lik olmak üzere 36 ürün bulunmaktadır. İkinci hatta ise 4'ü 1 lt'lik, 4'ü de 0,5 litrelik ürün doldurulmaktadır. Dolumun üretimden genel olarak daha yavaş olduğu bilindiği için ilk hattaki ürünlerin dolumundan kaynaklanan bekleme sürelerinde 1 litreliklerin üretimi yapılmaya çalışılır. 0,5 litrelikler köpüren sınıfına girdiği ve tüm sistemin temizlenmesini gerektirdiği için üretimi en son yapılacaktır.

Çizelgeleme sistemi dolun hatlarının genel olarak Ek 3.3'de görüldüğü gibi düzenlenmesini sağlar.

Dolum işlemleri göz önünde bulundurularak üretimle ilgili sırasıyla şu kuralların uygulanmasına karar verilmiştir:

1. Önce 5 sonra 20 litrelikler üretilmelidir.
2. 5 ve 20 litreliklerin dolununun yavaşlığından kaynaklanan boşluklarda 1 litrelikler üretilmelidir.
3. Eğer 1 litrelikler hala bitmemişse 20 litreliklerin üretiminden sonra kalan 1 litrelikler üretilmelidir.
4. Son olarak 0,5 litrelikler (köpürenler) üretilmelidir.

3.3.3. Dolunun modellenmesi

Üretim bölümünde ürünlerin kafiye sayıları belirlenmiş, ürün gruplarındaki işler kendi aralarında kafiye sayısına göre küçükten büyüğe sıralanmıştır.

Dolum bölümünün modellenmesinde aşağıdaki durumlar gözlenmektedir:

- Eğer bir ürünün doluma hazır olma zamanı, aynı hat üzerindeki bir önceki ürünün dolununun bitişinden önceyse çakışma oluşmaktadır (Ek 3.4 ve Ek 3.5).
- 5 ve 20 ltlik ürünlerin dolusunda çakışma gözlenirse iki durum söz konusudur;
 - 5 lt'lik ve 20 lt'lik ürünler için eğer çakışmadan kaynaklanan bekleme sıradaki 1 lt'lik işin üretim zamanından büyükse, arada 1 litrelik ürünün üretimi gerçekleştirilir. Ek 3.4'te dolunun birinci hattı görülmektedir. Hattaki bekleme 1 lt'lik ürünün üretim zamanından fazladır ve sıradaki 5 lt'lik (20 lt'lik) ürün yerine 1 lt'lik ürünün üretimi gerçekleştirilir. Bu durumda sıradaki 5 litrelik (20 litrelik) ürünün hazır olma zamanı 1 lt'lik ürünün üretim zamanı kadar ötelenmiştir.
 - 5 ve 20 litrelik ürünlerin dolusunda meydana gelen bekleme 1 litrelik ürünün üretiminden küçükse ya da 1 litrelik ürünlerin tamamı üretilmişse ürünün dolunu kendisinden önce gelen ürünün dolunu bittikten sonra başlatılır (Ek 3.5).
- 1 ve 0,5 litreliklerin dolusunda çakışma gözlenirse ürünün dolununa kendinden önce gelen ürünün dolunu bittikten sonra başlanır (Ek 3.5).
- Ürünün hazır olma zamanı önceki ürünün dolun zamanından sonraysa çakışma yaşanmaz. Bu durumda ürünün doluma hazır olma zamanında başlanır (Ek 3.6). Bu durum tüm ürün grupları (5 lt, 20 lt, 1 lt, 0,5 lt) için geçerlidir.

Yukarıdaki kurallar izlenerek önce 5 litrelik sonra 20 litrelik ürünlerin üretimi ve dolunu gerçekleştirilir. Bu esnada 1 litrelik ürünlerin üretimi de tamamlanmaya çalışılır. 1 litrelik ürünler

tamamlanmamışsa kalan 1 litrelik ürünlerin üretimine devam edilir. Son olarak 0,5 litrelik ürünlerin tamamlanmasıyla algoritma son bulur.

3.4. Sistem

Oluşturulan sistem genel üretim planlama ve çizelgeleme modellerini içermektedir. Bu iki modelin Java programlama dilinde entegrasyonu ve ara yüzlerle kullanıcı kolaylığı sağlanmıştır. Bu noktada, sistemin genel mantığı şöyle açıklanabilir:

- Excel dosyasında bulunan 12 aylık ürün-talep dosyası ve başlangıç envanter miktarları Java programı içine gömülmüş üretim planlama modeli tarafından bir girdi olarak kullanılır,
- Bu modelin sonucunda her bir ürünün aylık üretim miktarları tespit edilir,
- Çizelgeleme algoritması bu bilgiyi girdi olarak alır,
- Ara yüzler aracılığıyla bu bilgiye ek olarak kullanıcıdan sistemin verimlilik yüzdesini girmesi istenir,
- Ek 4 te görüldüğü gibi, kullanıcıya çıktılarla ilgili bilgi verilip kullanıcının sistem döngüsüne karar vermesi sağlanır,
- Çıktılar Microsoft Access veritabanına aktarılır.

3.4.1. Sistem döngüsü

Üretim planlama modülü çalıştırıldığı zaman elde edilen üretim miktarları, aylık maximum üretim kapasitesinin altında ise sistem çizelgeleme modülüne ilgili veriler gönderir. Eğer kapasite aşımı gözleniyorsa Üretim Planlama modülü kullanıcıyı uyararak tahmini kaç vardiya kullanılması gerektiğini gösterir. Kullanıcı onaylarsa çizelgeleme bölümüne veri gönderilir. Onaylanmadığı durumda kullanıcı talep miktarlarını değiştirip bu modülü tekrar çalıştırmalıdır.

Çizelgeleme bölümü kapasiteyi 160 saat (20 gün*8 saat) olarak kabul edip o ayki üretimi tahmini olarak kaç vardiya da bitirileceğini gösterir. Eğer fazla mesai gerekiyorsa, kullanıcıdan fazla mesaide kaç işçi çalışacağı bilgisini sorar. Bu veriye göre fazla mesai ücretleri hesaplanır. Sonra, kullanıcıya ikinci bir seçenek sunularak ikinci vardiya kullanıldığı takdirde üretimin yaklaşık ne kadar olacağı bilgisi ekrana yazdırılır. Kullanıcı bu bilgiler ışığında belirleyeceği vardiya sayısı ile algoritmayı çalıştırır (Ek 5).

Genel Üretim Planlama ve Çizelgeleme algoritmaları arasında hatalı tahmin edilmiş ve “sistemin verimlilik yüzdesinden” doğabilecek tutarsız sonuçların da kullanıcıya iletilebilmesi sağlanmış ve bu sayede kullanıcının “verimlilik yüzdesini” değiştirerek kapasite artışına/azalışına müdahale edebilmesi mümkün kılınmıştır.

3.4.2. Sistem testleri ve duyarlılık analizleri

Sistemin Üretim Planlama bölümü üç farklı amaç fonksiyonuyla denenmiş ve farklı envanter sonuçları elde edilmiştir. En yüksek sapmayı en aza indiren amaç fonksiyonunun temel amacı, envanter

tutarak mümkün olduğunca düzgün, dengeli bir üretim değeri yakalamaktır. Bunun içindir ki ocak ayından mayıs ayına kadar 400.000 kg/ay civarında, mayıs ayından yıl sonuna kadar 286.000 kg/ay sabit üretim öngörülmüştür. Bu parçalı üretimin sebebi kullanılan test verilerinde ilk ayda stok bulunmaması ile ikinci ve dördüncü aylar arasında taleplerinin sezonsal artışa denk gelmesinden kaynaklı yoğunluktur.

Çizelgeleme bölümünde şirketin verimlilik oranında yapılan değişiklikler ay sonunda son ürünün bitiş süresinin azalmasına hatta bazı aylarda üretimin yetiştirilebilir yani 160 (20 gün*8 saat) saatin altındaki seviyelere gelmesini sağlamıştır. Tabii ki bu verimlilik firma çalışanlarının hızına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Farklı verimlilik yüzdeleri altında ortaya çıkan ürün bitiş zamanları Ek 6'da verilmiştir.

Firmanın gerçek kapasitesini sistemden görmek için yaptığımız hesaplamalarda, kapasitenin o ay üretilen ürünlerin çeşitliliğine ve kafiye sayısına doğrudan bağlı olduğu görülmüştür.

4. Uygulama Planı

4.1. Önerilen sistemin işleyişi

Üretim planlama modülü döner çevren (rolling horizon) mantığı ile her ayın ilk günü güncellenmiş ürün talep tahminleri ve gerçekleşen dönem sonu envanter düzeylerini girdi olarak alıp 12 aylık bir planlama çevreni için her bir ürüne ait aylık üretim planlarını belirler. Buna ilaveten, sistem bazı parametrik değişkenler içermekte ve bu yüzden sistemin akışı kullanıcının kararlarına göre devam etmektedir. Üretim planlama modülünün çıktıları bir MsAccess veritabanına yazdırılır. Çizelgeleme algoritması bu verileri kullanarak kullanıcının belirlediği çeşitli parametreler altında gündelik üretim çizelgelerini oluşturur.

1.2. Uygulama adımları

Uygulama esnasında izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir:

1. Oluşturulan sistem, şirket bilgisayarına aktarılacaktır. Bunun için Xpress programının satın alınması ve Java programlama dilinin bilgisayara yüklenmesi sağlanacaktır.
2. Sistem kullanıcıya tanıtılacak ve kullanım kılavuzu hazırlanacaktır.
3. Sistem kullanıcıya çıktıların nerede oluşturulduğu ve nasıl yorumlanması gerektiği aktarılacaktır.
4. Alınan çıktılar ilgili departman sorumlusuna teslim edilecek ve bu çıktılarda hangi ürünün hangi mikserde hangi miktarda üretiliyor olacağı gösteriliyor olacaktır. Sistem çıktılarıyla, gerçek üretim değerleri karşılaştırılacak ve herhangi bir farklılık bulunması durumunda sistemdeki parametrik değerler (dolum hattı verimliliği) değiştirilip sistem gerçeğe uygun hale getirilecektir.

Bu sistemi uygulayabilmemiz için iki dolum hattının da aynı anda çalışıyor olması gerekmektedir ki şu anda her iki hattın çalışması için yeterli işçi sayısı mevcuttur. Üretim bölümünde de günde iki katile üretimi gerçekleştirilmektedir ki sistemimiz de bu şekilde çalışmaktadır. Bu yüzden ek işçi talebi söz konusu değildir.

Sistemin çalışabilmesi için aşılması gereken tek problem aylık toplam üretimin mesai saatleri içerisinde bitirilememesi durumunda bir başka deyişle, fazla mesainin gerekli olduğunu göstermesi durumunda şirketin fazla mesai için gerekli ek kapasiteyi sağlaması gerekliliğidir.

5. Genel Değerlendirme

Oluşturduğumuz sistem bir genel üretim planlama ve çizelgeleme aracı olup, Eczacıbaşı Girişim Pazarlama Şirketi için oluşturulmuş kendine özgü bir sistemdir.

5.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Yaklaşımımız sayesinde, şirket ilerleyen aylarda daha sabit bir aylık üretim seviyesine sahip olacaktır. Bu sayede iş gücü seviyesi de sabitleşecek şirketin zaman zaman yaşadığı artan ya da azalan siparişlerden kaynaklanan işe alım ve işten çıkarmalar ortadan kalkacaktır. Yaklaşımın bir diğer avantajı, şirketin aylık üretimini ne kadar sürede üretebileceğini göstermesidir ki bu sayede şirket önünü daha rahat görebilecektir. Ayrıca, şirket bu yaklaşım sayesinde üretim bölümü ve dolum bölümünün kapasitesini ayrı ayrı bilmektedir.

Uyguladığımız sistem dolum hattı verimliliği gibi değişkenlere sahiptir. İlerleyen zamanlarda işçilerin verimliğindeki artış dolum hattının daha hızlı çalışmasını sağlayacaktır. Bu sebeple işçi verimliliği sistemimizde girdi olarak kullanıcıya bırakılmıştır.

5.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

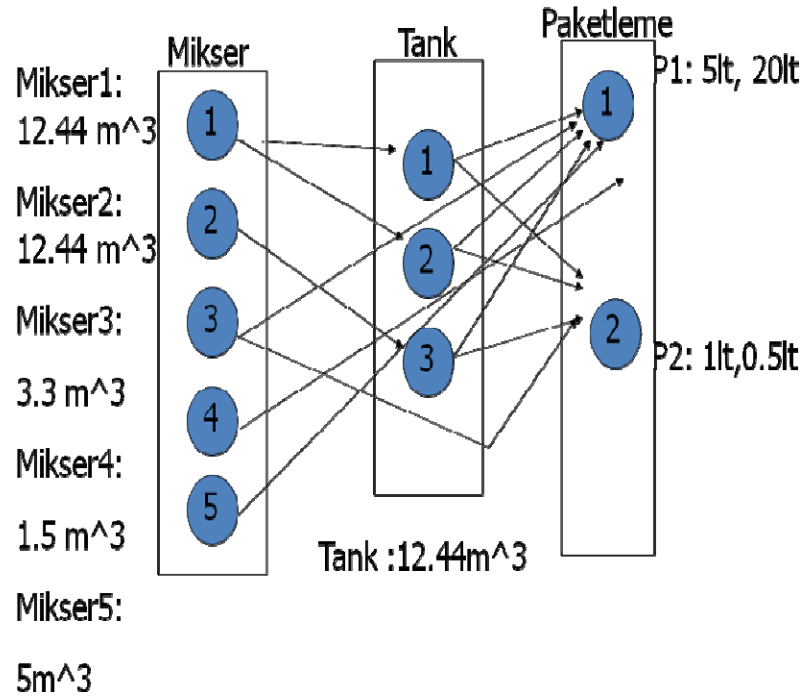
Şirket henüz kozmetik bölümünde işe başlamamıştır. Fakat şirketten aldığımız verilere göre, bu bölüm deterjan bölümüne benzer özelliktedir. Bu bölümdeki tüm operasyonlar deterjan bölümüyle aynıdır. Tek farkları kozmetik bölümünde sadece on ürün olmasıdır. Bu sebeple, oluşturduğumuz sistem bu departman çalışmaya başladıktan sonra rahatlıkla uygulamaya konulabilir.

KAYNAKÇA

- Michael L. P. (2005). "Single machine and parallel machine model", Planning and Scheduling in Manufacturing and Services., Springer, New York, 82-83.
- Nahmias, S. (2004). "Solution of aggregate planning problems by linear programming", Production and Operation Analysis, McGraw-Hill, New York, 125-233.

EKLER

Ek 1. Atölye planı



Ek 2. Model gösterimi

$i=\{1,2,3...44\}$ (ürün miktarı)

$j=\{1,2,3...12\}$ (ay sayısı)

$k=\{1,2,3,4\}$ (mikser sayısı)

D_{ij} : i ürünün j ayındaki talep miktarı

X_{ij} : i ürününün j ayındaki üretim miktarı

M_k : k üretim hattının mikser kapasitesi

G_{ij} : Mikser1 deki i ürününün j ayındaki üretim miktarı

U_{ij} : Mikser2 deki i ürününün j ayındaki üretim miktarı

Z_{ij} : Mikser3 deki i ürününün j ayındaki üretim miktarı

E_{ij} : Mikser4 deki i ürününün j ayındaki üretim miktarı

I_{ij} : i ürününün j ayı sonundaki envanter miktarı

B_{ijk} : i ürününün j ayında k mikserindeki kafiye sayısı

P_{1j} : dolumda 5 litrelik ürünlerin j ayındaki kg cinsinden toplamları

P_{2j} : dolumda 20 litrelik ürünlerin j ayındaki kg cinsinden toplamları

P_{3j} : dolumda 1 litrelik ürünlerin j ayındaki kg cinsinden toplamları

SET_1 : 5 litrelik ürünler

SET_2 : 20 litrelik ürünler

SET_3 : 1 litre veya daha az hacimdeki ürünler

ZZ : Aylık Toplam Üretim Miktarları Arasındaki Fark

$Util$: Dolum Hattının Verimlilik Yüzdesi

Minimize(ZZ) (1)

$$I_{ij} = I_{ij-1} + X_{ij} - D_{ij} \quad \forall i = (1,2,3...44), j=(1,2,3...12) \quad (2)$$

$$X_{ij} = G_{ij} + U_{ij} + Z_{ij} + E_{ij} \quad \forall i = (1,2,3...44), j=(1,2,3...12) \quad (3)$$

$$G_{ij} \leq B_{i1} \cdot M_1 \quad \forall i = (1,2,3...44), j=(1,2,3...12) \quad (4)$$

$$U_{ij} \leq B_{i2} \cdot M_2 \quad \forall i = (1,2,3...44), j=(1,2,3...12) \quad (5)$$

$$Z_{ij} \leq B_{i3} \cdot M_3 \quad \forall i = (1,2,3...44), j=(1,2,3...12) \quad (6)$$

$$E_{ij} \leq B_{i4} \cdot M_4 \quad \forall i = (1,2,3...44), j=(1,2,3...12) \quad (7)$$

$$P_{1j} = \sum_{i \in Set1} X_{ij} \quad Set1: \{1,2,3,9,10,11,14,15,20,22,23,24,25,26,30,33,34,37,44\} \quad (8)$$

$$P_{2j} = \sum_{i \in Set2} X_{ij} \quad Set2: \{4,5,6,7,12,19,21,27,28,29,35,36,39,40,41,42\} \quad (9)$$

$$P_{3j} = \sum_{i \in Set3} X_{ij} \quad Set3: \{8,13,16,17,18,31,32,38,43\} \quad (10)$$

$$P_{1j} \leq 2560 \cdot T_{1j} \cdot util \quad \forall j=(1,2,3...12) \quad (11)$$

$$P_{2j} \leq 4320 \cdot T_{2j} \cdot util \quad \forall j=(1,2,3...12) \quad (12)$$

$$P_{3j} \leq 1080 \cdot T_{3j} \cdot util \quad \forall j=(1,2,3...12) \quad (13)$$

$$X_{ij} \leq D_{ij} + D_{ij+1} + D_{ij+2} \quad \forall i = (1,2,3...44), j=(1,2,3...12) \quad (14)$$

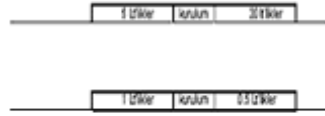
$$\sum_{i=1}^{12} X_{ij} - \sum_{k=1}^{12} X_{kj} = S^+ - S^- \quad \forall i < k \quad (15)$$

$$S^+ \leq ZZ \quad (16)$$

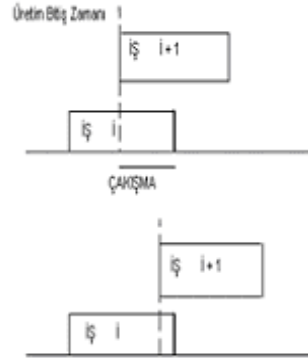
$$S^- \leq ZZ \quad (17)$$

Ek 3. Çizelgeleme

Ek 3.1



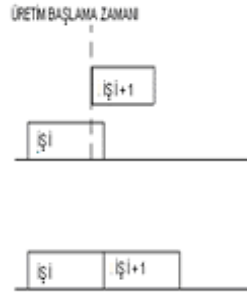
Ek 3.4



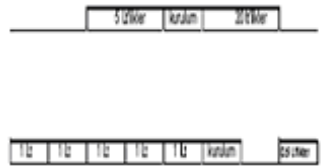
Ek 3.2



Ek 3.5



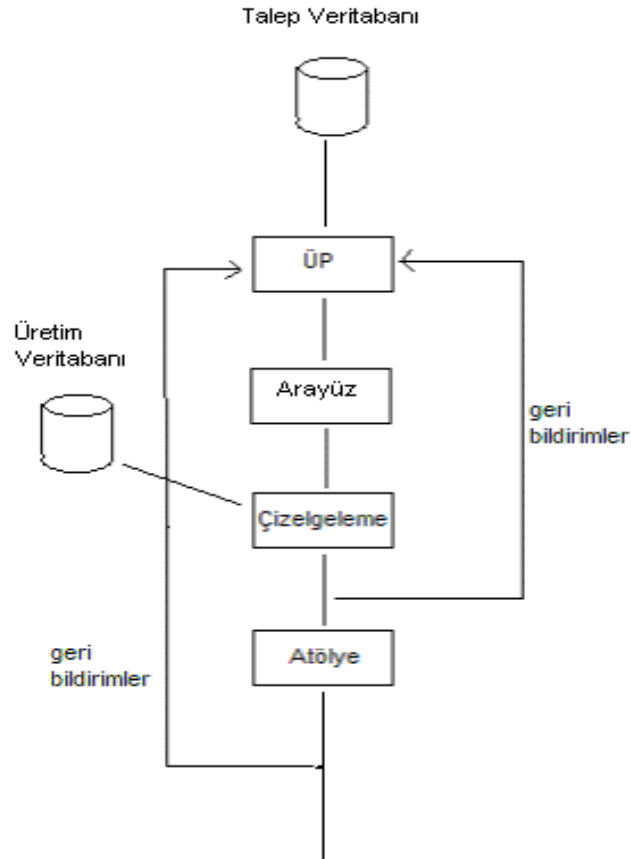
Ek 3.3



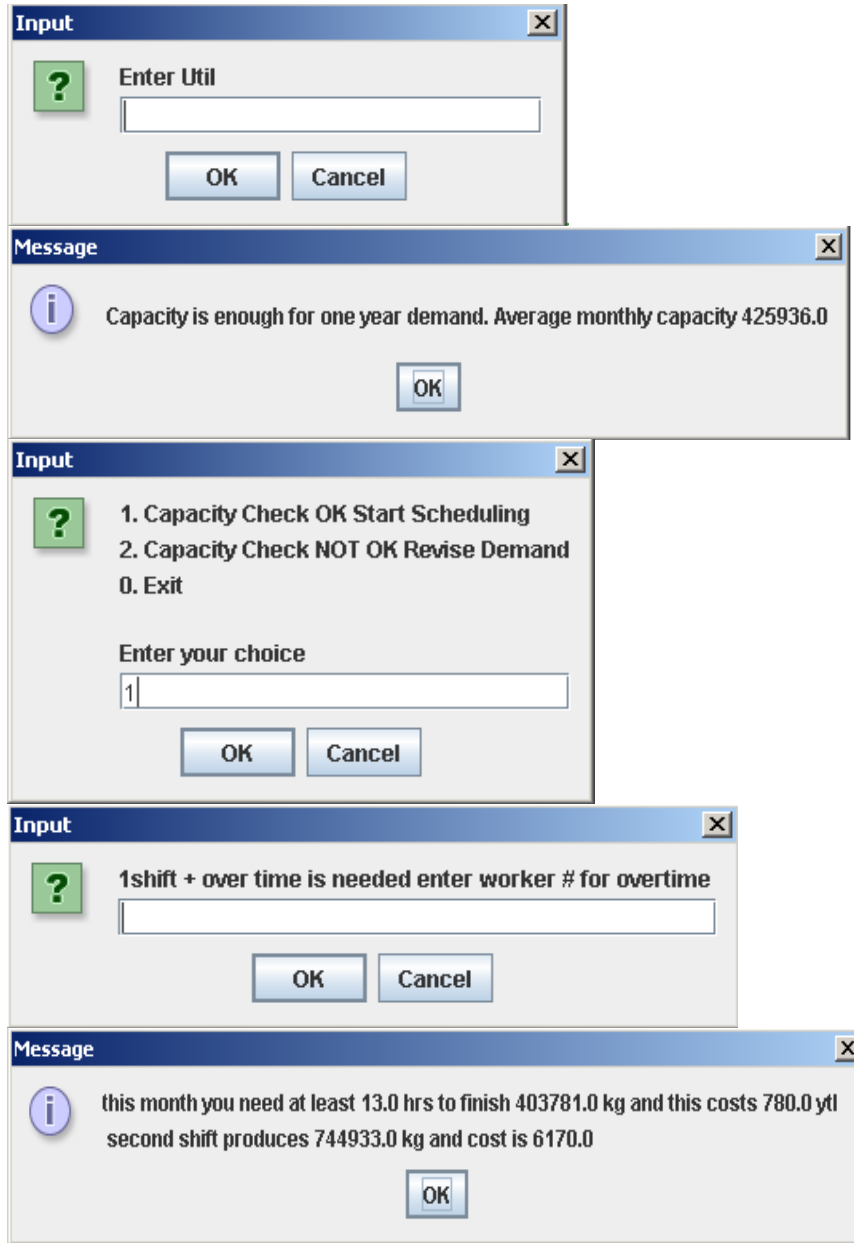
Ek 3.6



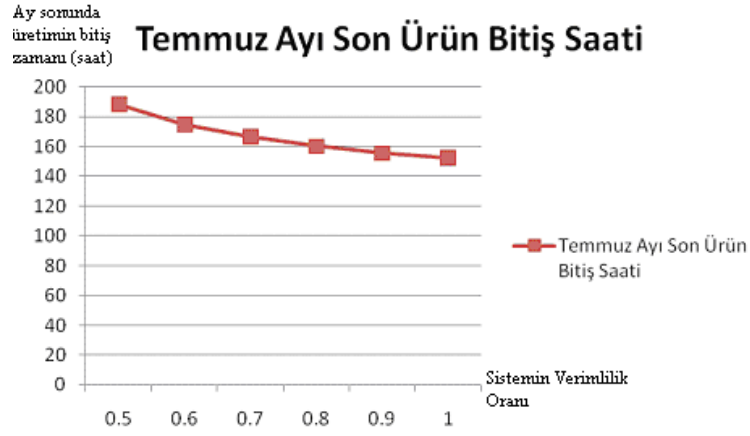
Ek 4. Sistem



Ek 5. Arayüzler



Ek 6. Duyarlılık Analizi Örneği



Sistemin verimliliğini arttırdıkça beklendiği gibi son ürünün üretim zamanı giderek düşmektedir. 1 ayda 160 saat (20 gün*8 saat) olarak kabul edildiğinden gerekli olan minimum verimliliğin 0,8 olduğu açıkça görölmektedir.

İş ve Zaman Etüdüne Dayalı Depo Performans Sistemi Geliştirilmesi

Frito Lay Ankara Deposu

Proje Ekibi

Esra Ağca
Fırat Seçkin Bulut
Ardıç Çorapsız
Gülşah Hançerlioğulları
Ömer Salargil

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Özhan Nuri Özesenli, Frito Lay Gıda San. Ve Tic. A.Ş.,
Saha Lojistik Müdürü

Akademik Danışman

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

ÖZET

Frito Lay Ankara Deposu'nun mevcut kapasitesinin ölçülmemiş olması ve etkin bir performans ölçüm sisteminin bulunmaması, depo yeterliliği ve verimliliğinin değerlendirilememesine neden olmaktadır. Bu projenin amacı, mevcut kapasitenin belirlenmesiyle şirketin olası talep değişikliklerine göre strateji belirlemesini kolaylaştırmak ve depodaki verimliliği arttırmaktır. Bu doğrultuda, iş ve zaman etüdü, anahtar performans göstergelerinin geliştirilmesi, standart iş metotları, kaynak planlama aracı, benzetim modeli ve çeşitli senaryoların analizleri üzerine çalışılmıştır. Yapılan çalışmanın öncelikle Frito Lay Ankara deposunda ve daha sonra diğer Frito Lay Türkiye depolarında uygulanmaya başlaması hedeflenmiştir. Tamamlanan çalışmalar sonucunda firma yetkililerinin mevcut kapasite hakkında bilgi sahibi olması sağlanmış ve depo işlemleri ölçülebilir hale getirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Depo performans ölçümü, iş ve zaman etüdü, anahtar performans göstergeleri, kaynak planlama.

1. İşletme Tanıtımı

Dünyanın en büyük üçüncü yiyecek ve içecek firması olan ve 1945'te kurulan Frito Lay, PepsiCo'nun markalarından biridir. Pazar payı %81 olan şirket Lay's, Ruffles, Doritos ve Cheetos markalarıyla tuzlu çerez sektörünün lideridir. Frito Lay Türkiye pazarına 1988'de girmiştir. 2000 çalışanı, 17200 satış noktası ve 11 deposuyla Türkiye kolu, şirketin en büyük beşinci operasyonudur. Üretim tesisleri İzmit ve Tarsus'ta, ana merkez ise İstanbul'da yer almaktadır. İç Anadolu Bölge şefliği olarak Ankara deposu, 26 depo çalışanı ve 82 dağıtım aracına sahiptir. Bu depo, fabrikadan gelen ürünleri en fazla üç gün depolayarak satış noktalarına dağıtmaktadır. Bu projede, grubumuz Frito Lay Ankara deposunu incelemekle görevlendirilmiştir. Büyümekte olan bir pazarda yer alan şirket, talepteki dalgalanmaları karşılayabilmek için depo operasyonlarını geliştirme ihtiyacı içerisinde.

2. Proje Tanımı

2.1. Mevcut durum

Şirket, gelecekte ürünlerine olan talep değiştiği takdirde, depolarının mevcut kapasitesinin yeterli olup olmayacağı konusunda belirsizlik içerisinde. Hem mevcut fiziksel kapasite ve iş gücüyle hem de depo işlemlerinin verimliliği arttırıldığında deponun hangi noktaya kadar ürün akışını kaldıracabileceği şirketin sorunlarından biridir. Depolama faaliyetleri mevcut talebe göre tatmin edici düzeyde gerçekleştirilmektedir. Ancak, şirketin tedarik zinciri yönetimi gelecekte satış veya üretimdeki dalgalanmalar nedeniyle oluşabilecek kapasite veya kaynak yetersizliği gibi sorunları dikkate almaktadır. Mevcut depo kapasitesinin tespitindeki zorluk ile mal kabul, ürünleri depoya yerleştirme ve teslimat gibi depo faaliyetlerindeki istikrarsızlıklar sistemin verimliliğini ölçmeyi zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda şirket, deponun performans ölçümüne yönelik etkin bir değerlendirme sistemi kullanmamaktadır.

2.2. Problem tanımı

Gözlemlerimiz ve endüstriyel ve akademik danışmanlarımızla olan görüşmelerimiz sonucunda, Frito Lay Ankara deposunun ana problemi deponun mevcut kapasitesinin ölçülmemiş olması ve depodaki iş akışının değerlendirilmesi için gerekli olan etkili ve aktif bir performans ölçüm sisteminin bulunmaması olarak tanımlanmıştır.

2.3. Amacımız

Bir sistemde iyileştirmeler yapılabilmesi için öncelikle sistemin mevcut durumunun incelenmesi gerekir. Bu nedenle, uzun vadede Frito Lay Ankara deposunun geliştirilebilmesi için mevcut durumun ölçülerek tespit edilmesi projenin temel amacını oluşturmuştur. Depo işlemlerinin performansının takip edilebilir ve ölçülebilir hale getirilmesi amacıyla, mevcut sistemin analizini takiben iş ve zaman

etüdü gerçekleştirilmiş ve performans göstergeleri tanımlanmıştır. Bu aşamada yapılan çalışmalar, depo yönetimindeki belgeleme ve ölçüm eksikliğini gidermiştir. Şirketin talep değişikliklerine karşı depo sisteminin tepkisini ölçmekte ve strateji belirlemekte kullanması amacıyla bir araç oluşturulmuştur. Olası senaryoların değerlendirilmesinde, kısa vadede kaynak planlama aracımızın ve uzun vadede ise benzetim modelimizin kullanılması önerilmiştir. Ayrıca, depo işlemlerinin verimliliğini arttırmaya yönelik metotlar geliştirilmiştir. Bu çalışmalarımız, öncelikle Ankara deposunda uygulanacak ve daha sonra diğer Frito Lay Türkiye depoları için de örnek teşkil edecektir.

3. Analiz

3.1. Mevcut sistemin analizi

Üzerinde çalıştığımız depo sisteminin temel bileşenleri mal kabul, depolama, paketleme, sipariş hazırlama, teslimat ve ofis çalışmalarıdır. Mevcut sistemin incelenmesi sonucunda, deponun yerleşim planı ve depoda gerçekleştirilen işlemler için Ek 1'deki iş akış şeması oluşturulmuştur. Ayrıca Ek 2'de depo çalışanı için örneği gösterilen iş tanımları depodaki üç çalışan grubu için hazırlanmıştır. İş akış şemasından da takip edilebilecek olan depolama işlemlerinin ve iş tanımlarında bulunan görevlerin detayları aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Depolama alanı

Depo alanı raflar ve zemin alanından oluşmaktadır. Ürünlerin taşınmasında paletler, transpaletler ve bir forklift kullanılmaktadır. Temel olarak altı çeşit ürün işlem görmektedir: Koliler, Drop & Go Sepetleri, Metro/BTT Kolileri, Dönüşümlü Koliler, Stantlar ve İadeler.

Koliler: Depoda cips paketleri koliler içerisinde saklanmaktadır. Bazı koliler doğrudan müşteri tarafından talep edilen ürünleri, bazıları Drop & Go sepetlerini doldurmak için kullanılan ürünleri, bazıları da Metro/BTT ürünlerini taşımaktadır.

Drop & Go Sepetleri: Bu sepetler satış bölümü tarafından belirlenen çeşitli talep tariflerine göre değişik çeşitlerde cipslerin bir araya getirilmesiyle hazırlanmaktadır. Bu sepetler Drop & Go odasında, paketleme çalışanları tarafından hazırlanmaktadır. Drop & Go uygulaması, pazarlama stratejisi olarak ortaya çıkmıştır ve ürünlerin daha kolay taşınmasını sağlamaktadır.

Metro/BTT Kolileri: Toptan satış marketleri olan Metro ve Bizim Toplu Ticaret için hazırlanan bu kolilerde cips paketleri beşerli veya onarlı şekilde poşetlenmekte ve bu toptancılara gönderilmektedir.

Dönüşümlü Koliler: Dağıtıcı araçlar tarafından toplanarak depoya getirilen dönüşümlü koliler ve Drop & Go sepetlerinin doldurulması sonucu boşalan koliler bir araya getirilmektedir. Tüm dönüşümlü koliler

depo çalışanları tarafından 15'erli demetler halinde bağlanarak fabrikaya gönderilmektedir.

Stantlar: Satış noktalarında yapılacak promosyonlar için fabrikadan depoya stantlar gönderilmektedir.

İadeler: Her hafta dağıtıcılar tarafından gönderilen son kullanma süresi geçmiş olan ve bozulmuş ürünler iadeleri oluşturmaktadır. İadeler depoda toplanıp sayılarak imha edilmek üzere fabrikaya gönderilmektedir.

Satış noktalarına gönderilmek üzere fabrikadan depoya gönderilen koliler, raflarda ve zeminde depolanmaktadır. Mevcut depolama yerleri standart değildir ve ürün çeşitleri için belirlenmiş alanlar yoktur. Drop & Go sepetlerini doldurmak için ve Metro/BTT için kullanılacak koliler bu ürünlerin işlendiği Drop & Go odasına yakın yerlerde depolanmaktadır. Tüketim hızı düşük olan ve son kullanma tarihi uzak olan ürünler, üst raflara yerleştirilmekte, hızlı tüketilen ürünler ise kolaylık sağlaması için rampaya yakın olan sipariş alanına yerleştirilmektedir.

3.1.2. Mal kabul ve teslimat

Deponun dört dağıtıcısı ve depodan ürün alan 82 dağıtım aracı vardır. Fabrikadan tırla gelen ürünler 09:00-12:00 saatleri arasında kabul edilmektedir. Ürünler kontrol edilerek depo alanına taşınmaktadır. Bu işlem için üç saatlik bir kısıtlama getirilmiştir. Günün sonunda depoya geri dönen dağıtım araçlarına 17:00-18:30 saatleri arasında ertesi gün dağıtılmak üzere ürün yüklenmektedir. Ancak depoya daha geç dönen kamyonların yüklenmesi ertesi sabah 07:30-09:00 saatleri arasında gerçekleştirilmektedir. Yükleme işlemi için de üç saatlik kısıt vardır.

3.1.3. Sipariş hazırlama

Projemizden önce, sipariş toplama sürecini analiz etmek ya da iyileştirmek için herhangi bir çalışma yapılmamıştı. Bu nedenle standart sipariş hazırlama süresiyle ilgili bir bilgi bulunmamaktaydı. Mevcut durumdaki sipariş hazırlama süreci şu şekilde işlemektedir. Öncelikle sipariş listeleri dağıtıcılar tarafından depoya getirilir ve bu siparişler ofis çalışanları tarafından işlemden geçirilir. Sipariş listesini ofisten alan depo çalışanları, bir seferde bir sipariş listesini hazırlayacak şekilde depo alanından gerekli ürünleri gerekli miktarda alarak paletlerin üzerine yerleştirirler. Bu yöntem literatürde "ayrık sipariş hazırlama" yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Hazırlanan siparişler rampaya açılan kapıların yanındaki sipariş bölgelerine yerleştirilmektedir. Bir başka depo çalışanı sipariş teslim edilmeden önce gereken kontrolleri yaparak teslimatı gerçekleştirir.

3.1.4. Ofis çalışmaları

Ofis çalışanları yeni talebin sisteme aktarılması, dağıtıcıların kullanılabilir kotadan haberdar edilmesi ve dağıtıcılara satışın yapılmasından sorumludur. Ayrıca, irsaliyeleri hazırlar, mal kabul ve teslimat bilgilerini depo sistemine kaydederler. Ofis çalışanları tüm gerekli belgeleri hazırlayarak ve kayıtları tutarak belgelerdeki tarih, isim ve imza bilgilerini kontrol ederler. Deponun stok seviyesini her gün güncellemek de bu çalışanların görevidir. Ofis çalışanları tarafından hazırlanan üç çeşit rapor vardır:

Ürün Yaşlandırma Raporu: Satış bölümünü son kullanma süresi yaklaşan ürünlerden haberdar eder.

Araç Takip Raporu: Depoya gelen araç sayısını, bunlardan kaçının yüklendiğini, ne zaman gelip ne zaman gittiklerini listeler.

İmha Raporu: İmha edilen ürünlerin çeşit ve sayısını listeler. Bu rapor her Cumartesi fabrikaya gönderilir.

3.1.5. Paketleme

Drop & Go sepetleri Drop & Go odasında paketleme çalışanları tarafından doldurulmaktadır. Fabrikadan gelen yeni demonte sepetler öncelikle monte edilmekte ve daha sonra sipariş reçetelerine göre doldurulmakta, eski ve boşalmış sepetler ise yıkanıp gerekiyorsa tamir edilerek yeniden doldurulmaktadır. Metro/BTT ürünleri de beşer, altışar ve onar paket halinde poşetlenmektedir. Ürün çeşidine göre 24, 36 ve 105 paket içeren koliler hazırlanmaktadır.

4. Önerilen Yöntem ve Uygulaması

Projemiz kapsamında, depolama işlemlerini ölçülebilir şekilde tanımlayıp bu işlemler için performans göstergeleri geliştirerek bir performans ölçüm sistemi oluşturulmuştur. Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıda sıralanmıştır:

1. Mevcut sistemin analizi
2. İş ve zaman etüdü
3. İş tanımlarının yapılması ve iş akış şemasının oluşturulması
4. Belli anahtar performans göstergelerinin tanımlanması ve ölçülmesi
5. Benzetim modeli kurularak senaryo analizi yapılması
6. Kaynak Planlama Aracı'nın oluşturulması
7. Paketleme ve sipariş teslimatı süreçleri için metod geliştirme

Temel olarak iş ve zaman etüdüne dayanarak oluşturulan bu ölçülebilir sistemin bileşenleri aşağıda açıklanmıştır.

4.1. Anahtar performans göstergeleri

Performans, bir işi yapan bir bireyin ya da bir kuruluşun o işin hedefi doğrultusunda nereye varabildiğinin nicel ve nitel olarak anlatımıdır (Erdal, 2001). Performans ölçüm sistemi, bir organizasyon içerisinde, karar almak ve bu kararları uygulamak sürecine destek olmak

ve bu süreci koordine etmek amacıyla bilgi toplama, ölçme ve değerlendirme işlemidir. Performans ölçüm kıstaslarındaki sadelik ve pratik olarak uygulanabilirlik, ölçüm değerlerinin sağlıklı olarak alınmasına ve iyileştirme amaçlı olarak analiz edilmesine fırsat vermektedir. Bu amaçla belirlenen anahtar performans göstergeleri (APG), bir organizasyonun hedeflerine yönelik ölçülmesine ve tanımlanmasına yardımcı olur (Cato, 2001).

Performans ölçümüne gerek duyulan Frito Lay Ankara deposundaki temel işlemler için, daha önceden şirket tarafından belirlenmemiş olan APG'ler oluşturulmuştur. Depoda gerçekleşen işlemler mal kabul, ürün yerleştirme, depolama, Drop & Go paketleme, Metro/BTT paketleme, sipariş hazırlama ve teslimat olarak yedi ana başlıkta incelenmiştir. Farklı çalışanlar üzerinde, farklı zamanlarda yapılan zaman etüdü ve Frito Lay şirketinin talepleri doğrultusunda verimlilik, kullanım, kalite ve çevrim süresi kıstasları göz önüne alınarak belirtilen işlemler için toplam on adet APG tanımlanmıştır (bkz. Ek 3) (Sellicks, 2006). Depodaki süreçlerde birer performans göstergesi olan ifadelerin hesaplanma yöntemi, yaptığımız zaman etüdü sonucunda elde ettiğimiz değerler ve bu göstergelerin nasıl yorumlanması gerektiği Ek 3'te açıklanmaktadır. APG'lerin hesapları zaman etüdü sonucunda belirlenmiş olan standart süreler kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen standart sonuçlar "Eşik Değer" olarak tanımlanmıştır.

Belirlediğimiz APG'ler, öncelikle Ankara deposunun, daha sonra Türkiye'deki tüm Frito Lay depolarının performansının ölçülmesinin yanı sıra, süreçlerde oluşabilecek herhangi bir aksaklık durumunda da uyarıcı bir işlev görecektir. APG'ler

- Ürün ve hizmet kalitesinin geliştirilmesini sağlar.
- Performansı değerlendirmek için önyargıdan uzak ve nicel bir yöntem oluşturur.
- Kullanılan kaynakların hangi alanda ve ne kadar kullanıldığını belirtir.
- Çalışanların birey ve bütün olarak değerlendirilmesini sağlar.

4.2. İş ve zaman etüdü

Depodaki çalışma sisteminin ölçülebilir hale getirilmesi amacıyla, performans ölçümü açısından gerekli olan verileri elde etmek için iş ve zaman etüdü gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda iş metotları gözlenmiş ve gerekli görülen iyileştirmeler yapılmıştır. Bu çalışmalar metot geliştirme bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır. İş ve zaman etüdünü gerçekleştirme nedenlerimiz şöyle belirlenmiştir:

- Mevcut iş gücü kapasitesini ve depolama hacminin üst limitini öğrenmek,
- Standart işlem sürelerini belirlemek,

- Mevcut sistemi analiz etmek ve iyileştirmeler yapmak,
- Benzetim modelini kullanarak büyüme senaryolarını değerlendirmek,
- Kaynak eşleme konusunda yol göstermek.

İş akış şeması ve Ek 4'te koliler için örneği sunulan ürün akış şemasına göre belirlediğimiz işlemlerin gerçekleştirildiği uygun saatler seçilerek zaman etüdü için bir plan yapılmıştır. Her işlemin gerçekleştirilme sıklığına ve karmaşıklığına göre örnek boyutu belirlenmiş ve ölçümler yapılırken süreölçer kullanılmıştır. Zaman etüdüne başlamadan önce, çalışanlar bu etüt hakkında bilgilendirilmiş ve her zamanki hız ve düzenlerini bozmadan çalışmalarını sağlamıştır. İncelenen işlem için belirli eğitimlerden geçmiş, gerekli molalarını düzenli şekilde almış, sağlıklı işçiler üzerinde, normal koşullarda, farklı günlerde işlem süreleri ölçülmüştür (Barnes, 1980). Bu ölçümler, kaynak eşleştirilmesi ve kullanımıyla ilgili tanımlanmış işlemleri gerçekleştirmek için gereken iş gücü gibi hesapların yapılmasını sağlamıştır. Ayrıca, zaman etüdünden edinilen bilgilerle benzetim modelinin açıklandığı bölümde bahsedilen senaryo analizi de gerçekleştirilmiştir.

4.3. Metod geliştirme

Depolama işlemleri sırasında kullanılan metotlar incelenmiş ve şirketin tanımladığı kısıtlar çerçevesinde geliştirilebilecek işlemler belirlenmiştir. Aşağıda açıklanan yöntemler önerilerek uygulanmaya başlamıştır.

4.3.1. Metro/BTT paketleme

İş ve zaman etüdü esnasında çalışma yöntemleri de yakından gözlemlenmiştir. Metro/BTT paketleme işleminin çalışma ortamını ve yöntemlerini değiştirerek iyileştirilebileceği fark edilmiştir. Mevcut iş istasyonu tasarımı ve çalışma koşulları, işlemin gerçekleştirilmesi için çeşitli engeller yaratmaktaydı. Çalışanlar için belirli oturma yerleri bulunmuyordu ve iş alanındaki koliler düzensizdi. Bu nedenle, hem insan faktörünü göz önünde bulundurarak hem de iş akışını kolaylaştıracak şekilde yeni bir iş istasyonu tasarlanmıştır. Önerilen bu model Ek 5'tedir. Bu yönetime göre çalışanlar U şeklinde bir oturma düzeniyle çalışacaktır. Poşetlenen ürünlerin bulunduğu koliler çalışanların önündeki alanda bulunacaktır. Kullanılacak poşetler çalışanların sol el hizasında bulundurulacak gereksiz el ve kol hareketleri ortadan kaldırılacaktır. Poşetlenmiş ürünlerin doldurulduğu koliler ise çalışanların arkasında biriktirilecektir. U şeklindeki oturma düzeninin uçlarında oturan çalışanlar ise çalışma alanındaki kolilerin düzeninden sorumlu olacaktır. Önerdiğimiz yöntem uygulandığında işlerin %28 oranında daha kısa sürede tamamlandığı ölçülmüştür. Bu iyileştirmenin sonucunda, çalışanların daha düzenli bir ortamda

çalışmaktan dolayı daha az yorulduğu ve diğer işlemleri de daha verimli gerçekleştirdikleri gözlenmiştir.

4.3.2. Sipariş teslimatı

Depo çalışanlarının yaşadığı sorunlardan biri de teslimat yapmak için depo içerisinde hazırlanmış ve yerleştirilmiş olan siparişleri ararken zaman kaybedilmesi idi. Mevcut sistemde, siparişler çoğunlukla rastgele yerleştirilmekte ve bu konular da takip edilememekteydi. Takip edilmeyen bu siparişleri, hazırlayan kişiden farklı bir diğer depo çalışanı bularak rampaya taşıyordu. Depolanan sipariş sayısının fazlalığı ve belli bir dağıtıcıya teslim edilecek siparişlerin çok farklı yerlerde tutulabiliyor olması arama sürecini uzatıyordu. Sipariş teslimat sürecinin iyileştirilmesi amacıyla, siparişlerin gönderileceği dağıtıcı adına göre belli bölgelerde biriktirilmesi ve her dağıtıcıya özgü renkli etiketlerle de bu siparişlerin uzaktan da tanınabilmesinin sağlanması önerilmiştir. Literatür taramaları sonucunda, türe dayalı yerleştirme politikasının gerekliliği ortaya çıkmıştır (Francis ve White, 1974). Ürünlerin yerleşim alanına atanması rastgele yerleştirme, tahsis edilmiş yerleştirme ve türe dayalı yerleştirme olmak üzere üç çeşittir (Hausman, 1976). Rastgele yerleştirme, ürünlerin depo alanının herhangi bir bölümüne rastgele konmasıdır. Tahsis edilmiş yerleştirmeye göre, belirli bir depolama alanı ancak belirli bir ürün grubu için kullanılabilir. Türe dayalı yerleştirme ise ürünleri talep oranlarına veya sınıflarına göre ayırt etmeyi ve tahsis edilen bölgeye ürünlerin yerleşimini gerektirmektedir. Türe dayalı yerleştirme yöntemi literatürde “Faaliyete dayalı maliyetleme ile bölgelere ayırma” olarak da bilinir (Liberatore, 2005). Dağıtıcılara özgü sipariş alanlarının belirlenmesi şeklindeki bu yöntem uygulanmaya başlandığında, yapılan ölçümler sonucunda çalışanların %46 oranında daha kısa sürede ve kolaylıkla siparişleri bulabildiği gözlenmiştir.

4.4. Benzetim modeli

Benzetim modelinin amacı, bir laboratuvar ortamı kurarak mevcut sistemi detaylı bir şekilde gözlemlemek ve sistem üzerinde gerekli değişiklikleri yaparak çeşitli senaryolara deponun vereceği tepkiyi ölçmektir. Zaman etüdünde elde edilen süreler kullanılarak depo aktiviteleri ARENA benzetim programında rassal olarak modellenmiştir. Bir paletin alacağı koli, Drop & Go sepeti ve dönüşümlü kolilerin adedinin belirli olması nedeniyle benzetim modelinin işlem gören en küçük birimi palet olarak kabul etmesi gerçek sistemle tutarlıdır. Bu sayede program üzerindeki işlem yükü azalmış ve benzetim modeli daha hızlı sonuç vermiştir.

Kasım 2007 verilerinin kullanıldığı modelde, sistemin işleyişini gözlemlerken performans ölçütleri olarak günlük rampa kullanım süresi, depo çalışanı ve paketleme çalışanı kullanımını göz önünde

bulundurulmuştur. Analiz sonucu elde edilen değerler Ek 6'da yer almaktadır. Benzetim modelinin, deponun mevcut işleyişiyle ilgi verdiği değerler Mevcut Sistem tablosu altında mevcuttur. Bu tabloya göre depo çalışanı ve Drop & Go çalışanı kullanım oranları çalışanların yorgunluk ve motivasyonu göz önünde bulundurularak kritik değer olarak belirlenen %90 kullanım oranının altındadır. Buna dayanarak deponun mevcut kaynaklarla büyümeye açık olduğu söylenebilir. Benzetim modelinin bir sonraki aşamasında, deponun belirli büyüme senaryolarına nasıl tepki verdiği gözlemlenmiştir. Bu büyüme senaryolarında, çalışan sayısı sabit tutulup depoda günlük işlem gören koli sayısı artırılmıştır. Büyüme Senaryosu-1 tablosunda görüleceği gibi, depo çalışanı ve paketleme çalışanı sayıları değişmeden rampa kullanım süresi üç saatin altında tutularak deponun %20 büyümeyi kaldırabileceği gözlemlenmiştir. Günlük işlem gören koli miktarındaki artış %20'den fazla olduğunda öncelikle rampa kullanım süresi kısıtı aşılmakta, ayrıca depo ve Drop & Go çalışanı kullanım oranları kritik değer olan %90'ı aşmaktadır. Bu değer üzerinde mevcut işçi sayısının iş yükünü karşılamada yeterli olmayacağı varsayılmıştır. Ayrıca, Drop & Go ve Metro/BTT dolun işlemlerinde darboğaz olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, Drop & Go çalışanlarının sayısının artan Drop & Go ve Metro/BTT ihtiyacını karşılamada yetersiz olması olarak belirlenmiştir.

İkinci ve üçüncü senaryolarda rampa yükleme zamanlarının değiştirilmesi ve yeni durumda deponun büyüme senaryolarına vereceği tepki gözlemlenmiştir. Dağıtım araçları mevcut sistemde 17:00-18.30 ve 07:00-08:30 arasında rampaya yanaşmaktadır. İkinci senaryoda, yükleme işlemlerinin büyük bir kısmının akşam bitirilmesi amacıyla dağıtım araçlarının rampada yükleme işlemlerine 15:30'da başlayıp 18:30'da bitirildiği ve kalan araçların ertesi sabah yüklendiği bir durum ele alınmıştır. Deponun işleyişi bu şekilde değiştiğinde deponun büyüme senaryosuna vereceği tepki Büyüme Senaryosu-2 tablosunda görülmektedir. Bu durumda depoda mevcut kaynaklarla günlük işlem gören koli miktarında %10 artışı kaldırabilir. Bu artış %10'dan fazla olduğunda zaman kısıdı ve çalışan kullanım oranı kritik değeri aşılmaktadır. Son senaryoda ise, yükleme işlemlerinin tamamının sabah bitirilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle dağıtım araçları sabah 07:00 de rampaya yükleme için yanaşıp bütün dağıtım araçlarına yükleme sabah yapılacaktır. Deponun işleyişi bu şekilde değiştiğinde deponun büyüme senaryosuna vereceği tepki Büyüme Senaryosu-3 tablosunda görülmektedir. Bu durumda depo %10'dan daha az bir büyümeyi kaldırabilmektedir. Bunun nedeni, Drop & Go çalışanı kullanım oranının kritik değeri aşmasıdır. Rampa çizelge senaryolarından çıkarılan sonuç, mevcut sistemin diğer rampa çizelgelerine göre mevcut

kaynak kullanımıyla daha yüksek büyüme oranına izin vermesidir. Firmanın, proje çerçevesinde ele alınmasını talep ettiği senaryolar bunlarla sınırlıdır. Fakat hazırlanan benzetim modeli esnek yapısıyla başka birçok senaryonun analizinde kullanılabilir.

4.5. Kaynak planlama aracı

Yapmış olduğumuz zaman etüdünün sonuçları kullanılarak depo kaynaklarını yönetmeye yarayacak bir araç tasarlanmıştır. Kaynak Planlama Aracı adını verdiğimiz Excel hesap çizelgesi, zaman etüdünde elde ettiğimiz standart süreleri kullanarak yapılacak iş miktarı, bu iş için gereken süre ve işçi sayısı ile ilgili hesaplamaları gerçekleştirmektedir. Ek 7’de bu hesap çizelgesinden örnek bir hesaplama bulunmaktadır. Bu örnekte, 7000 kolinin 2 saat içerisinde rampadan alınıp depoya yerleştirilmesi için kaç işçinin gerekli olduğu hesaplanmaktadır. Depo faaliyetlerinden birbiriyle bağıntılı olanlar farklı ürün tiplerinin çevrim sürelerini bulmak amacıyla gruplanmıştır. Yukarıda bahsedilen üç parametreden ikisi kullanıcı tarafından girildiği zaman, sabit bir değer olan çevrim süresi kullanılarak üçüncü parametre elde edilmektedir. Örneğin, dağıtıcıya gidecek kolilerin çevrim süresini bulmak için bir işçinin birbiriyle bağıntılı işler olan mal kabul, yerleştirme, sipariş hazırlama ve teslimat işlerini tek başına ve art arda yaptığı varsayılarak bu faaliyetlerin süreleri toplanmaktadır. Kullanıcı 7000 kolinin 2 saatte ne kadar işçi kullanılarak işlemden geçeceğini hesaplamak için bilinen çevrim süresini kullanarak bu iş için gerekli olan işçi sayısını elde etmektedir. Depo yönetimi bu hesap çizelgesini kullanarak kısa vadede depo kaynaklarının yönetimini gerçekleştirebilir. Uzun vadeli hesaplar ve senaryo analizi için ise benzetim modeli tercih edilmelidir.

5. Uygulama Planı

5.1. Belgeleme

Depodaki mevcut işleyiş ve performans ölçümüyle ilgili yaptığımız çalışmalar bir araya getirilerek Kullanıcı El Kitabı hazırlanmıştır. Bu el kitabı deponun yerleşim planını, iş tanımlarını, detaylı iş akış şemasını, standart işlem sürelerini ve APG’leri içermektedir. Hazırlanan el kitabı kullanılarak herhangi bir yönetim değişikliği veya yeni işçi alımında depo sistemi hakkında fikir sahibi olunabilecektir. Böylelikle şirketin depo çalışmalarını takip edebilmesi ve gerektiğinde güncelleyebilmesi için bir altyapı oluşturulmuştur. Ancak bu el kitabından sağlıklı bir şekilde yararlanabilmek için, şirketin değişen koşulları göz önünde bulundurarak başta APG’ler olmak üzere, sistemi tanımlayan bilgileri güncelleştirmesi gerekmektedir.

5.2. Metod geliştirme

Metro/BTT paketleme ve sipariş teslimatı süreçleri için geliştirilen metodlar şirket tarafından onaylanmıştır ve 31.03.2008 tarihinden itibaren uygulanmaktadır. Yeni uygulamalar gözlemlenerek zaman

etütleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar süreçlerin olumlu yönde etkilendiğini göstermiştir.

5.3. Kaynak planlama aracı

Kaynak Planlama Aracı adını verdiğimiz Excel hesap çizelgesi şirket yönetimi tarafından onaylanmıştır ve depo yönetiminde iş yükü, zaman ve işçi gücüyle ilgili kararlar alınırken kullanılacaktır.

6. Genel Değerlendirme

Eylül 2007'den beri sürdürülen ve Nisan 2008 itibariyle tamamlanan bu proje her ne kadar Frito Lay Ankara deposu için yürütülmüş olsa da, projeden elde edilen sonuçlar şirketin Türkiye'deki diğer on deposunda da kullanılabilir niteliktedir. Depo sisteminin sağlıklı çalışıp çalışmadığının belirlenebilmesi amacıyla, öncelikle, sistemin ölçülebilir hale getirilmiştir. Bunun için sistem analiziyle iş ve zaman etüdü gerçekleştirilmiştir. Ardından, performans ölçümü için oluşturulan APG'ler sayısal olarak mevcut durum için ifade edilmiştir. Ayrıca çeşitli süreçlerde yapılan iyileştirmelerle de depo çalışmalarının verimi artırılmıştır.

6.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

- Hazırlanan belgelerle, depo yönetiminin mevcut sistem hakkında bilgi sahibi olması sağlanmıştır.
- Sistem analizi ve endüstri mühendisliği teknikleri kullanılarak depo işlemleri ölçülebilir hale getirilmiştir.
- Olası talep değişikliklerinde deponun kaynaklar açısından yeterliliği ölçülebilir hale getirilmiştir.
- Depo faaliyetlerinde kullanılacak kaynakların atanması konusunda bir rehber oluşturulmuştur.
- APG'ler geliştirilerek sistemin sağlığıyla ilgili doğru değerlendirmeler yapılabilmesi sağlanmıştır.

6.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

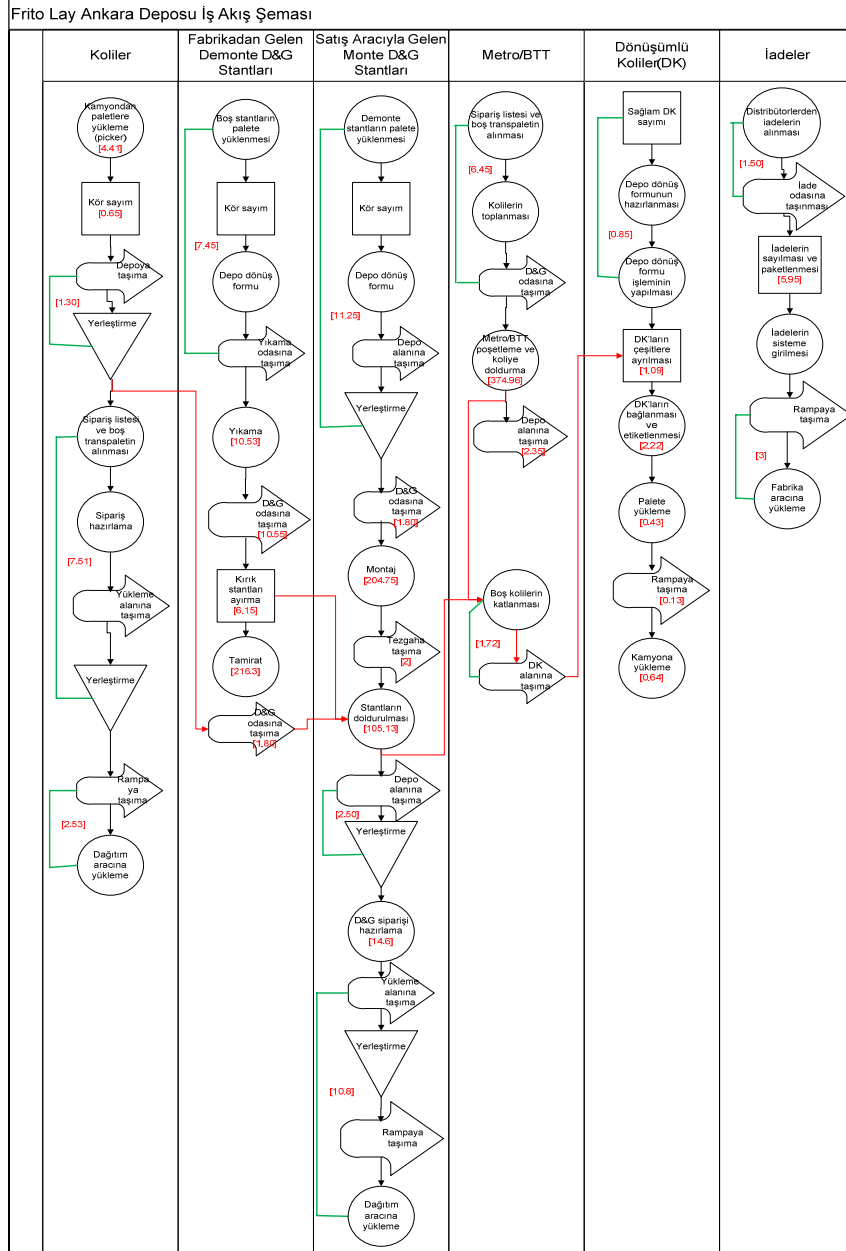
Performans ölçümü için geliştirilen araçlar, sistemde gerçekleşebilecek değişiklikler öngörülerek esnek bir yapıda hazırlanmıştır. Şirketin ihtiyaçları doğrultusunda yeni APG'ler geliştirilebilir ve farklı senaryolar test edilebilir. Kaynak Planlama Aracı'nda ise halihazırda gerçekleştirilen işlemler için farklı standart süreler veya olası yeni işlemlere ait bilgiler kullanılarak kaynak kullanımıyla ilgili kararlar verilebilir.

KAYNAKÇA

- Barnes, R. M. (1980). *Motion and Time Study: Design and Measurement of Work*. John Wiley & Sons.
- Cato, W. W. ve Mobley, K. (2001). *Computer-Managed Maintenance Systems*. Elsevier.
- Erdal, M., Doç. (2003). *UTIKAD (Freight Forwardness Association Turkey) Educational Conferences and Seminars*.
- Francis, R. L., White, J. A. ve McGinnis Jr., L. F. (1974). *Facility Layout and Location: An Analytical Approach*. Prentice-Hall.
- Frazelle, E. (2002). *World-Class Warehousing and Material Handling*. McGraw-Hill Professional.
- Hausman, W. H., Schwarz, L. B. ve Graves, S. C. (1976). *Optimal storage assignment in automatic warehousing systems*. *Management Science*, 22(6), 629-638.
- Liberatore, M. J. (2005). *A Framework for Integrating Activity-Based Costing and the Balanced Scorecard into the Logistics Strategy Development and Monitoring Process*. *Balanced Scorecard Organisation Publication*, 2:4, 25.
- Sellicks, C. (2006). Yüksek Lisans Tezi: *A review of warehouse operations to identify efficiency improvements for a supplier of cleaning and safety equipment*. Cranfield Centre for Logistics & Supply Chain Management.

EKLER

Ek 1. İş akış şeması



Ek 2. Depo alışanı iş tanımı

şirket Adı: Frito Lay

Pozisyon: Depo alışanı

iş zeti: Depo alışanı siparişleri hazırlar, deponun gündelik işlerini ve şefi tarafından belirlenen diğer işleri yapar.

Çalışma Saatleri: 07.00 – 18.30 (Pazar hariç)

Görev, sorumluluk ve yetkiler:

- Kolileri kamyondan paletlere indirmek.
- Fabrikadan gelen kolileri kontrol edip saymak.
- Kolileri depolama alanına yerleştirmek.
- Dağıtıcıdan gelen siparişleri hazırlamak.
- Hazırlanmış siparişleri sipariş alanına yerleştirmek.
- Siparişleri kontrol edip dağıtıcılara teslim etmek.
- Drop&Go sepetlerini kamyondan paletlere indirmek.
- Fabrikadan ve dağıtıcılardan gelen Drop & Go sepetlerini kontrol edip saymak.
- Drop & Go sepetlerini yıkama odasına taşımak.
- Deponun haftalık temizliğini yapmak.
- Deponun günlük düzenini sağlamak.
- Dönüşümlü kolileri kamyondan paletlere indirmek.
- Sağlam dönüşümlü kolileri seçip saymak.
- Dönüşümlü kolileri 15'erli setler halinde bağlamak.
- Dönüşümlü kolileri depolama alanına yerleştirmek.
- Metro/BTT kolilerini depo alanından Drop & Go odasına taşımak.
- rnlerin koli bazında günlük sayımını yapmak.
- rnleri teslim alırken ve teslim ederken palet ve forklift kullanmakla sorumludur.
- İadeleri dağıtıcıdan alıp saymak.
- İadeleri depolama alanına yerleştirmek.
- Fabrikaya giden araca iadeleri teslim etmek.
- Fabrikadan gelen stantları alıp stant odasına yerleştirmek.

Ek 3. Anahtar Performans Göstergeleri (APG)

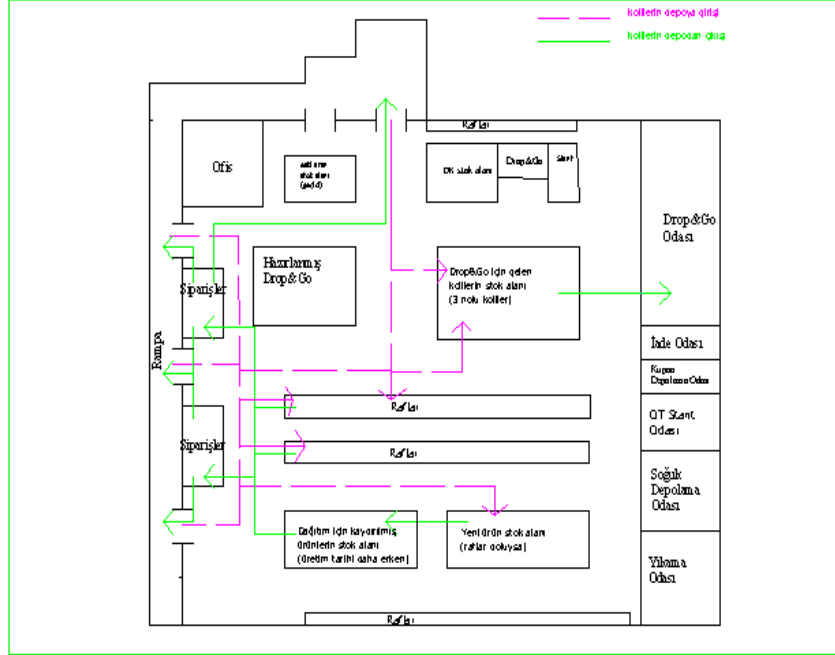
APG	Hesaplanışı	Eşik Değeri
Mal Kabul Maliyeti (adam-saat)	Saat başı ücret*Mal kabul süresi / (İşçi sayısı*Toplam çalışma süresi)	0.86 YTL
İrsaliye Yanlışlığı	Yanlış irsaliye sayısı/Toplam işlem görmüş irsaliye sayısı	0.05%
Yerleştirme Maliyeti (adam-saat)	Saat başı ücret* Yerleştirme süresi/(İşçi sayısı * Toplam çalışma süresi)	0.004288*x YTL (x: palet sayısı)
Rampadan Depoya	Yerleştirme zamanı – Depoya varış zamanı	86.73 sn
*Depo Hacmi Kullanım Yüzdesi	x /1000 % (x: depodaki mevcut palet sayısı)	Belli bir eşik değeri kullanılmamaktadır.
Drop&Go Paketleme Maliyeti (adam-saat)	Saat başı ücret*Paketleme süresi/ (İşçi sayısı*Çalışma süresi)	0.00147 *x YTL (x: stant sayısı)
D&G Çevrim Süresi	Paketleme süresi / Toplam D&G sayısı	100,12 sn
Metro/BTT Poşetleme Maliyeti (adam saat)	Saat başı ücret*Poşetleme süresi/ (İşçi sayısı*Çalışma süresi)	24' lü paketler: 0.001608 *x YTL 36 'lı paketler: 0.002854* x YTL 105'li paketler: 0.005745* x YTL (x: paket sayısı)
Metro/BTT Çevrim Süresi	Metro/BTT poşetleme süresi/ Toplam paket sayısı	24' lü paketler: 130.1 sn/paket 36'lı paketler: 194.34 sn/paket 105'li paketler: 464.8 sn/paket
Sipariş Çevrim Süresi	Sipariş hazırlama için çalışılan süre/ Hazırlanan sipariş sayısı	7.15 sn/sipariş

Hesaplanan APG değeri > Eşik Değeri → ☹ : Olumsuz gösterge

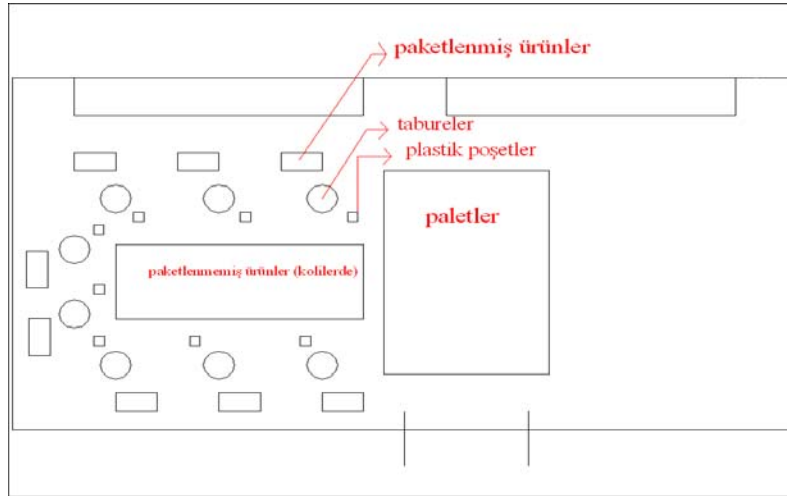
Hesaplanan APG değeri =< Eşik Değeri → ☺ : Olumlu gösterge

*Mevcut doluluğa göre problem tanımlayıcı veya önlem nitelikli karar alınır.

Ek 4. Yerleşim planı ve koliler için ürün akış şeması



Ek 5. Metro/BTT paketleme işlemi için önerilen çalışma düzeni



Ek 6. Benzetim modelinden elde edilen analiz sonuçları (Kasım 2007 verileri kullanılmıştır.)

Mevcut Sistem

Günlük İşlem Gören Koli Miktarı	Rampa Kullanım Süresi (saat)	Depo Çalışanı Kullanım Oranı	Drop&Go Çalışanı Kullanım Oranı
7000	2,64	72%	79%

Büyüme Senaryosu-1

Günlük İşlem Gören Koli Miktarı	Rampa Kullanım Süresi (saat)	Depo Çalışanı Kullanım Oranı	Drop&Go Çalışanı Kullanım Oranı
7000(mevcut durum)	2,64	72%	79%
7700(10% büyüme)	2,96	78%	82%
8400(20% büyüme)	3,00	84%	90%
9100(30% büyüme)	3,48	91%	100%

Büyüme Senaryosu-2

Günlük İşlem Gören Koli Miktarı	Rampa Kullanım Süresi (saat)	Depo Çalışanı Kullanım Oranı	Drop&Go Çalışanı Kullanım Oranı
7000(mevcut durum)	2,68	79%	85%
7700(10% büyüme)	2,87	87%	86%
8400(20% büyüme)	3,20	96%	99%

Büyüme Senaryosu-3

Günlük İşlem Gören Koli Miktarı	Rampa Kullanım Süresi (saat)	Depo Çalışanı Kullanım Oranı	Drop&Go çalışanı Kullanım Oranı
7000(mevcut durum)	2,78	79%	83%
7700(10% büyüme)	3,06	88%	96%
8400(20% büyüme)	4,05	97%	100%

Ek 7. Kaynak Planlama Aracı

Microsoft Excel - KaynakPlanlamaAracı							
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help							
K89 =							
A	B	C	D	E	K	L	
1							
2	Distribütöre gidecek koli		İşlem Süresi Birim	Gereken toplam işçi sayısı	Bir palette duran koli miktar	70	
3	Koli Sayısı	7000			Bir palette duran sepet miktarı	54	
4	Zaman kısıtı	2	saat				
5							
6	Mal Kabul		4.41 saniye/paket				
7	Yerleştirme		91.07 saniye/palet				
8	Sipariş Hazırlama		7.51 saniye/paket				
9	Sipariş Teslimat		168.67 saniye/palet				
10							
11	Bir palet malın çevrim süresi		1094.14 saniye/palet				
12				16			
13							

Microsoft Excel - KaynakPlanlamaAracı							
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help							
A72 = Dönüşümlü Koli							
A	B	C	D	E	K	L	
1							
2	Distribütöre gidecek koli		İşlem Süresi Birim	İşin bitirilmesi için gereken süre (saat)	Bir palette duran koli miktar	70	
3	Koli Sayısı	7000			Bir palette duran sepet miktarı	54	
4	İşçi Sayısı	5					
5							
6	Mal Kabul		4.41 saniye/paket				
7	Yerleştirme		91.07 saniye/palet				
8	Sipariş Hazırlama		7.51 saniye/paket				
9	Sipariş Teslimat		168.67 saniye/palet				
10							
11	Bir palet malın çevrim süresi		1094.14 saniye/palet				
12				6.08			
13							

Microsoft Excel - KaynakPlanlamaAracı							
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help							
A2 = Distribütöre gidecek koli							
A	B	C	D	E	K	L	
1							
2	Distribütöre gidecek koli		İşlem Süresi Birim	İslenecak ürün miktarı	Bir palette duran koli miktar	70	
3	Zaman kısıtı	4	saat		Bir palette duran sepet miktarı	54	
4	İşçi Sayısı	4					
5							
6	Mal Kabul		4.41 saniye/paket				
7	Yerleştirme		91.07 saniye/palet				
8	Sipariş Hazırlama		7.51 saniye/paket				
9	Sipariş Teslimat		168.67 saniye/palet				
10							
11	Bir palet malın çevrim süresi		1094.14 saniye/palet				
12				3685			
13							

Dış Kaynak Kullanımı için Maliyet Analizi ve Tedarikçi Değerlendirme Sistemi Tasarımı

MAN Türkiye A.Ş.

Proje Ekibi

Gonca Çakır
İbrahim Ethem Öcal
Kemal Öz
Muhammet Cahit Şirin
Serçin Şekkeli
Serhan Ok

Şirket Danışmanları

Ertuğrul Çiftçi, MAN Türkiye Ankara Fabrikası,
Lojistik Dispozisyon Müdürü
Deniz Çakır, MAN Türkiye Ankara Fabrikası,
Lojistik Dispozisyon Yöneticisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Erdal Erel, Bilkent Üniversitesi İşletme Bölümü

ÖZET

MAN Türkiye Ankara Fabrikası'nda mevcut ön montaj istasyonları, şirketi ana faaliyet alanı olan üretimde son montaj operasyonlarının dışına çıkarmakta olup üretim maliyetleri ve süreçlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca sistematik bir tedarikçi değerlendirme sisteminin eksikliği, tedarikçi performansının ölçülmesini ve tedarikçilerle ilgili kararların alınmasını zorlaştırmaktadır. Bu projenin amacı, ön montaj operasyonlarının tedarikçilere devredilmesini sağlayacak bir karar yönteminin geliştirilmesi, etkin ve güvenilir bir tedarikçi değerlendirme sisteminin tasarlanmasıdır. Sistem, ön montaj istasyonları için maliyet hesaplama aracı ve web tabanlı, farklı departmanlarca eş zamanlı kullanılabilen tedarikçi değerlendirme aracı sunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Dış Kaynak Kullanımı (Outsourcing), Tedarikçi Değerlendirmesi, GUI (Grafik Kullanıcı Arabirimi), Satın Alma, Lojistik, Teknik, Kalite Birimleri.

1. İşletme Tanıtımı

MAN Türkiye, 1966 yılında 1/3 sermayesi MAN Nutzfahrzeuge AG'ye ait olacak şekilde MAN Kamyon ve Otobüs A.Ş. adıyla İstanbul'da kurulmuştur. MAN Türkiye, 1995 yılından beri Ankara'da belediye otobüsü üretimi gerçekleştirmektedir. Günümüzde MAN Türkiye, MAN Nutzfahrzeuge bünyesindeki NEOMAN Grubu'nun standart seyahat ve belediye otobüsü tasarım, geliştirme ve üretim merkezi konumundadır. Evolution 2004 kapasite artırım projesi sonucunda MAN Türkiye yılda 2000 otobüs üretebilecek seviyeye ulaşmıştır. Yalnızca Ankara tesislerinde üretilmekte olan belediye ve servis otobüsleri ile MAN ve NEOPLAN marka seyahat otobüsleri, gelişmiş satış ve servis ağı üzerinden dünya çapında farklı noktalara iletilmekte ve toplam 41 ülkeye araç ihracatı gerçekleştirilmektedir.

2. Projenin Tanımı

Şirketler bugünün rekabet koşullarında ana faaliyet alanları dışındaki operasyonları belli iş alanında uzmanlaşmış firmalara devretmeyi tercih ederler. “Dış Kaynak Kullanımı” olarak adlandırabileceğimiz bu yöntem, kendi alanlarında uzmanlaşmış firmalara iş aktarımı yaparak, aktarımı gerçekleştiren firmanın ana faaliyet konusuna odaklanmasını mümkün kılar. Benzeri şekilde MAN Türkiye A.Ş., ana faaliyet alanını otobüs üretiminde “son montaj” operasyonları olarak tanımlamaktadır. Ancak mevcut durumda MAN Türkiye, ana üretim bandı operasyonlarının öncesinde ana hatta montajı gerçekleştirilecek parçaları ön montaj operasyonlarından geçirmektedir. Fakat ön montaj istasyonları şirkete katma değer sağlamayıp, MAN Türkiye'yi ana faaliyet konusunun dışına çıkarmaktadır. Şirket, ön montaj operasyonlarının dış kaynağa devredilmesi durumunda daha düşük maliyet ile üretimini gerçekleştirebileceğini tahmin etmektedir. Bununla bağlantılı olarak projemizin öncelikli amacı ön montaj istasyonlarının mevcut durumdaki maliyetlerini hesaplamamızı sağlayacak bir yöntemin geliştirilmesidir. Bunu takiben gerçekleştireceğimiz ön montaj operasyonlarını üstlenecek tedarikçi araştırması ve tedarikçinin önereceği maliyetler ile şirketin kendi bünyesindeki ön montaj maliyetlerini karşılaştırıp dış kaynak kullanımı adına doğru kararların verilmesini hedeflemekteyiz.

3. Analiz

3.1. Mevcut sistemin analizi

Mevcut durumda MAN Türkiye, 32 farklı ön montaj istasyonunda operasyonlarını sürdürmektedir. Her ön montaj istasyonunda radyatör, klima, aks, fren tesisatı gibi ayrı bir sistemin ana montaj hattına girmeden önceki hazırlık işlemleri gerçekleştirilmektedir. Parça lojistiği süreci, “Tesellüm” bölgesinden başlamaktadır. Tesellüm sonrasında

parçalar ait oldukları ambar adresine dağılmakta ve bu adreslerden de ilgili ön montaj istasyonlarına sevk edilmektedir.

Şirket öncelikli olarak mevcut ön montaj süreçlerini iyileştirme yolunda çalışmalarda bulunmuştur. Bununla bağlantılı olarak ROI (Return on Investment) isimli bir proje başlatılmış ve ön montaj istasyonlarındaki montaj süreçlerindeki işçilik süreleri, montaj istasyonunun kapladığı alan ve işçi sayısında iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Örneğin ROI sonuçlarına göre R08 tipi radyatör ön montajı, iki işçi ile 195 dakikada 59 m² alan üzerinde gerçekleştirilebilmektedir

3.1.2. Mevcut tedarikçi değerlendirme sistemi

MAN Türkiye’de projemiz öncesinde kullanılan tedarikçi değerlendirme ve geliştirme yöntemleriyle ilgili araştırmaların sonucunda lojistik, teknik, kalite ve satın alma departmanları için farklı değerlendirme kriterlerinin var olduğu ve bu değerlendirmelerin farklı yöntemlerle uygulandığı gözlemlenmiştir. Departmanlar kullandıkları değerlendirme formlarına tedarikçinin o zaman periyodundaki (ay, üç ay, bir yıl) performansını ölçen değerlendirmelerini işledikten sonra, her departmanın verdiği not 0,25 katsayısı ile çarpılarak tedarikçinin toplam notuna eklenmektedir. Mevcut sistemde, tedarikçilerle ilgili değerlendirmeler düzenli olarak bir veri tabanında tutulmadığı için departmanların değerlendirmeleri de mevcut durumda yanlış ve öznel olmaktadır. Neticede bu değerlendirmelerin ilerleyen zamanlarda tedarikçinin ilerlemesini/gerilemesini, hangi konularda gelişmiş olduğunu veya problemlili olduğu kısımları gözlemlemekte kullanılması mümkün değildir. Sipariş üzerine üretim yapan MAN fabrikasında, ürün çeşitliliği, bundan kaynaklanan çok sayıda tedarikçi bulunması ve kullanılan değerlendirme formlarına verilerin belirli bir formatta işlenilmemesi nedeniyle tedarikçi değerlendirme süreci istenilen verimlilikte ve güvenilirlikte çalışmamaktadır.

3.2. Karşılaşılan semptomlar ve şikâyetler

Stokta bekleme süreleri: Geçmiş bir yılın envanter verileri incelendiğinde referans olarak aldığımız altı ön montaj istasyonunda kullanılan parçaların stokta bekleme sürelerinin iki sipariş arası süreden uzun olduğu gözlenmiştir. Bu durum fırsat maliyetlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Örneğin, 2007 yılında 680 adet üretilen bir radyatör modelinin fırsat maliyeti 26189 YTL’dir.

Tedarik ve iç lojistik sorunları: Ön montajda kullanılan parçaların, sipariş edilmesinden montaj alanına gelmesine kadar geçen süreçte bir çok sorun ortaya çıkmaktadır. Tedarikçi hatası ya da fabrika içi süreçlerde ortaya çıkan hatalar nedeniyle oluşan bu sorunları çözmek için yetkililer fazladan zaman ve enerji harcamaktadır.

Parça hasarlanması (reklamasyon): Ön montaj operasyonlarının şirket bünyesinde gerçekleştirilmesiyle MAN Türkiye, parçaların

hasarlanma riskini kendi üzerine almaktadır. Son yılın hasarlanma verileri incelendiğinde sadece radyatör parçalarında %29'e varan hasarlanma oranları görülmektedir.

Katma değer yaratmayan operasyonlar: Ön montaj istasyonlarında gerçekleştirilen operasyonlar kalifiye işçilik ve rekabet üstünlüğü sağlayan bilgi gerektirmeyen operasyonlardır.

3.3. Problemin tanımı

MAN Türkiye bünyesindeki mevcut 32 ön montaj istasyonunda gerçekleştirilen operasyonlar şirketin ana iş alanı olan son montaj ve tasarım operasyonlarına yoğunlaşmasına engel olmaktadır. Ayrıca bu operasyonlar nedeniyle yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır.

4. Geliştirilen Yöntem

4.1. Literatür araştırması

Üretimde dış kaynak kullanımı hakkında yapılan literatür araştırması kapsamında Antonov Dmitry tarafından Berlin Humboldt Üniversitesi'nde yayınlanan "Üretim Şirketleri için Yap-Satın Al Karar Modelleri" isimli makale incelenmiştir. Dmitry araştırmasını, Gordon Walker ve David Weber'in 1984 yılında üzerinde çalıştığı altı deneysel yap-satın al karar hipotezine dayandırmaktadır. Bu Walker ve Weber'in yap-satın kararları ile ilgili hipotezleri şu şekilde sıralanabilir:

- Üretim hacminin belirsizliği ve herhangi bir parçanın gelecekteki tasarımının değişme ihtimalinin yüksek olması "yap" kararının alınmasını destekler.
- Tedarikçinin üretim maliyetleri ne kadar düşük olursa, üretiminin satın alma kararının doğrulanmasını o derece mümkün kılar.
- Tedarikçi pazarındaki rekabetin büyüklüğü tedarikçilerin kendi üretim maliyetlerini düşürmelerini elverişli kılacak ve üreticinin "satın alma" kararı almasını sağlar.
- Tedarikçiler arasındaki rekabetin artması üreticinin satınalma kararını doğrular.
- Üreticinin söz konusu malzeme üzerindeki üretim sürecine yönelik deneyimi, tedarikçinin aynı malzemeyi daha düşük maliyetlerle üretmesini elverişli kılar ve üreticinin satın alma seçeneğini kullanmasına olanak sağlar.

Walker ve Weber'in yukarıda belirtilen hipotezleri doğrultusunda MAN Türkiye'nin mevcut durumu analiz edilmiştir ve gerçekleştirilen nitel analiz sonucunda "satınalma" kararının şirkete uygun olduğu düşünülmüştür. Fakat yukarıda belirtilen nitel analiz, karar sisteminin yalnızca bir ayağıdır. Ana karar mekanizmamız nicel bir yol izleyerek şekillendirilmiştir. Nicel yap-satın al karar analizlerinde Paul Yoon ve Naadimuthu "Ekonomik Sipariş Modeli (EOQ)" ve "Başa-baş analizi" metodunun yap-satın al kararlarında kullanılmasının uygun olduğunu öngörmüşlerdir. Başa-baş analizi üretim süreçlerindeki tüm maliyetleri

“sabit” ve “değişken” maliyetler olarak sınıflandırmakta ve üretilen parça sayısı ile doğru orantılı olarak artan bir toplam maliyet ortaya koymaktadır. Böylelikle “satın alma” ve “yapma” seçeneklerinin toplam maliyetlerinin hangi miktarda üretildiğinde toplam maliyetlerin başa baş noktasına geleceği belirlenmektedir. Ancak bu yöntemin MAN’ın üretim süreçlerine uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Ekonomik sipariş modelinin temel varsayımı talebin sabit ve önceden biliniyor olmasıdır. MAN Türkiye’nin uzun süreli zaman aralıklarında sipariş miktarının sabit ve biliniyor olması ilk bakışta EOQ modelinin kullanılmasını doğrulamaktadır. Fakat ön montaj istasyonlarında kullanılan söz konusu malzemelerin belirli bir standardizasyonunun olmaması ve tedarikçiden tedarikçiye farklılık göstermesi nedeniyle EOQ modelinin mevcut durumda yap-satın al karar analizinde kullanılmasının uygun olmadığı kararı alınmıştır.

4.2. Pilot bölge olarak belirlenen R08 tipi radyatör için maliyet hesaplama metodu

4.2.1. Envanterde tutma maliyeti (stok maliyeti)

Projemiz kapsamında incelenen büyük veri setlerinden biri de “envanter bilgileri” verisidir. Parçaların stokta bulunan envanter miktarları değişik zamanlarda BAAN’daki veri tabanına aktarılmaktadır. Bu veriler sayesinde bir parça için ortalama envanter miktarı bulunabilmektedir. Böylece, her bir parçanın fırsat maliyeti hesaplanabilmektedir. Fırsat maliyetini hesaplamak için kullanılan formülde, ortalama envanter miktarı \bar{I} , yıllık faiz oranı i ve parça satın alma maliyeti C simgeleri ile gösterilmiştir. Dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta, bazı parçaların bir radyatörde birden fazla miktarda kullanılıyor iken, bazılarının küçük parçalara bölünerek radyatör ön montajında kullanılıyor olmasıdır. Bu nedenle her bir parça için radyatör ön montajına göre düzenlenmiş ağırlıklı satın alma maliyeti hesaplanmıştır. Bir radyatörde her bir parçadan kaç adet kullanıldığının bilgisi BAAN’dan elde ettiğimiz ürün ağacı verisinden alınmıştır. Buna göre fırsat maliyeti şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{Stok maliyeti} = C * i * \bar{I}$$

Bu hesaplamalara göre yıllık fırsat maliyeti 26.189 YTL olarak hesaplanmıştır (Ek 1).

4.2.2. Ambar süreçlerinde elleçleme maliyeti

MAN Türkiye içerisindeki lojistik süreçleri “Tesellüm” bölgesinde parçaların teslim alınmasıyla birlikte başlamakta ve ana montaj hattında sona ermektedir. Ancak Tesellüm ve ana montaj arasında karışık lojistik süreçleri ile karşı karşıya kalınmıştır. Bunun üzerine başlangıçta belirli radyatör parçaları için zaman etüdlerinin yapılması düşünülmüştür. Ancak zaman etüdlerinin yapılması zaman harcayan ve daha sonraki dış kaynak kullanımı kararlarında

uygulanması zor olan bir çalışmadır. Bu nedenle toplam ambar elleçleme maliyetlerinin “ambarda kapladıkları alan” bazında parçalara dağıtılması kararı alınmıştır. Her bir ürünün ambardaki kapladığı alanın toplam ambar alanına bölünmesi ile bir “*maliyet oranı*” hesaplanmıştır. Forklift giderleri ve ambar işçilik maliyetlerini içeren toplam yıllık ambar elleçleme maliyeti verisi MAN ambar yönetiminden temin edilmiştir. Buna göre:

i parçasının maliyet oranı = j ambarında i parçasına ayrılmış alan / j ambarının toplam kapasitesi

*i parçası için j ambarındaki elleçleme maliyeti = j ambarının toplam elleçleme maliyeti * i parçasının maliyet oranı*

Tüm bu hesaplara göre radyatör parçalarının elleçleme maliyeti 22.455 YTL olarak hesaplanmıştır.

4.2.3. İşçilik maliyetleri

Başlangıçta işçilik maliyetlerinin, üretilen radyatör sayısına göre değişken maliyet olarak hesaplanması düşünülmüştür. Bu hesaplama yapılırken bir radyatörün montaj süresi, montaj işlemini gerçekleştiren işçi sayısı ve bir işçinin tüm kalemler dahil saatlik maliyeti kullanılmıştır. Buna göre işçilik maliyetini hesaplarken kullanılacak formül aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

*Birim başına düşen işçilik maliyeti = Radyatör başına montaj süresi * saatlik işçilik maliyeti * montaj yapan işçi sayısı*

Bu hesaplamalara göre R08 tipi radyatör için, radyatör ön montajındaki birim başına ortaya çıkan işçilik maliyeti 101 YTL olarak belirlenmiştir (Ek 1).

4.2.4. Reklamasyon (hasarlanma) maliyetleri

Her bir parça için son bir yıla ait hasarlanma miktarlarının verisi BAAN'dan elde edilmiştir. Bu verilere dayanarak son bir yıl içerisinde siparişi yapılan her bir radyatör parçasının yüzde kaçının hasara uğradığı hesaplanmıştır. Buna göre her bir parça için reklamasyon maliyeti şu şekilde hesaplanmıştır:

*i parçasının yıllık reklamasyon maliyeti = i parçasının yıllık reklamasyon miktarı * i parçasının birim reklamasyon maliyeti*

Bu formüle göre R08 için elde edilen reklamasyon maliyeti birim başına 1,75 YTL'dir. Dış görünüşü önemli olan birçok parça olduğu düşünülürse, radyatör için ortaya çıkan bu maliyetin, görünürlüğü fazla olan ön montaj istasyonu ürünleri için çok daha fazla olması beklenmektedir (Ek 1).

4.2.5. Kullanılan üretim alanının maliyeti

Her bir ön montaj istasyonunun fabrikada kapladığı alanlar sayısal olarak belirlenmiştir. Örneğin radyatör ön montajı 59m² alan kaplamaktadır. Alan maliyeti verileri, ilgili kurumlar tarafından, fabrikanın yeri ve bina kalitesi göz önünde bulundurularak hesaplanan

değerlerdir. Örnek olarak A tipi kapalı fabrika alanının fiyatı 2007 yılında 125 Avro/m^2 'dir.

*radyatör ön montajının yıllık üretim alanı maliyeti= m2 başına alan maliyeti * radyatör ön montajının kapladığı alan*

Buna göre R08 tipi için radyatör ön montajının yıllık alan maliyeti 144 YTL 'dir.

Benzer bir hesap yöntemi ile R08 tipi radyatör parçalarının ambarlarda işgal ettiği alanın yıllık maliyeti ise 643 YTL olarak hesaplanmıştır (Ek 1).

4.3. Yap- Satın al karar modeli

Radyatör ön montajı, tamamen tedarikçiye devredildiğinde fabrika içinde üretimin dolaylı maliyetleri elimine edilecektir. Diğer yandan her bir radyatör için direk üretim maliyetinin tedarikçiden satın alma maliyetinin altında olacağı tahmin edilmektedir. Dolaylı maliyetleri direk maliyetlerle birleştirerek elde edilen maliyet gerçek maliyettir. MAN A.Ş., fabrika içinde üretim ya da tedarikçiden satın alma yoluyla ön montaj işlemleri gerçekleştirilmiş radyatörleri en uygun maliyetlerle elde edebilmesi için içerideki montaj maliyetinin altında bir fiyata tedarikçiden temin edebilmelidir. Yaptığımız analizlere göre R08 tipi radyatör ön montajı için birim fiyatı 6.445 YTL dir. Ortaya çıkan bu rakamla, tedarikçilerden alınacak teklifler karşılaştırılarak dış kaynak kullanımına karar verilebilir. Ancak bu karşılaştırma sadece fiyat üzerinden olduğundan, tedarikçi kalitesi, yönetimin kararlılığı, gözükmeyen ve hesaplanamayan maliyetler de dikkate alınarak bir karara varılmalıdır.

4.4. Geliştirilen program hakkında genel bilgi

Şirketin proje grubundan öncelikli beklentisi ön montaj istasyonlarının maliyet analizlerini gerçekleştirip dış kaynak kullanımı kararı alacak bir modelin tasarlanması ve bilgisayar ortamında işletilmesidir. Ancak mevcut durumda teknik, kalite, lojistik ve satın alma departmanlarında tedarikçi değerlendirmesinin sistematik bir şekilde gerçekleştirilemediği proje ekibi tarafından tespit edilmiş ve proje kapsamı bu ihtiyacı karşılayacak şekilde genişletilmiştir. Bu nedenle tasarlanılan bilgisayar programı ve ara yüzü tedarikçi değerlendirme ve maliyet hesaplama metodunu içerecek şekilde iki ayrı temel üzerine kurulmuştur. Programın bütünlüğünü ve kullanım kolaylığını sağlamak amacıyla bu iki temel tek bir program altında toplanmıştır (Ek 3).

4.4.1. Program seçiminde etkili olan faktörler

4.4.1.1. MS Access

MS Access programı SQL altyapısı ve sorgulama sistemi ile büyük veri havuzu içerisinde kullanıcı tarafından belirlenen nitelikteki bilgilerin kolay ve sistematik bir şekilde erişilmesini sağlamaktadır.

Projemizin kapsamı dâhilinde, çok sayıda tedarikçi bilgisi ve mevcut tedarikçilerin dört farklı departmanın sistemlerini göz önünde bulunduran değerlendirme kalemlerini içerdiğinden dolayı büyük bir veri havuzunun kontrolünü sağlayacak bir bilgisayar programının kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle belirli periyotlardaki tedarikçi değerlendirme puanlarını bünyesinde barındıracak ve gerektiğinde görüntülenmesini sağlayacak bir sisteme ihtiyaç duyulmuştur. SQL’de tanımlanan query döngüleri ile istenilen zaman aralığındaki tedarikçi değerlendirme sonuçları sistematik bir şekilde kullanıcıya sunulmaktadır. Mevcut durumda geçmiş tedarikçi bilgileri birbirinden bağımsız Excel sayfalarında ya da çalışanlar tarafından kişisel olarak kâğıt üzerinde saklandığından dolayı sistemsel bir veri havuzunun tasarlanması şirket için önemli bir gerekliliktir.

4.4.1.2. Visual Web Developer 2005

Visual Web Developer, bünyesinde barındırdığı sorgulama döngüleri ile MS Access’teki verileri tarayabilmekte ve İnternet sayfaları ile MS Access arasında doğrudan koordinasyon sağlayabilmektedir. Böylelikle sorgulama verileri Visual Web Developer üzerinde bulundurulduğundan dolayı veri havuzu büyüklüğü en aza indirgenmiştir. Bu da programın çalışma hızını ciddi anlamda iyileştirmektedir. Bunların yanı sıra C#, Visual Basic ve HTML kodları ara yüz tasarımında kullanılabilir. Ayrıca Visual Web Developer programı bir sunucu tarafından desteklenmektedir. Bu da ileriye yönelik muhtemel teknik maliyetleri düşük tutacaktır. Bu programın tercih edilmesinin bir diğer nedeni de programın ücretsiz kullanılabilmesi ve şirkete ek maliyet getirmemesidir.

4.4.1.3. MS Excel

MS Excel programının tercih edilmesindeki en büyük etken, BAAN’dan alınan verilerin MS Excel ortamına kolaylıkla aktarılabilmesidir. Bununla birlikte toplu veri girişi diğer programlara kıyasla daha hızlı ve etkin bir yol ile sağlanabilmektedir. (Örneğin büyük veri setleri basit birer `kopyala` ve `yapıştır` komutu ve tek hareket ile işlenebilir duruma gelmektedir). MS Excel programının getirdiği en büyük yarar ise maliyet analizinde temel gereklilik olan matematiksel fonksiyonları kullanıcıya sunmasıdır.

4.4.2. Kullanılan programlama dilleri

Programın kullanılma kolaylığının en yüksek seviyeye çıkarılabilmesi için farklı ve komplike yazılım dillerinin kullanılması durumunda kalınmıştır. Yararlanılan programlama dilleri, C#, Visual Basic, HTML ve ASP’dir.

C#: Bu programlama dili, veri erişimi yaparken kullandığımız ara yüzün tasarlanması aşamasında kullanılmıştır.

ASP: ASP kodları SELECT, INSERT, UPDATE gibi SQL kodlarının İnternet ortamında bulunan veri tabanına bağlanmasını sağlar.

HTML: HTML kodları, “aspx” sayfalarını belirli bir tema içerisinde kullanıcıya sunmak için kullanılmıştır.

Visual Basic: Visual Basic kodları, site kullanıcılarının dört farklı departmandaki sorumlu kişilere herhangi farklı bir programın yardımını almaksızın mesaj gönderebilmesi için kullanılmıştır.

Tüm bu programlama dilleri kapsamında toplam 3400 satır kod yazılmıştır.

4.4.3. Geliştirilen bilgisayar programının işlevsel özellikleri

MAN Türkiye’ye sunulan bilgisayar sistemi kendi içerisinde iki temel işlevsel özellikten oluşmaktadır. Bunlardan ilki olan “Maliyet Analiz” işlevi, ön montajların tüm süreçlerini göz önünde bulunduran matematiksel model ve bu modelin işletilmesini sağlayan Excel dosyaları ve modelin kullanılmasını açıklayan detaylı bir “Yardımcı El Kitabı” İnternet sayfası içermektedir. Programın ikinci ayağı olan “Tedarikçi Değerlendirme” bölümü ise kendi içinde Tedarikçi Arama, Tedarikçi Ekleme, Tedarikçi Değerlendirme ve Raporlama’dan oluşan dört ana başlığa ayrılmaktadır. Bu başlıklardan Tedarikçi Değerlendirme İşlevi; Satın Alma, Lojistik, Teknik ve Kalite departmanlarının kullanımı için dört farklı kısma ayrılmıştır. Benzeri bir şekilde Raporlama İşlevi, Satın Alma, Lojistik, Teknik ve Kalite bölümlerinin kendilerine has tedarikçi değerlendirme raporlarını görüntülemekte ve tüm bunları içinde barındıran genel bir değerlendirme raporunu kullanıcıya sunmaktadır (Ek 2, Ek 3 ve Ek 4).

4.4.3.1. Maliyet analizi aracı işlevsel özellikleri

Maliyet Analizi Programı bir ön montaj ürünü için değişik maliyet kalemlerini detaylı bir biçimde hesaplamak için kullanılan bir MS Excel şablonudur. Maliyet analizinin gerçekleştirilmesi için kullanıcının, BAAN sisteminden elde ettiği verileri ve gerekli olan diğer parametreleri sisteme girmesi yeterli olacaktır. Bu şablon toplam dört Excel sayfasından oluşmaktadır. Birinci sayfadaki verilerin tamamı BAAN’dan elde edilip kopyala/yapıştır komutları ile sisteme aktarılmaktadır. Maliyet analizi yönteminde detaylı bir şekilde anlatılan hesaplama teknikleri söz konusu Excel şablonunda belirtilen verileri temel alarak çalışmaktadır.

4.4.3.2. Tedarikçi değerlendirmesi işlevsel özellikleri

4.4.3.2.1. “Tedarikçi Ara” sayfası

Bu alt başlığın tasarlanmasının öncelikli nedeni, kullanıcının geniş bir veri havuzundan göz önünde bulundurduğu tedarikçiye belirli isimlerine göre süzülüp erişilebilmesini sağlamaktır. MS Access’te tanımlı veri havuzunda, ön montaj istasyonları dâhilinde çalışılan tüm

tedarikçilerin tedarikçi numarası, adres, telefon, e-mail ve fax gibi iletişim bilgileri tanımlanmıştır. “Tedarikçi ara” komutunun arka planında çalışmakta olan sorgulamalar, kullanıcının üzerinde çalışmak istediği tedarikçi bilgilerini kullanıcı tarafından verilen tedarikçi numarası, adresi vs. gibi bilgilere göre ekrana çağırır. Sorgulama komutlarının getirdiği diğer bir kolaylık ise tedarikçi isminin herhangi bir parçası klavye ile girildiğinde ismi içerisinde o parçayı bulunduran tüm tedarikçilerin ekrana yansıtılmasıdır (Ek 5).

4.4.3.2.2. “Tedarikçi Ekle” sayfası

Daha önce veri havuzunda bulunmayan tedarikçilerin sisteme tanımlanmasını sağlayan bir komuttur. Bu komut yeni tedarikçi anlaşmaları yapıldığında kullanılacaktır. Ayrıca yeni bir tedarikçi tanımlaması yapılırken yeni tedarikçiye ayrı bir tedarikçi numarası atanmasını sistem zorunlu kılar. Aksi takdirde belirtilen tedarikçi numarasının daha önce kullanılmış olduğuyla ilgili bir uyarı mesajı ile karşılaşılacaktır (Ek 6).

4.4.3.2.3. “Tedarikçi Değerlendir” sayfası

Tedarikçi değerlendirme sayfasında, ara yüzü aynı olan ancak Satın alma, Lojistik, Kalite ve Teknik bölümleri için departman bazında farklı değerlendirme kriterlerini çağıran ve bu kriterler doğrultusunda her departman için birer değerlendirme işlemi gerçekleştiren veritabanı bağlantıları bulunmaktadır (Ek 7 ve 8).

4.4.3.2.4. Raporlama

Raporlama ana başlığı beş kısımdan oluşmaktadır. Bu beş kısımda “Tedarikçi Değerlendir” sayfasında elde edilen sonuçlar Lojistik, Kalite, Satın alma ve Teknik bölümleri için ayrı birer rapor haline dönüştürülmekte ve kullanıcıya sunulmaktadır. Bunlara ek olarak departman bazında yapılan değerlendirmelere belirli ağırlıklar atanıp tedarikçinin genel notu oluşturulmakta ve kullanıcıya rapor halinde yansıtılmaktadır. Son olarak her departmanın kendine değerlendirmelerinin toplam sonuçlarının tarihsel değişimi grafik üzerinde şekillendirilmektedir. Öncelikle sayfanın en üstünde bulunan metin kutusuna tedarikçi adı ya da adının bir kısmı girilir. Daha sonra ekranda beliren tablodan raporlanması planlanan tedarikçi seçilir ve tedarikçi seçiminin yapılacağı alanın altında beliren iki metin kutusuna raporlanmanın yapılacağı tarih aralıkları girilir. Raporlama butonuna basıldığında tedarikçinin belirlenen tarihler arasındaki tüm değerlendirme kriterlerinden aldığı puanın ortalaması kullanıcıya sunulur. Ortalama tablosunun altında ise bu iki tarih arasında yapılan tüm değerlendirmelerin detayları kullanıcıya yansıtılır. Daha önce belirtilen grafik ise bu tablonun altında program tarafından otomatik olarak çizilir (Ek 8, 9, ve 10).

5. Genel Değerlendirme

5.1. Geliştirilen tedarikçi değerlendirme sistemi - OutForce

5.1.1. OutForce'un şirket açısından önemi:

Daha önce de belirtildiği gibi MAN Türkiye A.Ş. ürün çeşitliliği sebebiyle hâlihazırda yüzlerce tedarikçiyle çalışmaktadır. Her ne kadar çalışma şartları önceden belirlenmiş olsa ve olumsuzluklar durumunda cezai işlemler gibi yaptırımlar uygulansa da bunlar her zaman yıldıracı olmamaktadır. Zira çalışılan bazı firmalar çok büyük ve gelişmiş olsa da bazıları kendi eksikliklerinin ve hatalarının farkında olmayacak kadar küçük firmalardır. Dolayısıyla gelişimlerini kendi bilgi ve inisiyatifleri dâhilinde yapmaları da kolay olmamaktadır. Bu noktada tedarikçilerin istenilen seviyeye gelmesi ve firma için uygun fiyata yeterli kalitede ürünler sunabilmesi MAN'ın ve tedarikçinin iş birliğine dayanmaktadır. Tedarikçileri anlamak, gelişimlerini/değişimlerini izlemek, uyarılarda ve tavsiyelerde bulunmak MAN'ın karlılığı için gereklidir. Tüm bunların gerçekleştirilebilmesi için firmanın tedarikçilerle ilgili güvenilir verilere ihtiyacı vardır ve OutForce firmaya bu verileri sağlayabilen bir arayüzdür. Ayrıca OutForce'un İnternet üzerinden kullanılabilir olması farklı departmanların erişimini sağlamaktadır.

5.1.2. OutForce'un işlevlerinin şirkete sağladığı faydalar:

- Tedarikçi değerlendirmenin işlevsel hale gelmesi firmaların kendi ana iş alanlarında faaliyet gösterme isteği (ana işe odaklanmak) ve özellikle değer yaratmayan işlerin daha küçük firmalarca, firmanın kendi kalite ve standartlarında, yapılmaya başlanması sonucunda olmuştur. Bunun neticesinde tedarikçi sayısının artması, tedarikçilerin kontrolünün ve denetiminin zorlaşması firmada sistematik bir çözüm ihtiyacı doğurmuştur. Kurduğumuz sistemin öncelikli işlevi MAN Türkiye A.Ş.'ye tedarikçiler konusunda güvenilir bir veri tabanı sunmaktır.
- MAN Türkiye A.Ş. tek parça halinde satın aldığı ürünler ve yarı montajı yapılmış olan ürünler satın almaktadır. İlerleyen zamanda projemizin ilk kısmındaki maliyet analiz metodolojisinin de desteğiyle ön montaj istasyonları için “yap-satın al” kararı verilecektir. Ancak mevcut durumda tedarikçilerle ilgili firmanın elinde tedarikçinin geçmiş dönemlerindeki gelişimi/gerilemesi/değişimi hakkında güvenilir veriler yoktur. Bu durumun olası risklerin objektif olarak tespit edilememesi, dış kaynak kullanımına yöneleceğimiz ürün için hangi tedarikçinin daha iyi olduğunun verilere dayanan bir şekilde gözlemlenememesi gibi yetersizlikleri vardır. OutForce sayesinde firma geçmiş ay ve yıllara ait verileri inceleyerek, tedarikçinin özelliklerini ve söz konusu periyot içerisindeki değişimini gözlemleyip olası riskleri önceden tespit edebilecektir. Tedarikçi

firmanın zayıf ve güçlü olduğu yönleri analiz edilerek dış kaynağa devredilecek ürün için firmanın uygunluğuna karar verilebilecektir. Tedarikçi firmayla yapılan anlaşmalar bu verilere dayanarak yapılabilecek ve fiyatlandırmada bu veriler etkili olacaktır.

- Mevcut durumda iş yapılan tedarikçilerin değerlendirmeleri sistemimiz sayesinde dört bölüm (kalite, satın alma, lojistik, teknik) tarafından kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Bu değerlendirmeler sonucu tedarikçilerin performans süreçleri gözlemlenebilmektedir. Bu sayede iyi gelişme gösteren tedarikçilere ödüllendirme, kötüye doğru değişim gösteren tedarikçilere ise uyarılarda bulunulabilmektedir.
- Firma tarafından projemiz süreci içerisinde uygulanmaya başlanılan “Tedarikçi Geliştirme” projesi tedarikçilerin karlılığını, verimliliğini ve kalitesini artırmak amaçlı yürütülen bir projedir. Daha önceden de bahsettiğimiz gibi sistematik olarak çok ilerde olan MAN’ın tedarikçilerin gelişiminde koçluk rolünü üstlenmesi gerekmektedir. OutForce sayesinde tedarikçi firmanın belirli periyotlarda değerlendirilmesinin sonucu olarak onlara destek verilebilecek ve eksik yanları MAN tarafından desteklenebilecektir.
- Bunların yanında, belirli periyotlarla değerlendirildiğini bilen ve bunları dilerse İnternet üzerinden takip edebilen tedarikçiler denetlendikleri hissiyle kendilerini geliştirme ve eksiklerini giderme ihtiyacı hissedeceklerdir. Tedarikçilerin motivasyonlarında bu verilerin rol oynaması da öngörülerimiz arasındadır.

KAYNAKÇA

Antonov, D. (2006). “Empirical Models in Outsourcing” Humboldt Universität zu Berlin, Berlin.

Yoon, K. P. ve Naadimuthu, G. (1992). “A Make-or-Buy Decision Analysis Involving Imprecise Data” Fairleigh Dickinson University, Madison, ABD.

http://www.scania.com/about/purchasing/Supplier_selection/Supplier_evaluation_criteria.asp

http://www.dnv.no/maritim/shipclassification/cmc/MPQA/rating_system.asp

http://espace.uq.edu.au/eserv.php?pid=UQ:8461&dsID=n12_SRH_Modellin.pdf

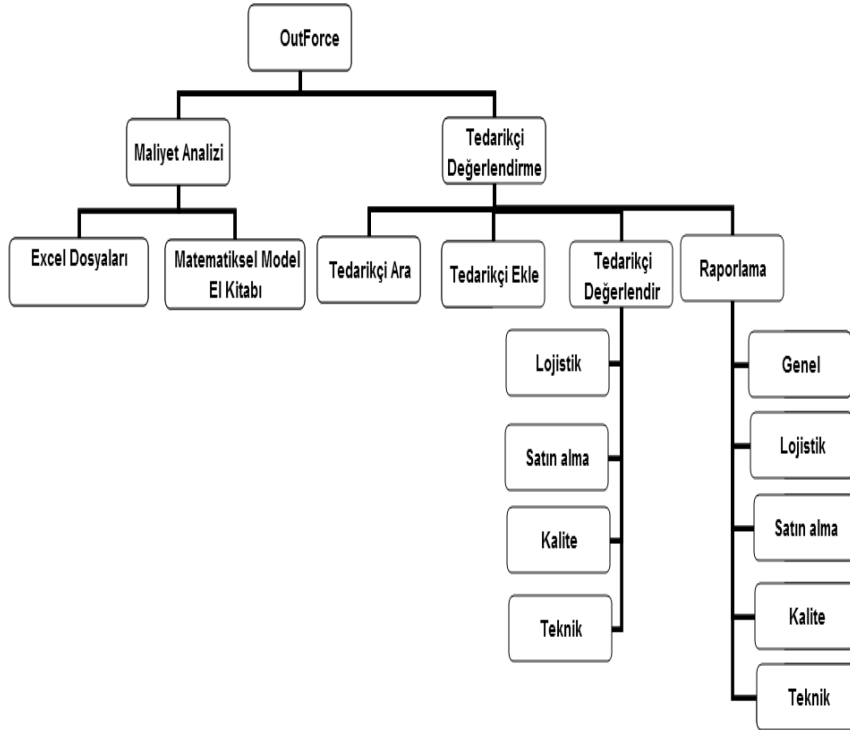
<https://www.itg.com.tr> , MAN Turkey Supplier Evaluation Website

EKLER

Ek 1. RO8 radyatör için yıllık maliyet tablosu

Radyatörü Yıllık Toplam Maliyeti	4.443.624,32 YTL
Birim Başına Parça Satın Alma Maliyeti	6.266,80 YTL
Yıllık Toplam Sabit Maliyetler	182.200,94 YTL
Yıllık Fırsat Maliyeti	37.952,29 YTL
R08 Yıllık Reklamasyon Maliyeti	1.192,05 YTL
R08 Toplam Ambar Maliyeti	21.451,20 YTL
Yıllık Elleçleme Maliyeti	20.209,69 YTL
Ambar Yıllık Kira Maliyeti	1.241,51 YTL
R08 Toplam Üretim Maliyeti	121.605,41 YTL
R08 Yıllık İşçilik Maliyeti	121.010,76 YTL
R08 için Üretim Alanı Maliyeti	279,19 YTL
R08 için Makine Amortisman Maliyeti	315,46 YTL

Ek 2. OurForce bilgisayar programı alt başlıkları



Ek 3. OutForce arayüzü anasayfası



Ek 4. Tedarikçi değerlendirme anasayfası



Ek 5. Tedarikçi arama sayfası

"Tedarikçi Değerlendirme ve Maliyet Analizi"

FEAM 25



Lütfen Tedarikçi Adını veya Bir Kısmını Giriniz ve "ENTER" Tuşuna Basınız:

Tedarikçi No:	Adı:	Adresi:	Tel:	Fax:	E-Posta
3233	3M logistics	Not Available	02122547654	02122547655	logistics@3m.com

[Tedarikçi Anasayfaya Dön](#)
[Anasayfaya Dön](#)

© 2007 Team 25| Design by: Team 25| Valid XHTML | CSS [Home](#) | [Sitemap](#) | [RSS Feed](#)

Ek 6. Tedarikçi ekleme sayfası



Tedarikçi Ekleme İçin "YENİ" Tuşuna Basınız ve Tedarikçi Bilgilerini Giriniz:

Tedarikçi No:	<input type="text"/>
Adı:	<input type="text"/>
Adresi:	<input type="text"/>
Telefon:	<input type="text"/>
Fax:	<input type="text"/>
E-Posta:	<input type="text"/>
<input type="button" value="Ekle İptal"/>	

[Tedarikçi Ara](#)
[Tedarikçi Anasayfasına Dön](#)
[Anasayfaya Dön](#)

Ek 7. Tedarikçi değerlendirme departman seçimi

Tedarikçi Değerlendirme ve Maliyet Analizi



Lütfen Departmanınızı Seçiniz:

Kalite:
Kalite Departmanı Değerlendirme Kriterleri

Lojistik:
Lojistik Departmanı Değerlendirme Kriterleri

Satınalma:
Satınalma Departmanı Değerlendirme Kriterleri


Teknik:
Teknik Departmanı Değerlendirme Kriterleri

Tedarikçi Anasayfası

Anasayfa

Ek 8. Tedarikçi Değerlendirme Sayfası

Tedarikçi Değerlendirme Sayfası



Lütfen Tedarikçi Adını veya Bir Kısmını Giriniz ve "ENTER" Tuğuna Basınız:

Aşağıdaki Listedeki Tedarikçileri Değerlendirmek İçin "Değerlendir" Tuğuna Basınız:

No:	Adı:	Adres:	Tel:	Fax:	E-Posta	İşlemler
3030	Gümak logistics	Not Available	02122547654	02122547654	logistics@gumak.com	Detaylar Değerlendirme Ekle
3233	3M logistics	Not Available	02122547654	02122547655	logistics@3m.com	Detaylar Değerlendirme Ekle

tarih:

ikmal_kalite:

kondora_uyma:

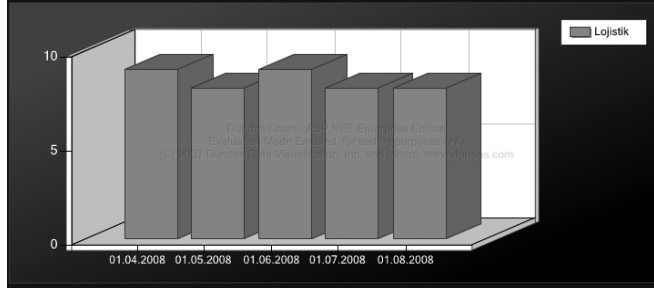
gen_kondor:

Ek 9. Raporlama

Expr2	Expr3	Expr4	Expr5	Expr6	Expr7	Expr8	Expr9	Expr11	Expr10	Expr12	Expr13	Expr14
6	6,6	5,4	6,8	5	7,6	8	6,4	7,4	7,6	7,8	5,4	7,6

Aşağıdaki Tabloda Seçmiş Olduğunuz Tedarikçi İçin Yapılmış Tüm Lojistik Değerlendirmelerini Görebilirsiniz:

tarih	ikmal_kalite	koridora_uyma	geri_koridor	eksik_parca	loj_teskal	enformasyonel	fiziksel
01.04.2008 00:00:00	7	9	4	9	3	9	9
01.05.2008 00:00:00	6	8	4	8	4	8	8
01.06.2008 00:00:00	5	7	5	7	5	7	7
01.07.2008 00:00:00	5	1	6	5	6	9	8
01.08.2008 00:00:00	7	8	8	5	7	5	8



Ek 10. Genel Raporlama

Lütfen Tedarikçi Adını veya Bir Kısmını Giriniz ve "Bul" Tuşuna Basınız:

Aşağıdaki Listedeki Raporunu Görüntülemek İstedığınız Tedarikçiyi "Seç" Tuşuna Basarak Belirleyiniz:

Seç:	No:	Adı:	Adres:	Tel:	Fax:	E-Posta:
Seç:	3030	ethem	62	yok	yok	utr@ttern.com

Lütfen Tarih Aralığını Belirtiniz:

Başlangıç Tarihi: Bitiş Tarihi:

Lojistik:	Kalite:	Satınalma:	Teknik:
18,5	7	12,333333333333333	12

[Rapor Anasayfa](#)

Market Zincirleri Dağıtım Ağı İyileştirmesi

Procter and Gamble Türkiye

Proje Ekibi

Mehmet Onur Karadağ
Mustafa Ergin Sarıkaya
Yazgülü Sezer
Mustafa Şahin
Ahmet Serdar Şimşek

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Kudret Arman, P&G, Müşteri Hizmetleri Lojistik Uzmanı

Akademik Danışman

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

ÖZET

P&G Türkiye'nin lojistik operasyonlarında araç ataması ve rotalama işlemleri için manuel yöntemler kullanılmakta, bu da maliyetin istenilen düzeyde olmamasına yol açmaktadır. Bu projenin amacı hızlı ve kullanıcı dostu bir bilgisayar programı geliştirerek operasyonlara bilimsel bir yaklaşım getirmek, servis seviyesini korurken maliyeti azaltmaktır. Sistem, az sayıda servis noktası için en iyi sonucu verecek şekilde modellenmiş, modelin çözemeyeceği sayıda servis noktası için ise bir buluşsal algoritma geliştirilerek Java programlama dilinde kodlanmıştır. Tasarlanan sistemle örnek maliyet ve servis seviyesi hesaplamaları yapılmış, buluşsal algoritmanın 40 servis noktası için en iyi sonuca %4 sapma ile yaklaştığı, 78 servis noktası için ise P&G'nin mevcut sistemini %13 oranında geliştirdiği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kapasiteli araç rotalama problemi, grafiksel kullanıcı ara yüzü (GUI), buluşsal algoritma, dağıtım ağı eniyilemesi.

1. İşletme Tanıtımı

P&G, 138,000 çalışanıyla 80'i aşkın ülkede müşterilerine hizmet veren hızlı tüketim ürünlerinde dünyanın lider şirketlerindedir. P&G, kurumsal operasyonlarını 3 kategoriye ayırmıştır. Güzellik ve erkek bakımı ürünleriyle güzellik ürünleri, bebek bakımı ve küçük ev aletlerini de içeren ev ve kumaş bakımı ürünleri ve son olarak kahve, hayvan bakımı gibi ürünleri de içeren sağlık ürünleri P&G'nin ürün portföyünü oluşturmaktadır. Ciroosu \$76.476 milyar olan P&G, ABD'nin en çok kar marjlı şirketleri arasında 25. sıraya yükselmiştir.

P&G Türkiye'nin merkez bürosu İstanbul İçerenköy'de kurulmuştur. Üretim fabrikası Kocaeli - Gebze Organize Sanayi Bölgesi (GOSB)'nde bulunan P&G'nin çamaşır suyu üretim fabrikası ve dağıtım merkezi ise Kocaeli - Şekerpınar'da bulunmaktadır. Ürünlerin %24'ünü ihraç eden P&G Türkiye, kâğıt ürünleri pazarında son 5 yılın en çok ihracat yapan firması olmuştur. Şirket bünyesinde 670 maaşlı çalışanı ve 2500 dolaylı çalışanı bulunan P&G Türkiye'nin, 50 Türk yöneticisi yurtdışında görevlerini sürdürmekte, 8 yabancı yöneticisi de Türkiye'de görev almaktadır. P&G Türkiye 2006 Temmuz-2007 Temmuz dönemi cirosunu 1.5 milyar YTL olarak açıklamıştır.

2. Projenin Tanımı ve Analiz

2.1. Mevcut sistemin analizi

P&G Türkiye, proje kapsamını oluşturan ulusal market zinciri (UMZ) müşterilerinin -yıl içinde bazı marketlerin kapanması veya yeni marketlerin açılması sebebiyle- devamlı değişen sayıda servis noktasına dağıtım yapmaktadır. UMZ müşterilerine dağıtım işlemi, P&G kendi taşıt filosuna sahip olmadığı için, muhtelif taşıeron şirketler aracılığı ile yapılmaktadır. İstanbul'a yapılan servislerin farklı araç türleriyle yapılabilmesi bizi sistemi ikiye ayırmaya zorlamaktadır. Sistemin İstanbul kısmındaki UMZ müşterilerine minibüs, kamyon ve kamyonet ile servis yapılabilirken, İstanbul dışındaki UMZ müşterilerine TIR, kamyon ve çapraz sevkiyat (crossdock) ile servis yapılmaktadır. İstanbul müşterileri için kullanılan minibüs ve kamyonetler 7 paletlik kapasiteye sahipken, İstanbul dışı müşteriler için kullanılan TIR'lar 33 palet, kamyonlar ise 16 palet kapasiteye sahiplerdir. Çapraz sevkiyatta maliyet palet bazında hesaplanmaktadır ve kapasite sınırlaması yoktur. Bu kapasiteler incelendiğinde İstanbul dışı UMZ müşterileri için birim palet yükleme maliyeti TIR, kamyon ve çapraz sevkiyat sırasıyla artmaktadır.

Sipariş oluşturma sürecini harekete geçirenler, firmaların internet üzerinden ürün tedariki ve toptan satış işlerini yapabildiği bir ortam olan B2B, elektronik veri transferi olarak da bilinen EDI veya faks yoluyla gelen taleplerdir. Bu aşamadan sonra, gelen talepler ROE programı aracılığıyla paletlere çevrilmekte ve bu bilgi sevkiyat planlamakta

kullanılan bir programa veri olarak girilmektedir. Bu program envanterdeki ürün miktarını talebe uygun şekilde düşmekte ve araçlar için gönderim raporu hazırlamaktadır, ancak talepleri araçlara atama işlemini ve dolayısıyla rotalamayı yapamamaktadır. Bu işlemler lojistik planlamacısının sorumluluğundadır. Toplanan taleplerin ne zaman ve kaç defa bu işlemlerden geçirileceğine gün içinde planlamacı karar vermekte ve genellikle bu işlemi talepleri biriktirdikten sonra yapmayı tercih etmektedir. Bu sayede, eğer mümkünse, planlamacı rotalama yapabilmekte ve maliyeti azaltabilmektedir. Ancak acil talep gelmesi gibi bazı durumlarda talep biriktirilememekte ve sistem çalıştırılıp hemen araç çıkarmak durumunda kalılabilmektedir. En son olarak da, programın bir çıktısı olan ve araç plakası ve aracın gideceği noktayı içeren doküman (MTFE) hazırlanıp araç şoförüne teslim edilmektedir.

2.2. Problem tanımı

Bu veriler ışığında, P&G'nin şu anki sisteminin eksiklikleri şöyle sıralanabilir: P&G, mevcut sistemde lojistik kararlarını alırken araç rotalama gibi maliyet azaltıcı yöntemleri, UMZ müşterilerinin en öncelikli talebi olan zaman yönetiminin etkinliğini azalttığı gerekçesiyle, (İstanbul bölgesi içinde bazı istisnalar haricinde) kullanamamaktadır. Ayrıca, araç atama kararları manuel olarak verilmektedir, bu nedenle günlük lojistik planlamalarda standartlaştırma istenilen düzeyde olmamaktadır. Bunun yanında, manuel yürütülen rotalama ve araç atama faaliyetleri, müşterilerin zaman kısıtlarını karşılama oranını belirleyen servis seviyesini tatmin etse de en iyi sonucu garanti edemediği için maliyetleri artırmaktadır. Bütün bu problemler, P&G'nin mevcut lojistik faaliyetlerinin maliyet açısından istenilen düzeyde olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, var olan sistem belirlenmiş kısıtlara bağlı olarak, müşteri memnuniyetini artırma ve servis seviyesini koruyarak maliyeti düşürme beklentilerini gerçekleştirmek için geliştirilmelidir.

2.3. Firmanın beklentileri

P&G, bu projeyle gelecekteki karar aşamalarında yer alacak lojistik planlamalarını düzenleyebilen bir araç geliştirilmesini talep etmiştir. Geliştirilen bu aracın, girilen veriden bağımsız olması, diğer bir deyişle, ilerleyen yıllarda da değişen verileri kullanarak etkili bir sistem ortaya çıkarması gerekmektedir. Sevkiyat yapılacak noktaların sayısı, bu noktaların talepleri, mesafeler ve ulaşım maliyetleri gibi şirket girdileri programa aktarılmalı ve bu program rotalama gibi operasyonel kararları verebilmeli ve 3 çeşit ücretlendirmeye (TIR, kamyon ve çapraz sevkiyat) dayanan gerekli maliyet hesaplamalarını yapabilmelidir. Buna ek olarak, gelecek yıllarda yeni depo açılması durumunda oluşabilecek farklı senaryoları da değerlendirebilmelidir.

2.4. Yazın taraması

Heterojen araç rotalama problemi yazında üzerinde çok çalışılmış bir konudur. Bu konuda yayımlanan makalelerin çokluğu, bu probleme birçok farklı yaklaşım getirmiştir. Bu yaklaşımların çoğu her ne kadar mevcut probleme tam olarak uygun olmasa da, proje grubumuz bu konuda bilgi dağarcığını geliştirmek için Araç Rotalama (VRP) literatürünü çok detaylı olarak incelemiştir. Yapılan araştırmalara göre yazında araç rotalama hakkında yayımlanan en güncel makaleler, P&G'nin problemini çözmede en etkili yöntemin temellerini oluşturmaktadır. Bunun nedeni, yazında yayımlanan her yeni makalenin bir öncekilere göre daha verimli algoritmalar kullanmasıdır. Her yeni algoritma daha kısa çalışma zamanına ihtiyaç duyduğu için daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Her yeni makalenin birbiri üstüne inşa edilmesinden dolayı Araç Rotalama metotları en temel düzeyden başlanarak detaylı bir biçimde incelenmiştir.

Projemizin model geliştirme aşamasında IE 479 Dağıtım Ağı kodlu dersten edinilen temel rotalama teknikleri incelenmiştir. Bu temel bilgilere ek olarak Laporte ve Decartes'ın 1991'de yayımlanan Heterojen Araç Rotalama Probleminin üzerinde detaylı çalışmalarda bulunmuş ve P&G'nin durumuna uyması için modelde bir takım değişiklikler yapılmıştır (3.2 Geliştirilen Modeller ve Çözüm Yöntemleri bölümüne bakınız).

Projemizin ikinci aşaması olan buluşsal algoritma geliştirme sürecinde araç rotalama algoritmaları yazını detaylı olarak incelenmiştir. Araç Rotalama makaleleri genelde Clarke ve Wright'ın 1964'de yayımladığı makaleyi temel almıştır (Clarke ve diğerleri, 1964). Bu makalede varsayılan homojen araç filo yaklaşımı üzerinde çalışılan değişken kapasitelere sahip araç filosu problemi için bir sorun teşkil etmektedir. Bu yüzden bir sonraki adımda Solomon'un 1987 yayımlandığı makale incelenmiştir (Solomon, 1987). Clarke'ın yöntemini geliştiren bu yaklaşımda heterojen filonun yanında P&G'nin çok önem verdiği "zaman pencereleri" kavramı da bulunmaktadır. Fakat makalede varsayılan sabit harcamalar yaklaşımı P&G'nin değişken harcama hesaplarına ters düşmektedir. Gendreau'nun 1994'te yayımlanan makalesi (Gendreau ve diğerleri, 1998) , karmaşık bir yaklaşım ile değişken hesaplama yöntemini ele almıştır, fakat proje ile tam olarak uyuşmamaktadır. Nihayet Paraskevopoulos'un 2007'de yayımlanan makalesinin (Paraskevopoulos ve diğerleri, 2006) P&G'nin problemi için en uygun olan yaklaşımı uyguladığı anlaşılmıştır. (Buluşsal metodun detayları için 3.2 Geliştirilen Modeller ve Çözüm Yöntemleri bölümüne bakınız). Algoritmada araçların sabit maliyetleri kullanılsa da, bunların ihmal edilmesi metodun işleyişini etkilememektedir. Önceki metotlara göre daha gelişmiş bir çözüm

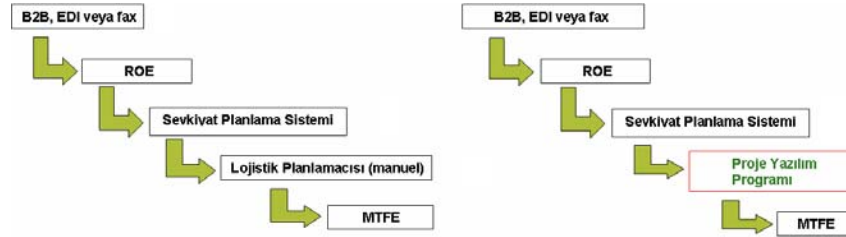
yöntemi sunan bu metodun P&G'nin taleplerini en iyi şekilde karşılayacağı anlaşılmıştır. Bu yüzden önerilen buluşsal metod Paraskevopoulos'un makalesinde yer verdiği metotları temel almıştır.

3. Önerilen Yöntem ve Uygulaması

P&G Türkiye'nin mevcut lojistik operasyonları detaylarıyla incelendikten ve problem yukarıdaki gibi tanımlandıktan sonra sisteme en uygun modeller ve benzer çalışmalar yazında araştırılmıştır. İlgili geçmiş çalışmaların ışığında gereken modeller oluşturulmuş ve bunlara uygun algoritmalar geliştirilmiştir.

3.1. Genel yaklaşım

Yapılan çalışmalar sonucunda P&G Türkiye'nin lojistik operasyonları kapsamında kritik lojistik kararlar verecek bir bilgisayar programı geliştirilmesine karar verilmiştir. Programın amacı P&G Türkiye'nin en az maliyetle en yüksek servis seviyesini UMZ müşterilerine sağlaması olarak saptanmıştır. Bu program mevcut sistem içerisinde Sevkiyat Planlama Sistemi (DSS) ile MTFE oluşturma aşaması arasında faaliyet gösterecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Mevcut sistem ve proje yazılım programının sistemdeki yeri

Programın, P&G Türkiye'nin ihtiyaçları doğrultusunda esnek bir yapıda tasarlanması kararlaştırılmış, böylece gelecek dönemlerdeki muhtemel müşteri sayısı ve yeri değişiklikleri gibi veri güncellemelerine olanak vermesine özen gösterilmiştir. Ayrıca programın kullanımının kolay olmasına ve çalışma süresinin kısa olmasına dikkat edilmiştir. Programın arka planında çalışacak olan model en az maliyet ve en çok servis seviyesi amacına ulaşmaya çalışırken tek tip ürünü kullanacak (palet bazında talep alınacak) ve tek bir deponun varlığında müşterilerinin zaman kısıtlamalarını göz önünde bulunduracaktır. Değişik araç tiplerinin maliyetlerini de inceleyen program çıktı olarak, kısıtlar çerçevesinde, en az maliyetle müşteriler arasındaki en uygun rotaları ortaya koyacaktır.

3.2 Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Projenin problem tanımı son halini aldıktan sonra geliştirilecek model ve algoritmalar için gereken varsayımlar ortaya konmuştur. P&G

Türkiye'nin mevcut operasyonları göz önünde bulundurularak şu varsayımlarda bulunulmuştur:

- P&G Türkiye taşıeron lojistik şirketleriyle çalıştığı için şirketin her an istenilen sayıda ve tipte araca erişim olanağı vardır ve aynı sebepten dolayı araçların sabit maliyetleri yoktur.
- Talepler palet bazında alınmaktadır.
- Deponun işçi ve alan kısıtlaması yoktur, aynı anda istenilen sayıda aracın depodan çıkma imkânı vardır.

Modelle ilgili bütün bu varsayımlar P&G çalışanları tarafından onaylandıktan sonra sistem iki farklı şekilde yazılıma dökülmüştür: Birinci model en iyi çözümü verecek şekilde tasarlanmış ve karışık tamsayı programlama tekniğiyle GAMS yazılımı kullanarak kodlanmış ve CPLEX ile test edilmiştir. Mevcut duruma en uygun model, yazında “zaman kısıtlı, kapasiteli araç rotalama problemi” olarak geçmektedir, fakat bu modelde P&G Türkiye'nin durumuna uyarlamak için bazı gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler şunlardır:

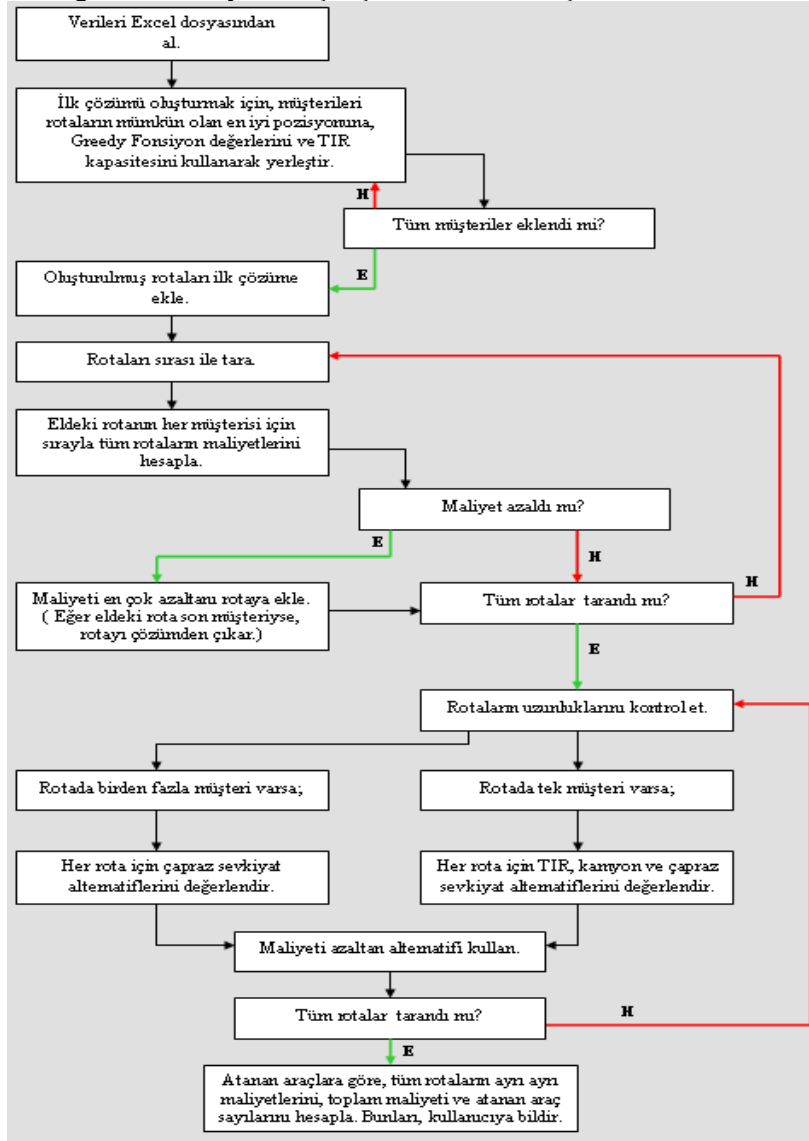
- Tek tip araç yerine değişik kapasiteli 3 tip araç kullanılmıştır (TIR, kamyon veya çapraz sevkiyat). Böylece 2 indeksli model 3 indeksli hale getirilmiştir. Bunların kapasite kısıtları da modele eklenmiştir.
- Laporte ve Decartes'ın (1991) modelinde araç sayısı sabit alındığı halde yeni modelde araç sayısı her tip için değişken alınıp, amaç fonksiyonundaki düzenlemeyle bunların enazlanması sağlanmıştır.
- Araçların servis noktalarındaki servis zamanları modele eklenmiştir.

Yazında bulunan orijinal modelin P&G Türkiye'nin durumuna uyarlanmış “zaman kısıtlı, değişken kapasiteli araç rotalama problemi” modelini ekler bölümünde bulabilirsiniz (Ek 1).

Kurulan bu modelin CPLEX ile yapılan testlerinde, servis noktalarının çoğunluğundan aynı gün sipariş gelmesi halinde, en iyi çözüme ulaşmanın saatler alabildiği görülmüştür. Bu nedenle, ikinci aşama olarak, yukarıdaki model için buluşsal bir algoritma geliştirilmiştir. Buluşsal algoritma geliştirilmesinin diğer bir sebebi ise CPLEX yazılımını edinmenin P&G Türkiye'ye maliyetinin yüksek olacağı sonucuna varılmasıdır. Buluşsal algoritmanın, en iyi çözümü vaat etmese de, problemi yeterli derecede çözeceği düşünülmüş ve bu, daha sonra yapılan testlerle de büyük ölçüde ispatlanmıştır (Ayrıntılar için 3.3 Doğrulama / Geçerleme ve Performansın Ölçülmesi bölümüne bakınız). Kapsamlı bir yazın taramasının ardından Paraskevopoulos tarafından 2007'de yayımlanan buluşsal algoritmanın duruma en uygun algoritma olduğuna karar verilmiştir. Bu algoritmanın yayımlanan test sonuçlarından çalışma zamanının ve en iyi sonuca yaklaşma oranlarının diğer birçok algoritmaya göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Bu buluşsal algoritmanın ayırıcı özelliği iki aşamalı bir çözüm çerçevesi önermesidir. İlk aşamada bir “greedy” fonksiyonu kullanılarak başlangıç çözümü oluşturulmakta, rota elemesi denilen ikinci aşamada ise bu başlangıç rotaları araçların kapasite verimlilikleri artacak ve rota ve araç sayısı azalacak (yani maliyet azalacak) şekilde geliştirilmektedir (Buluşsal algoritmanın çalışma gösterimi için Ek 3’e bakınız). İlk aşamada kullanılan ve birçok bileşenin doğrusal birleşiminden oluşan greedy fonksiyonunun içerdiği metriklerin detayları Ek 2’de bulunabilir.

Algoritmanın ayrıntılı çalışma dinamikleri Şekil 2’de bulunabilir.



Şekil 2. Buluşsal algoritma iş akış şeması

3.3. Doğrulama / geçерleme ve performansın ölçülmesi

Tüm testler Pentium M1600 Mhz işlemcili ve 512Mb Ram'e sahip bir bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki tabloda CPLEX aracılığıyla elde edilmiş gerçeğe yakın veri ile farklı müşteri sayılarına göre birinci programın (karışık tamsayı program (KTP)) çalışma süreleri yer almaktadır. Testlerdeki örnek servis noktaları her defasında tüm servis noktaları arasından rasgele seçilmiştir.

Tablo 1. CPLEX yazılımı sonuçları

Müşteri Sayısı	Çalışma Süresi	Sapma (%)
40	1,652	-
74	15000	18,28

Tabloda da görüldüğü üzere 40 müşteri için KTP 1.652 saniyede en iyi sonuca ulaşırken aynı program 74 müşteri için çalıştırıldığında 4 saat sonunda en iyi sonuca ancak %18.28 yaklaşabilmektedir. Bir sonraki tabloda ise gerçek veri ile KTP, Java ile kodlanan ikinci program ve P&G'nin şu anki yöntemleri ile ulaşabildiği en iyi sonuçlar ve karşılaştırılmaları gösterilmiştir.

Tablo 2. Sonuçlar ve karşılaştırılmaları

		KTP	Program	P&G
30 müşteri	Maliyet	21,323.00	21,976.00	23,112.00
	Sapma (%)	0.00	2.97	7.74
	Çalışma Süresi (Sn)	0.2	2.4	-
30 müşteri	Maliyet	16,380.00	16,900.00	17,745.00
	Sapma (%)	0.00	3.08	7.69
	Çalışma Süresi (Sn)	0.2	2.5	-
30 müşteri	Maliyet	22,156.00	22,648.00	23,559.00
	Sapma (%)	0.00	2.17	5.96
	Çalışma Süresi (Sn)	0.2	2.4	-
40 müşteri	Maliyet	24,725.00	25,944.00	27,180.00
	Sapma (%)	0.00	4.70	9.03
	Çalışma Süresi (Sn)	1.7	2.9	-
40 müşteri	Maliyet	25,165.00	26,028.00	27,348.00
	Sapma (%)	0.00	3.32	7.98
	Çalışma Süresi (Sn)	1.6	2.9	-
40 müşteri	Maliyet	28,647.00	29,780.00	31,903.00
	Sapma (%)	0.00	3.80	10.21
	Çalışma Süresi (Sn)	1.6	2.9	-
78 müşteri	Maliyet	-	46,282.00	51,656.00
	Sapma (%)	-	0.00	10.40
	Çalışma Süresi (Sn)	-	4.7	-
78 müşteri	Maliyet	-	46,214.00	53,353.00
	Sapma (%)	-	0.00	13.38
	Çalışma Süresi (Sn)	-	4.8	-

Tabloya genel olarak bakıldığında P&G'nin manuel bir şekilde ulaştığı sonuçların farklı müşterilerle denenmiş 30 ve 40 müşteri için en iyi sonuçtan sadece %6-10 saptığı görülmektedir, bunun sebebi ise rotalama imkanlarının operasyonun kısıtları sebebiyle oldukça az olmasıdır. Ancak müşteri sayısındaki artışla birlikte P&G'nin ulaştığı sonuçlar en iyi sonuçtan uzaklaşmaktadır, ki bu da müşteri sayısındaki artışla birlikte rotalama imkanlarının arttığı, ancak P&G'nin bu ihtimalleri göz önüne alamadığını göstermektedir.

Müşteri sayısındaki 10 müşterilik bir artış programının en iyi sonuca olan yakınlığını %1 civarı etkilese de P&G'nin şu anki yöntemleri ile bulduğu sonuçları %3 civarı etkilemektedir. Bu durum, müşteri sayısını 78 olarak belirlediğimizde daha da belirgin bir hal almaktadır. KTP'den bu sayıdaki müşteri için programın çalışma süresi sebebiyle en iyi sonuca ulaşamamak da P&G'nin bulduğu sonuçlar programın bulduğu sonuçların yaklaşık %14 uzağında kalmıştır (Mevcut sistem ve buluşsal algoritmanın karşılaştırılması örneği için Ek 4'e bakınız). Programın çalışma süresi, gelecek yıllardaki müşteri artışı düşünülerek en çok 185 müşteri ile denenmiş olup, 90 saniyeyi geçmemiştir.

Yapılan testler sonucunda programın, en iyi sonuca yakınlık açısından her ne kadar müşteri sayısına duyarlı olsa da, P&G'nin sonuçları ile karşılaştırıldığında çok daha kararlı olduğu görülmüştür.

4. Uygulama Planı

Projenin gerçekleşmesi sürecinde P&G çalışanlarıyla devamlı temasta bulunulmuş ve sürekli bilgi akışıyla projenin sonucunda çıkacak olan bilgisayar programının P&G Türkiye'nin dağıtım maliyetlerini en aza indirmesinin yanı sıra şirketin mevcut operasyonlarıyla uyumlu ve çalışanlarının kolaylıkla yararlanabilecekleri bir araç olması amaçlanmıştır. Bu amaçla P&G Türkiye'nin İstanbul'daki merkez ofisine ve Şekerpınar'daki deposuna birçok ziyaret gerçekleştirilmiş, lojistik bölümündeki planlamacıların yanı sıra programı bizzat kullanacak çalışanlara da danışılmış, ortaya çıkan sonuçlar tartışılmış ve buralardan gelen yapıcı eleştirilerle yola devam edilmiştir.

Aralık ayından itibaren P&G tarafından sağlanan gerçeğe çok yakın verilerle çalışılmış ve hem CPLEX yazılımını kullanarak kodlanan ve en iyi sonucu veren model hem de Java programı kullanılarak kodlanan ve en iyi sonuca yakın sonuçlar vermesi beklenen buluşsal algoritma bu veriler kullanılarak çalıştırılmıştır. Belli bir müşteri sayısından sonra, problem NP-zor olduğu için, kullanılmayan ilk modelimiz, sadece makul zamanlar içerisinde çalışabildiği durumlar için, buluşsal algoritmanın etkinliğini ölçen bir araç olarak kullanılmıştır. Buluşsal algoritmanın gerçeğe yakın verileri kullanarak ortaya koyduğu çıktı Nisan ayının başında Şekerpınar'a yapılan ziyarette P&G çalışanlarıyla paylaşılmış ve çok olumlu geri bildirimler

alınmıştır. Bu ziyaret sırasında Şubat ve Mart aylarına ait gerçek zamanlı, değiştirilmemiş veriler de elde edilmiş, bu verilerle de birçok testler yapılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (3.3 Doğrulama / Geçerleme ve Performansın Ölçülmesi bölümüne bakınız).

Mart ayına kadar, programın SAP sisteminden doğrudan girdileri alması planlanmıştır. Ancak bu tarihten sonra SAP'den böyle çıktı almanın mümkün olmadığı görülmüştür. Bunun sebeplerinden biri lojistik bölümünün SAP programına yeterince erişiminin olmamasıdır. Diğer sebep ise P&G Türkiye'nin yaz aylarında yeni bir sisteme geçecek olması (mySAP), bu geçişle ilgilenen IDS departmanının yoğunluğundan dolayı gereken desteği verememesidir. Bununla birlikte, yazılımın mevcut sisteme uyum sağlamasının bir önemi kalmamaktadır. Bu sebeplerden dolayı yazılım MS Excel formatında girdi alabilecek ve yine aynı formatta çıktı verebilecek şekilde tasarlanmış ve aslında basit bir iş olan girdilerin MS Excel formatına çevrilmesi işi (girdiler SAP'den doğrudan MS Excel formatında da alınabilir) şirket çalışanlarına bırakılmış, onların SAP sisteminin yeni haline göre düzenleme yapmaları kararlaştırılmıştır. Bunun dışında, programın P&G'nin dağıtım sisteminde kullanılabilmesi için gerekenler bir bilgisayar ve bu bilgisayarda kurulu olan Java Virtual Machine yazılımıdır. Bu yazılım internette herhangi bir ücret ödemedi rahatlıkla edinilebilir.

Programın araç rotalarını, tipini, yük miktarını, araçların depodan çıkmaları ve servis noktalarına varmaları gereken zamanları ve maliyetleri veren çıktısı ise çalışanların isteğine göre MS Excel dosyası olarak alınabileceği gibi kullanıcı ara yüzünden doğrudan da görülebilir (Ek 5). Mevcut sistemde tamamen planlayıcının görüş ve tecrübesine dayalı olarak yapılan araç tipi belirleme ve rotalama işlemi bu program sayesinde bilimsel yöntemlerle, daha hızlı ve doğru bir şekilde yapılabilecektir. Çıktının bir planlamacı tarafından okunması, değerlendirilmesi ve araç ve rota atamalarının bu çıktılar üzerinden yapılması planlanmıştır.

4.1. Şirkete yönelik öneriler

P&G çalışanlarıyla yapılan mülakatlar ve Türkiye'deki diğer firmaların dağıtım ağı planlayıcılarının verdiği seminerler sonucu Türkiye'de dağıtım ağı eniyilemesi ve rotalama faaliyetlerinde insan faktörünün çok önemli olduğu anlaşılmıştır. Bu yüzden her gün yapılan rutin işlemlerde bile beklenmedik sorunlar ortaya çıkabilmekte, ayrıca müşterilerin özel isteklerinin de hesaba katılması gerekmektedir. Geliştirilen yazılım programı her ne kadar başarılı sonuçlar verse de, programın etkinliğini bozacak bazı istisnai durumlar oluşabilmektedir. Bu yüzden bir planlamacı tarafından programın çıktısının değerlendirilmesi yararlı olacaktır. Bu durumlar arasında, araçtaki

ürünleri uzun süre, boşaltmaya izin vermeden bekleten müşteriler sayılabileceği gibi hava ve yol durumları da sonuca etki edebilir. Özellikle kış mevsiminde, olumsuz hava koşullarından dolayı ulaşım süreleri değişebileceğinden programın rotalama bilgileri sağlıklı olmayabilir. Bu gibi sorunlar rotalama sisteminin sonuçlarını değiştirebileceği unutulmamalı ve bunlar dikkate alınarak hareket edilmelidir.

5. Genel Değerlendirme

5.1. Projenin firmaya getireceği beklenen katkılar

Tasarlanan sistemin katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Manuel hesaplaması zaman alan ve rotalama yaklaşımının nadiren kullanıldığı hâlihazırdaki yöntemi ortadan kaldıracaktır. Güncel yöntemde rotalama, rotalamayı yapan personelin bilgi ve tecrübesine dayandığı için doğru sonuca ulaşmak her zaman mümkün değildir. Yalın ve kullanışlı bir grafiksel kullanıcı ara yüzüne (GUI) sahip olan programı kullanmak kolay olduğu için temel bilgisayar becerisine sahip herhangi bir personel geliştirdiğimiz programı rahatlıkla kullanabilir.
- Etkili bir şekilde kodlanmış bu bilgisayar programı güncel rotalama bulgularını ve manuel olarak kısa zamanda hesaplanamayacak rotalama kombinasyonlarını en hızlı ve sağlıklı şekilde incelemektedir. Araştırmalar sonucunda uygulanan buluşsal algoritma, en iyi rotalama değerinden sadece %4 (40 servis noktası için) gibi bir sapma ile sonucu vermektedir.
- Şirketin, programın çıktısı olan toplam maliyet, araç sayısı, araçların yük miktarı, teslimat noktalarına varış ve depodan çıkış zamanları ve rotalama bilgilerine erişimi kolaylaşacak, böylece bu verileri analiz etmesi daha kolay ve doğru olacaktır.
- Uzun vadede açılması muhtemel yeni depoların yerini belirlemek için de programdan yararlanılabilecektir. Birden fazla depo içeren sistemlerde depoların yerini, yazında “yer seçimi problemi” olarak geçen modellerle belirlemek mümkün olsa da, bu çalışmanın sonucunda ortaya çıkan yazılım ile de belirli depo yerleri ve bunlara atanan müşterilerle her bir depo için ayrı ayrı çalıştırıldığında değişik senaryoları karşılaştıracak ve problemi başarıyla çözecektir.

5.2. İleriye dönük güncelleme / geliştirme konularında öneriler

Geliştirilen program, gelecek dönemlerde yapılabilecek muhtemel stratejik ve operasyonel değişimlere karşı esnek olarak tasarlanmıştır. Muhtemel müşteri sayısı, servis noktası yeri, araç tipi sayısı gibi kısa vadede olabilecek değişiklikler küçük düzenlemelerle programa sorunsuzca yansıtılabilmektedir. Bu değişikliklerin daha kolay

yapılabilmesi için, ayrıca programın kullanımının daha profesyonel hale getirilmesi için kullanıcı ara yüzünün (GUI) geliştirilmesi mümkündür.

Daha önce de belirtildiği gibi mevcut sistemde SAP'den otomatik olarak çıktı alınamamaktadır. Programın, P&G Türkiye'nin yaz aylarında geçmesi beklenen yeni ERP sistemine (mySAP) uyumunun sağlanması, böylece DSS çıktıları otomatik olarak çalıştırması ve çıktıları belli bir düzen içinde sunması, hâlihazırda uygulanan ve zaman alan yazılı çıktı trafiğini asgari düzeye indirecek, programın kullanımını kolaylaştıracak ve operasyon sürelerini azaltacaktır.

KAYNAKÇA

- Solomon M. M. (1987). "Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints", *Operations Research*, 35, 254-265.
- Paraskevopoulos, D. C., Repoussis, P. P., Tarantilis, C. D., Ioannou, G. ve Prastacos, G. P. (2006). "A Reactive Variable Neighborhood Tabu Search for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows", Springer Science+Business Media.
- Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points", *Operations Research*, 12 (4), 568-581.
- Gendreau, M., Laporte, G. ve Musaraganyi C. (1998). "A Tabu Search Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem", *Computers & Operations Research*, 1153-1173.
- Ghiani, G., Laporte, G. ve Musmanno, R. (2003). "Introduction to Logistics Systems Planning and Control", Wiley, 273-274.
- <http://www.pg.com.tr/procter/index.htm>

EKLER

Ek 1. Zaman kısıtlı, değişken kapasiteli araç rotalama problemi modeli

$$\begin{aligned} & \min \sum_i \sum_j \sum_k c_{ijk} * X_{ijk} + \sum_k m_k, \\ & s.t. \\ & \sum_i \sum_k X_{ijk} = 1 \quad \forall j \neq 1 \quad (1) \\ & \sum_j \sum_k X_{ijk} = 1 \quad \forall i \neq 1 \quad (2) \\ & \sum_j \sum_k X_{ijk} - \sum_k m_k = 0 \quad (3) \\ & \sum_i \sum_k X_{ijk} - \sum_k m_k = 0 \quad (4) \\ & u_i - u_j + \max_k(Q_k) * X_{ijk} \leq \max_k(Q_k) - P_j \quad \forall i, j, k : i \neq 1, j \neq 1 \quad (5) \\ & P_i \leq u_i \leq \sum_j \sum_k X_{ijk} * Q_k \quad \forall i \neq 1 \quad (6) \\ & t_i - t_j + M * X_{ijk} \leq M - (tra_{ij} + s_j) * X_{ijk} \quad \forall i, j, k : i \neq 1, j \neq 1 \quad (7) \\ & s_i + e_i \leq t_i \leq l_i \quad \forall i \neq 1 \quad (8) \\ & \sum_k X_{iik} = 0 \quad \forall i \quad (9) \\ & \sum_j X_{jik} = \sum_j X_{ijk} \quad \forall i \neq 1 \quad (10) \\ & X_{ijk} \in 0 \\ & t_i, u_i \geq 0 \end{aligned}$$

Parametreler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- $N = \{2, 3, \dots, n\}$: müşterilerin kümesi
- $S = \{1, 2, \dots, s\}$: araç türlerinin kümesi
- tra_{ij} : en kısa yolculuk süresi
- c_{ijk} : Müşteri i 'den müşteri j 'ye yolculuk eden k aracının maliyeti, $i \in N, j \in N$ ve $k \in S$.
- P_i : Müşteri i için talep, $i \in N$.
- e_i : Müşteri i 'ye en erken varış zamanı, $i \in N$.
- l_i : Müşteri i 'ye en geç varış zamanı, $i \in N$.

- s_i : Müşteri i için hizmet zamanı, $i \in N$.
- $[e_i, l_i]$: zaman penceresi
- Q_k : k aracının kapasitesi, $k \in S$.
- M : yeterince büyük bir sayı

Değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- $x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } k \text{ aracı } (i,j) \text{ yolunu kullanıyorsa} \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \quad \begin{matrix} (i, j) \in N \\ k \in S \end{matrix}$
- t_i : Müşteri i 'den çıkış zamanı, $i \in N$.
- u_i : Müşteri i 'den çıkan aracın yükü, $i \in N$.
- m_k : k aracı için filodaki araç sayısı, $k \in S$.

Kısıtlar:

- Kısıt (1) ve (2); varolan bütün müşterilerin belli bir araç tipi k tarafından sadece bir kez ziyaret edilmesini sağlamaktadır.
- Kısıt (3) ve (4); m_k kamyonlarının tümünün, $k \in S$ araç tipi göz önüne alınarak, 1. müşteriden, yani depodan çıkmasını ve 1. müşteriye dönmesini sağlamaktadır.
- Kısıt (5); araç müşteri i 'den j 'ye yolculuk ettikten sonra araçta kalan yükü belirlemektedir. Bunu yaparken, aracın müşteri i 'yi terk etmeden önceki yükünden j müşterisinin talebini çıkarmaktadır. Bu kısıt, müşteri i 'den müşteri j 'ye yolculuk eden aracın, kapasitesinden fazla miktarda yükleme yapılmasını engeller.
- Kısıt (6); varolan birden fazla araç tipi için farklılaşan kapasiteleri göz önünde bulundurmaktadır. Bu kısıtla, araç yükünün talepten büyük ve kapasiteden küçük olması sağlanmaktadır.
- Kısıt (7); müşteri j 'den ayrılış zamanını t_j bir değere atamaktadır. Böylece, araç müşteri i 'den ayrıldıktan sonra, servis süresi (s_i) bitmeden ve yolculuk süresinden (t_{ij}) önce müşteri j 'ye ulaşamaz. Yoksa, bu fark, M sayısından küçük olmak zorunda kalmaktadır.
- Kısıt (8); servis süresinin e_i 'ye eklenmesiyle aracın belirli zaman penceresine uyarak müşteri i 'ye ulaşmasını sağlamaktadır.
- Kısıt (10); müşteri i 'ye gelen aracın k tipinde olup, müşteriden ayrılan aracın k 'dan farklı tipte olmasını engellemektedir.

Ek 2. Greedy fonksiyonun ayrıntılı açıklaması

$$\Phi_{ij}^{uk} = \alpha_1 (C_{ij,u}^1) + \alpha_2 C_{ij,u}^2 + \alpha_3 C_{ij,u}^3 + \alpha_4 (C_{ij,u,k}^4 + C_{ij,u,k}^5)$$

C^1 : seçilen müşterinin en erken varış zamanından ne kadar geç
vardığı

C^2 : seçilen müşterinin eklenmesiyle artan sevkiyat süresi

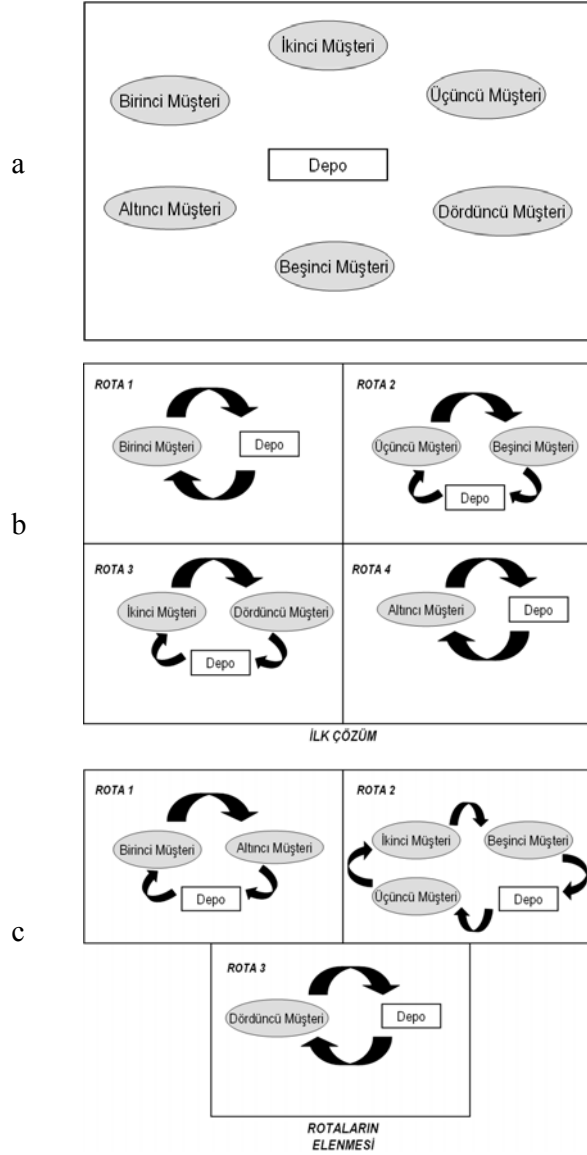
C^3 : seçilen müşterinin rotaya eklenmesiyle değişen bir sonraki
müşteriye varış zamanı farkı

C^4 : aracın kullanılmayan kapasitesi

C^5 : seçilen müşterinin eklendikten sonra palet başına düşen taşıma
maliyetindeki değişim

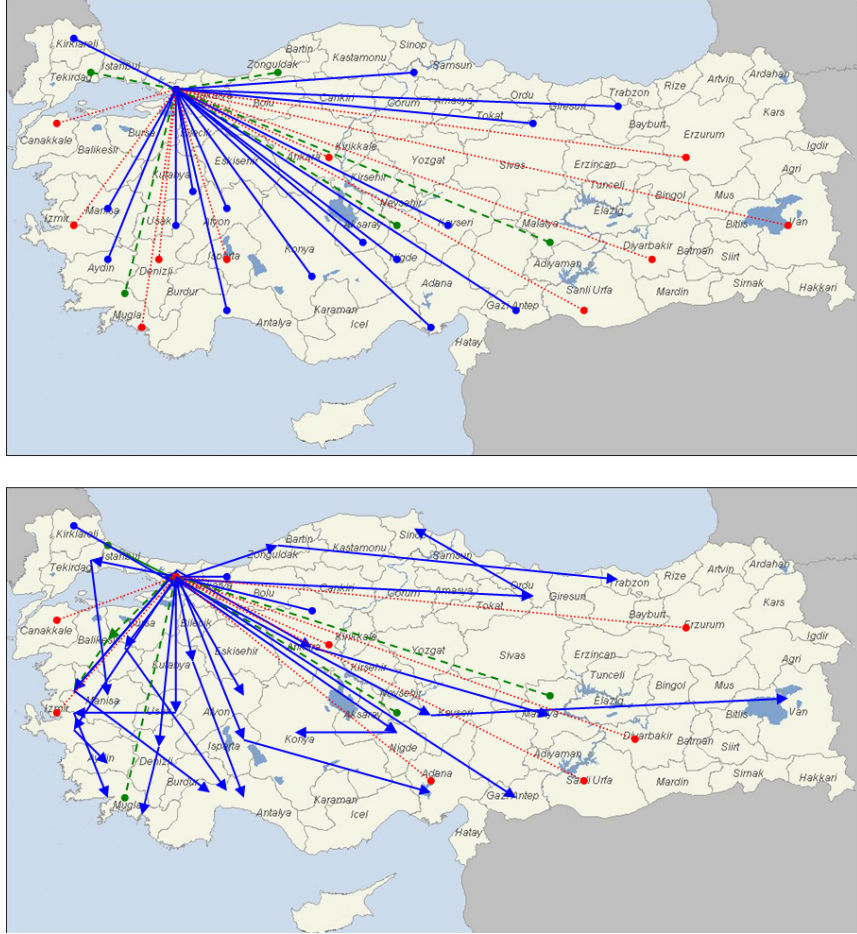
Bu bileşenlerin ağırlıklı ortalamasının hesaplanmasıyla
($\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1$) bulunan değer kullanılarak ilk çözüm
oluşturulmaktadır.

Ek 3. Buluşsal algoritmanın çalışma gösterimi



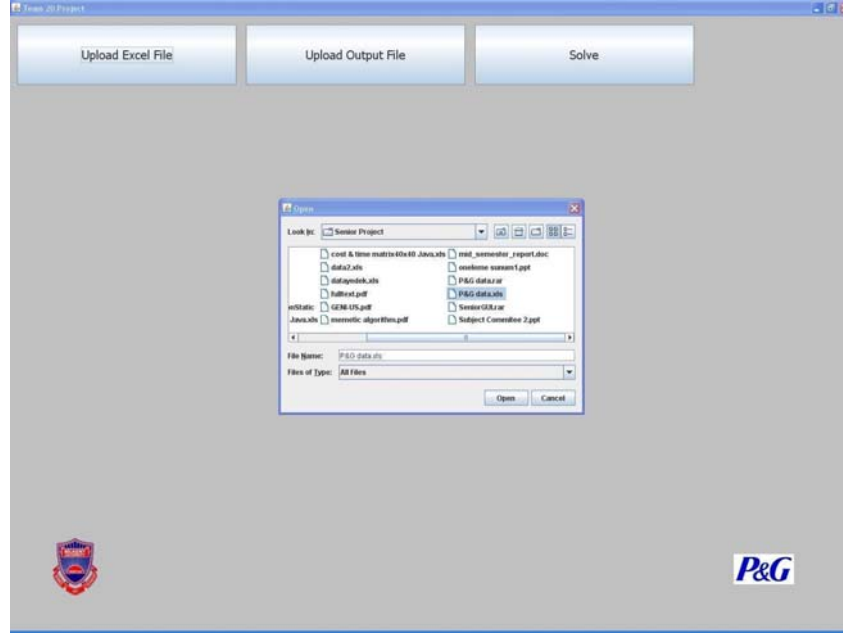
Şekil (a)'daki rotalama problemine buluşsal algoritmanın ilk aşamasının uygulanmasıyla Şekil (b)'deki ilk çözüm elde edilmektedir. İlk çözüm greedy fonksiyonunun değerleri kullanılarak oluşturulan rotalardan meydana gelmektedir. Şekil (c) ise, rotalar arasında maliyeti azaltacak müşteri değişimleri yapıldıktan sonra (rota elemesi) elde edilen son çözümdür. Bu aşamadan sonra maliyet göz önünde bulundurularak rotalara araç ataması yapılmaktadır.

Ek 4. Buluşsal algoritmanın uygulanması sonucu değişen dağıtım ağı



Şekilde, 30 müşterinin talepleri üzerinden gerçekleştirilen dağıtım operasyonları karşılaştırılmaktadır. Üstteki şekil P&G'nin mevcut sisteminde gerçekleşen dağıtım ağı, alttaki şekil ise bilgisayar programının yardımıyla oluşturulan dağıtım ağıdır. Şekilde de görüldüğü gibi rotalama yapan ve en uygun araçları atayan program dağıtım maliyetlerini 30 müşteri için %5 oranında azaltmıştır (3.3 Doğrulama / Geçerleme ve Performansın Ölçülmesi bölümüne bakınız).

Ek 5. Grafiksel kullanıcı ara yüzü ekran resimleri



The screenshot shows the 'Team 20 Project' application window with a table of vehicle data. The table has the following columns: 'RowNo', 'Result', 'Arrival Time', 'Vehicle Type', 'Vehicle Label', and 'Result Cost'. The table lists various vehicle types and their associated costs. The 'Total vehicle' row at the bottom shows a total cost of 14,000.0.

RowNo	Result	Arrival Time	Vehicle Type	Vehicle Label	Result Cost	
13	Depot KÜLER ANKARA	KÜLER ANKARA 14.0	Truck	22.0	837.0	
14	Depot MİROROS ALTINOLUK KİPA ANTALYA	MİROROS ALTINOLUK 11.0 KİPA ANTALYA 42.0	Truck	28.0	1,050.0	
15	Depot MİROROS BALIKESİR TANGIŞ-KİPA BORNOVA	MİROROS BALIKESİR TANGIŞ 10.0 KİPA BORNOVA 17.0	Truck	32.0	725.0	
16	Depot KİPA CANAKKALE	KİPA CANAKKALE 10.0	Truck	22.0	138.0	
17	Depot MİROROS ÇİĞLI-GİMA ERZUR	MİROROS ÇİĞLI 30.0 GİMA ERZUR 43.0	Truck	28.0	1,200.0	
18	Depot MİROROS BALIKESİR MİROROS KÖRANCI	MİROROS BALIKESİR 10.0 MİROROS KÖRANCI 39.0	Truck	28.0	1,400.0	
19	Depot MİROROS ALAYBEY MİROROS MANİSA	MİROROS ALAYBEY 14.0 MİROROS MANİSA 10.0	Truck	32.0	725.0	
20	Depot MİROROS BEŞLER MİROROS ANTALYA	MİROROS BEŞLER 14.0 MİROROS ANTALYA 42.0	Truck	30.0	1,050.0	
21	Depot MİROROS VAN	MİROROS VAN 38.0	Truck	28.0	2,240.0	
22	Depot MİROROS ALBAYRAK MİROROS ÇİĞLI	MİROROS ALBAYRAK 14.0 MİROROS ÇİĞLI 18.0	Truck	27.0	725.0	
23	Depot BİM İZMİR MİROROS AYDIN	BİM İZMİR 14.0 MİROROS AYDIN 42.0	Truck	30.0	800.0	
24	Depot MİROROS BAYLAKESİR	MİROROS BAYLAKESİR 10.0	Truck	27.0	850.0	
25	Depot MİROROS ÇEŞME	MİROROS ÇEŞME 14.0	Truck	28.0	800.0	
26	Depot MİROROS DENİZLİ	MİROROS DENİZLİ 30.0	Truck	28.0	875.0	
27	Depot MİROROS ÇEŞME	MİROROS ÇEŞME 14.0	Truck	17.0	550.0	
28	Depot MİROROS DOĞMEN	MİROROS DOĞMEN 30.0	Truck	28.0	800.0	
29	Depot MİROROS OZELTAL MİROROS MUĞLA	MİROROS OZELTAL 14.0 MİROROS MUĞLA 30.0	Truck	28.0	1,400.0	
30	Depot MİROROS ALTINOLUK MİROROS LİNGAL	MİROROS ALTINOLUK 10.0 MİROROS LİNGAL 42.0	Truck	28.0	1,050.0	
31	Depot MİROROS NAÇİCİ	MİROROS NAÇİCİ 30.0	Truck	24.0	900.0	
32	Depot MİROROS FİRAĞI MİROROS DATÇA	MİROROS FİRAĞI 14.0 MİROROS DATÇA 30.0	Truck	28.0	1,000.0	
33	Depot MİROROS ZİVA PAŞA	MİROROS ZİVA PAŞA 30.0	Truck	30.0	1,225.0	
34	Depot MİROROS ANILVALE	MİROROS ANILVALE 30.0	Truck	30.0	800.0	
35	Depot MİROROS EYÜP İZZET	MİROROS EYÜP İZZET 14.0	Truck	20.0	820.0	
36	Depot MİROROS SELÇUK	MİROROS SELÇUK 14.0	Truck	30.0	280.0	
37	Depot MİROROS HALKARAT KİPA MUĞLA	MİROROS HALKARAT 14.0 KİPA MUĞLA 30.0	Truck	32.0	1,400.0	
38	Depot KİPA TORBALI	KİPA TORBALI 14.0	Truck	22.0	720.0	
39	Depot GİMA AYDIN	GİMA AYDIN 30.0	Truck	27.0	800.0	
40	Depot MİROROS EĞRİNE	MİROROS EĞRİNE 10.0	Truck	20.0	450.0	
41	Depot MİROROS DALYAN	MİROROS DALYAN 30.0	Truck	21.0	1,400.0	
42	Depot MİROROS ÇADEMİR	MİROROS ÇADEMİR 14.0	Truck	28.0	725.0	
43	Depot KİPA KONYA	KİPA KONYA 30.0	Truck	30.0	360.0	
44	Depot MİROROS NEVEŞEHİR	MİROROS NEVEŞEHİR 30.0	Truck	15.0	300.0	
45	Depot BİM ANKARA	BİM ANKARA 14.0	Truck	30.0	270.0	
46	Depot BİM KONYA	BİM KONYA 30.0	Truck	25.0	1,000.0	
47	Depot CARRÉ FOUR ERZURUM	CARRÉ FOUR ERZURUM 60.0	Truck	22.0	1,000.0	
48	Depot CARRÉ FOUR ÇIVARBAŞI	CARRÉ FOUR ÇIVARBAŞI 60.0	Truck	30.0	480.0	
49	Depot MİROROS ALANTA	MİROROS ALANTA 30.0	Truck	12.0	30.0	
50	Depot BİM KONYA	BİM KONYA 30.0	Truck	18.0	750.0	
51	Depot MİROROS ANILVALE	MİROROS ANILVALE 30.0	Truck	12.0	150.0	
52	Depot KİPA DENİZLİ	KİPA DENİZLİ 30.0	Truck	12.0	200.0	
53	Depot BİM SAKARYA	BİM SAKARYA 6.0	Truck	12.0	172.0	
Total vehicle					TRUCK 2 300x20	Total Cost 14,000.0

Rafta Bulunabilirliği Arttırmaya Yönelik Dinamik Bir Sipariş ve Veri Takip Sistemi Tasarımı

Procter and Gamble Türkiye

Proje Ekibi

Hüseyin Binzat
Aykut Duman
Burçak Güldoğan
Göze İşcan
Funda Leblebici
Özge Özmen

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Billur Oğur, P&G, Müşteri Takımı Lojistik Müdürü
Tuğba Demiröğüten, P&G, Müşteri Takımı Lojistik Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Ülkü Gürler, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

P&G şirketinin Gillette özelindeki süreçleri gözlemlendiğinde, tedarik zincirinin ilk aşaması olan P&G ana depodan mağazadaki kullanıcıya ulaşana kadarki süreçte yapılan hataların, Gillette ürünlerinin rafta bulunabilirlik seviyesini düşürmekte, satışlarını olumsuz yönde etkilemekte olduğu anlaşılmıştır. Bu proje raporunun genelinde, bu izlenimler ve geliştirme yollarıyla ilgili öneriler yer almakta, proje üzerine yaklaşık 7 ay boyunca yapılan çalışmalar ve sonuçları aktarılmaktadır. Raporun özünü ise bu geliştirme önerilerinden kabul edilen ve projenin esasını oluşturan “ dinamik bir sipariş ve veri takip sistemi”nin ayrıntıları oluşturmaktadır. Bu sistemin amacı, kayıpların ana sebebi olan sipariş ve yenileme sisteminin eksikliğini giderecek dinamik bir siparişleme modelinin yazılımını oluşturarak; rafta bulunabilirlik seviyesini iyileştirmek ve ürünlerin en fazla seviyede müşteriye ulaşımını sağlamaktır.

Anahtar Sözcükler: Gillette, rafta bulunabilirlik, sipariş, savunmacı satış yöntemleri, kayıp, yenileme, veri tutma.

1. İşletme Tanıtımı

Procter&Gamble 80'den fazla ülkede, 98000 kadar çalışanıyla küresel bir şekilde faaliyet gösteren bir hızlı tüketim şirkettir. Şirket 1837'de mum ve sabun üretimiyle iş dünyasına adım attıktan sonra ürün yelpazesini çok geliştirmiş ve dünyanın gıda ve temizlik sektöründe önde gelen firmalarından biri haline gelmiştir. Türkiye'ye ise 1987 yılında Eczacıbaşı ortaklığı ile girmiş; sonrasında tek başına hızlı tüketim sektöründe özellikle kişisel bakım (Olay, New Wave, Max Factor vb.), temizlik (İpana, Orkid, Rejoice vb.), kağıt, deterjan (Alo, Ariel, Ace vb.) alanlarında en büyüklerden biri olmuştur. Şirket, 2005 yılında yaklaşık 60 milyar dolara Gillette'i alarak bu başarısını arttırmış, cirosunu yaklaşık 67.9 milyar dolara çıkarmıştır. Şirket ihracata başladığı 1995 senesinden itibaren 1.2 milyar dolarlık ihracatla Türkiye ekonomisine katkıda bulunmuş; üretiminin %35inden fazlasını Rusya, Orta Asya cumhuriyetleri ve Kafkasya gibi yakın pazarlara yönlendirmiştir. Gebze ve Şekerpınarı olmak üzere iki fabrikası, İçerenköy'de bir genel merkezi ve çeşitli illerdeki ofisleriyle 650'den fazla çalışanla Türkiye'de faaliyetini sürdürmektedir.

2. Projenin Tanımı

Projemiz, P&G şirketi kapsamında bulunan Gillette ürünlerinin yerel mağaza zincirlerindeki *rafta bulunabilirliği* üzerinedir. Uygulama ve inceleme kolaylığı açısından, P&G şirketi, hemen hemen tüm mağazalarında savunmacı satış yöntemlerinin uygulandığı ve kayıp oranlarının yüksek olduğu bir zincir mağazayı tercih etmiştir. Bu nedenle proje boyunca yaptığımız tüm analizler ve geliştirdiğimiz çözüm önerileri bu zincir mağazaya dayandırılarak ortaya çıkmıştır.

Gillette ürün kategorisi, çalınma riski yüksek, değerli ürünlerden oluştuğundan, mağazalar *savunmacı satış* yöntemleri uygulamaktadırlar. Bu yöntemler ürünlerin çalınma ihtimal ve oranını azaltmasına karşın, rafta bulunabilirliği de önemli bir oranda azaltmaktadır. P&G'yle yaptığımız toplantılar sonucunda, temel bulguların aşağıdakiler olduğuna karar verilmiştir:

- Düşük rafta bulunabilirlik değerleri
- Yüksek kayıp ürün oranları
- Düşük satış miktarı

Firmanın projeden temel beklentileri arasında, rafta bulunabilirlik ve satış miktarlarının artırılması, kayıp oranlarının ise azaltılması bulunmaktadır. Bu hedeflere ulaşma sürecinde ise, P&G tarafından eğitimlerini aldığımız *Ten Steps* ve *Road Map* yöntemlerinden yararlanmamız beklenmektedir (Ek 1 ve 2).

3. Analiz

Öncelikle P&G'nin genel dağıtım merkezinden zincir mağaza raflarına kadar devam eden iş akışı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra,

Ankara ve İstanbul'da ikişer adet zincir mağazaya gidilerek, çeşitli incelemelerde bulunulmuştur. Daha sonra, görülen problematik durumlar ve bulgular üzerine yapılan analizler sonucunda problemimiz ve projenin amaçları belirlenmiştir.

3.1. Mevcut sistem

Gillette ürünleri *P&G Şekerpinarı* deposundan öncelikle müşteri ana deposuna, oradan ise müşteri mağazalara taşınmakta ve raflara yerleştirilmektedir. Haftalık siparişler ise müşteri mağazaları tarafından teker teker oluşturulduktan sonra, müşterinin değerli ürünlerini muhafaza ettiği müşteri ana deposuna yollanmakta, müşteri ana deposu Gillette sorumlusu tarafından tecrübesine dayanarak değerlendirilip, her salı günü excel dosyası içerisinde P&G merkez ofisine iletilmektedir.

P&G merkez ofisi bu siparişleri SAP sistemine girerek *P&G Şekerpinarı* deposuna yönlendirmekte, depo ofisi ise SAP yardımıyla depo içerisindeki çalışanları yönlendirecek olan gerekli listeleri çıkarmaktadır. *P&G Şekerpinarı* deposunda, Gillette ürünleri demir parmaklıklar arkasında tutulmakta ve 24 saat kamera yoluyla gözlenmektedir. SAP listelerindeki talimatlar doğrultusunda, görevliler öncelikle ürünleri, kendilerine ait kodlarla belirlenmiş yerlerinden almakta, başka bir görevli paletleri listeye karşılaştırıp saymakta, paketleme sonrasında palet sayısı yükleme bölümünde tekrar doğrulanmaktadır. Ürünler kamyonu yüklenmeden önce, kamyon şoförü paletleri tekrar sayarak irsaliyeyi imzalamakta, ürünlerin tüm sorumluluğunu kendi üzerine almaktadır. Paletler kamyonu yüklendikten sonra, kamyonun arka kapısına mühür basılmaktadır.

Müşteri ana depo Gillette sorumlusu, gelen kamyonu yük boşaltma alanında karşılamakta, mühürü açarak, kamyon şoförüyle beraber ürünleri boşaltmaktadır. Ürünler şoför ve sorumlu tarafından sayıldıktan sonra, sorumlu, ürünlerin sayısı irsaliyeye uyuyorsa siparişi onaylamaktadır. Daha sonra, ürünler depoda sigara ve Gillette ürünlerinin muhafaza edildiği güvenli oda içerisine taşınmaktadır. Güvenli oda kilitlidir ve odaya bir tek değerli ürünler sorumlusu erişebilmektedir. Gillette sorumlusu Gillette ürünlerinin güvenliğinin yanı sıra, 65 müşteri mağazasından siparişleri toplamakla da sorumludur. Sorumlu, her gün teslimat yapacağı yaklaşık 10 mağaza belirleyerek gerekli paketleri ve irsaliyeleri hazırlamakta, teslimatı da yine kendisi gerçekleştirmektedir.

Müşteri mağazasında, Gillette ürünlerinin siparişinden, muhafaza edilmesinden ve satılmasından sorumlu olan görevli; müşteri ana deposundan gelen ürünleri saymakta ve eğer doğruysa teslimatı kabul etmektedir. Müşteri mağazaları Gillette envanteri tutmadığından dolayı, sorumlu ürünleri doğrudan rafa taşıyıp yerleştirmektedir. Bazı

mağazalarda, mağaza müdürünün odasında az miktarda envanter tutulmakta ve bu ürünlere sadece müdür erişebilmektedir.

Mağaza içerisinde, Gillette ürünleri kilitli cam raflarda sergilenmektedir. Müşteri ürünü almak istediğinde, Gillette görevlisine yönlendirilmekte, görevli kilitli dolabı açarak ürünü müşteriye sağlamaktadır.

3.2. Sorunsallar

Yaptığımız gözlemler sonucunda bazı sorunlu durumlar gözümüze çarpmıştır (Ek.1):

- Mağazalarda Gillette ürünlerinden sorumlu belirli bir görevli olmaması,
- Gillette ürünlerinin kilitli raflarda satılması / raflarda maket (dummy) ürünlerin bulunması / raflarda kategori düzeni bulunmaması (*savunmacı satış*),
- Mağazadaki ve müşteri ana deposundaki güvenlik sistemlerindeki yetersizlik (kamera ve alarm sistemleri bulunmaması vb.),
- Hem mağazadaki sorumlunun, hem de müşteri ana deposundaki sorumlunun sipariş miktarlarına sezgisel olarak karar vermesi (sistematik bir sipariş sistemi olmaması),
- Raf yenileme problemleri yüzünden rafların bazen boş kalabilmesi,
- Fiziksel ve sistemsel veriler arasındaki farkların (hataların) tespit edilememesi (sistematik bir veri sistemi bulunmaması),
- Ürünler raflarda müşterinin doğrudan ulaşabileceği şekilde sergilendiğinde dış kaynaklı çalıntının yüksek olması,
- Kamyon müşteri ana deposuna ulaştığında, sorumlunun mühür kodunu kontrol etmeden ürünleri alması (Hırsızlık olmuş ve bunu gizlemek amacıyla başka bir mühür yerleştirilmiş olabilir),
- Kamyon müşteri ana deposuna ulaştıktan sonra, sorumluların ürünleri içeriye taşınması sırasında ürünlerin hiçbir güvenlik önlemi olmadan açıkta beklemesi,
- Müşteri mağazalarına yapılan teslimatların zamanlama ve sırasının müşteri ana deposundaki sorumlu tarafından sezgisel olarak belirlenmesi (ör: Eyüp mağazası bir aydır Gillette ürün teslimatı almamış olabilir)
- Müşteri ana deposundan mağazalara yanlış miktarlarda ürün gönderilmesi

3.3. Problem

Temel problem, yapılan gözlemler ve analizler ışığında belirlenmiştir. Gillette ürünleri çalınma riski yüksek değerli ürünler olduğundan, mağazalarda satış stratejisi olarak *savunmacı satış*

kullanılmaktadır. Ancak, ürünlerin çalınması bu stratejiyle engellenmeye çalışılırken, aynı zamanda rafta bulunabilirlik seviyeleri ve satış miktarları da bu strateji yüzünden azalmaktadır. Genele bakıldığında, *savunmacı satış* stratejisinin yarardan çok zarar getirdiği tespit edilmiştir.

Rafta bulunabilirliği net bir şekilde azaltan bir başka önemli etken ise *sistemik bir yaklaşımın* eksikliğidir. Mağazalarda ve müşteri ana deposunda sistemik bir sipariş sistemi bulunmamakta, bu da sipariş miktarlarının sezgisel olarak belirlenmesine ve uygunsuz sipariş ve raf yenileme uygulamalarına yol açmaktadır. Ayrıca, veri sistemi eksikliğinden dolayı kayıp ürünleri takip etme konusunda zorluklar yaşanmaktadır.

Bu temel unsurları göz önüne alarak, problemimizi şu şekilde tanımlayabiliriz: “*Düşük rafta bulunabilirlik seviyelerine yol açan sistemik bir sipariş ve veri takip sisteminin eksikliği ve değerli ürünler için kullanılan yanlış satış stratejisi (savunmacı satış)*”

3.4. Amaç

Problemimizi tanımladıktan sonra, projenin genel amacını şu şekilde ifade edebiliriz: “*Ten Steps yönteminden faydalanıp, savunmacı satış stratejilerini ortadan kaldırarak ve bir sipariş ve veri takip sistemi tasarlayarak rafta bulunabilirlik seviyelerini artırmak.*”

Bu temel amacın yanı sıra, kullanacağımız yöntemler ve geliştireceğimiz model yardımıyla satış miktarlarını ve tüketici memnuniyetini artırmak da amaçlarımız arasındadır. Ana performans ölçütümüz *rafta bulunabilirlik seviyesi* olup, diğer performans ölçütlerimizi ise *kayıp oranı* ve *satış miktarı* oluşturmaktadır.

3.5. Literatür taraması

Problem tanımı ve sistem analizi yapıldıktan sonra şirketin proje adına ilk önerisi olan *Ten Steps* yaklaşımını akademik kaynaklarla birleştirmek ve kayıplara ana sebep olarak görülen sipariş ve yenileme sistemlerindeki eksiklikler için uygulamalar bulmak üzere literatür araştırmasına başlandı.

Rafta bulunabilirlik, literatürde geniş yer tutan ve dayandığı geniş sebep yelpazesinden ötürü çok fazla makale incelemeyi gerektiren bir konuydu. Çözüm yaklaşımları geliştirmek için, *perakendeci kayıplarını engellemenin etkili yolları*, *perakendecilerde çalışan hırsızlıkları*, *perakendeci güvenlik yöntemleri*, *rafta bulunabilirliği arttırmak*, *operasyonel mükemmellik* vb. üzerine 20’den fazla makale okunurken; bunların arasından bazıları projede kullanılabilir ve gerçek hayatta uygulanabilir bulundu.

İlk fikir, Becky & Oliphant’ın (2001) makalesinde yola çıkarak çalışanlardan kaynaklanan hırsızlığı en aza indirmek amacıyla çalışan davranışlarına odaklanmış bir “poster yöntemi”ydi. Amacı çalışanların

belirli ürünler için farkındalığını arttırırken, aynı zamanda da takip edilmelerini sağlamak olan bu yöntem aynı zamanda *Ten Steps* yaklaşımının “Farkındalığı Arttırmak” adımı için de uygundu.

İkinci fikir, DeHoratius’un (2004) makalesine dayanarak, çalışanların savunmacı satış yöntemlerine başvurmadan karı arttırmaya yönelik olarak yaptıkları çalışmalar sonucu katkıları üzerinden ödüllendirmelerine dayanan bir “ödül sistemi”ydi. Yöntem aynı zamanda *Ten Steps* yaklaşımının “Mağaza içi görevli” basamağı için de uygundu.

Son ve en önemli literatür taraması sonucu ise, Kök ve Shang’in (2007) adlı makalesine dayanarak oluşturulan “yenileme ve sipariş sistemi”ydi. Makalenin amacı, “envanter ve sayımdan kaynaklanan toplam maliyetlerin, birleşik bir envanter sayımı ve yenileme sistemiyle en aza indirilmesi” idi. *Ten Steps* yaklaşımının “veri uyumluluğu, uygun yenileme ve düzenli sayım” basamaklarına da hitap eden bu makalede, 2 ana yöntem “sayım/denetim üzerine kurulmuş sistem (IABS-inspection-adjusted base-stock policy-)” ve “sayım aralığı üzerine kurulmuş sistem (CCABS -cycle count-adjusted base-stock policy-)” önerilmektedir. Ortak olarak her iki yöntem de rafta bulunabilirliği arttırmak için birer *stok eşik değeri* ve *sipariş üst seviyesi* bulmayı önermektedir. Farklı olarak ise, IABS envanter seviyesini, fiziksel ve sistemsel veri uyumsuzluğundan kaynaklanan hataları göz önüne alarak hesaplar ve sayımları envanter seviyesinin belirlenen eşik değerinin altında kaldığında yapılmasını önerirken; CCABS ilk önce ideal sayım aralıklarını bulduktan sonra envanter eşik değerini ve sipariş üst seviyesini en son sayımdan bu yana birikmiş olan hata miktarını da göz önüne alarak bulmaktadır.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, her iki önerinin de yaptığı ve gerçek hayata ters olan varsayımlardır. Her iki yöntem de tedarik süresini ve hataların ortalamasını “0” alırken kayıp satışları da göz önüne almamaktadır. Bu durumda, özellikle müşteri mağazaları gibi sistematikleşmemiş mağazalar için olumsuz insan etkisini ortadan kaldıracak bir sipariş sistemi gerekli olmasına rağmen; makale ve önerileri, pratik iş hayatına ve müşteri mağazalarına doğrudan uygulanmaya uygun değildir.

Literatür taramasının sonucu olarak önerilen 3 fikrin özellikle akademik bir temele dayanan ve gözlemlendiğimiz sorunlara ve problem tanımına doğrudan cevap vermeye yönelik olan “sipariş ve veri takip sistemi” üzerine gidilmesine ve gerçek hayata aktarılabilirlikte şekilde geliştirilmesine karar verilmiştir.

4. Önerilen Yöntem

Sipariş ve veri takip sistemi tasarımı çalışmaları sırasında sipariş miktarlarını dinamik olarak belirleyecek iki farklı algoritma oluşturulmuş ve bu algoritmaların arayüzleri yaratılmıştır.

4.1. Genel yaklaşım

Projenin ilk aşamasında, müşteri Ankara mağazalarında yapılan gözlemler ışığında, P&G'nin Gillette ürünlerindeki yüksek kayıp oranları ve düşük rafta bulunabilirlik sorununa çözüm olarak gördüğü ve uygulama kararı aldığı *Ten Steps* yaklaşımına, ne gibi iyileştirmelerde ve katkılarda bulunabileceğimiz irdelenmiştir. Bu irdemeler yapılırken P&G'nin bir çeşit problem çözme yaklaşımı olan ve *planlama, planları ayrıntılandırma ve ölçme, analiz yapma, çözümler üretme, uygulama ve değerlendirme* gibi altı basamaktan oluşan, *Road Map* yöntemi kullanıldı. "Hata Türleri ve Etkileri Analizi" ve "Fishbone Analizi" gibi analizler de yapılarak, P&G'nin *Ten Steps* uygulamalarının içinde yer alıp, çözüme yönelik çeşitli katkılarda bulunulmuştur. P&G'nin, müşterinin ve proje takımının birlikte yürüttüğü bu ortak çalışmanın sonucunda ortaya çıkan en son analizler ve çözüm önerileri ekte yer almaktadır (Ek 1).

İlk aşamada yer alan çalışmalar daha çok pratik hayat uygulamalarına ve kısa vadede uygulanabilecek, fiziksel çözümler üzerine odaklanmışken; projenin ikinci aşamasında geliştirilen öneriler ve yöntemler daha çok akademik ağırlıklı olup pratik hayata uygulanabilecek içeriktedir. Firma yetkilileriyle yapılan görüşmeler ve literatür araştırmaları sonucunda, sipariş ve veri yenileme sistemi oluşturulmasının rafta bulunabilirlik ve kayıp ürünler üzerinde yaratabileceği olumlu sonuçlar üzerinde karar kılınmış ve böyle bir sistemin oluşturulması kararı alınmıştır.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Geliştirilen sipariş ve veri yenileme sistemi *en iyileme* ve *sipariş arayüzü* olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır.

4.2.1. Arena kullanarak en iyileme

Modelin bu kısmında sistemin işleyişinde kullanılacak olan *ideal envanter sayım aralığının, alt ve üst envanter seviyelerinin (s, S)* belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için de Arena'nın *girdi çözümleyicisi* ve *OptQuest* gibi işlevleri kullanılacaktır. Sistemde, *haftalık talep ve hata değerleri (varsa dağılımlarını), ürün satış fiyatları, paket büyüklükleri, sipariş, envanter tutma ve ürün sayma maliyetleri* girdi olarak alınacaktır.

Hata değerleri, *kayıp ürünler* ve *insan hatası* olmak üzere iki temel etkenden oluşmaktadır. İnsan hatası faktörünün ortalaması toplamda sıfır olarak kabul edilirse (pozitif ve negatif hatalar birbirini

götürecek şekilde), özellikle Gillette ürünlerinde öne çıkan kayıpların etkisiyle, hata değerlerinin çoğunlukla negatif olacağı öngörülmektedir.

Benzetimle oluşturulan en iyileme yönteminde, ilk olarak alınan talep ve hata verileri girdi çözümleyicisi tarafından incelenerek benzedikleri olasılık dağılımları belirlenmektedir. (Bu dağılımlar programımıza girdi olarak verildiği taktirde bu adıma gerek duyulmayacak ve sadece satış verilerini kullanarak talep tahmini yapmaktan kaynaklanan düşük varsayımlarda bulunma sorunu ortadan kalkmış olacaktır.) Daha sonra elde edilen dağılımlar ve yukarıda bahsi geçen, kullanıcıdan alınacak diğer veriler, gerçek sipariş sistemine uygun olarak hazırlanan Arena benzetim modeline girdi olarak verilerek sistemin benzetimi tamamlanmaktadır.

Hazırlanan benzetim modelinde (Ek 3), belirlenen dağılımlara uygun olarak *haftalık talep* ve *hata miktarları* yaratılmakta ve fiziksel envanterin talebi karşıladığı durumlarda, fiziksel envanter talep kadar azaltılmaktadır. Aksi durumlarda ise ürün yetersizliğinden dolayı kayıp satış oluşmaktadır. Kayıp satışa yol açan bir diğer faktör ise, yaratılan hata miktarından (kayıplardan dolayı genellikle negatif olan) kaynaklanan, fiziksel ve sistemsel envanter arasındaki farklılıklardır. Bu tip durumlarda, sistemde, gerçekte olan ürün sayısından daha fazla ürün gözükeceğinden, gerekenden az sipariş verilecek; bu da kayıp satış ihtimalini artırırken, rafta bulunabilirliği azaltacaktır. Bunun en aza indirgenmesi için belirlenen envanter sayım aralıklarında sayım yapılması ve bu yapılan sayımlarda sistemdeki envanter bilgisinin fiziksel envanter bilgisine eşitlenmesi gerekmektedir.

Sipariş miktarlarının belirlenmesi için sistemsel envanter verileri kullanılmaktadır. Sistemdeki ürün miktarının, belirlenen alt envanter seviyesinden az olduğu durumlarda; envanter seviyesini, “hata miktarına bağlı olarak dinamik olarak değişen üst envanter seviyesine” tamamlayacak şekilde ve paket büyüklüğüne uygun miktarlarda sipariş verilmektedir.

En iyileme modelinin son kısmında ise, Arena'nın OptQuest işlevi kullanılarak (yukarıda bahsi geçen benzetim modeli üzerinden) kayıp satışlardan, envanter sayımlarında ve envanter tutmaktan kaynaklanan maliyetleri en aza indireyecek *envanter sayım aralığı*, *alt ve üst sipariş seviyeleri* belirlenmektedir. Belirlenen bu değerler, daha sonra, sipariş sisteminin ikinci kısmı olan Excel'de temel girdiler olarak kullanılmaktadır.

4.2.2. Sipariş arayüzü

Sipariş arayüzü oluşturulurken, yaratılan sipariş sisteminin herkes tarafından hızlı ve kolay bir biçimde kullanılabilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle arayüzün tamamı Microsoft Excel kullanılarak hazırlanmıştır (Ek 4). Microsoft Excel çalışma ortamlarında çokça

bulunan, erişimi ve kurulması kolay bir program olup; herhangi bir yüksek maliyetli lisans gerektirmemektedir. Bunun yanısıra, arayüz modelinin kodunun Visual Basic kullanılarak yapılandırılması, programın hız ve görsel açıdan başarılı olmasını sağlamaktadır. Arayüz, temel olarak 4 bölümden oluşmaktadır.

1. Komut arayüzü
2. Sipariş arayüzü (GUI)
3. Sipariş miktarı belirleme
4. Veritabanı - Bilgi Havuzu

Komut arayüzü, Excel programının yapacağı işlemleri başlatmak için kullanılır. Bu arayüzde sipariş verme sürecini başlatan, haftalık promosyon/ kampanya aktivitelerini tanımlamayı, içeriğe yeni ürün eklemeyi ve içerikten ürün çıkarmayı sağlayan 4 ana komut bulunmaktadır.

Programın ikinci kısmı, çalışanların sipariş vermekte kullanacağı *sipariş arayüzü*dür. Buradaki önemli nokta, arayüzün, düşük eğitilmiş ve/veya tecrübesiz bir mağaza çalışanının, programı doğru kullanmasına imkan sağlayacak kolaylıkta oluşturulmasıdır. Bu bakış açısı ışığında oluşturulan arayüz, her hafta mağazadaki Gillette sorumlusu sipariş vermek istediğinde, sayım zamanı gelmiş ürünlerin sayımını ve envanter seviyelerinin programa girilmesini zorunlu tutmaktadır. (Hangi ürünlerin sayılması gerektiği konusunda program kullanıcıyı uyarılmaktadır.) Bu şekilde düzenli bir sayım sistemin uygulanması sağlanmaktadır. Gerekli sayımlar yapıldıktan sonra, kullanıcıdan her ürünün geçmiş haftaki satış bilgileri alınarak, komut arayüzünden alınan promosyon aktivite bilgileri doğrultusunda, uygun sipariş miktarları program tarafından otomatik olarak belirlenmektedir. (Kullanıcı gerek gördüğünde önerilen miktarlardan farklı sipariş miktarları belirtebilir.)

Programın üçüncü kısmı, gerekli sipariş miktarlarının hesaplandığı bölümdür. Bu bölümde, sipariş miktarı, en iyileme yöntemleriyle elde ettiğimiz değerlere göre hesaplanmaktadır. Bu hesap sırasında, her ürünün belirlenmiş *alt ve üst envanter seviyeleri*, *paket büyüklükleri*, *hata değerleri*, *sayım aralıkları* gibi birçok veri kullanılmaktadır. Bu kısım kullanıcı tarafından görülememekte ve sadece üst yönetimin ulaşabileceği şekilde tasarlanmaktadır.

Son olarak, programımız mağazaların karşılaşılabileceği veritabanı sorunlarına odaklanmakta ve bu nedenle kullanıcı tarafından girilen her bilgi programımızda tutulmaktadır. Bu veri havuzunun önemi, üst yönetimin karar verme mekanizmasına yardımcı olacak bilgileri ve kayıp ürün verilerini doğru ve sistemli bir şekilde tutabilmesidir. Bu bölüm de karışıklıkları ve dışarıdan müdahaleleri önlemek amacıyla alt seviyedeki kullanıcının erişimine kapatılmıştır.

5. Yöntemin Uygulanması

Daha önce de “Önerilen Yöntem ve Uygulaması” kısmında belirtildiği üzere, projemizin ilk aşamasında *Ten Steps* uygulamalarıyla müşteri mağazalarında yapılabilecek iyileştirmelere yönelik bir çalışma yapmış ve bu çalışmalar sırasında *Road Map* yönteminden yararlanmıştık. P&G yetkilileri, içinde bizim önerilerimizin (ödül sistemi, poster yöntemi ve diğer fiziksel önerilerimiz) de yer aldığı bir iyileştirme paketini, belirlenen bazı pilot mağazalarda uygulamayı önermiş ancak müşteri mağazalarıyla yaptıkları anlaşmalar gereği bu uygulamaların sonuçlarını proje grubumuzla paylaşamamıştır. (Ek 1.3)

Projemizin ikinci kısmı için geliştirdiğimiz yeni sipariş sistemi ise P&G yetkilileri tarafından başarılı bulunmuş ve yapılacak birkaç değişikliğin ardından pilot mağazalarda uygulanabileceği belirtilmiştir. Ancak firmalar arasındaki protokollerin uzun zaman alması nedeniyle geliştirdiğimiz sipariş sistemini uygulayabileceğimiz mağaza arama çalışmaları henüz sonuçlanamamıştır. Bu mağaza arama çalışmaları süresince yazdığımız bilgisayar programları ve arayüzler, yetkililerin önerileri doğrultusunda tarafımızca değiştirilmiş ve Arena kullanımında oluşabilecek zorluk ve lisans sorunlarını ortadan kaldırmak adına, Arena’da yapılan *En İyileme* çalışmaları Excel’deki *sipariş arayüzüne* dahil edilerek program pilot uygulamalara hazır hale getirilmiştir.

5.1. Excel kullanarak en iyileme

Arena’da oluşturulan *En İyileme* yönteminin birebir Excel’e aktarılması mümkün olmadığından, diğer yönetime nazaran daha fazla varsayıma dayanan ve yaklaşık değerler veren; ancak büyük bir kullanım kolaylığı sağlayan yeni bir *En İyileme* yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, her bir ürünün talep ortalamasını ve standart sapmasını Excel’in *Tarih Datasındaki* satış verileri üzerinden hareketli ortalama yöntemi ile kendi hesaplamakta, dolayısıyla herhangi ek bir satış veya hata girdisine ihtiyaç duymamaktadır. Excel sadece *ürün satış fiyatını* kullanıcıdan girdi olarak almakta ve *envanterde bulunma maliyeti, kayıp satış maliyeti ve sipariş maliyetini*, belirlenen varsayımlar doğrultusunda, girilen satış fiyatı üzerinden hesaplanmaktadır. Bunun yanı sıra program, kayıp satış maliyeti ve envanter maliyetini *kritik rasyo* yöntemine sokarak *en alt envanter seviyesini (s)* bulmaktadır. Aynı şekilde envanter maliyeti ve sipariş maliyetlerini ekonomik sipariş miktarı yöntemine girdi olarak tanımlayan program, böylelikle *üst envanter seviyesini (S)* hesaplamakta ve miktarı hata oranlarına bağlı olarak değiştirmektedir. Özetle, sistem ürünün *talep ortalaması, standart sapması ve satış fiyatını* kullanarak, *alt ve üst envanter seviyelerini (s-S)* belirlemektedir.

6. Uygulama Planı

Yaratığımız sipariş ve veri takip sisteminin pilot mağazalarda uygulanmaya başlanabilmesi için öncelikle, mağazalardaki Gillette sorumlularının ulaşabilecekleri bilgisayarlara, Excel’de yazdığımız *En İyileme* çalışması ve *Sipariş Arayüzünü* içeren dosyanın yüklenmesi ve siparişlerden sorumlu kişilere, bu programı kullanabilmelerini sağlayacak düzeyde bir eğitim verilmesi gerekmektedir. Bunu takiben sistemin çalışmaya başlaması için, 10 haftalık satış verilerinin (talebi yansıtması açısından bu süre değişebilir), maliyet hesaplamalarına yönelik varsayımların, satış fiyatlarının, standart paket boyutunun ve önem grubunun programa girilmesi gerekmektedir.

Programın kullanım aşamasında, haftalık sipariş yaratmak için, mağazadaki Gillette görevlisinin haftalık satış verilerini ve promosyon/kampanya aktivitelerine yönelik bilgileri arayüze girmesi ve arayüzden gelen komutlara göre gerekli görülen ürünlerin sayımlarını yaparak programı güncellemesi yeterli olacaktır. Bunun sonucunda, program tarafından, uygun haftalık sipariş miktarı otomatik olarak belirlenecektir. İlk birkaç hafta arayüzün kullanımında bir hata oluşmaması açısından işlemler kontrol edilmeli ve gerekli destek sağlanmalıdır.

Model sayesinde, mağazalarda bir sipariş ve raf yenileme sistemi kurmanın yanı sıra, mağazalarda düzenli aralıklarla sayım yapılması ve satış, kayıp ürün, envanter miktarı, satış gibi verilerin düzenli olarak tutulması da sağlanacaktır. Envanter miktarının etkili bir şekilde belirlenmesi sayesinde kayıp satışların da azalması beklenmektedir. Uygulama sonrasında, kayıp ürün, satış miktarı ve rafta bulunurluk seviyelerinin önceki ve sonraki değerleri karşılaştırılarak modelin ne kadar başarılı olduğu değerlendirilmelidir.

7. Genel Değerlendirme

Önerilen “dinamik sipariş ve veri takip sistemi tasarımı”, şirketin beklentileri, belirlenen sorunlar ve yapılan incelemeler doğrultusunda ortaya çıkarılan eksiklik ve ihtiyaçlardan doğmuştur. Bu sebeple de, literatür taraması sonucu temelleri atılan fakat geliştirilerek gerçek hayata uygulanabilir hale getirilen bu model, *hataların etkilerini ve periyodik sipariş düzenini göz önüne alarak; en iyi sayım aralıklarını ve sipariş miktarlarını bulmakla kalmayıp; veri tabanı olarak da kullanılabilir*dir. Bu sistem tasarımı esnasında kullanılan 4 senelik akademik bilgi birikimi; P&G’den aldığımız iş dünyasına ait yaklaşımlarla ilgili eğitimleri ve literatür araştırması sonucu kazanılanlar; projenin hem akademik hayattan hem de iş hayatından beslenerek; hem akademik hem de pratik hayata hizmet edecek şekilde geliştirilmesini sağlamıştır.

7.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

- Her ürün için ayrı ayrı *envanter eşik değeri* ve *dinamik bir üst envanter seviyesi* belirlenirken, hataların etkileri ve periyodik siparişler göz önüne alınarak en iyi sayım aralıkları ve sipariş miktarının bilgisayar ortamında belirlenmesi olumsuz insan etkisini ortadan kaldırmakta, sistemi manuel bir durumdan kurtararak sistematikleştirmektedir.
- Aynı zamanda, raporun genelinde bahsedilen ve şimdiye kadar tutulmadığı için büyük eksiklik yaratan bütün verilerin de tutulmasını; sistemin aynı zamanda kayıp, satış, sipariş, sayım aralığı vb. değerler için veri tabanı görevi yapmasını sağlamaktadır.
- Rafta bulunabilirlik başta proje danışmanlarının belirttiği üzere, P&G gibi bir hızlı tüketim şirketi tarafından fazlasıyla önem verilen ve geliştirilmek üzere çalışmalar yapılan bir konudur. Şu an için en düşük stoksuz kalma oranı %7 olarak belirlenmişken; tasarlanan modelin bu seviyeyi şirketin amaçladığı %4 oranına düşürmesi hedeflenmektedir.
- Her bir kaybın azaltılması \$0.70; her bir envanter azaltımının \$0.20; satıştaki her bir artışın \$0.15 net gelir artışına sebep olduğu göz önüne alınırsa %60'lara yakın bir potansiyel marjın büyümesi olabileceği tahmin edilmektedir.
- P&G Gillette tamamen kendine özgü ve pazar lideri bir ürün olduğu için projenin şirkete en büyük katkılarından biri de müşteri üzerindeki etkisi olacaktır. P&G tarafından yapılan araştırmalar sonucu, mağazada istediği Gillette (Mach 3) ürününü bulamayınca müşterilerin %77'sinin o mağazayı terk ettiği belirlenmiştir. Bu durum hem mağaza sahibinin Gillette satışını düşürerek kendisini ve P&G firmasını etkilemesine; hem de Gillette dışındaki olası satışlarının da düşmesine neden olmaktadır. Tasarlanan sistem ise böylece hem mağaza sahibine, hem P&G firmasına hem de müşteriye yarar sağlamaktadır.
- Tasarlanan modelin, P&G firması ve Gillette markasına olan doğrudan olumlu etkilerinin yanında; sipariş sistemini sistematikleştirmenin maliyetini kaldıramayacak olan küçük ölçekli mağazalar için de kolayca edinilebilir ve kullanılabilir.

7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

P&G firması ve Gillette özelinde hazırlanmış olan bu projede, belirlenmiş belirli ürünler için kurulan bu model oldukça esnek ve adaptasyonu yüksek şekilde tasarlanmıştır. Programı edinerek kullanmaya başlayacak olan P&G veya herhangi bir firma ya da mağaza, modelde var olan ürünlere istediği kadar yenisini ekleyebilir ve bütün işlemlerin onlar için de yapılmasını sağlayabilir. Herkesin

kolayca kullanabileceği model diğer bütün mağazalar ve ürünler için olarak geliştirilmeye açıktır.

KAYNAKÇA

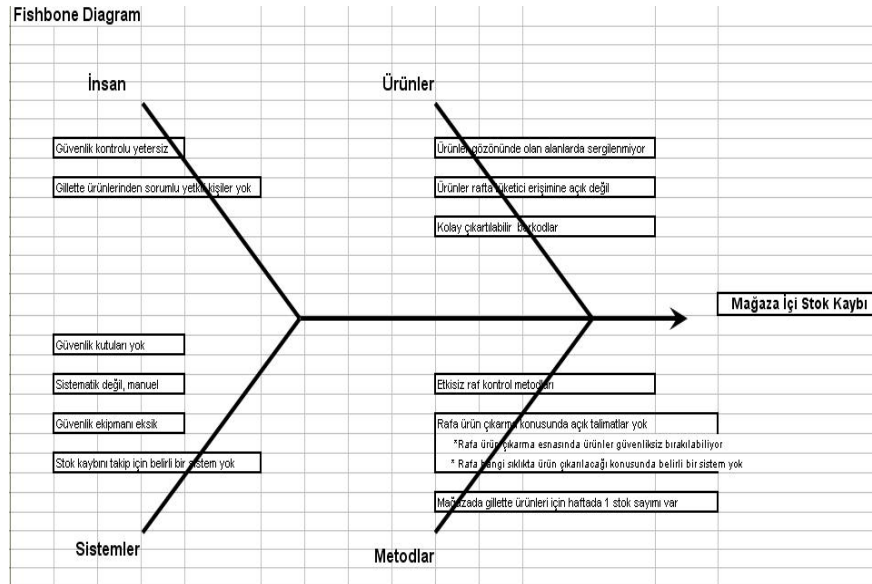
- DeHoratius, N. (2004). "Store Manager Incentive Design and Retail Performance at Tweeter Home Ent. Group", 2004.
- Becky J. ve Oliphant, G. (2001). "Using a behavior-based method to identify and reduce employee theft", *International Journal of Retail & Distribution Management*. 29(10), 442-451.
- Kök, A. G. ve Shang, H.K. (2007). "Inspection and Replenishment Policies for Systems with Inventory Record Inaccuracy", *Manufacturing & Service Operations Management*. 9(2), 185–205.
- <http://www.pg.com.tr>

EKLER

Ek 1.1. "Ten Steps" yaklaşımı FMEA analizi görünümü

Hata Türleri ve Etkileri Analizi							
Proses adımları	Potansiyel hata	Etkisi-Stok kaybı	Etkisi-Rafta Bulunurlu	Oluşma sıklığı	Tespit edilebilirliği	Risk	Sayı
P&G Depo - Yükleme Seviyesi	Kosiflerden sipariş gelir SAP planlama toolu 15 dk'da bir çalışır, sistemden sipariş alınır Depo siparişin ne kadarnı karşılıyor, dış depoya ürün getirilir Planlama yapılır > kamyonlaştırma toolu ve rotalama kullanılır Planlama sonrası evrak iceri verilir Gillette ekibi sistemden pick listesi çeker, ürünleri lokasyonundan toplar Ürünler Gillette alanında toplanır İlk sayım toplayan yapar (manuel toplama ve gözle sayım) İkinci sayım her evraka verilen memur tarafından yapılır Mal yüklemeye alanına gönderilir Rampa memuru yüklemeye alanında son kontrol ve sayım yapar Depoda Gillette ürünleri sayımı ayda 1 yapılır Araç yükledikten sonra mühür vurulur. Söfor teslim aldığına dair irsaliyeyi imzalar Her gün depo çıkışında çalışanlar aranır	Saatli seviyatlarda pick zamanlarında ürün yetişmeyebilir	1	2	2	2	8
Müşteri Gillette Depo Mal Kabul Prosesi	Kamyon Gillette deponun bulunduğu Güngören'e ulaşır Stok mal kabul alanında indirilir Söfor mal depoya götürür, söfor dışında malim başında kimse yok İnsanlar iceri kontrolsüz girip çıkabiliyor Deponun anahtarı sadece Mehmet Arslan'da var Depoda ürünler yerde duruyor Sayım manuel, gözle yapılıyor Sayım yapan, irsaliyeyi kesip hazırlayan, mali mağazaya götüren aynı kişi tek kontrol mekanizması Stok takip sistemi yok. Mağazadan gelen siparişlerle göz karan stok tutuluyor Stok sayımı 6 ayda bir yapılıyor Sigara siparişi olmadığında Gillette teslimatı yapıyor	Stok açık bir alanda bırakılıyor Kontrolsüz depo alanına giriş	3	3	4	4	36
Eyp Mağaza Mal Kabul Prosesi	Mağazada mal kabul görevlisi ürünleri teslim alıyor Reyon şefi mağazadan teslim için çağrılıyor Sayım karmaskı, manuel yapılıyor, irsaliyeye check atma vs. yok Mach 3 4'ü 1 kutu fazla çıktı Blue II Plus 16-4 delist olmuş Mağaza sistemi Warcube, çok yavaş, irsaliyeyi girip sistemi update etmek zaman alıyor	Sayım hatası Master data hatası Stok sisteminde var görünmeden fiziksel olarak var oluyo	3	1	4	4	48

Ek 1.2. "Ten Steps" yaklaşımı fishbone analizi görünümü-2



Ek 1.3. “Ten Steps” yaklaşımı önerilerinin görünümü

ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

İnsan

- * Gillette depoda mal kabulunu, sisteme stok girişini ve teslimatı yapan kişiler ayrı olmalı
- * Mağazalarda gillette ürünlerinden sorumlu bir kişi olmalı (Mağaza İçi Şampiyonu)
- * Gillette depoda ve mağazalarda ürünlerin mal kabul alanında yetkili kişilerce teslim alınması, şoförlerin /refakatçilerin depo içine sokulmaması

Ürün

- * Gillette ürünleri değerli ürün kategorisinde görülmeli
- * Gillette ürünlerinin rafta olması ve gözönünde sergilenmesi

Proses ve metodlar

- * Mal kabul, teslimat ve rafta ürün çıkarma aşamalarıyla ilgili açık talimatlar belirlenmesi ve çalışanlarla paylaşılması
- * Düzenli ve sık sayım yapılmalı (Ambar Sistemine geçilince Ana depoda günlük rasgele sayım yapılacak)
- * Mal kabul ve teslimat aşamalarında ayrı ayrı sayım yapılmalı (Birden fazla kontrol mekanizması)
- * Gillette depoda ürünler mağaza bazında ayrı hazırlansın. İrsaliesi üzerine konularak ana deponun göndereceği araç tarafından alınsın. Mağaza sevkiyatı ana depodan yapılsın. (Bkz.Sistem veEkipmanlar¹⁰⁰)
- * Ödüllendirme metodu olarak; kar belli bir seviyenin üzerinde olduğu ve kayıp azaldığı süreçte yetkili kişilerin ödüllendirilmesi

Sistem ve Ekipmanlar

- * Ürünler mal kabul alanında güvenlik kutularının içine konulmak ve rafta bu şekilde çıkarılmalı
- * Mağazalardaki güvenlik ve alarm sistemlerinin çalışır durumda olduğunun teyid edilmesi
- * Envanter Kontrol ve Raf Yenileme Programı -
Optimum Sayım Aralıklarının Bulunması -
Rafı doğru yenileme miktarının belirlenmesi
- ¹⁰⁰ Gillette depodan ana depoya ve oradan mağazalara sevki sırasında ürünlerin güvenliği için rulot ya da mühürlü kutuların kullanılması
- * Mağazada irsalieye girişlerinin haftalık sayım öncesi tamamlanmış olması
- * Ortak bilinç yaratmak için haftalık kayıp adetlerini ve tutarlarını içeren grafiklerin poster haline getirilerek ortak alanlara asılması

Ek 2. Ten Steps yaklaşımındaki basamakların özet görünümü



1 DATA SYNCHRONIZATION

Products are often not set up correctly in the master database. This creates confusion within the system and often leads to the impression of a loss. Synchronizing data files removes this confusion and reduces shrink—too often an underemphasized root cause, especially on new items and promotions.



2 SECURE DELIVERY

High-risk and low-risk products are often not separated or secured during transit, which makes them vulnerable and difficult to count. Treat high-risk Health & Beauty products like any other high-risk product (such as cigarettes or electronics) by delivering them securely.



3 IN-STORE CHAMPION

One way of minimizing exposure to shrink is to give carefully chosen members of staff the sole responsibility of owning the product and the process. The champion should assume responsibility for high-risk products from receipt to the shelf, performing duties such as regular physical counts.



4 FAST-TRACKING TO SECURE AREA

The delivery area of any distribution center or store can be busy, which leaves goods vulnerable. Associates should be asked to "fast-track" high-risk products to a secure area as soon as they arrive.



5 CHECK DELIVERIES

Mistakes or shortages in deliveries often show up as shrink; key associates should, therefore, regularly check deliveries and be responsible for any discrepancies.



6 PRODUCT PROTECTION

Thieves will look to target items where little effort is required and risk of detection is low. Employing product protection measures such as anti-theft pegs, safer cases, hard tags and theft-deterrent packaging can help slow thieves down and deter theft from the shop floor.



7 VISIBLE LOCATIONS

Putting high-value products behind a counter can frustrate shoppers and lead to lost sales. Putting them in a dark or less-visible location creates temptation. Place hot products in highly visible locations where the risk of detection is high—in the line of sight of associates, in high-traffic locations such as checkout, or simply increase the lighting level.



8 APPROPRIATE REPLENISHMENT

Too much product in stock or on display tempts thieves. Too little frustrates shoppers. To reduce both risks, keep inventories in line with the rate of sale and replenish more often. To facilitate this process in-store, try to save time and effort by securing the excess stock close to the shelf / display.



9 REGULAR COUNTING

Inaccurate on-hand counts will lead to improper replenishment and frustrate the shopper. The regular counting of high-risk products will not only help track losses, deter theft, and improve detection, it will also guarantee accurate re-ordering and improved in-stocks.



10 ASSOCIATE AWARENESS

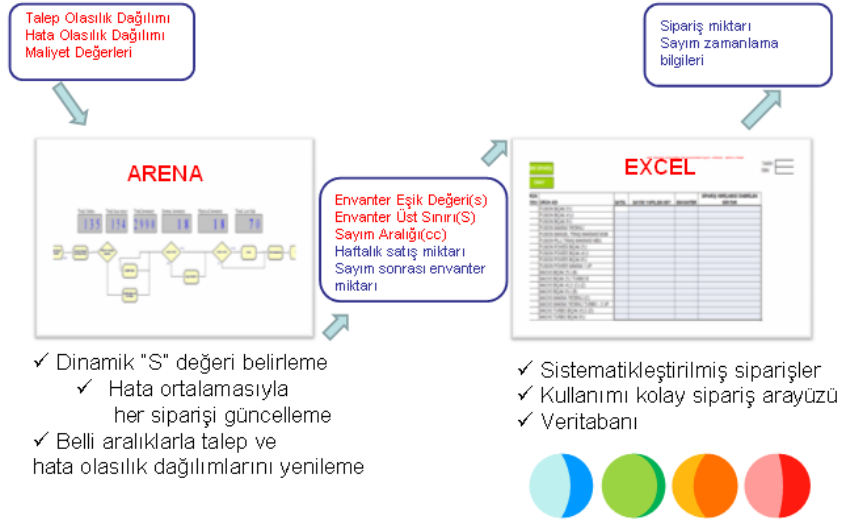
Thieves will look to target stores that are the most vulnerable. If all associates are encouraged to be more alert, then losses will reduce and products will become more available to the shopper, thus boosting sales.

Ek 4.4. Excel programı bilgi havuzu arayüzü

Code	Product	Mean	Std. Dev.	Selling Price	Buying Price	Holding Cost	Lost Sale Cost	Order Cost	Critical Ratio	Current Inventory	Reorder Point	OUTL Base	OUTL Temp	Package Size	Inaccuracy
1	FUSION BIÇAK 2'Lİ	15	10	13	7,8	0,312	5,2	6,3	0,94	93	31	56	56	9	2
2	FUSION BIÇAK 4'LÜ	10	5	17	10,2	0,408	6,8	6,3	0,94	67	18	36	37	6	1
3	FUSION BIÇAK 8'Lİ	20	15	21	12,6	0,504	8,4	6,3	0,94	104	44	66	66	3	3
4	FUSION MAKİNA YEDEK Lİ	10	5	8	4,8	0,182	3,2	6,3	0,94	93	18	44	44	6	2
5	FUSION MANUEL TIRAŞ MAKİNASI MB6	5	5	15	9	0,36	6	6,3	0,94	63	13	26	27	12	1
6	FUSION PİLİ TIRAŞ MAKİNASI MB6	10	10	12	7,2	0,288	4,8	6,3	0,94	84	26	47	48	6	2
7	FUSION POWER BIÇAK 2'Lİ	20	10	19	11,4	0,456	7,8	6,3	0,94	118	36	60	60	9	2
8	FUSION POWER BIÇAK 4'LÜ	5	5	20	12	0,48	8	6,3	0,94	56	13	24	25	12	1
9	FUSION POWER BIÇAK 8'Lİ	10	5	5	3	0,12	2	6,3	0,94	126	18	50	52	6	2
10	FUSION POWER MAKİNA 1 UP	5	5	14	8,4	0,336	5,6	6,3	0,94	77	13	27	27	12	1
11	MACH3 BIÇAK 2'Lİ (B)	15	10	13	7,8	0,312	5,2	6,3	0,94	119	31	56	56	9	2
12	MACH3 BIÇAK 2'Lİ TURBO B	10	5	17	10,2	0,408	6,8	6,3	0,94	91	18	36	37	4	1
13	MACH3 BIÇAK 4'LÜ (C) (Z)	20	15	21	12,6	0,504	8,4	6,3	0,94	130	44	66	66	6	3
14	MACH3 BIÇAK 8'Lİ (B)	10	5	8	4,8	0,182	3,2	6,3	0,94	117	18	44	44	2	2
15	MACH3 MAKİNA YEDEK Lİ (C)	5	5	15	9	0,36	6	6,3	0,94	72	13	26	27	8	1
16	MACH3 MAKİNA YEDEK Lİ TURBO - 2 UP	10	10	12	7,2	0,288	4,8	6,3	0,94	120	26	47	48	10	2
17	MACH3 TURBO BIÇAK 4'LÜ (D)	20	10	19	11,4	0,456	7,8	6,3	0,94	138	36	60	60	6	2
18	MACH3 TURBO BIÇAK 8'Lİ	5	5	20	12	0,48	8	6,3	0,94	56	13	24	25	8	1

Ek 4.5. Excel programına genel bir bakış

Genel Bakış



Ana Dağıtım Deposunun Yeniden Yapılandırılması

Sanofi-aventis İlaçları Ltd. Şti

Proje Ekibi

Çağdaş Akarsu
Gökhan İsmail Aydın
Ömer Serdar Baş
Göktürk Ozan
Cumhur Özkor

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Aren Avadisyan, Sanofi aventis İlaçları Ltd. Şti.,
Kalite Güvence Birim Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Yiğit Karpat, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada sanofi-aventis ana dağıtım deposundaki etiketleme, sipariş toplama ve paketleme işlemlerinin yapıldığı bölümler tek tek incelenmiş ve sistemin performansını bütünsel olarak iyileştirecek çözümler geliştirilmiştir. Paketleme alanı düzeni yeniden tasarlanmış, sipariş toplama alanı için geliştirilen rotalama sistemi ve yeni palet tasarımı ile ürün toplama süreci iyileştirilmiş ve hızlandırılmıştır. Bu çalışma dahilinde geliştirilen barkod okuma ve veri işleme programı ile koli içerisindeki ilaçların takibi mümkün hale getirilmiş, içinde dönen algoritmayla her sipariş için koli sarfiyatının minimuma indirilmesi sağlanmıştır. Sağlık Bakanlığı tarafından 2009 yılından itibaren ilaç sektörü için zorunlu hale getirilecek iki boyutlu barkod sistemine uyum açısından firmaya avantajlar sunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Barkod, palet tasarımı, yerleşim planı, rotalama, yazılım.

1. İşletme Tanıtımı

Sanofi-aventis dünya ilaç sektörünün en büyük kuruluşları arasında 5. ve dünyadaki en büyük ilk 500 şirket sıralamasında 169. sırada bulunmaktadır. Avrupa'nın birinci ve Türkiye'nin üçüncü en büyük ilaç firmasıdır. Sanofi-aventis kardiovasküler/tromboz, metabolik hastalıklar, onkoloji, merkezi sinir sistemi, dahiliye, alerji, OTC alanlarda ilaç üretmektedir. Sanofi-pasteur ise Avrupa'nın en büyük aşı üreticisi konumundadır. Sanofi-aventis dünya ilaç pazarının %5,3'ne sahiptir ve bu pazar payı Sanofi-aventis'i sektörün en güçlü ilk 5 markası arasına sokmuştur. Dünya genelinde 37 milyar dolarlık ciroya sahiptir. Türkiye ana dağıtım deposu aylık yaklaşık 6 milyon kutu ilaç sevkiyat ortalaması ile hizmet vermektedir. Sanofi-aventis Türkiye bünyesinde 730 ilaç temsilcisi, 200 beyaz yakalı ve 15 mavi yakalı çalışan bulunmaktadır. Bu çalışanların içindeki mavi yakalı personelin tamamı ana dağıtım deposunda hizmet vermektedir. Sanofi-aventis, İstanbul ana dağıtım deposuna gerek yurtdışından gerekse yurt içinden ilaç sevkiyatı yapılmaktadır. Pharmavision, Eczacıbaşı-Zentiva, Nobelfarma, Bilim Mefar, Biofarma gibi ilaç firmalarına Türkiye pazarında satılacak olan ürünler için fason üretim yaptırılmaktadır.

2. Projenin Tanımı

Sanofi-aventis Ana Dağıtım Deposu (ADD) ileri teknolojik yapılanması ile müşterilerine hızlı ve aktif servis vermeyi amaçlayan bir dağıtım merkezidir. 2007 Ağustos ayında uygulamaya konulan yeni depo yönetim sistemi sayesinde süreçlerde teknolojik yenilemeler olmuştur. Sipariş toplama alanında işçilerin belli bir düzen içinde çalışabilmeleri için sipariş toplama rotasyonu yapılması, radyo frekanslı barkod okuyucuların kullanımı sayesinde sipariş toplamanın hızlandırılmasıdır.

Şirket, depodaki işleyişin değerlendirilmesini ve yeniden yapılanmadan kaynaklanan sorunların belirlenerek çözümlenmesini istemektedir. Böylelikle, Türkiye'nin 2007 yılı sonu itibariyle 10 milyar doları aşması ve her yıl %15 büyümesi beklenen ilaç pazarında, sanofi-aventis'in artan siparişe cevap verebilir hale gelecek ve şirket içi maliyetlerin azaltılması sağlanabilecektir.

Ana dağıtım deposu; mal kabul, etiketleme ve fiyatlandırma, sipariş toplama alanını besleyen ana envanter, sipariş toplama ve paketleme-sevkiyat bölümlerinden oluşmaktadır. İthal edilen ve fason üreticilerden gelen ilaçlar mal kabul alanına gelmektedir. İthal edilen ilaçlar etiketlendirme ve fiyatlandırma bölümlerinde gerekli işlemlerden geçirilerek ana depoya taşınmaktadır. Fason üreticilerden gelen ilaçlar ise doğrudan ana depoya aktarılmaktadır. Sanofi-aventis ana merkezden gelen siparişler doğrultusunda sipariş hazırlama ekibi sipariş toplama

alanından topladıkları ilaçları paketleme alanına taşımakta ve bu ilaçlar paketlendikten sonra alıcılarına sevk edilmektedir.(Ek 1,2)

Deponun mal kabul alanı hariç her departmanında daha hızlı yapılabilecek sevkiyatı engelleyen problemlerin bulunduğu gözlemlenmiş ve bu yüzden belirli bir departmana yoğunlaşmanın aksine sistemin genel olarak ele alınıp ilgili her departmanda bulunan problemleri çözümlene kararı alınmıştır.

Projenin yöntem ve amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Şirketin beklentileri doğrultusunda sipariş toplama ve paketleme bölümlerinde çalışan işçilerin performanslarının ölçülmesi.
- Geçmiş yıllara ait detaylı sipariş, ilaç özellikleri ve maliyet bilgilerinin alınıp, projede kullanılması için analiz edilmesi ve tespit edilecek sorunlara hızlı ve ekonomik çözümler üretilmesi.
- Sipariş toplama ve paketleme bölümlerinde yaşanan problemleri gidermek ve süreci hızlandırmak amacıyla yeni bir sistem tasarımının yapılması.
- Genel maliyetlerin düşürülmesi.

3. Analiz

Bu bölümde deponun genel işleyişi ve departmanların birbirleri ile koordinasyonunun nasıl sağlandığı gözlemlenmiş ve problemler belirlenmiştir.

3.1. Mevcut sistemin analizi

Sanofi-aventis'e fason üretim yapan firmalardan ve yurtdışından gelen mallar depoya getirilerek satış zamanı gelene kadar stoklanır. Bu mallar, ilk olarak mal kabul alanına getirilerek paletler halinde bırakılırlar. Daha sonra ana envanter tanımlamasının sağlanması için barkodları basılan paletler toplanarak ana envanter içine alınırlar. Mal giriş alanının yanında bulunan etiketleme alanında ise Türkçe etiket ve fiyat baskı işlemleri yapılmaktadır. Etiketleri basılanlar depoya aktarılır. Sipariş toplama alanında işçinin sipariş içeriğini hangi sırada toplayacağını gösteren rotalama sistemi kullanılmaktadır (Ek 3). İşçi sistemin verdiği bu rotasyon doğrultusunda, ilaçları transpalet ile çektiği palet üstüne topladıktan sonra paketleme ve sevkiyat alanına bırakılmaktadır. Toplanan sipariş irsaliye eşleştirme ve sipariş adedi kontrollerinden sonra onaylanıp paketlenerek sevkiyat alanına gönderilirler.

Deponun işleyişinin anlaşılmasından sonra şirket yetkililerinin şikayetleri dinlenmiş ve gözlemlerimiz sonucunda, sipariş toplama alanında kullanılan rotalama sisteminin verimsiz olduğu ve fiyatlandırma-etiketleme departmanında işlenen ilaçlar kutu içine destelenmeden konduğu için sipariş toplama sürecinde vakit kaybedildiği anlaşılmıştır. Aynı zamanda çalışanların ürünleri toplarken eğilip kalkmaları süreçte yavaşlamaya ve çalışanlarda bel

rahatsızlıklarına yol açmaktadır. Paketleme alanında ise sipariş toplama, kolileme, irsaliye eşleştirme ve ürün adet kontrol işlemlerinden en uzun süreninin irsaliye eşleştirme ve ürün adet kontrolü olduğu görülmüştür. Sistem, sevkiyata gönderilen sipariş kolilerinin içeriğini yani hangi kutuda hangi ilaçların bulunduğunu kaydetmemektedir. Buda ilaçların kayıp veya çalınma durumunda, takip edilememesine neden olmaktadır. Ayrıca, paketleme alanında işçilerin siparişleri sevkiyata hazırlarken plansızca gereğinden fazla adette koli kullanmaları sevkiyat ve koli maliyetlerini arttırmaktadır.

3.2. Analizlerin sonuçları

Depo işleyişinin gün geçtikçe artan talepleri karşılayamayışından kaynaklanan kar kaybı ve sistemdeki verimsizliklerin doğurduğu maliyetler şirketin genel problemi olarak tanımlanabilir.

Farklı bölümlerde yaşanan problemler sonuç olarak şirkette iş gücü ve para kaybına sebep olmaktadır. Mevcut sorunlara yönelik çalışmalar ve analizler yapılırken literatür araştırılmış ve yapılmış araştırmalar değerlendirilmiştir. Bu bağlamda barkod ve veritabanı sistemleri, ergonomi çalışmaları, modelleme ve programlama dilleri konularıyla ilgili kaynaklardan araştırmalar yapılmıştır. Carpaneto ve diğerleri (1984) araştırmalarını Dijkstra algoritması ve SAP rotalama problemiyle örtüşen Darboğaz Gezgin Satıcı Problemi üzerine yapmışlardır. Yazdıkları makale Gezgin Satıcı Problemi'nin detaylarından ve Dijkstra Algoritmasından bahsetmektedir. Ek olarak Gezgin Satıcı Probleminin tersine makale içinde yer alan algoritmanın hem simetrik hem de asimetrik daha çok sayıda köşe içeren vakalarda başarıyla uygulanabilir olduğu anlaşılmıştır. Mukhopadhyay ve diğerleri (1997) çalışmalarını bilgi teknolojilerinin ve barkod sistemlerinin işleyiş çıktıları ve kalite üzerine olan etkilerini inceleme amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Değişik alanlardan bulunan çalışmalar bu makale çerçevesinde ele alınmıştır. Yer alan çalışmalar, sanofi-aventis ana dağıtım deposu içerisinde görülen radyo frekanslı tanımlama sistemini ilgilendiren mevcut problem ile örtüşmektedir.

4. Önerilen Yöntem

Bu bölümde şirketin maliyetlerinin düşürülmesine ve daha çok müşteri siparişine cevap verebilmesine yönelik getirilen çözüm önerileri ortaya konacaktır.

4.1. Genel izlenimler

Tanımlanan sorunlara ilişkin çözüm yöntemleri önerilirken uygulanabilirlik, teknolojik altyapı, performans ve maliyet analizleri göz önüne alınmıştır. Her çözüm için en az maliyetli, iş sürecini hızlandırıcı, toplam maliyetleri düşürücü ve uygulanabilirliği kolay yöntemler takip edilmiştir. Bu yöntemlerin ışığında, belirtilen sorunlar

bölgümlere atanmış ve her bölüm bir bütün olarak ele alınıp incelenmiştir.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm önerileri

4.2.1. Sipariş toplama alanı ve etiketlendirme-fiyatlandırma alanı

Sipariş toplama alanında koli içindeki ilaçların dağılık durması sipariş toplama işleminin süresini uzattığından bu sorunun kaynağının etiketleme bölümünde açılan ve tekrar toplanmayan ilaç desteleri olduğu görülmüştür. Bu sorunu engellemek için desteleri bozulan ilaçların gerekli işlemlerden sonra tekrar destelenebilmesi amacıyla bu bölüme paketleme makinesi alınması önerilmiştir. Makinanın performansını ve kapasitesini belirlemek amacıyla, ilaçların hangi adetlerde gruplanacağı belirlenmiştir. Bu amaçla, her ilaç için 10 aylık geçmiş siparişler analiz edilmiş, her çeşit ilaç için hangi adetlerde gruplama yapıldığı hesaplanmış ve maksimum ve minimum olarak hangi değerler arasında olması gerektiği hesaplanmıştır.

Sipariş toplama alanında işçi, sistemin sunduğu rotasyon dahilinde bir koridoru 2 kere kat etmektedir. (Ek 3) Fazladan kat edilen yolun önüne geçmek amacıyla rotasyon çalışmaları yapılmasına karar verilmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan depo boyutları alınmış ve hesaplamaların içine dâhil edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda uygun rotasyona karar verilmiştir. (Ek 4).

İşçi siparişi toplarken yaklaşık olarak bel hizasından aldığı ilacı yerden 15cm yükseklikteki paletin üstüne eğilerek koymaktadır. Bu hareket işçinin fazla enerji tüketmesine ve performansının düşmesine yol açmaktadır. Bu problemin önüne geçmek ve sipariş toplama işleminin hızlandırılması için ergonomik standartlarda palet tasarlanmıştır. Palet tasarlanırken yüksekliği, yük kapasitesi, hangi araç ile taşınacağı göz önünde bulundurulmuştur. Tasarlanan palet yerden 80 cm. yükseklikte, taban ölçüleri normal palet ölçülerinde ve 2 ton yük kapasitesine sahiptir. (Ek 5)

4.2.2. Paketleme alanı

Paketleme alanının mevcut düzeninde sipariş toplama alanından gelen paletler geliş güzel bir şekilde, herhangi bir kural izlenmeden alana bırakılmaktadır. Bu durum irsaliye eşleştirme işlemini zorlaştırmaktadır. Bu alanın düzenlenmesi amacıyla palet taşıma konveyörü sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem 4 tane, her biri 11 palet taşıma kapasitesine sahip tekerlekli konveyörden oluşmaktadır. Konveyörlerin yüksekliği 80 cm.'dir. Böylelikle toplamadan gelen paletler tasarlanan paletin de kullanımı ile masaya aktarılacak ve alanda palet karmaşası yaşanmayacaktır. (Ek 6)

İşçinin doğru paleti bulup içeriğini sayması özellikle yüksek adetli siparişlerde uzun zaman almaktadır. Barkod teknolojisinin kullanıldığı depoda, siparişlerin takibi ve siparişlerin adet kontrolüne yardımcı, palet

taşıma konveyörü sistemine entegre edilecek yeni bir program geliştirilmiş ve programlanmıştır. Bu program ayrıca, paketleme işleminde işçiye hangi koli çeşidini kullanması gerektiğini söyleyerek yardım edecek, kendi içinde en düşük maliyetli-en kullanışlı hacim programı ile lojistik ve kutu maliyetini düşürecektir. Yazılan program ASP yazılım dilinde ve SQL veritabanı kullanılarak programlanmıştır. Programın diğer bir özelliği ise işçinin ilaçları yerleştirdiği kutunun dolması ile tek tuşla kutunun içeriğini yazdırmasıdır. Böylelikle kutu içi ilaç takibi de gerçekleşmektedir. (Ek 7) Yapılan bu program ile şirkete Sağlık Bakanlığı'nın yeni geçeceği sistem için ön hazırlık yapılmış olacaktır.

4.3. Test aşaması

2007 yılı ilk on aylık raporlardan çıkartılan sonuca göre günlük ortalama 250 adet sipariş gönderilmektedir. Yine ilk on aylık satış raporlarına göre siparişlerin içinde ortalama 8,74 çeşit ilaç bulunmaktadır. Bu doğrultuda normal mesai saatlerinde toplam 2.185 çeşit ya da şirket içinde tabir edildiği ismiyle "kalem" mal toplanmaktadır. Bu da 8 saatlik periyotta 1 kalem malın 13,18 saniyede gönderildiğini göstermektedir. Genel olarak çok süreçli işlemlerde sistemin performansı en çok zamanı veren sürece göre alındığından, ilaç sevkiyat işlemindeki her sürecin performansını 13,18 saniye olarak alabilmekteyiz.

Sipariş toplama alanında önceden belirlenmiş zaman etüdü çalışmalarına göre yeni palet tasarımı ve beşli gruplanmış (paketleme makinesi ile) ilaçların sipariş toplama işleminin 7 saniye olduğu görülmüştür. Mevcut sistemde zaman etüdü yapıldığında aynı işlemin 12 saniye sürdüğü görülmüştür. Arasında 5 saniyelik bir zaman farkı vardır.

Paketleme alanındaki süreçler: irsaliye eşleştirme, ürün sayı kontrol ve koli içi yerleştirmedir. Önerdiğimiz sistemde irsaliye eşleştirme ortadan kaldırılmıştır ve ürün sayı kontrol gruplanmış ilaçların üzerindeki barkodlar okutularak yapılacaktır. Paketleme işleminde ise koli adeti ve çeşidi önceden bilinerek geriye kalan işlemler aynı kalacaktır. Ürün kontrol süreci önerilen sistemde zaman etüdü ile 5 saniye, pakete koyma işlemi ise 12,4 saniye olarak belirlenmiştir. Mevcut sistemdeki bu süreçler zaman etüdü ile ölçülememektedir çünkü siparişler paketleme alanında süreçler arasında uzun süreler beklediğinden dolayı zaman etüdü gerçekçi değerler vermemektedir.

Gözlemlerimiz ile ölçtüğümüz mevcut sistemde sipariş toplama 1 kalem başına 1,236 dakika, irsaliye eşleştirme 32 saniye, ürün sayı kontrolü 38 saniye ve ürün paketlemesi 35 saniyedir. Bu sürelerin diğer sürelerden yüksek olmasının nedeni paketleme alanındaki operasyonlar

arası bekleme sürelerinin de operasyon sürelerine dahil edilmiş olmasıdır.

4.4. Önerilen çözümlerin sonuçları ve çıktı analizleri

Toplayıcının sipariş toplama alanında kat ettiği yol, görüşmeler sonrası uygulanmaya başlanan “S” tipi rotalama ile %37 azaltılmıştır (Ek 4). Etiketleme alanına alınması önerilen paketleme makinesinin da sisteme dahil edilmesi ile performans daha da artacaktır. Paketleme alanındaki irsaliye eşleştirme işlemi önerilen sistemde barkod okuma ve bilgisayar yardımı ile tekerlekli masa üzerinde yapıldığından, irsaliye bekleme zamanı ortadan kalkacaktır. Ürün sayı kontrol işlemi, paketleme alanına kurulacak tekerlekli masa üzerinde yapılacaktır. Paketleme makinasında gruplandıktan ve ilacın çeşit, sayı bilgilerini barındıran barkod etiketinin grubun üstüne yapıştırılmasından sonra toplanan ilaçlar barkod makinasında kontrol edilecektir. Grup içeriğinin bilgileri okutularak bilgisayar yardımı ile ürün sayı kontrol işlemi yapılacak ve süreç zamanları hatasız bir şekilde kısalmaktadır.

5. Uygulama Planı

Sipariş toplama işleyişini hızlandırmak amacıyla 4 farklı rotalama modeli sunulmuştur. İşçiler S tipi rotalama ile en az yolu kat ederek siparişleri en kısa sürede toplayabilmektedir. Sanofi-aventis yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonrası “S” tipi rotalama şirket çalışanları tarafından uygun görülmüş ve 2 hafta boyunca ABAP dilinde kodlanarak sisteme dahil edilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Önerdiğimiz paketleme makinasının alımı kabul edilmiş ve hesapladığımız kapasite-performans gereklilikleri dahilinde şirket tarafından gerekli makina araştırılmaya başlanmıştır.

Şirket yetkilileri ile görüşüldükten sonra şirketin grubumuz tarafından önerilen ürün takip sisteminin SAP’ye doğrudan entegre edilemeyeceği görülmüştür. Şirket yetkilileri geliştirilen yazılımın şirket dışına verilecek taşeron iş ile şirketin sistemine entegrasyonunun sağlanabileceğini açıklamışlardır. Şirket yetkilileriyle yapılan görüşmeler ve alınan kararlar doğrultusunda taşeron işinin verilebileceği uygun fiyatlı taşeron firma arayışı başlamıştır.

6. Projenin Firmaya Getireceği Beklenen Katkılar

6.1. Paketleme alanı için yapılan yazılımın şirkete yararları:

1. Fiyat hacim indeksine göre hesaplanmış olan en düşük koli ve sevkiyat maliyeti yaratacak kolinin seçilebilmesi.
2. Kolilerin boş sevkiyatını önlemek için içindeki doluluk oranlarını ölçme ve istenilen oranda koli doluluk payını bırakabilmesi.
3. SAP ile iletişim halinde olabilen program sayesinde SAP’de kayıtlı sipariş bilgileri ışığında sevk edilecek siparişlerin adet kontrollerini barkod okuyucu sayesinde yapılabilmesi.

4. Her koli içine konulan ilaçları takip ederek hangi kolinin içine hangi ilacın konulduğunu takip edebilmesi.
5. Sevk edilen her kolinin iç dolum bilgisinin istenilen tarihe kadar saklanabilmesi.
6. Günlük olarak sevkiyat alanına giden koli ve sipariş bilgilerinin raporlanabilmesi.
7. Yazıcı ile iletişim halinde olunabildiği için irsaliye basımın daha rahat yapılabilmesi.
8. Her doldurulan koli için checklist hazırlanması.
9. Gönderilecek olan siparişlerin hacimlerinin hesaplanabilmesi.
10. Kolisiyle gönderilmeyen malların harcadığı koli miktarının belirlenmesi.
11. Dağıtım deposundan çıkan sipariş bilgi raporunu XML yada MS EXCEL dosyası olarak çıktısının alınabilmesi.
12. Şirket bünyesinde bulunan koli kartonlarının miktarının sisteme girilebilmesi.
13. Uyarı sistemi ile bitmeye yakın koli çeşitleri için önceden önlem alınması.
14. Yeni kolilerin sisteme maliyeti ve hacimleri ile birlikte kayıt edilebilmesi.
15. Biten koli yerine sürecin durmaması için başka koli kullanılmasını sağlayabilmesi
16. Sevkiyat için var olabilecek en düşük maliyetin hesaplanması.

6.2. Sipariş toplama ve paketleme alanında yapılan iyileştirmenin şirkete yararları

1. Etiketleme alanında önerilen sistem dahilinde kullanılan paketleme makinesinin etkileri zaman etüdüne entegre edildiğinde süreç kısılacaktır.
2. Toplayıcının sipariş toplama alanında kat ettiği yol, görüşmeler sonrası uygulanmaya başlanan “S” tipi rotalama ile %37 azaltılmıştır.
3. İrsaliye kontrolü önerilen sistemde barkod okuma ve bilgisayar yardımı ile tekerlekli masa üzerinde yapıldığından irsaliye bekleme zamanı ortadan kalkmıştır.

6.3. Önerilen sistemin maliyet analizi

Önerilen sistem için tasarlanan palet modelini üretmenin Manisa Organize Sanayi’nde yer alan Flash Plastik şirketiyle yapılan görüşmeler sonucunda ürün başına 350 YTL’ye mal olduğu öğrenilmiştir. Depo içerisinde yer alan mevcut paletler bu yeni paletlerle 15 (sipariş toplamada kullanılan eski palet sayısı) x 350 YTL’ye değiştirilecektir.

Önerilen diğer bir geliştirme aracı olan ve orijinal olarak tasarlanan aktarım masası ÜÇGE Makina Sistemleri şirketiyle yapılan

görüşmeler sonucunda kurulacak sistem ile ilgili fiyat ve performans analizi tamamlanmıştır. Önceden yapılan analizlere göre ihtiyacın 4 adet olduğuna karar kılınmıştır. Tam aksesuarlı (LCD ekran, okuma sistemleri) 4 adet masanın yaklaşık olarak toplam 18.000 Avro'ya temin edileceği ortaya çıkmıştır.

Piyasada bulunan, Balıkesir Asfaltı Örnek Sanayi Sitesi Bandırma'da yerleşik Atçı Makina ile yapılan görüşmeler sonucunda aksesuarsız ürünün 4.000 YTL'ye montajı dahil alınabileceği öğrenilmiştir. Ayrıca ürün en fazla 1 hafta içerisinde teslim edilecektir.

Kullanımı kolaylaştırmak amacıyla araştırılmış aktarım masalarının üstüne konulması ön görülen LCD dokunmatik ekranlar için piyasa araştırılması yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar ışığında 3 farklı şirketle temasa geçilmiştir. Alternatif 1 olarak NEC 17" LCD dokunmatik ekran 751,59 YTL'ye alınabilmektedir. Ek olarak; Intel Core Duo İşlemci, Intel 945GM chipset 1GB Bellek 160 GB sabit disk DVD okuyucu, 300 WATT güç kaynaklı kasa, Windows Vista işletim Sistemi, 224MB paylaşımlı ekran kartı, onboard ses kartı, 10/100 Mbps ethernet, klavye+mouse, speaker toplam olarak 587,99 YTL'ye mal olmaktadır. Alternatif 2 olarak E-life dokunmatik PC, 1.56 GHZ CPU, 40 GB HD 2.035 YTL'ye mal olmaktadır. Alternatif 3 olan ELO 19" LCD dokunmatik monitörün ise 1.158,5 YTL'ye mal olacağını görülmüştür. METROLOGIC kablosuz ve USB bağlantılı Bluetooth hafızalı barkod okuyucular sırasıyla 486,68 YTL ve 563,45 YTL'dir. Bu barkod okuyucuların toplam maliyeti seçilecek olan ürün x 4 (yeni paketleme bölümü tasarımı masa sayısı) (Ek 6) olarak hesaplanacaktır.

Alınacak makinenin yetkililerin söylediği üzere 80.000 Avro olduğu öğrenilmiştir. Uygulanabilecek en yüksek maliyette kurulacak sistem ambalajlama makinesi hariç dizayn edilmiş palet, 4 adet aktarım masası (tam takım), ve barkod okuyucu toplam olarak 48.704 YTL'ye mal olacaktır. En düşük fiyatlı sistem 29.000 YTL'ye kurulacaktır. Yaklaşık olarak 29.000-49.000 YTL fiyat aralığında önerebileceğimiz sistem dağıtım merkezine kurulacaktır.

6.4. İleriye dönük güncelleme / geliştirme konularında öneriler

Projede grubumuz tarafından geliştirilmiş olan barkod takip sistemi şirkete ileriki aşamalarda bir takım avantajlar sağlayacaktır. Sağlık Bakanlığı tarafından 2009 itibariyle uygulanmasına başlanacak olan 2D barkod sistemine yapılacak geçiş sürecinde avantajlar sağlayacaktır. 2D barkodlar bir başka adla çok satırlı kod ya da içine istiflenmiş semboloji 1D barkodlardan daha çok veri barındırabilmekte ve çeşitlilikte veri gösterme olanağı sağlamaktadır. Ancak, 2D barkodlar laser tarama sistemleriyle okunamamaktadırlar. Çoğunlukla kamera ile çekilip okunabilmektedirler. Sağlık Bakanlığı'nın belirlemiş olduğu ve daha sonraki aşamalarda ek olarak belirleyebileceği koşullar karşılık

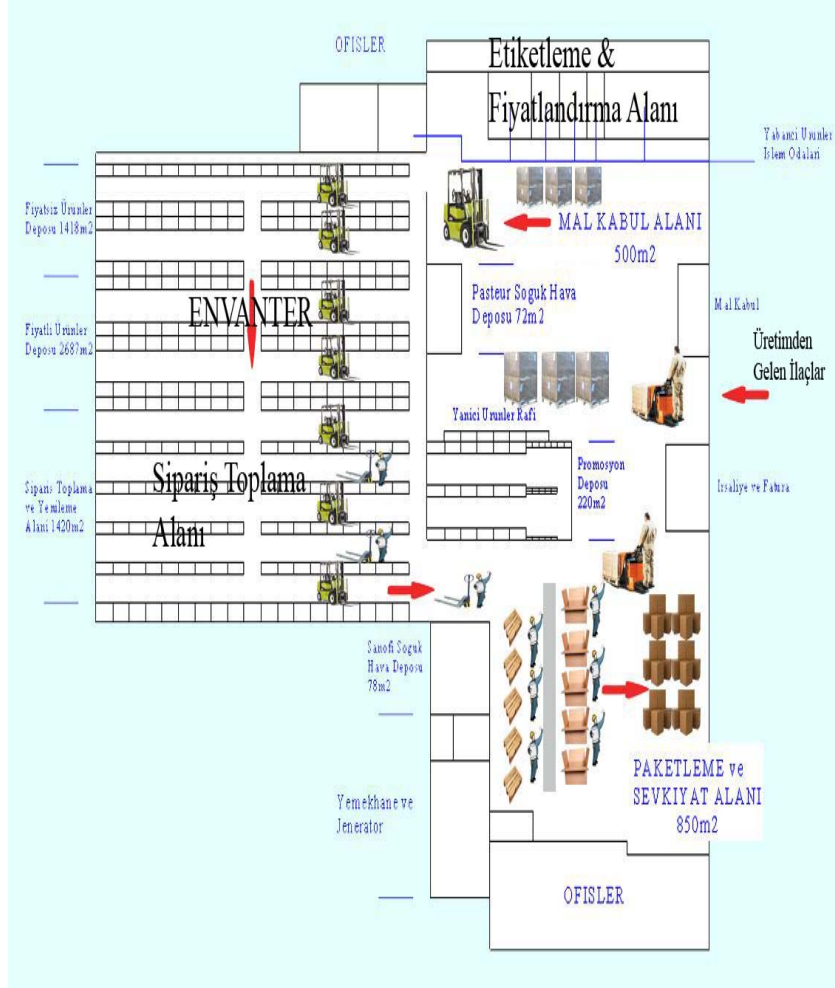
yapılacak geliştirmeler şirketteki yazılım uzmanları tarafından şu an itibariyle ilaç takibi için tasarlanan sisteme entegre edilerek uygulanabilecektir. Barkod sistemi içerisinde belirlenmiş olan uygun koli boyutu ataması işlemi, şu anda belirlenmiş olan sayılı miktardaki koli boyutu sayısının arttırılması ile geliştirebilir. şu an itibariyle belirlenmiş olan koli çeşit sayısı, daha fazla çeşitlilikte koli sayısı ile kolilerinin doluluk oranı daha da arttırılabilir. Daha sonraki aşamada yapılabilir koli boyutu sayısının arttırımı çalışması, yapılacak maliyet analizi ve arttırılmış koli çeşit sayılarının kullanım oranları göz önüne alınarak şirket tarafından karar verilecektir.

KAYNAKÇA

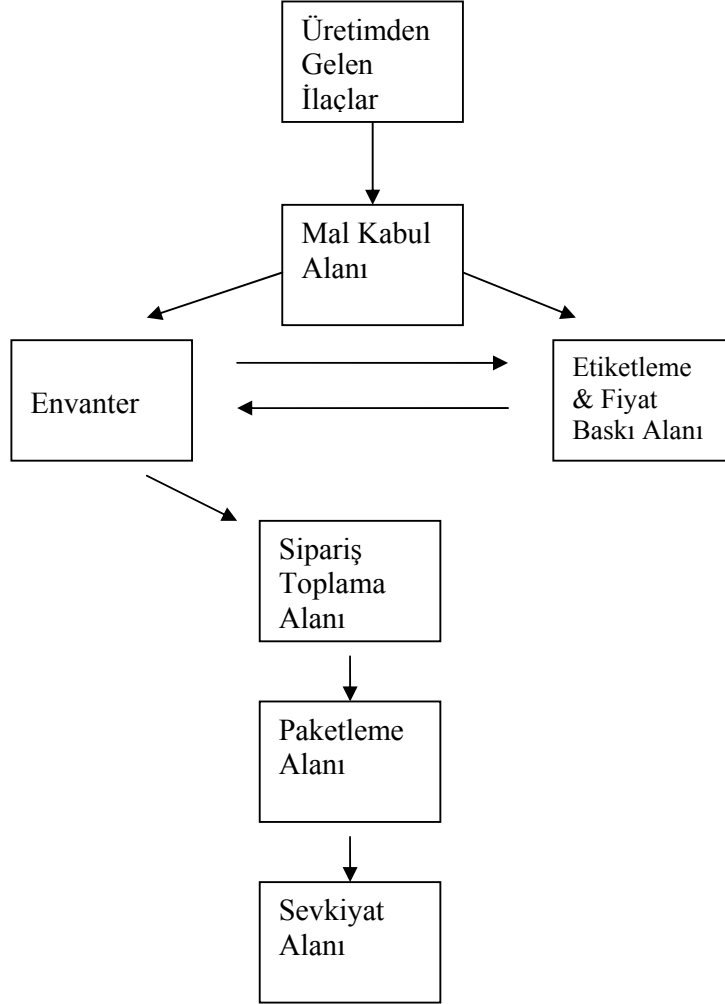
- Carpaneto, G.; Martello, S. ve Toth, P. (1984). An Algorithm for the Bottleneck Traveling Salesman Problem, University of Bologna, Operations Research 32(2), 380-389.
- Frey, S. L. (1990). Warehouse Operations: A Hand Book, Weber Systems Incorporated, Amerika Birleşik Devletleri.
- Horvath, J. (2001). World Class Manufacturing Model, Category B Data – Government Purpose Rights, New York.
- Meyers, F. E. ve Stewart, J. R. (2002). Motion and Time study for lean manufacturing, Pearson University, 3. Basım, Amerika Birleşik Devletleri.
- Mukhopadhyay, T.; Rajiv, S. ve Srinivasan, K. (1997). Information Technology Impact on Process Output and Quality, Carnegie Mellon University, University of Chicago, Management Science, 43(12), Frontier Research on Information Systems and Economics, 1645-1659, Pennsylvania.
- Winston, W. L. (2004). Operations Research: Applications and Algorithms, Indiana University, 4. Basım, 414-467, Kanada.
- Rardin, R. (2000). Optimization in Operations Research, Prentice-Hall, 2000 (Dijkstra Algorithm)
- <http://www.networkworld.com/columnists/2007/080207-gearhead.html>
- <http://www.barcodeman.com/faq/2d.php>

EKLER

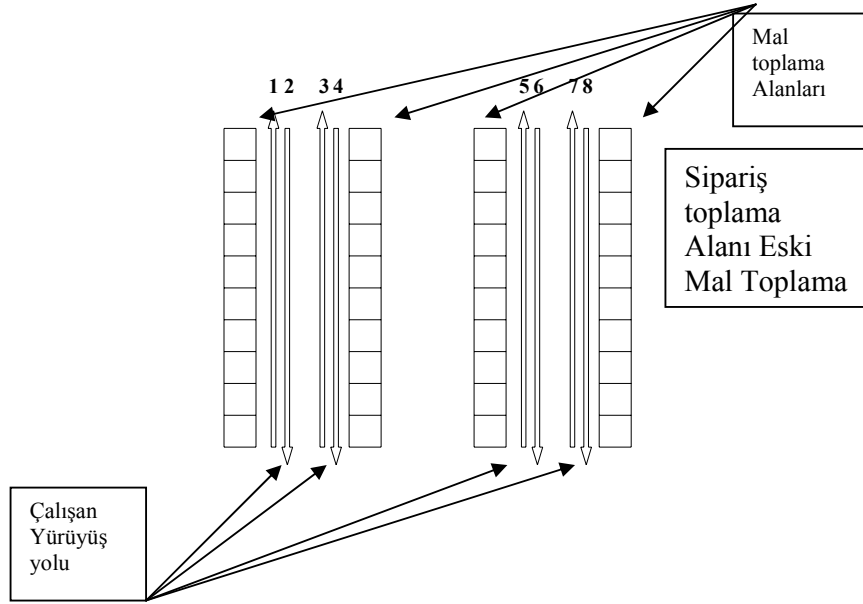
Ek 1. İş akışı



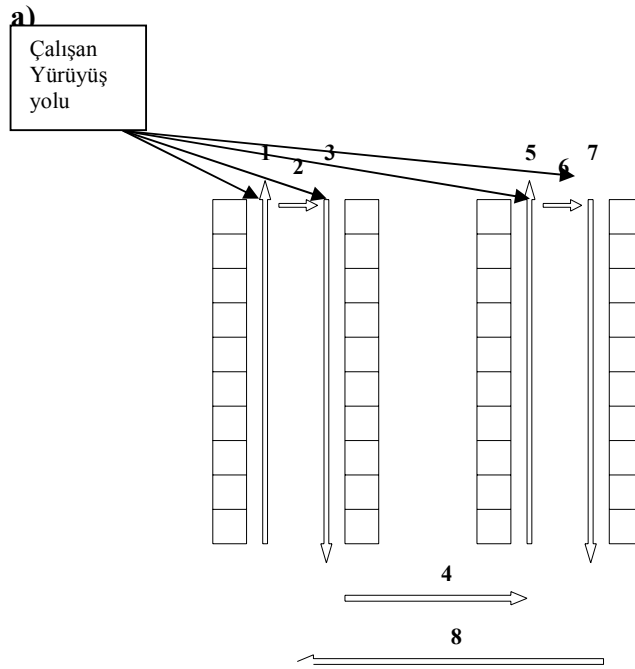
Ek 2: İş akışı



Ek 3: Eski rotalama sistemi

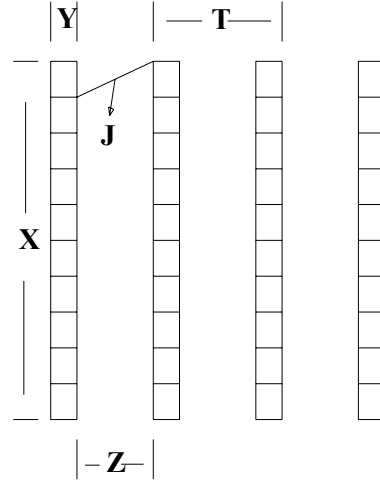


Ek 4: Yeni rotalama sistemi "S"



Ek 4: Rotalama hesabı

b)



Eski Kullanılan Metot

$$Y + 2X + Z + 2X + T + 2X + Z + 2X + Z + T + Z + Y =$$

“S”

$$Y + X + Z + X + T + X + Z + X + Z + T + Z + Y =$$

Çarpı

$$Y + X + 11Z + 10J + T + X + 11Z + 10J + Z + T + Z + Y =$$

Merdiven

$$Y + X + 11Z + X + T + X + 11Z + X + Z + T + Z + Y =$$

For X=900, Y=105, Z=305, J=318, T=515

Eski kullanılan metot = 9660

“S” = 6060

Çarpı = 16720

Merdiven = 12160 Bütün uzunluklar santimetre cinsindedir.

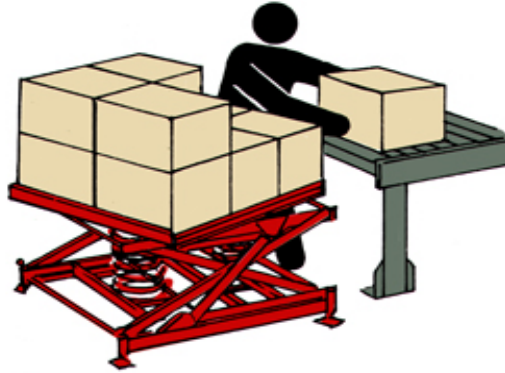
Ek 5: Ergonomik palet



Yerden 15 cm
yükseklğinde olan
palet seviyesine
eğilmek zorunda
olan çalışan



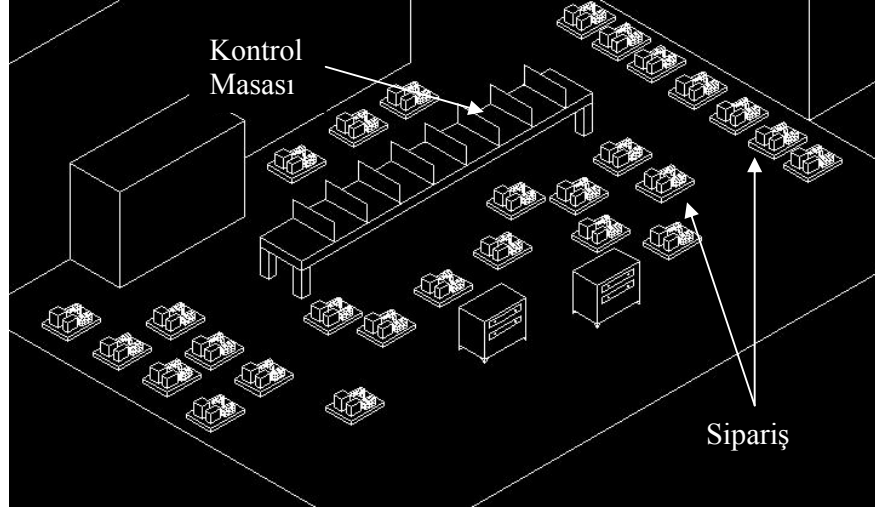
Yerden 80 cm
yükseklğe sahip bel
seviyesinde
tasarlanan
ergonomik palet



Paketleme
alanındaki
taşıyıcılara paletin
üstündeki tekerlekler
sayesinde kolayca
aktarılan mallar

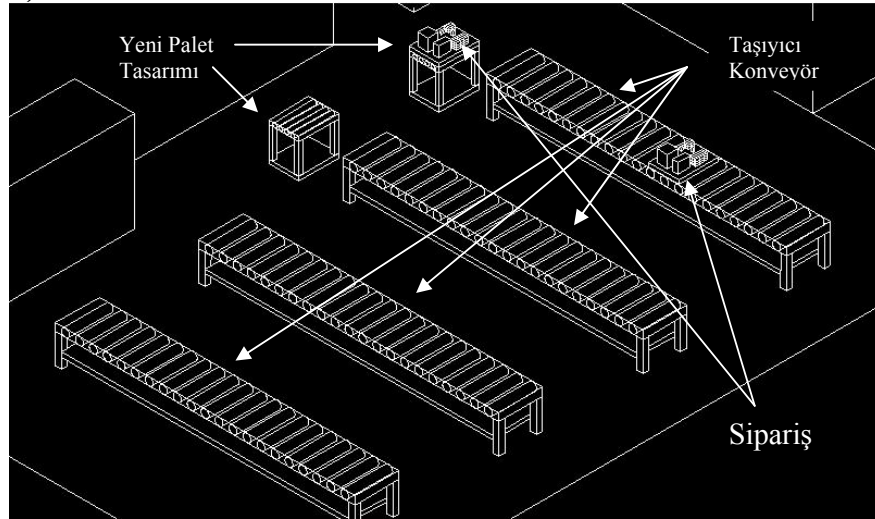
Ek 6: Eski paketleme alanı

a)



Ek 6: Yeni paketleme alanı düzenlemesi

b)



Ek-7 : Paketleme alanı yazılımı

S.N	Koli Adı	Revizon	Üzümle	Fiyat	Maliyet	Adet	İSİ
1	koli-1	10000	Karton	0,2	0,01		İSİ
2	koli-2	10000	Karton	0,2	0,01		İSİ
3	koli-3	45000	Karton	0,7	0,01		İSİ
4	koli-4	10000	Karton	0,75	0,75	300	İSİ

Sevkiyat için kullanılacak koli karton ve sevkiyat maliyeti giriş ekranı

S.N	İlaç Adı	Adet	Barkod
1	novalgın	435	645

Sipariş Bilgilerinin Girilmesi

S.N	ÜRÜN ADI	ÜRÜN BARKODU	ADET
1	novalgın	645	435

İlacın Türü

Sipariş adeti ve çeşidi kontrol ekranı

İlacın Adeti

S.N	ADI	BARKODU	ADET
1	novalgın	645	435

Paketleme Ekranı

Koli içi kalan hacmi doluluk oranı

Kullanılacak Koli tipi

Çizelgeleme Karar Destek Sistemi Tasarımı

Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş.

Proje Ekibi

Mehmet Bardakoğlu
Setenay Erdoğan
Mehmet Katran
İsmet Kütükçü
Can Eren Serdengeçti
Hasan Yiğit

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Songül Anıl, Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş.,
Kalite Geliştirme ve ERP Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. M. Selim Aktürk, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş.'nin üretim planlama sürecinde çizelgeleme işlemi için karar destek sisteminin eksikliği üretim maliyetlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu projenin amacı, matematiksel modele dayanan, hızlı ve akıllıca karar vererek alternatif çözümler sunabilecek bir çizelgeleme karar destek sisteminin tasarlanmasıdır. Sistem, Borland Delphi 7.0 platformu üzerinde, GAMS IDE 22.3 ve Java SDK 1.6 programlama dili ile Oracle Standard Edition veritabanı kullanılarak geliştirilmiştir. Bu sistemin kullanılmasıyla, üretim planlama sürecinde %92'ye varan zaman kazanımı sağlanacaktır ve üretim maliyetlerinde yaklaşık %10 düşüş sağlanacağı öngörülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Karar destek mekanizması, matematiksel modelleme, çizelgeleme, grafik kullanıcı arayüzü.

1. İşletme Tanıtımı

Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş., Tepe Grubu'nun ilk şirketi olarak 1969 yılında kurulmuştur. Kuruluşundan bugüne kadar kullandığı üretim teknolojisi, ürün çeşitliliği ve kalitesi açısından sektörün önde gelenleri arasında yer almıştır.

Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş.'nin, 1220'si mavi yakalı olmak üzere yaklaşık 1700 çalışanı ve toplam 183.000 m² açık, 120.000 m² kapalı alan üzerinde kurulu üç ayrı tesisi -Bilkent, Sincan, Eskişehir-bulunmaktadır. Sahip olduğu çevre bilinci ve Avrupa Topluluğu'nun kabul ettiği tüm normlara uygun kalitesi ile dünyanın önde gelen firmalarından seçilen malzemelerle her yıl gelişen teknolojiye uygun bir üretim yapmaktadır. 1998 yılında TS EN ISO 9001 kalite belgesini alan Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş., üretim yelpazesinde yer alan ev ve ofis mobilyaları, banyo ve mutfak dolapları ve gömme dolap sistemlerini, Tepe Home Mağazaları ve bayi ağı ile yurtiçi ve yurtdışında kullanıcıların beğenisine sunmaktadır. Bunun yanı sıra oteller, iş merkezleri, eğitim kurumları, havalimanları, hastaneler ve mağazaların dekorasyonunda tercih edilen markalardan biri olmuştur.

2. Projenin Tanımı

2.1. Saha incelemeleri ve mevcut sistemin analizi

Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş.'nin üç farklı üretim merkezi bulunmaktadır. Sistem analizi çalışmalarında, ilk olarak fabrikalardaki üretim sistemleri incelenmiştir. Operasyonlar her üç üretim hattı için aynı olmakla beraber makine gruplarının teknolojik özellikleri farklılık gösterebilmektedir. Fabrikalar arasındaki farklılıklar temel olarak makine gruplarının teknolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır ve sonuç olarak aynı ürün için, her üretim merkezinde, farklı üretim maliyetleri oluşmaktadır. Makine grupları operasyon sırasına göre; panel kesme ve ebatlama grubu, tek ve çift taraflı bantlama grubu, delik delme grubu, kaplama (press) grubu, el aletleri grubu, rötuş ve paketleme grubu olarak sıralanabilir. Üretim merkezlerinde, ürün çeşitliliğinin fazla olmasından dolayı makine bazlı yerleşim planı mevcuttur.

Üretimdeki etkenleri ve fark yaratan parametreleri tespit etmek amacıyla fabrikadan alınan örnek rotalar ve ürün ağaçları incelenmiştir. Bilkent-Merkez fabrikasının daha çok proje bazlı siparişler üzerine çalışmasından dolayı, bu fabrikada presleme operasyonu ve el işçiliği gerektiren işlemlerin diğer üretim merkezlerine göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple, Bilkent-Merkez ara envanterin en fazla olduğu üretim merkezidir. Sincan ve Eskişehir fabrikaları ise daha çok standart işler üzerine çalışmaktadır ve daha hızlı ürün akışına sahiptir.

Saha incelemeleri ve sistem analizi sonrasında ortaya çıkan ve firma yetkililerinden edinilen başlıca problem belirtileri aşağıdaki gibidir:

- Aynı ürün farklı fabrikalarda, farklı süreler ve maliyetlerle üretilmektedir.
- ERP sistemi sınırsız kapasite varsayımı ile çalıştığı için gerçekçi çizelgeleme sonuçları vermemektedir.
- Üretim hattındaki çizelgeleme sistemi matematiksel bir modele dayandırılmadığı için üretim maliyetleri istenilen seviyede değildir.
- Üretim hattı için atama ve detaylı çizelgeleme işleminin 3 güne kadar uzayabilmesi, Satış Bölümü'nün gelen anlık taleplere kısa sürede cevap vermesini zorlaştırmaktadır.
- Ürün takip sistemi bulunmadığı için üretim sırasında oluşan gecikmeler/problemler anlık olarak gözlemlenememektedir.

Bu sorunların varlığında, aynı ürün için farklı üretim hatlarındaki üretim maliyetleri arasındaki fark %40'a kadar çıkabilmektedir.

2.2. Problem tanımı

Tepe Mobilya'nın Bilkent, Sincan, Eskişehir olmak üzere üç farklı panel üretim hattı bulunmaktadır. Çizelgeleme çalışması, satış sonucu oluşan veriler doğrultusunda, geçmiş üretim tecrübeleri göz önünde bulundurularak farklı üretim hatları için elle yapılmaktadır. Aynı özellikteki ürünlerin farklı üretim hatlarında farklı maliyet ve sürelerde üretilebileceği bilinmektedir. Bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen matematiksel modele dayanan, hızlı ve akıllıca karar verebilecek ve alternatif çözümler sunabilecek bir karar destek mekanizması bulunmamaktadır. Bu sebeple panel üretim hatlarında, üretim maliyeti ve teslim tarihleri olabileceği seviyeye ulaşamamaktadır.

Projemizin ana amacı, oluşan taleplerin farklı durum ve kısıtlara göre uygun üretim hatlarına yönlendirilmesine ve bu hatlarda çizelgelenmesine yardımcı olacak karar destek mekanizmasını tasarlamaktır. Hazırlayacağımız sistem, üretilecek ürünün maliyet ve zaman hedeflerini göz önüne alarak mevcut üretim yoğunluğuna göre hangi merkezdeki üretim hattına atanacağına karar verecek, ataması yapılan ürünleri gecikme maliyetlerini en aza indirecek şekilde çizelgeleyecektir.

3. Önerilen Yöntem

Sistem tasarımı çalışmaları sırasında, taleplerin hangi merkezde üretileceğine karar veren atama modeli oluşturulmuş, ataması yapılan taleplerin çizelgelemesini yapacak algoritma hazırlanmış, kullanıcı

kolaylığı sağlayacak grafik kullanıcı arayüzü tasarlanmış ve gerekli yazılım çalışmaları yapılmıştır.

3.1. Genel yaklaşım

Mevcut sistemin analizi ve literatür taraması sonucunda, öncelikle Tepe Mobilya'ya gelen taleplerin hangi merkezde üretileceğini belirleyecek bir matematiksel model tasarlanmıştır. Atama sırasında göz önüne alınacak ana kriterler maliyet ve üretim merkezlerinin kapasiteleri olarak belirlenmiştir. İkinci aşamada, ataması yapılan ürünlerin toplam gecikme maliyetini en aza indirecek şekilde çizelgelemesi yapılmıştır. Daha sonra, atama ve çizelgeleme çözümleri arasındaki bağlantıyı sağlayacak ve karar verme mekanizmasında kullanılan verileri saklayacak bir veritabanı oluşturulmuş ve kullanıcı kolaylığı sağlanması için grafik kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Son olarak, bütün çalışmalar yazılım ortamına geçirilerek, aynı platformda çalışacak şekilde bir araya getirilmiştir.

3.2. Atama modeli

3.2.1. Atama modeli literatür araştırması

Karar destek sistemi oluşturulmasının birinci aşaması, gelen taleplerin hangi üretim merkezine atanacağına karar verecek matematiksel modelinin oluşturulmasıdır. Bu amaçla detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır. Toplam maliyeti en aza indirerek, makine kapasitelerine göre atamayı yapabilecek modeli yazarken akademik alanda yapılan üretim planlama çalışmaları incelenmiştir. Bütün çalışmalarda, üretim planlama modeli yazılırken amaç fonksiyonun toplam üretim maliyetini en aza indirmek veya toplam geliri en çoğa çıkarmak olduğu görülmüştür. Toplam üretim maliyetini oluşturan etkenler, *hammadde maliyeti*, *işçilik maliyeti*, *envanter maliyeti* ve *makine kurulum maliyetleridir* (Montgomery ve Johnson, 1974). Bununla beraber üretim planlama yapılırken göz önüne alınan kısıtlar; *bütün ürünler için ham madde miktarı*, *envanter miktarı* ve *bütün makineler için çalışma kapasiteleridir*. Üretim miktarlarının gerçeğe daha yakın olması için her ürünün makine kurulum sürelerinin göz önüne alınması gerektiği düşünülmüştür. Bununla beraber, Hax ve Candea (1984)'nin araştırmalarındaki, üretimin lot cinsinden yapılması ve kurulum maliyetlerinin amaç fonksiyonuna dahil edilmesi gerektiği görüşlerinden de yararlanılmıştır.

3.2.2. Matematiksel model

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, karar destek sisteminin ilk aşaması olarak talepleri, kapasite ve zaman kısıtlarını göz önünde bulundurarak, en düşük toplam üretim maliyetini sağlayacak şekilde uygun üretim merkezlerine yönlendiren bir matematiksel model oluşturulmuştur.

Modelimizin amaç fonksiyonu oluşturulurken, üç üretim merkezi arasında *maliyet açısından fark yaratacak etkenler* dahil edilmiştir. Üretim merkezlerindeki makinelerin normal ve ek mesai sürelerinde gerçekleşen toplam işlem süreleri, makine gruplarında çalışan işçi sayısı ve işçilerin belirtilen sürelerdeki saatlik ücretleriyle çarpılarak toplam işçilik maliyetleri bulunmuştur. Ek olarak, ürünlerin her üretim merkezi için farklı olan kalite standartlarına uymayan ürün üretim oranları, toplam taleple çarpılarak dolaylı olarak maliyete etki etmesi sağlanmıştır. Kısıtlarımızda ise öncelikle her talebin en fazla bir üretim merkezine atanması ve kapasite yetersizliğinden dolayı üretim miktarı sifıra eşit olan ürünlerin atanmasının yapılmaması sağlanmıştır. Daha sonra, makinelerin verilen zaman aralığındaki normal ve ek mesai kapasitelerinin aşılmaması sağlanmıştır. Bununla birlikte, daha önce üretilmiş olan, verilen zamanda üretilecek olan ve üretilmeyecek olan miktarların toplamının talebi karşılaması sağlanmıştır. Son olarak, herhangi bir ürünün sadece atanması yapılan merkezde üretilebilmesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak, hazırladığımız model kullanıcıdan her ürünün farklı üretim merkezlerinde bulunan makine gruplarındaki işlem ve kurulum zamanlarını, makine gruplarının belirlenilen süredeki kapasitelerini, makine gruplarında görevli işçi sayılarını, işçilerin normal mesai ve ek mesai için geçerli olan saatlik ücretleri ile taleplerin miktarlarını parametre olarak almaktadır. Modelin çözülmesi sonucunda, hangi ürünün, hangi üretim merkezinde ve ne miktarda üretileceği çıktı olarak elde edilmektedir. Bunun yanında, normal zaman ve ek mesai süresinde üretilecek miktarlar da ayrı ayrı verilmektedir. Oluşturulan matematiksel modeli ve detaylı açıklamasını Ek 1’de görebilirsiniz.

3.3. Çizelgeleme algoritması

3.3.1. Çizelgeleme algoritması literatür araştırması

Projenin ikinci aşamasında, matematiksel model tarafından uygun üretim merkezine atanan ürünlerin çizelgelemesinin yapılması için literatür araştırmaları yapılmıştır. Literatür çalışmaları sayesinde Tepe Mobilya’ya uygun olan çizelgeleme metodunun bulunması ve fabrika koşullarına uyarlanması amaçlanmıştır. Çizelgeleme metodu üzerinde çalışılırken *toplam gecikme maliyetini* belirleyen; *ürünlerin teslim tarihleri*, *işlem süreleri* ve *gecikme maliyetleri* göz önüne alınan parametrelerdir. Öncelikle First Come First Served (İlk Gelen İlk Servis Edilir), Shortest Processing Time (En Kısa İşlem Süreli), Earliest Due Date (En Erken Teslim Tarihi), Critical Ratio (Kritik Oran) ve Apparent Tardiness Cost (ATC) algoritmaları incelenmiş ve projeye uygunluğu üzerinde çalışılmıştır (Nahmias, 1989).

Bu parametrelerin hepsi değerlendirilerek en uygun çizelgelemeyi oluşturabilecek yöntemin Apparent Tardiness Cost (ATC) algoritması

olduğuna karar verilmiştir. Morton ve Vepsalainen (1987)'nin yaptıkları çalışmada ATC algoritması, EDD, COVERT (Cost Over Time), Weighted Shortest Processing Time (WSPT), S/RPT (Slack Per Remaining Time) gibi algoritmalarla karşılaştırılmış, gecikme ve maliyet bakımından en iyi sonucu veren algoritmanın ATC olduğu gösterilmiştir. ATC kuralını ve parametrelerini Ek 2'de görebilirsiniz.

3.3.2. izelgeleme algoritmasının oluşturulması

Literatür çalışmalarından sonra kullanılmasına karar verilen ATC kuralı, birden fazla makineyle çalışan sistemlerde, seçilen bir makine grubu üzerinden çalışmaktadır. Bu durumu göz önüne alarak kritik makine grubuna göre çalışan bir ATC kuralı ortaya çıkarılmıştır. Bu kural, sistemde toplam işlem zamanı en büyük olan makine grubunu kritik makine grubu olarak seçerek, çizelgelemeyi bu kritik makine grubu üzerinden yapmaktadır. izelgelemenin bu kritik makine grubu üzerinden yapılmasının sebebi, diğer makine gruplarından çıkan ara ürünlerin kritik makinenin üretim izelgelemesine göre bu makineye girmesi gereğidir. Diğer makineler için çizelgelemede bazı farklılık bulunsa da bu makinelerden çıkan ara ürünlerin kritik makine önünde birikmemesi için bu yöntem en uygun sonucu vermektedir.

Kritik makine grubu belirlendikten sonra, taleplerin daha önceden sisteme girilmiş olan işlem zamanları, kullanıcı tarafından belirlenen ve 1-20 değerleri arasında seçilmiş olan gecikme maliyeti katsayıları ve müşterinin istekleri doğrultusunda oluşan teslim tarihleri girdi halinde alınarak ATC kuralı çalıştırılır. Her rn için verilen parametreler doğrultusunda, bir ATC değerine hesaplanır ve en büyük ATC değerine sahip olan ürün çizelgelemenin ilk sırasına yerleştirilir. Daha sonra, formülasyondaki t değerine, ataması yapılan ürünün kritik makinedeki işlem süresi eklenecek kalan ürünler için tekrar ATC değerleri hesaplanır. Bu döngü, tüm ürünlerin çizelgelemesi tamamlanıncaya kadar devam ettirilir. Böylece, gecikme maliyetini en aza indirecek bir üretim çizelgelemesi oluşturulmuş olur. izelgelmenin son aşamasında, oluşan sıralamaya göre tüm ürünlerin tamamlanma zamanları hesaplanmaktadır.

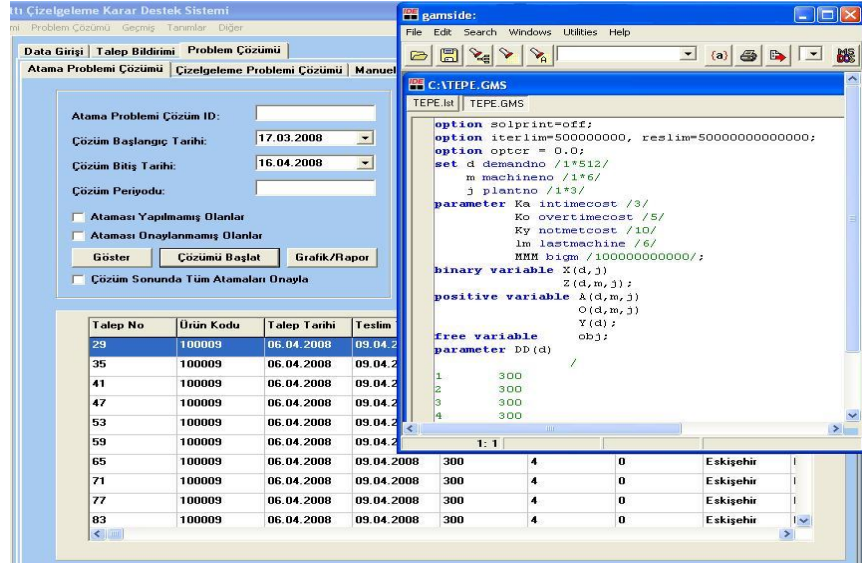
4. Yazılım ve Veritabanı

4.1. Yazılım

Projenin yazılımı üç farklı yazılımın biraraya gelmesiyle oluşturulmuştur. Atama algoritması, hazırlanan matematiksel modelin *GAMS IDE 22.3* koduna aktarılması ile hazırlanmıştır. izelgeleme algoritması *Java SDK 1.6* programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Son olarak hazırlanan bu iki programı çalıştıran ve kullanıcı kolaylığını sağlayan arayüzler *Borland Delphi 7.0* platformunda hazırlanmıştır.

Hazırlanan yazılım kullanıcıya gerekli tüm verileri girme, düzeltme ve silme olanaklarını sunmaktadır. Yazılım, proje kapsamında

manuel veri girişine göre tasarlanmıştır. Daha sonra kullanıcı ihtiyacına göre firma tarafından *MS Excel* dosyasından veya başka bir veritabanı üzerinden veri transferi de kolaylıkla sisteme uyarlanabilecektir. Problem çözümü arayüzünde ilk olarak talepler *GAMS* kodu kullanılarak en uygun üretim merkezine atanmaktadır. (Şekil 1)



Şekil 1. Atama problemi çözüm ekranı

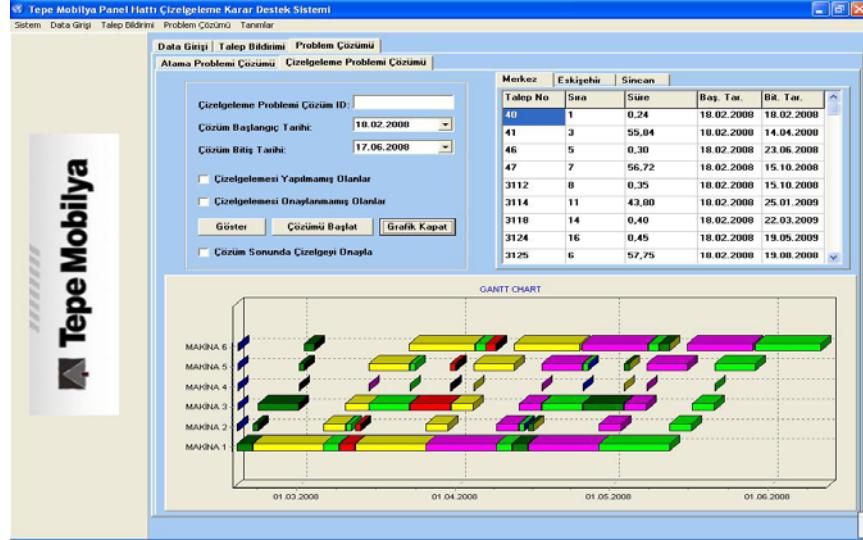
Daha sonra, her üretim merkezi için atanmış talepler hazırlanmış olan *Java* kodu aracılığı ile çizelgeleme işlemine tabi tutulacaktır. Taleplerin üretim çizelgelemesi yapıldıktan sonra, mevcut sıralama sonucu oluşacak tamamlanma zamanları hesaplanmaktadır. Ürünlerin, tüm makinelere giriş ve çıkış zamanları belli olduktan sonra, bu veri kullanılarak çizelgeleme *GANTT grafiği* kullanılarak gösterilmektedir. (Şekil 2)

Hazırladığımız yazılım “.exe” uzantılı bir dosya olarak oluşturulmuş olup hazırlandığı platformdan bağımsız çalışabilecek özelliğe sahiptir. Programın çalışması için sadece lisanslı *GAMS* yazılımı gerekmektedir.

4.2. Veritabanı

Atama modeli ve çizelgeleme algoritmasının kullanacağı verilerin akışını sağlamak ve geçmiş üretim raporlarını oluşturmak için bir veritabanı sistemi hazırlanmıştır. Yazılımın kullanacağı veritabanı, *Oracle Database 10g Express Edition* tabanında oluşturulmuş olup firmanın kullandığı veri tabanı olan *Oracle Database 11.5.9.i* ile uyumlu çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede kullandığımız veritabanı, Tepe Mobilya tarafından kullanılan veritabanına kolay bir

şekilde entegre olmuş ve sistemin firmaya uyum süreci kısalmıştır. Veritabanında; Ürün Tanımı, Talep Tanımı, Kullanıcı Tanımı, Maliyetler, Firma Tanımı ve Fabrika Tanımı tabloları mevcuttur.



Şekil 2. Çizelgeleme sonuçları ve GANTT grafiği ekranı

4.2.1. Ürün tanımı

Veritabanının bu kısmında ürünlerin programımız tarafından otomatik olarak atanacak Ürün ID'leri ve Tepe Mobilya'nın kullandığı veritabanında ürünlere atanan Ürün Kodları bulunmaktadır. Ayrıca bu kısımda ürünlerin hangi üretim merkezlerinde üretilebildikleri ve bu merkezlerdeki üretim ve kurulum zamanları tutulmaktadır. (Şekil 3)

Ürün Kodu	Ürün Adı	San. Ürün	Bağlı olduğu Ürün	Parti Büyüklüğü	Bağ. Mik.	Merkez
100001	ÜRÜN_A	E		25	0	E
100015	ÜRÜN_B	F		20	0	F
100005	ÜRÜN_C	F		50	0	F
100008	ÜRÜN_D	E		50	0	M
100007	ÜRÜN_E	F		100	0	F
100017	ÜRÜN_F	E		50	0	E
100006	ÜRÜN_G	E		30	0	E
100010	ÜRÜN_H	E		50	0	M
121212	ÜRÜN_J	H	100001	100	4	E
111111	ÜRÜN_K	F		50	0	F
100005	ÜRÜN_L	L		150	0	L
100004	ÜRÜN_M	E		50	0	M
100014	ÜRÜN_N	E		100	0	E
100010	ÜRÜN_P	E		60	0	E
100011	ÜRÜN_U	E		25	0	E

Şekil 3. Ürün tanımlama ekranı

4.2.2. Talep tanımı

Talep Tanımı kısmında taleplerin giriliş tarihleri, teslim zamanları, talep edilen ürünlerin ID'leri ve talep miktarları ile talebi yapan firma ID'si tutulmaktadır. (Şekil 4)

The screenshot shows the 'Talep Bildirimi' form in the Tepe Mobilya Panel Hattı Çizelgeleme Karar Destek Sistemi. The form is divided into two main sections: 'Talep Bilgileri' and 'Talep Bilgileri Raporlama'. The 'Talep Bilgileri' section contains the following fields: 'Talep ID' (3), 'Ürün Kodu' (100013), 'Talep Tarihi' (3/17/2008), 'Teslim Tarihi' (3/16/2008), 'Talep Miktarı' (100), 'Talebi Yapan' (ZUMI), 'Evraklık' (3), and 'Geçerme Mafiyet' (0). The 'Talep Bilgileri Raporlama' section includes 'Ürün Kodu', 'Talep Tarihi' (3/16/2008), 'Teslim Tarihi' (4/17/2008), and 'Talebi Yapan'. Below the form is a table with the following data:

Talep No	Ürün Kodu	Talep tar.	Teslim tar.	Miktar	Firma No	Evraklık
3	100013	3/17/2008	3/16/2008	100	2001	3
22	100003	3/27/2008	3/27/2008	5	12	1
4	100002	3/29/2008	4/12/2008	50	2006	5
5	100003	3/17/2008	3/16/2008	100	2001	3
6	100004	3/17/2008	3/16/2008	100	2001	3
7	100005	3/29/2008	4/12/2008	50	2006	5
8	100006	3/29/2008	4/12/2008	50	2006	5

Şekil 4. Talep bildirim ekranı

4.2.3. Kullanıcı tanımı

Bu tabloda programın kullanıcı bilgileri tutulmaktadır. Bu bilgilerin içerisinde kullanıcıların programa girerken kullanacakları kullanıcı adı ve şifreleri ile kullanıcıların hangi yetkilerle programı kullanacaklarına dair bilgiler yer almaktadır. (Şekil 5)

The screenshot shows the user login screen of the Tepe Mobilya Panel Hattı Çizelgeleme Karar Destek Sistemi. The screen features the Tepe Mobilya logo on the left and the system title in the center. A login window is open, showing the following fields: 'Kullanıcı Adı' (ADMIN) and 'Şifre' (123). The login window also has 'Giriş' and 'İptal' buttons. The background of the screen displays the Tepe Mobilya logo and the system title, along with the logo of Bilkent University and the text 'Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Nisan 2008'.

Şekil 5. Kullanıcı adı ve şifre ile sistem girişi

4.2.4. Maliyetler

Maliyetler kısmında üretim maliyetini belirleyen değişkenler bulunmaktadır. Bunlar her üç üretim merkezi için normal mesai işçilik maliyeti, ek mesai işçilik maliyeti, kalite standartlarına uymayan ürünlerin maliyeti ve ara envanter maliyetidir.

4.2.5. Firma tanımı

Bu kısım, müşteri firmaların firma adlarını ve firma ID'lerini tutmaktadır. Veritabanının bu kısmı, talepleri firma bazında gruplandırabilmek için hazırlanmıştır.

4.2.6. Fabrika tanımı

Bu tabloda üç farklı üretim merkezi tanımlanmıştır. Bu kısım maliyetler tablosunda hangi maliyetin hangi üretim merkezine ait olduğunun belirlenmesi için kullanılmaktadır.

5. Programın Test Edilmesi

Yazılımın her aşaması ilk olarak ayrı ayrı kontrol edilmiş daha sonra sistem genel olarak analiz edilmiştir.

Atama algoritması yazılıma geçirildikten sonra, matematiksel model firmadan alınan farklı veri grupları ile test edilmiş ve her testte istenilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelgeleme algoritması ise firmadan alınan örnek veri grubu üzerinden test edilmiştir. Algoritmanın geçerliliğini test etmek için Ağırlıklı Gecikme Maliyeti (Weighted Tardiness Cost) yöntemi kullanılmıştır. Ürünlerin gecikme sürelerinin, gecikme maliyeti katsayılarıyla çarpılıp, bu değerlerin toplanmasıyla elde edilen ağırlıklı gecikme maliyeti farklı algoritmalar için hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu projede uygulanan algoritmadan çıkan çizelgeleme sonuçları ile, Earliest Due Date ve Weighted Shortest Processing Time metodlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çıkan ağırlıklı gecikme maliyeti sonuçları; *EDD* için *865200 birim*, *WSPT* için *177243 birim*, kullanılan algoritma için *85111 birimdir*. Sonuçlardan da gözlemlenebileceği gibi kullanılan algoritma, diğer algoritmalara göre sırasıyla **%90** ve **%51** daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Delphi platformunda hazırlanan yazılımın, atama ve çizelgeleme yazılımları ile koordinasyonları kontrol edilmiş ve tüm arayüzlerin çalışırılığı test edilmiştir.

6. Uygulama Planı

Uygulama planının ilk aşamasında, programımız üretim planlama bölümünden alınan örnek veriler aracılığıyla test edilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda bu veri grubu için programın uygun sonuçları verdiği görülmüş ve sorunsuz çalıştığı gözlemlenmiştir. Uygulama planının ikinci aşamasında hazırladığımız yazılım “.exe” dosyası olarak fabrikada belirlenen bilgisayara yüklenmiştir. Yazılımın kullandığı GAMS programının da ücretsiz deneme sürümü aynı

bilgisayara test amaçlı olarak kurulmuştur. Üretim planlama bölümünden, eski üretim verileri, kullandığımız veritabanı formatına uyacak şekilde istenmiştir. Bu aşamadan sonra, gerçek üretim planları üzerinden alınan verilerle programımız test edilecek ve programın performans değerlendirilmesi yapılacaktır. Üretim planlamadan yetkili kişilerle yapılacak olan son test aşamasında programın kullanımına dair bilgiler iletilecektir. Daha sonra, fabrikadan gelen geri bildirimler doğrultusunda programımız son şeklini alacaktır. Test aşamasının bitmesinden sonra *2008'in ikinci yarısından* itibaren sistemimiz taslak olarak kullanılır hale getirilerek mevcut sistemle paralel şekilde fabrikanın belirlediği üretim hatları için kullanılmaya başlanacaktır. *2009 itibariyle* firmanın bütün ürünleri için üretim planlaması, hazırladığımız karar destek mekanizması desteğiyle yapılacaktır.

7. Genel Değerlendirme

Nisan 2008 itibariyle fabrikaya kurulumu yapılmış olan karar destek sistemimiz, fabrikanın mevcut uygulamasına kıyasla, *kullanım kolaylığı, hızlı çalışması ve farklı alternatifleri değerlendirebilme özelliği* ile fabrikanın beklentilerini başarıyla karşılamaktadır.

7.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Hazırlanan karar destek mekanizması, Tepe Mobilya San. ve Tic. A.Ş.'nin üç ayrı üretim hattı için en verimli çizelgelemenin hazırlanması sürecinde, sistem kullanıcılarına büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Projemizin şirkete sağladığı faydalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Tasarladığımız sistem sayesinde üretim planlama, matematiksel bir temele dayanarak ve mevcut koşulları göz önünde bulundurarak, üretim maliyetlerini en düşük seviyeye getirecek şekilde çalışmaktadır. Mevcut sistemde, Üretim Planlama Bölümünde *2 kişinin 450 kalem ürün için 3 gün* süreyle çalışması gerekirken tasarladığımız sistemde aynı miktarda ürünün çizelgelenmesi için gereken süre *%92 azalarak 2 saate* kadar inmiştir.
- Tasarladığımız sistem sayesinde *2 saate* kadar kısalan üretim planlama süreci sayesinde, Satış Bölümü'nün anlık taleplerine en hızlı şekilde cevap verilebilmektedir ve bunun sonucu olarak müşteri memnuniyetinde artış ve teslim tarihlerindeki gecikmelerde azalma öngörülmektedir.
- Tasarladığımız sistem sayesinde, ERP sisteminin sınırsız kapasite varsayımının aksine, gerçek kapasiteler ile çizelgeleme hazırlanabilmektedir. Buna bağlı olarak malzeme planlama ve envanter yönetimi daha etkin biçimde yapılabilmekte ve gereksiz envanter maliyeti ortadan kalkmaktadır. Sonuç olarak, firma yetkilileri ile yapılan analizler sonucu, üretim maliyetlerinde *%10'a yakın* düşüş öngörülmektedir.

- Tasarladığımız sistem sayesinde, birden fazla farklı alternatif aynı anda denenebilmekte ve en uygun çözüm kısa bir süre içinde tespit edilebilmektedir. Bu sayede hem alternatif sorgulama hem de raporlama aynı anda yapılabilir.
- Tasarladığımız sistem, elde ettiği sonuçları görsel araçlarla desteklenmiş olarak raporladığı için, kullanıcı kolaylığı sağlayıp, karar verme sürecini hızlandırmakta, firma içindeki bilgi akışını kolaylaştırmaktadır.
- Tasarladığımız sistemin kullanıcı kolaylığı sayesinde, herhangi bir eğitim veya ek işçilik maliyeti gerektirmeden kullanıma başlanabilecektir. Böylece firmaya *GAMS* yazılımının maliyeti dışında herhangi bir ek maliyet getirmemektedir.
- Hazırladığımız sistem, dinamik yapısı sayesinde, Üretim Planlama Bölümü'nün firmadaki iç ve dış değişikliklere daha kolay uyum sağlamasına yardımcı olacaktır.

7.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

Panel hatları için oluşturduğumuz karar destek sistemi esnek olarak tasarlanmış olup firmanın diğer üretim hatlarında da uygulanabilir özelliktedir. Bunun yanı sıra, sistemimizin *Oracle* veritabanı ile uyumlu olması sebebiyle fabrikanın veritabanı ile direkt bağlantı kurarak çalışabilmesi ve tüm ürünler için kullanılması hiçbir ek maliyet taşımamaktadır. Hazırlanan sistem, gelecekteki muhtemel ürün çeşitliliğine ve üretimde farklılaşmaya kolaylıkla yanıt verebilecek yapıya sahiptir. İnternet üzerinden güncellenebilme özelliği sayesinde istenilen güncellemeler en kısa sürede yapılabilir, gerek görüldüğünde sistem fabrika dışından da kontrol edilebilecek ve üç üretim merkezinde de aynı anda kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Hax, C. A. ve Candea, D. (1984). Production and Inventory Management, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Johnson, L. A. ve Montgomery, D. C. (1974). Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control, John Wiley & Sons, ABD.
- Nahmias, S. (1989). Production and Operations Analysis, Irwin, Boston, ABD.
- Vepsalainen, P. J. ve Morton, T. E. (1987). "Priority Rules for Job Shops with Weighted Tardiness Costs", Management Science, Volume 33, No. 8, 1035-1047.
- <http://www.tepemobilya.com.tr>

EKLER

Ek 1. Matematiksel model

Parametreler

d : talep numarası

j : üretim merkezi; $j=1$, Bilkent
 $j=2$, Sincan
 $j=3$, Eskişehir

m : makine grubu; $m=1$, kesme ve ebatlama makine grubu
 $m=2$, yan bantlama grubu
 $m=3$, delik delme makine grubu
 $m=4$, presleme makine grubu
 $m=5$, manuel aletler grubu
 $m=6$, rötuş ve paketleme grubu

D_d = d numaralı talepten üretilecek miktar

M_{dmj} = d numaralı talepten, j üretim merkezinde, m makine grubunda 1 adet üretebilmek için gerekli olan zaman

C_{mj}^N = normal üretim süresinde, j üretim merkezinde, m makine grubunun kapasitesi

C_{mj}^O = ek mesai üretim süresinde, j üretim merkezinde, m makine grubunun kapasitesi

S_{dmj} = d numaralı talep için j üretim merkezinde, m makine grubunda yapılması gereken makine-ayar süresi (set-up time)

E_{mj} = j üretim merkezinde, m makine grubunda çalışan personel sayısı

K^N = normal üretim süresinde saatlik işçilik maliyeti

K^O = ek mesai üretim süresinde saatlik işçilik maliyeti

Q_j = j üretim merkezinde kalite standartlarına uymayan üretim miktarını belirleyen katsayı

I_{dj} = d numaralı talebin, j üretim merkezinde önceden üretilmiş miktarı (initial inventory)

γ = bir talebin üretilmeme maliyetini belirleyen katsayı

Karar Değişkenleri

Y_d = d numaralı talebin üretilmeden kalan miktarı

A_{dj} = d numaralı talepten, j üretim merkezinde, normal üretim süresinde üretilecek olan miktar

O_{dj} = d numaralı talepten, j üretim merkezinde, ek mesai üretim süresinde üretilecek olan miktar

X_{dj} = $\{1, d$ numaralı talep j üretim merkezine atanmıştır
 $\{0, d$ numaralı talep j üretim merkezine atanmamıştır

en küçük

$$\sum_j \sum_d \sum_m [E_{mj} * M_{dmj} * (K^N * A_{dj} + K^O * O_{dj} + \gamma * Y_d)]$$

- Amaç fonksiyonu toplam üretim maliyetini en aza indirmeyem çalışmaktadır. Fonksiyonda normal zaman ve ek mesai zamanlarındaki işçilik maliyetleri göz önüne alınmıştır. Ek olarak, üretim maliyetinden yüksek bir üretme maliyeti eklenerek, modelin kapasite yettiği sürece atama yapması sağlanmıştır. Modelde üretme katsayısı olarak verilen γ kullanıcı tarafından iki şekilde seçilebilir.
 - Üretimin sadece normal mesai zamanı içerisinde yapılması isteniyorsa, γ için K^N ve K^O değerleri arasında bir değer seçilmelidir.
 - Ek mesai zamanında da üretim yapılması isteniyorsa, γ için K^O 'dan büyük bir değer seçilmelidir.

öyle ki

$$\sum_{j=1}^3 X_{dj} \leq 1 \quad \forall d \in D$$

- Bu kısıt seti, her talebin en fazla bir üretim merkezine atanmasını sağlamaktadır.

$$X_{dj} \leq A_{dj} + O_{dj} \quad \forall d \in D, \forall j \in \{1,2,3\}$$

- Bu kısıt seti, üretim değerleri 0 olan taleplerin herhangi bir üretim merkezine atanmamasını sağlamaktadır.

$$\sum_d M_{dmj} * A_{dj} \leq C^N_{mj} - \sum_d X_{dj} * S_{dmj} \quad \forall m \in \{1,2,3,4,5,6\}$$
$$\forall j \in \{1,2,3\}$$

- Bu kısıt seti, normal zaman için kapasite kontrolünü sağlamaktadır. Üretimi yapılacak olan ürünlerin, her makine grubundaki işlem zamanları ve kurulum süreleri toplamı, o makinenin normal zaman kapasitesinden büyük olamaz. (Kapasite zaman cinsinden verilmektedir.)

$$\sum_d \mathbf{M}_{dmj} * \mathbf{O}_{dj} \leq \mathbf{C}_{mj}^0 \quad \forall m \in \{1,2,3,4,5,6\}$$

∇

$$j \in \{1,2,3\}$$

- Bu kısıt seti, ek mesai zamanı için kapasite kontrolünü sağlamaktadır. Üretimi yapılacak olan ürünlerin, her makine grubundaki toplam işlem zamanları o makinenin ek mesai kapasitesinden büyük olamaz. (Kapasite zaman cinsinden verilmektedir.)

$$\mathbf{Y}_d + \sum_j (\mathbf{I}_{dj} + \mathbf{A}_{dj} + \mathbf{O}_{dj}) \geq \mathbf{D}_d * \mathbf{Q}_j \quad \forall d \in D, \forall j \in \{1,2,3\}$$

- Bu kısıt seti, d talebinin normal zaman ve ek mesai zamanında üretilen, daha önce üretilmiş olan ve üretilmeyecek olan miktarlarının toplamının, toplam talep miktarını karşılamasını sağlamaktadır. Toplam talep, kalite standartlarına uymayan ürün katsayısı ile çarpılarak talebin eksiksiz olarak karşılanması sağlanacaktır. (Kalite standartlarına uymayan üretim oranı %2 olduğunda, Q_j 1,02 değerini alacaktır). Yüksek maliyetinden dolayı, üretilmeyen kısım sistem tarafından en az seviyeye indirilecektir.

$$(\mathbf{A}_{dj} + \mathbf{O}_{dj}) \leq \mathbf{X}_{dj} * \boldsymbol{\mu} \quad \forall d \in D, \forall j \in \{1,2,3\}$$

- Bu kısıt sayesinde, herhangi bir ürünün sadece atamasının yapıldığı merkezde üretilmesi sağlanmaktadır. $\boldsymbol{\mu}$ değeri, sistemde kullanılan en büyük talep miktarından daha yüksek bir değerdir. Bu sayede, X_{dj} 1 değerini aldığı anda çok büyük üretim miktarlarına izin verir, 0 değerini aldığı anda ise j üretim merkezinde d talebinin üretim değerleri 0 olur.

\mathbf{X}_{dj} , binary

$$\mathbf{A}_{dj} \geq 0$$

$$\mathbf{O}_{dj} \geq 0$$

$$\mathbf{Y}_d \geq 0$$

Ek 2. Çizelgelemede kullanılan ATC kuralı

$$\frac{v_i}{p_{ij}} \exp \left(- \left[\frac{d_i - t - p_{ij} - \sum_{q=j+1}^{m_j} (w_{iq} + p_{iq})}{kp} \right]^+ \right)$$

- v_i = i ürününün gecikme maliyet çarpanı
 p_{ij} = j makinesinde i ürününün işlem zamanı
 p = işlem zamanlarının ortalaması
 k = teslim tarihi ölçüm parametresi
 d_i = i ürünün teslim tarihi
 t = zaman sayacı
 w_{iq} = q makine gurubunda i ürününün tahmini bekleme süresi
 m_j = sistemdeki toplam makine sayısı

3G Uygulamaları için Geniş Bant İnternet Mobil Modem Pazarlama Stratejileri Geliştirilmesi

Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.

Proje Ekibi

Alp Eren Can
Mehmet Fatih Güven
Tunç Haydaroğlu
M. Bilal Okatan
Başak Pehlivan
Cansu Zorluer

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Bilgen Aldan, Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.,
Katma Değerli Servisler

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Destan Kandemir, Bilkent Üniversitesi İşletme Bölümü

ÖZET

3G teknolojisi Türkiye pazarına girince, GSM operatörlerinin geniş bantlı İnternet servisi veren ürünleri çeşitlendirmesi beklenmektedir. Projenin amacı, öncelikli segmentler dahilindeki kitlelerin ihtiyacına yönelik ürünlerin kullanımının yaygınlaştırılması ve etkinliğin arttırılmasıdır. Kümeleme analizi, bütünleşik analiz ve Bass modeli adlı metotlar birleştirilerek oluşturulmuş, girdi olarak yapılan anketin sonuçları ve kapsamlı karşılaştırma sonuçları kullanılmıştır. Sonuçta potansiyel müşteri grupları bulunmuş, tercih edilebilir ürün paketleri fiyatlandırılma yapılarak sunulmuş, ürünün yaşam döngüsü tahmin edilmiş ve ek pazarlama stratejileri önerilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Segmentasyon, Paket tasarımı, Talep tahmini, Ürün yaşam döngüsü, fiyatlandırma, kümeleme analizi, bütünleşik analiz, Bass modeli.

Boeing 737-800 Uçakları Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması

Türk Hava Yolları Teknik A.Ş.

Proje Ekibi

A. Efe Çetin
Ahmet B. Kadioğlu
Cem E. Kansu
Gölbahar Kanyılmaz
Barış C. Şal
Ö. Fırat Şengün

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanı

Erhan Özcan, Türk Hava Yolları Teknik A.Ş.,
Üretim Planlama ve Kontrol Departmanı Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Alper Şen, Bilkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bitirme projemiz kapsamında Türk Hava Yolları (THY) Teknik A.Ş.'nin Malzeme İhtiyaç Planlaması projesini 2007-2008 eğitim yılının başında üstlendik. Şirketin mevcut envanter kontrol sistemi ve bu sistem hakkındaki şikayetler, yapılan analizler ve danışman hocalardan alınan tavsiyelerle değerlendirildi. Şirkette hali hazırda bir Malzeme İhtiyaç Planlaması sistemi bulunmamasının yüksek envanter seviyelerine ve düşük stok çevrim hızına neden olduğu görüldü. Yapılan çalışmalar sonucu TekMİP adında bir yazılım C#.net ve asp.net programları kullanılarak geliştirildi. Geçmiş yılların verileri TekMİP ile değerlendirildiğinde, envanter maliyetinde yaklaşık olarak %47'lik bir düşüş sağlanabileceği saptandı.

Anahtar Sözcükler: MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması), no-go malzemeler, ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması).

1. İşletme Tanıtımı

Türk Hava Yolları Teknik A.Ş., 75 senelik tecrübesiyle yerli ve yabancı uçaklara servis, bakım ve tamirat hizmeti vermektedir. Şirket, bakımlarda kullanılan malzemelerin üretimlerini yapmamaktadır ve malzemeleri ilgili şirketlerden tedarik etmektedir. Bunun yanında şirket yabancı havayolu şirketlerine ait uçaklara bakım yaparak hizmet ihraç etmektedir. Kullanılan bazı parçaların montaj ve tamirat işlemleri şirket tarafından yapılmaktadır. İstanbul Atatürk Havalimanı'nda hali hazırda hizmet veren iki bakım hangarı bulunmaktadır. THY Teknik A.Ş.'nin elinde 350 milyon dolar değerinde yaklaşık 150000 parçadan oluşan çok büyük bir envanter bulunmaktadır. Yurt içi ve yurtdışı uyruklu birçok havayolu şirketinin uçaklarına hizmet veren şirketin bakım yaptığı uçak çeşitlerinin arasında Boeing, AirBus, British Aerospace Avro ve Gulfstream model uçaklar bulunmaktadır. Şirket 1921'i teknisyen, 213'ü mühendis, 43'ü uzman, 190'ı çoğunlukla maviyaka işçi olan diğer tip çalışan ve 165'i yöneticilerden oluşan yaklaşık 2500 kişiye istihdam sağlamaktadır. THY Teknik Anonim Şirketi son 2 senedir THY A.O.'dan bağımsız bir şirket durumunda olduğundan herhangi bir kaynaktan ulaşılabılır finansal faaliyet raporu bulunmamaktadır. Fakat, THY Teknik'in Türk Hava Yolları Şirketine bağlı olduğu son sene olan 2006 yılı net karı 185.749.426 YTL' dir.

2. Projenin Tanımı ve Analiz

2.1. Semptomlar ve problemler

THY Teknik A.Ş.'nin verimsiz bir envanter kontrol sistemine sahip olması yüksek stok seviyelerine ve envanter maliyetlerine yol açmaktadır. Şirketin stok çevrim hızı analiz edildiğinde bu durum açıkça görülmektedir (Ek 1). Yapılan çalışmalarda, THY Teknik A.Ş.'nin stok çevrim hızı dünya çapındaki farklı 6 havayolu şirketiyle karşılaştırılmış, THY Teknik A.Ş.'nin incelenen 6 şirket arasında en düşük stok çevrim hızına sahip olduğu görülmüştür. Bu soruna yol açan sebepler 3 ana başlık altında toplanabilir:

2.1.1. Sipariş verme

Satın alma departmanındaki çalışanlar verdikleri siparişlerin takiplerini verimli bir sipariş takip sistemleri olmadığından düzenli bir şekilde yapamamaktadır. Ayrıca siparişlerin geliş zamanlarına ait veriler şirketin elinde bulunmamaktadır. Hali hazırda şirkette bulunan ERP sisteminde, malzemelerin geliş zamanları ve adetleri "Remarks" adında, hiç bir formata uymayan bir bölümde tutulmaktadır. Bu veriler sisteme girdi olarak sunulmadığından siparişler otomatik olarak takip edilememektedir. Bundan dolayı Üretim Planlama ve Kontrol Departmanı, siparişleri malzemelerin tedarik zamanlarını geçmiş veriler üzerinden tahmin ederek vermektedir. Verilen siparişlerin takibi ise tedarikçi şirket aranarak veya faks yoluyla gerçekleştirilmektedir. Satın

alma departmanında yılda ortalama 25,000 sipariş verilmesine rağmen toplamda 20 çalışan bulunduğundan yukarıda bahsedilen takip sistemi yetersiz kalmaktadır. Bu durumdan dolayı; çalışanlar sadece uçakların havalanamamasına sebebiyet verecek olan, “no-go” malzemeler olarak nitelendirilen, siparişlerin takiplerini yapmaktadırlar. Çünkü bu malzemeler nedeniyle uçak havalanamadığı takdirde şirket 30,000 USD/gün zarar görmektedir. Sonuç olarak şirkette verimsiz bir satın alma süreci ve buna bağlı olarak yüksek güvenlik stok seviyesi bulunmaktadır.

2.1.2. Üretim planlama

Bakım planları iki farklı müşteri tipi göz önünde bulundurularak hazırlanmaktadır: THY'ye ve diğer hava yolu şirketlerine ait uçaklara yapılacak bakımlar. THY'ye ait uçakların bakım planları şirket tarafından kesin olarak bilinmektedir. THY dışındaki hava yolu şirketlerinin uçaklarına yapılacak bakımlar ise şirketlerin istekleri üzerine bakım planı çizelgesine eklenmektedir. Yıllık bakım planı, THY dışında bulunan bir müşterinin bakım veya tamir istemine göre yeniden düzenlenmektedir. Her yılın başında üretim planlamada çalışan mühendisler yukarıda bahsedilen bakım çizelgesine göre malzeme siparişlerini vermektedir. Fakat Satın Alma Departmanı verdikleri siparişlerin takiplerini otomatik olarak gerçekleştiremediğinden, Üretim Planlama Departmanından istedikleri veri malzemelerin yıllık toplam ihtiyaçlarıdır. Böylece yıl boyunca kullanılacak malzemeler o yılın en başında alınıp depoya konulmakta, bu durumda yüksek envanter seviyelerine ve maliyete yol açmaktadır.

2.1.3. Kurumsal kaynak planlaması (ERP)

THY Teknik A.Ş., kurumsal kaynak planlaması programı olarak çok eski bir yazılım olan TAMES (Turkish Airlines Maintenance and Engineering System) adlı bir sistem kullanmaktadır. Bu sistem verileri tutmak için Adabas Veritabanını, yazılım dili olarak Naturel Yazılım dilini ve çalışması için IBM Mainframe Environment'ı kullanmaktadır. TAMES istenilen herhangi bir bilginin çıktı raporlarını direkt olarak veremediğinden, gereken bilgiler Bilgi Teknolojisi Departmanındaki çalışanlardan istenildikten sonra, çıktıların sistemden alınması için bir kod yazılması gerekmektedir ve bu kod yazma süreci uzun beklemelelere sebep olmaktadır. Bu durum da ilerleyen zamanlar için tahmini gereklilikler, hali hazırdaki envanter düzeyleri ve malzemelerin tedarik kontrolünü zorlaştırmaktadır.

2.2. Problemin tanımı

Türk Hava Yolları Teknik A.Ş. hali hazırda tutarlı bir Malzeme İhtiyaç Planlaması sistemine sahip değildir. Bu durum yüksek envanter seviyelerine ve düşük stok çevrim hızına sebebiyet vermektedir. Eldeki

yüksek envanter de şirketi fırsat maliyeti açısından zarara uğratmaktadır.

2.3.Literatür taraması

Problem tanımından sonra, önerilecek olan MRP yöntemleri ile ilgili literatür taraması yapıldı. Bu literatür taramasında iki farklı konuya odaklanıldı; Havacılık Endüstrisindeki benzer uygulamalar ve MRP.

Havacılık endüstrisindeki benzer uygulamalar incelendiğinde; bir ankete katılan 175 şirketten 152'sinin siparişlerini düzenlemek için yeniden sipariş verilme seviyesi yöntemini (Reorder Point) kullandıkları, kalan 13 şirketin ise malzeme ihtiyaç planlamasını (MRP) tercih ettikleri görüldü. Yine aynı araştırmada elde edilen bir başka sonuca göre ise; sektördeki şirketlerin hızla reorder point uygulamasından MRP'ye geçmeye başladıkları edinilen bilgiler arasındadır (Ghobbar, 2004).

Literatür taramasının ikinci aşamasında MRP hakkında genel bilgiler, sipariş miktarı belirleme teknikleri ve geliştirilecek olan yazılım ile ilgili kitap ve makaleler araştırıldı. Sistemde kullanılacak sipariş miktarı belirleme teknikleri şunlardır;

1. *Gereklikçe sipariş yöntemi:* Belirlenmiş bir periyot için verilen sipariş miktarı, o periyotta ihtiyaç olan miktara eşittir. Malzeme teslim alındığı periyotta kullanılır. Bu sipariş temin süresi dikkate alınarak sipariş edilir (Vollman, 2005).
2. *Silver-Meal buluşsal yöntemi:* Bu yöntem, planlama ufkundaki bir siparişin ortalama maliyetini belirleyerek ilerler. Bu ortalamanın arttığı yerde durur. Böylece, periyot başına maliyeti minimize eder (Nahmias, 2005).
3. *Birim başına en düşük maliyet buluşsal yöntemi:* Bu yöntem ise ihtiyaç birimi başına maliyeti minimize eder (Nahmias, 2005).
4. *Parçalı dönem dengesi buluşsal yöntemi:* Bu yöntem, başlangıç maliyetini depoda tutma maliyetine eşitleyerek sipariş ufkunu belirler. Sipariş ufku toplam depoda tutma maliyetinin başlangıç maliyetine eşit olduğu periyot sayısı kadar olur (Nahmias, 2005).
5. *Ekonomik sipariş miktarı yöntemi:* Malzeme İhtiyaç Planlaması sisteminde, ekonomik sipariş miktarı yöntemi sipariş miktarını belirlemek için kullanılır. Toplam sipariş verme ve taşıma maliyetini minimize etmeyi amaçlar (Vollman, 2005).
6. *Periyodik sipariş miktarı yöntemi:* Bu model, siparişler arasındaki zamanın eşit olmasını önerir. Sipariş miktarı ise siparişin teslim edilebileceği periyottaki tahmin edilen gerekli ihtiyaç miktarına eşittir. Periyotlar ekonomik sipariş miktarı yöntemi ile belirlenir (Vollman, 2005).

3. Önerilen Yöntem Ve Uygulaması

3.1. Genel yaklaşım

Bu noktaya kadar anlatılan bilgilerin ışığında THY Teknik A.Ş.'nin bir Malzeme İhtiyaç Planlaması sistemine ihtiyacı olduğuna karar verildi. Literatürde MRP (Material Requirements Planning) sistemleri temel olarak; üretilecek ürünlerin ihtiyaç duyduğu malzemelerin belirlenen bir zaman aralığı için hesaplanması ve ardından malzemelerin tedarik sürelerinin hesaba katılarak malzemelerin siparişlerini ne zaman verilmesi gerektiğinin hesaplanmasına dayanmaktadır.

Genel olarak bakımlarda kullanılan malzemelerin iki çeşit olduğu gözlemlendi; dışarıdan (çoğunlukla yurt dışından) tedarik edilen ve şirket içinde bakımı ve onarımı yapılanlar (overhauled). Tamir edilebilen parçaların envanter kontrolleri çok daha karmaşık olduğu ve toplam envanterin az bir kısmını oluşturduğu için, bu parçaların yapılan projenin kapsamı dışında bırakılmasına ve geriye kalan parçalar için bir MRP sisteminin kurulmasına karar verildi.

3.2. Model varsayımlarının geçerlenmesi

Bir problemi çözerken kullanılacak modelin varsayımlarının farkında olmak ve mümkün olduğunca bu varsayımları karşılayabilmek o modelin doğru çalışması için en önemli unsurlardan biridir. MRP algoritmasının varsayımları listelenerek bunların THY Teknik A.Ş. için uygunluğu aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Belirli ve bilinen talep

THY Teknik A.Ş. de yapılacak uçak bakımları ve dolayısıyla malzemelerin toplam ihtiyaçları çok küçük sapmalar dışında tahmin edilebilmektedir. Bakımlarda kullanılacak malzemeler o bakımla ilgili bakım kartlarında bulunmaktadır. Her bakım kartında bazı parçaların kesinlikle değişeceği, bazı parçaların ise ihtiyaç duyulması halinde değişeceği yazmaktadır. Bu parçalar *rutin ve rutin olmayan* parçalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Öncelikle projenin sadece rutin parçaları kapsamaması düşünüldü. Ancak bu parçaların tüm parçalar içindeki oranının ve öneminin çok düşük olduğu görüldü ve rutin olmayan parçaların da modelin kapsamına alınmasına karar verildi. Bu parçalarla ilgili Bakım Planlama bölümüyle yapılan görüşmelerde bu parçaların kullanım yüzdelerinin yaklaşık olarak sabit olduğu, bu nedenle geçmiş bilgilerin önümüzdeki bakımları tahmin etmekte yeterli olacağı ve ayrıca da bakımların birçoğu için şirketin elinde yeterli verinin bulunduğu anlaşıldı.

Geçmiş bakımlardaki kullanım bilgilerinin kullanılmasının en büyük dezavantajı ise en eski uçağa yapılacak en güncel bakımla ilgili bilginin bulunmamasıdır. Kısaca açıklamak gerekirse, bakım numaraları, bakım türü ve o türdeki kaçınıcı bakım olduğu ile

belirlenmektedir. Örneğin A50 bakımı A türündeki 50. bakımı ifade eder. Tarafımızdan kullanılan yöntemde ise en eski uçağın en son yapılacak bakımı ile ilgili bilgi bulunması mümkün olmamaktadır. Diğer yandan, tüm diğer bakımlar ile ilgili bilgi olacağı da garantilenmiş olmaktadır (çünkü en eski uçak daha önce yapılan tüm bakımlara girmiştir). En eski uçağın son bakımları ile ilgili ise bakımları eşleştirme yönteminin kullanılması kararlaştırıldı. Bunun nedeni, bakım Planlama departmanından öğrenildiği üzere, her bakım önceki bakımlardan bir tanesi ile eşlenebilmesidir. Örneğin Boeing 737-800 uçaklarının A17 bakımında A53 bakımıyla aynı bakım kartları bulunmaktadır ki bu da iki bakımın bilgilerinin birbirlerinin yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

Anlatılan yöntemle tahmin edilebilen bir talep bilgisi oluşturuldu ve bu bilgi modelin çalışması için belirli ve bilinen olarak kabul edildi.

3.2.2. Sonsuz kapasite

Daha önce de belirtildiği gibi MRP algoritması kapasitenin sonsuz olduğu varsayımını kabul etmektedir. Tamir edilen parçalar proje kapsamı dışına çıkarıldığı ve geriye kalan satın alınan parçalar için kapasitenin sonsuz olduğu varsayılabilir.

3.2.3. Doğru stok seviyesi ve açık sipariş bilgileri

THY Teknik A.Ş.'de kullanılan TAMES sistemi aynı zamanda depo yönetimi konusunda da kullanılmakta ve sürekli olarak en güncel stok seviyesi bilgisini bulundurmaktadır. Açık sipariş bilgileri ise sistemde bulunmakta, siparişin ne kadarının hangi gün geleceği ile ilgili bilgi bilinmekte, fakat sistemde kullanılabilir bir formatta bulunmamaktadır. Bunun uygulama aşamasında aşılabilir bir sorun olduğuna karar verilmiştir.

3.2.4. Bilinen ve belirli tedarik zamanı bilgisi

MRP algoritmasının son varsayımı parçaların tedarik sürelerinin kesin olarak bilindiğidir. Bu varsayımı geçermek, tedarik zamanı bilgisi olduğunda bile genel olarak mümkün olmamaktadır. TAMES sisteminde parçalarla ilgili tedarik zamanı bilgisi bulunmamaktadır. Ancak geçmiş siparişlerle ilgili Malzeme Hareket Emri (MHR) açılma ve parçanın depoya girme süreleri bulunmaktadır. Bu bilgiler kullanılarak ortalama bir tedarik zamanı bilgisi bulunabilmektedir. Normalde ortalama bir değerle çalışmak riskli olsa da kullanılacak değerler planlama periyodu cinsinden hesaplandığında sapmanın düşmesi ve bunun sonucu olarak riskin azalması beklenmektedir. Bunun yanında raporun sonraki bölümlerinde bahsedeceğimiz güvenlik stoğu seviyelerinin hesaplanmasıyla bu riskin en yüksek oranda ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

3.3. Modelin test edilmesi : TekMİP Alpha demo uygulaması

Projede gelinen noktada, probleme çözüm olarak sunulan MRP sisteminin denenmesi amacıyla TekMİP Alpha adında bir demo uygulaması yapıldı. Bu demo için çok katmanlı bir veritabanı hazırlamak yerine, Microsoft Access kullanıldı, Visual Basic for Applications dili Microsoft Access ile ilişkilendirildi.

Bu demo ile amaçlanan, şirketteki bilgi saklama biçimiyle aynı olan bir veritabanı uygulaması yapılması ve modelin pratiğe dökülmesiydi. Demoda, planlama 6 aylık ufuk için, 2 haftalık periyotlar halinde yapıldı. TekMİP Alpha, genel anlamda, 2 adet hesaplama yapmaktadır; bakım planlarına göre hesaplanan toplam talep ve teslimatlar.

Kullanıcılar için, Office Web Components tabloları programı kullanılarak, her parça için malzeme ihtiyaç planı tablolarının gösterilebileceği bir form hazırlandı.

4. Uygulama

4.1. Genel bilgiler

Projede kullanılacak model belirlendikten ve TekMİP Alpha yazılımıyla denendikten sonra uygulama aşamasına geçildi. MRP algoritmalarının tüm parçalar için çalışması genellikle uzun zaman aldığı ve yüksek bir hafıza kullanımına neden olduğu için projenin Bilişim Teknolojileri (BT) tarafına yüksek önem verildi. Oluşturulacak yazılımın hızı, esnekliği, gelişime açık olması ve kullanılabilirliğinin yüksek olması ön planda tutuldu. Bunun yanısıra THY Teknik A.Ş için gerekli olan özel yapı ve TAMES sisteminin veri iletişim yöntemi dikkatle uygulandı.

4.2. Uygulama altyapısı

Yapılan çalışmaların sonucunda projenin farklı katmanları bulunan bir yazılım olarak uygulanması kararına varıldı. Bu katmanlar:

- Verilerin saklanacağı veri tabanı
- MRP algoritmasını çalıştıracak ve TAMES ile veri tabanı arasındaki veri iletişimini sağlayacak olan asıl yazılım
- Kullanıcıların veri girişlerini, MRP algoritmasının sonuçlarını, hata mesajlarını görmesini sağlayacak, web tabanlı bir arayüz olarak belirlendi.

Projenin uygulanmasına başlamadan önce her katmanda kullanılacak yazılımlarla ilgili iki ayrı seçenek THY Teknik A.Ş. BT departmanına sunuldu. Bunlardan ilki PHP, MySQL, Python ve Apache gibi tamamen özgür yazılımların kullanıldığı Linux platformunda çalışacak bir seçenek, ikincisi de Microsoft tarafından sağlanan .net platformunu ve yine Microsoft'un SQL Server ve IIS gibi sunucu teknolojilerini kullanan ve Microsoft Windows platformunda çalışacak seçenek oldu. BT departmanı sistemin bakımının yapılabilmesi

açısından ikinci seçeneği önermiş ve bu öneri tarafımızdan da kabul edilmiştir. Bunun yanında BT departmanı tarafından sunucu olarak kullanılacak iki adet bilgisayar temin edilmiş ve gerekli yazılımların bu bilgisayarlara kurulması sağlanmıştır (Ek 2).

Sonuç olarak yapılan uygulamada;

- Platform olarak Windows 2000 Server
- Veritabanı sunucusu olarak Microsoft SQL Server 2005
- İnternet sayfası sunucusu olarak Microsoft IIS yazılımlarının,
- Algoritmanın kodlanması için kullanılacak yazılımda Microsoft'un .net 3.5 platformuyla bitlikte gelen C#.net
- Arayüzün kodlanması için .net platformuyla gelen asp.net ve C#.net dillerinin kullanılmasına karar verildi.

4.3. Uygulama kapsamı ve yöntemi

Oluşturulacak MRP algoritmasının 6 aylık ufukla, 2 haftada bir çalıştırılması planlanmaktadır. Bunun yanında proje kapsamı şu anda THY Teknik A.Ş.'deki en büyük filo olan (41 adet uçak) Boeing 737-800 uçaklarının A ve C bakımları olarak belirlendi ancak yapılacak uygulamanın kolaylıkla diğer uçakları ve bakım türlerini kapsayacak şekilde değiştirilebilecek olması sağlandı. Seçilen parçaların şu anda yaklaşık olarak 12 Milyon YTL'lik bir envanteri bulunmaktadır ancak geliştirilen model envanterin 40 Milyon YTL'lik kısmına aynen uygulanabilecek şekildedir. Şu an itibariyle MRP çalıştırılacak parça sayısı 7400 civarındadır. Bunun yanında oluşturulan yazılımlara genel olarak TekMİP (**T**eknik **M**alzeme **İ**htiyaç **P**lanlaması) adı verildi.

4.4. Özel uygulamalar

Uygulamanın yapılması esnasında Teknik A.Ş.'deki özel durumlar göz önüne alındı ve algoritma bu durumlara uygun şekilde düzenlendi. Bunun yanında algoritmanın daha iyi çalışması için de bazı özellikler eklendi. Bunlardan bazıları şöyledir:

4.4.1. Güvenlik stok seviyelerinin belirlenmesi

THY Teknik A.Ş.'de güvenlik stoğu bilgileri bulunmamaktadır ve tam olarak güvenilir olmayan Sipariş Noktası ve Ekonomik Sipariş Miktarı değerleri kullanılmaktadır. Bunların güvenilir olmamasının asıl nedeni ise matematiksel yöntemlerden çok kişisel tercihlerle belirlenmiş olmalarıdır. Bu durum göz önüne alınarak bu bilgilerin kullanılmaması gerektiğine karar verildi.

Bir malzeme için oluşacak talebin normal dağılım izlediği varsayılırsa güvenlik stokları göz önüne alındığında verilmesi gereken toplam sipariş miktarı şu kadar olmaktadır:

$$Y = \mu + \sigma Z$$

Burada Y sipariş tedarik edildikten sonra elde bulunacak olan malzeme miktarını gösterirken, μ siparişi verirken baz alınan bakımda

kullanılacak, ve önceden bilinen, malzeme adedini, σ bu talebin standard sapmasını Z de istenilen servis seviyesine karşılık gelen normal dağılımın tersine ait değeri göstermektedir. Ortalama talebin siparişi MRP algoritması tarafından verildiği için σZ değeri verilen servis seviyesine karşılık gelen güvenlik stoğu miktarı olacaktır. Bahsedilen σZ değerindeki σ , verilen siparişin tedarik süreciyle birlikte MRP'nin periyodik çalışma sürecinin toplamındaki sapmayı göstermektedir. Ancak, σ 'yı tahmin etmek için yeterince değer bulunmamaktadır. Bu nedenle, güvenlik stoklarının ne kadar olması gerektiğini çıkarabilmek için başka varsayımlar da yapmak gerekmektedir. Bu konuda yapılan ilk varsayım σ/μ oranının tüm parçalar için sabit olduğu ve k 'ya eşit olduğudur. Böylece $\sigma Z = k\mu Z$ olarak yazılabilmektedir. Ancak bu k değeri de tam olarak bilinemediğinden kZ değerine karşılık gelebilecek bir değer ($\%p$) kullanıcıların seçimine bırakıldı. Yani, kullanıcılar güvenlik stoklarını önlerindeki tedarik süresince oluşacak tahmini ortalama talebin $\%p$ 'si kadar bir güvenlik stoğu kullanılmasını belirteceklerdir (Nahmias, 2005). TekMİP bu $\%p$ değerini bir seçenek olarak kullanıcıdan alarak her parça için önündeki talebi ve tedarik süresini belirleyip güvenlik stoğu değerini belirler (Tablo 1).

Şunu da belirtmek gerekir ki; Y değeri bu hesaplamalarda hemen her periyod için farklılık gösterebilmektedir. Bunun sebebi; şirketin hali hazırdaki envanter kontrol sisteminde, bu zamana kadar belirlenmiş bir "ulaşılacak envanter seviyesi" girdisi bulunmamasıdır. Fakat uzun vadede bu değer bulunabilir.

Tablo 1. Bazı k ve p değerlerine karşılık gelen servis seviyeleri

$\%p$ $\%k$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
5	84,1	69,1	63,1	59,9	57,9	56,6	55,7	55,0	54,4	54,0
10	97,7	84,1	74,8	69,1	65,5	63,1	61,2	59,9	58,8	57,9
15	99,9	93,3	84,1	77,3	72,6	69,1	66,6	64,6	63,1	61,8
20	100,0	97,7	90,9	84,1	78,8	74,8	71,6	69,1	67,2	65,5
25	100,0	99,4	95,2	89,4	84,1	79,8	76,2	73,4	71,1	69,1
30	100,0	99,9	97,7	93,3	88,5	84,1	80,4	77,3	74,8	72,6
35	100,0	100,0	99,0	96,0	91,9	87,8	84,1	80,9	78,2	75,8

4.4.2. Bakım planının çıkarılması

TAMES sisteminin zayıf yanlarından bir tanesi de sistemdeki uçaklar için sadece bir sonraki bakımlarının tarihlerini çıkarabilmesidir. Bunu yaparken sistemdeki güncel uçuş saati bilgisini, günlük ortalama uçuş saatlerini ve her bakımın kaç uçuş saatinde bir yapıldığı bilgisini kullanmaktadır. TekMİP yazılımı TAMES'in bu çıktısını bir adım daha

ileri götürerek önündeki 6 ay içindeki tüm bakımların hesabını yapmaktadır. Ancak iki bakım arasındaki uçuş saatleri ve günlük uçuş süreleri değişkenlik gösterebilmektedir. Bütün bu parametreler kullanıcının seçimine bırakılarak herhangi bir değişikliğin kolayca uygulanabilmesi sağlandı.

4.4.3. TAMES çıktılarının işlenmesi

TekMİP uygulamasındaki önemli noktalardan biri de TAMES verilerinin yapılacak yeni sistemle okunabilmesi ve yeni veri tabanına aktarılabilmesidir. Yapılan görüşmelerde TAMES sisteminin Excel veya FoxPro veri tabanı dosyaları olarak çıktı verebildiği görüldü. Bu çıktıların okunması için .net platformuyla gelen OleDb sınıfı kullanıldı. Bu sınıfın en büyük avantajlarından biri yazılan kodların veri tabanından neredeyse bağımsız olmasıdır. Yapılacak çok küçük – neredeyse tek satır – kod değişiklikleriyle yeni bir veri biçimine geçiş yapılabilecektir. Bu da sistemin esnekliğini ve ileride TAMES sistemi değişse bile kullanılabilir kalmasını sağlayacaktır.

4.4.4. Paralel MRP algoritması

TekMİP sistemi kodlanırken en çok önem verilen konulardan biri de performans oldu. Normal koşullarda sistemin performansı bazı işlemlerle bir miktar artırılabilir ancak bunlar bu proje kapsamında çok ileri düzeyde bulunmaktadır. Bunun yerine çok daha etkili bir yöntem kullanıldı. Günümüzdeki çok çekirdekli işlemciler ve çok işlemcili sistemler özel bir algoritma yazılmadığı sürece bir işlem için en fazla bir çekirdeklerini kullanabilmektedirler. Bu da yazılan kod ne kadar iyi olursa olsun işlemci performansının $\% 100 * (1 - (1 / \text{Toplam Çekirdekler}))$ kadarının işlevsiz kalmasına neden olmaktadır. Örneğin, 2 çekirdekli bir sistem için %50, 4 çekirdekli bir sistem için %75 performans kaybı oluşmaktadır.

4.4.5. Diğer özellikler

TekMİP sisteminin bazı diğer özellikleri ise;

- Farklı kullanıcılara farklı haklar ve arayüzler sağlayan çok kullanıcı yapı,
- Kullanıcıların MRP tablosunun tamamını görebilmesi,
- Kullanıcıların hemen sipariş verilmesi gereken parçaların listesini ve sipariş miktarlarını görebilmesi,
- Veri hatalarını ve eksikliklerini kullanıcıya bildirerek en doğru çalışmanın sağlanabilmesidir.

(Ek 3 ve Ek 4'te TekMİP'ten bazı ekran görüntülerine yer verilmiştir.)

5. Genel Değerlendirme

5.1. Beklenen katkılar

Şirketin envanter kontrol sisteminde bulunan eksikliklerin, şirket çalışanlarının tarafımıza aktardıkları şikayetler ve yapılan analizlerin

sonucunda ellerinde bulundurdukları envanter seviyesinin gereğinden fazla olduğunu ve problemi çözmek amacıyla getirilecek en etkin çözümün şirkete verimli çalışan bir Malzeme İhtiyaç Planlaması sisteminin kurulması olduğu proje raporun bu kısmına kadar belirtildi. Yapılan çalışmalar sonucunda TekMİP adında, şirketin en büyük filosu olan Boeing 737-800 uçaklarının bakım malzemelerinin ihtiyaç planlamasını düzenleyen bir yazılım geliştirildi. Geliştirilen yazılım Boeing 737-800 uçaklarının 2006 yılında yapılan bakımlarında kullanılan malzemeler için çalıştırıldı ve ortaya çıkan malzeme ihtiyaç planları değerlendirildi.

Yapılan değerlendirmeler, verimsiz kontrol sonucu oluşan yüksek envanter seviyelerinin şirkete verdiği mali zarar üzerinden yapıldı. Bu mali analizin nasıl bir yol izlenerek yapıldığı ve genel prosedürü şu şekildedir:

1. Şirketin yüksek envanter probleminin semptomları bölümünde bahsedildiği gibi; şirket yıl boyunca ihtiyaç duyacağı tüm malzemelerin yıllık toplam ihtiyacını sene başından sipariş vererek sağlamaktadır. Bu durumda; envantere yatırılan paranın, tedarik zamanı göz önünde bulundurularak sadece ihtiyaç duyulduğunda sipariş verilmesi ile, yıllık ihtiyacın hepsinin senenin başında sipariş verilmesi fırsat maliyeti açısından karşılaştırıldı.
2. Bu maliyet analizi yapılırken, ödemenin malzemeler şirketin eline geçtiğinde yapıldığı kabul edildi. İncelenecek parçalar yıllık envanter maliyetlerine göre sıralanarak, 3 tane yüksek maliyetli, 4 tane orta maliyetli, 3 tane düşük maliyetli olmak üzere 10 tane parça seçildi. Hesaplama yapılırken, 2006 yılında alınan bir malzemenin adediyle birim fiyatı çarpılarak toplam maliyet ve yıllık faiz oranı (%17) kullanılarak sene sonu değeri hesaplandı. Aynı malzemelerin, MRP programımız olan TekMİP' in sipariş izlencesine göre tedarik edildiği zamanki sene sonu maliyetleri hesaplandı ve 2006 değerleriyle karşılaştırıldı (Ek 5 ve Ek 6).
3. Analizlerde kullanılan 10 malzemenin envanter değerleri toplanarak Boeing 737-800 uçaklarının bakımlarında kullanılan tüm malzemelerin envanter değerlerinin toplamına oranı hesaplandı. Sonra, TekMİP kullanılsaydı 2006 yılında Boeing 737-800 malzemeleri üzerinden yaklaşık olarak 5,697,006 YTL tasarruf sağlanabileceği saptandı (Ek 5). Şirketin bakımlarda kullanılan malzemeler için toplam envanter maliyetinin ise 33,195,642.70 YTL olduğu düşünüldüğünde, TekMİP uygulaması kapsamı genişletilerek, tüm uçaklara ait parçalar için, 2006 yılında önce uygulanmış olsaydı, 15,715,387.28 YTL tasarruf sağlayabileceği hesaplandı.

4. Ayrıca, TekMİP'in sağlayacağı faydayı göstermek için stok çevrim hızındaki iyileştirme hesaplandı. 2006 yılında, THY Teknik A.Ş.'nin Boeing 737-800 uçakları bakım envanteri için stok çevrim hızı 0.5'dir. TekMİP 2006 yılında kullanılmış olsaydı ise bu rakamın 0.95'e yükselebileceği gösterildi (Ek 5).

5.2. İleriye yönelik öneriler ve sonuç

Sonuç olarak; raporun bu kısmına kadar şirketin probleminin ne olduğu ve projenin kapsamı, geliştirilen çözüm ve bu çözüm kullanıldığında takdirde şirkete sağlayacak olduğu getiri detaylarıyla anlatıldı. Projenin uygulanması bittikten sonra, şirketin TekMİP'ten maksimum fayda sağlaması için yapması gerekenler şunlardır;

- Geliştirilen yazılım B737-800 uçaklarının bakım malzemelerinin yanında şirketin bütün envanter kontrol sistemine entegre edilmesi.
- Şimdiye kadar düzgün bir şekilde hesaplanmamış olan, malzemelerin tedarik zamanları, yeni sipariş verilme seviyeleri, güvenlik stokları ve ekonomik sipariş miktarlarının zaman içinde hesaplanması.
- TekMİP'in ileride yapacağı hesaplamaların doğru olabilmesi açısından malzemelerin tedarik zamanlarını, depoya giriş çıkış tarihlerini ve geliş miktarlarını Satınalma Departmanı tarafından tam ve doğru olarak sisteme girilmesi.

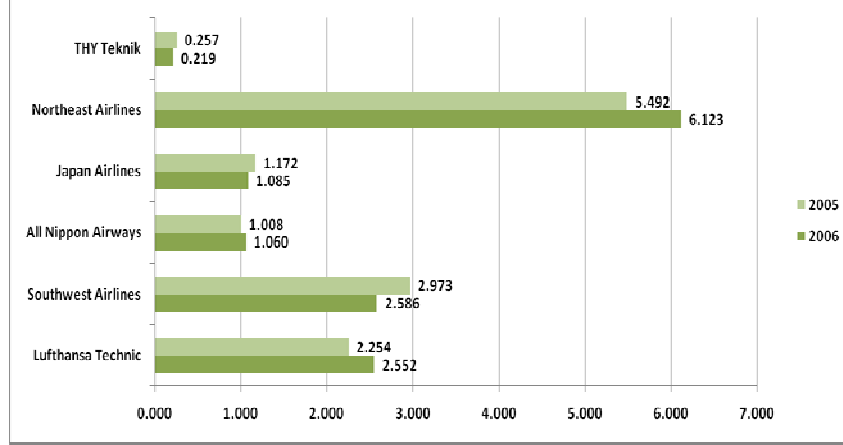
Sonuç olarak, THY Teknik A.Ş. tarafımızdan geliştirilen MRP yazılımını sistemine entegre etmeyi uygun görmüştür. Proje üst düzeyde kabul görmüş, şirketin geliştirilen sisteme ihtiyacı olduğu kararı verilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ghobbar, A. A. ve Friend, C. H. (2004). "The Material Requirement Planning System for Aircraft Maintenance and Inventory Control: A Note Journal of Air Transport Management", Elsevier Ltd., 10, 217-221.
- Nahmias, S. (2005). "Production and Operations Analysis.", 5, McGraw-Hill Irwin.
- Vollman, B. ve Whybark, J. (2005). "Manufacturing Planning & Control for Supply Chain Management", 5, McGraw-Hill Irwin.
http://www.thy.com/download/THY_2006_faaliyet_raporu.pdf

EKLER

Ek 1. THY Teknik A.Ş ve sektördeki rakiplerinin stok çevrim hızları



Ek 2. Programın mimarisi



Ek 3. TekMİP ekran görüntüleri



TekMIP Özet Bilgileri

Son çalışma periyodu : 08/2008 (14 Nisan 2008 - 27 Nisan 2008)

Sipariş Verilmesi Gereken Parça Sayısı: **32**
Güvenlik Stoğu Seviyesi Altındaki Parça Sayısı: **10**
Backlogging Durumundaki Parça Sayısı: **15**



TekMIP Parça Parametreleri

Parça Kodu	0000870
Açıklama	SINGLE CONTACT FLANGED
PRIME_MPN	CM387
Stok Seviyesi	2103
EFF_CODE	147EL
Güvenlik Stoğu	<input type="text"/> Boş bırakıldığında sistem kendisi hesaplamaktadır
Lot Sizing Metodu	Gerektiğinde Sipariş Yöntemi (Lot for Lot)
Periyod	<input type="text"/> Sadece POQ metodunda

Lot Sizing Yöntemleri (Lot for Lot)

- Gerektiğinde Sipariş Yöntemi (Lot for Lot)
- Sıfır Maliyet Buluşsal Yöntemi
- Birim Başına En Düşük Maliyet Buluşsal Yöntemi
- Parçaları Dönem Dengesi Buluşsal Yöntemi
- Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi (EOQ)
- Periyodik Sipariş Miktarı Yöntemi (POQ)

Ek 4. TekMİP ekran görüntüleri

TekMIP by Team17
Türk Teknik A.Ş. Malzeme İhtiyaç Planlama Sistemi

Hosgeldiniz
Bilal Pandul
[Sistemden Çıkış](#)

Ana Sayfa Parçalarla İşlemler MRP Girdi İşlemleri MRP Algoritması Raporlar

Parça Bilgileri

Parça Kodu 0000870
Açıklama SINGLE CONTACT FLANGED
PRIME_MP3N CM387
Stok Seviyesi 2103
EFF_CODE 147EL

Açık Sipariş Bilgileri Dosyası
Kullanım Bilgileri Dosyası
Eski Bakımlar Dosyası
Tahmin Edilen Bakımlar

ROW	8/08	9/08	10/08	11/08	12/08	13/08	14/08	15/08	16/08	17/08	18/08	19/08	20/08
GR	20	32	0	0	0	45	7	45	7	0	0	0	8
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INV	2083	2051	2051	2051	2051	2006	1999	1954	1947	1947	1947	1947	1939
NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

** Parçayla ilgili hata mesajı bulunmamaktadır.

TekMIP by Team17
Türk Teknik A.Ş. Malzeme İhtiyaç Planlama Sistemi

Hosgeldiniz
Bilal Pandul
[Sistemden Çıkış](#)

Ana Sayfa Parçalarla İşlemleri MRP Girdi İşlemleri MRP Algoritması Raporlar

TekMIP Parametreleri

Setup Cost (USD) 100
1 USD = 1.3 TRY
1 EUR = 2.1 TRY

Burada girilen bilgiler Lot Sizing algoritmasının parametreleri olarak kullanılacaktır.

A Bakımı Sıklığı 600 Uçuş Saati
C Bakımı Sıklığı 7000 Uçuş Saati
Ortalama Günlük Uçuş Saatleri 13 Uçuş Saati/gün

Bu alandaki bilgiler verilen bakım planının tamamını oluşturmak için kullanılacaktır.

Güvenlik Stoğu / Temin Süresindeki Ortalama Talep Oranı %25

Bu oranın anlamı için el kitabına başvurunuz.

TekMIP by Team17
Türk Teknik A.Ş. Malzeme İhtiyaç Planlama Sistemi

Hosgeldiniz
Bilal Pandul
[Sistemden Çıkış](#)

Ana Sayfa Parçalarla İşlemleri MRP Girdi İşlemleri MRP Algoritması Raporlar

TekMIP : Sipariş Verilmesi Gereken Parçalar Raporu

Son çalışma periyodu : 08/2008 (14 Nisan 2008 - 27 Nisan 2008)

THY_PK	DESCR	EFF_CODE	PRIME_MP3N	Siparis Miktarı
B531492	ARM CAP ASSY	E	83-236C6502A401	21
B533236	ULTRALOC SP216S1L	EM	1003106-001	18
XE89001	DIGITAL PASSGR.CTLUNIT	E	RDAX6733-03	14
E250516	MARKER	E	BAC29PPS316661C	1
E330064	LENS	E	25-1736-1	1
E330093	LIGHT ASSY	76E	MS17245-6	1
E330122	LENS	E	207377-1083	2
E380071	PLACARD	E	E3810002-0011CR02	3
B532174	KICK PANEL	E	B91580-600A820-0	3
B532344	LATCH DUAL	E	SAM222-18	1

Ek 5. TekMİP 2006 yılı için değerlendirme

2006 Sonu Döviz Kuru	
YTL / Euro	1.869045
YTL / Dollar	1.416465

2006 Yılındaki Envanter Maliyeti		
	Dolar	YTL
B737-800 gövde malzemeleri	\$8,495,655.50	12,033,798.67 YTL
Bütün uçakların bakım malzemeleri	\$23,435,554.50	33,195,642.70 YTL

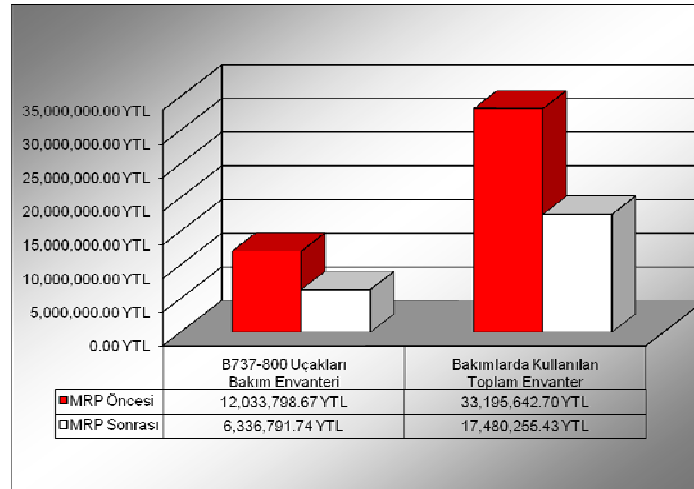
TekMip Uygulanmış Olsaydı 2006 Yılındaki Envanter Maliyeti		
	Dolar	YTL
B737-800 gövde malzemeleri	\$4,473,666.30	6,336,791.74 YTL
Bütün uçakların bakım malzemeleri	\$12,340,760.58	17,480,255.43 YTL

Envanter Maliyetlerinde Elde Edilebilecek Tasarruf		
	Dolar	YTL
B737-800 gövde malzemeleri	\$4,021,989.20	5,697,006.93 YTL
Bütün uçakların bakım malzemeleri	\$11,094,793.92	15,715,387.28 YTL

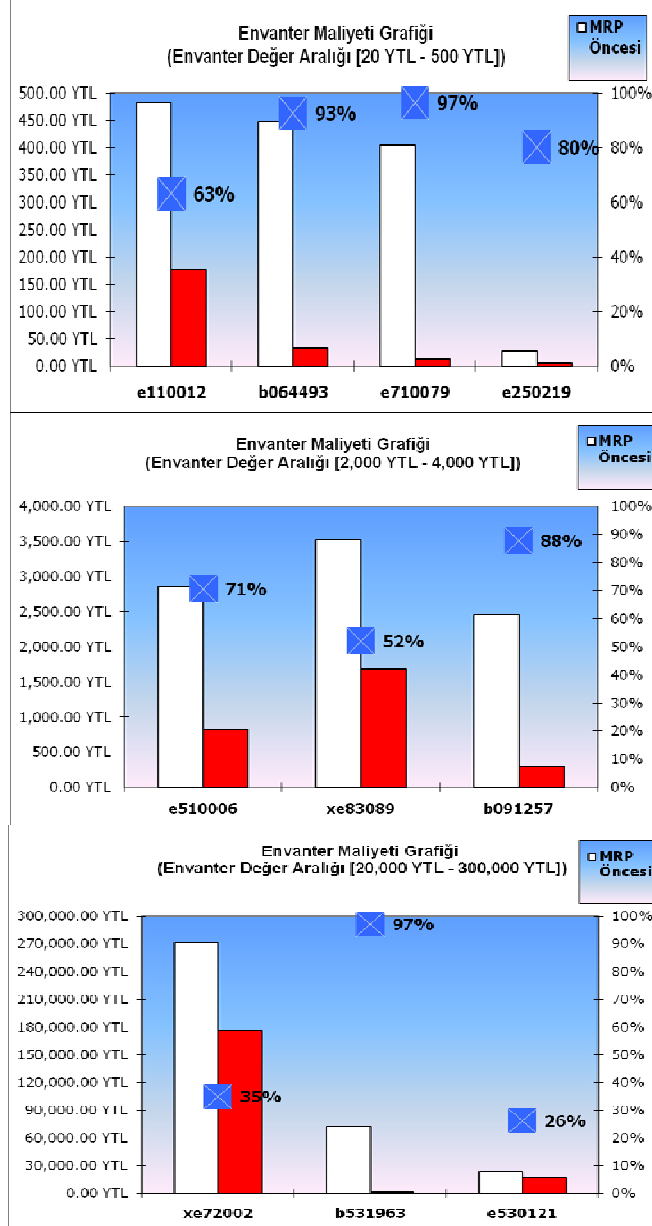
2006 İçin Yıllık Faiz Oranı	17%
-----------------------------	-----

Fırsat Maliyeti Açısından Şirketin Uğradığı Kayıp	
B737-800 Uçakları Bakım Envanteri	968,491.18 YTL
Toplam Bakım Envanteri	2,671,615.84 YTL

Stok Çevrim Hızındaki İyileştirme	
2006 Yapılan Bakımlar Maliyeti	6,019,648.58
2006 B737-800 Parçaları Stok Çevrim Hızı	0.50
TekMİP Kullınsaydı Stok Çevrim Hızı	0.95



Ek 6. Envanter maliyeti grafikleri



İki Seviyeli Dağıtım Ağında Stok Yönetimi Sistemi Geliştirilmesi

Unilever Türkiye

Proje Ekibi

Perihan Ağra
Çağdaş Başoğlu
Seçil Hasegeli
Can Kenanoğlu
Can Selçuki
Bora Uludüz

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Tamer Güneş, Unilever Türkiye, Talep Planlama Müdürü-Gıda
Tuğba Serez, Unilever Türkiye, Talep Planlama Mühendisi-Gıda

Akademik Danışman

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

ÖZET

Unilever Türkiye, lojistik ve tedarik zinciri konularında başarılı uygulamalar sergilemesine rağmen, bu uygulamaların daha da iyileştirilmesini istemektedir. Bu proje, perakendeciye sağlanan servis seviyesi sabit tutularak, sistemdeki toplam stoğun enküçültülmesini amaçlamaktadır. Bu bağlamda, ana ve yerel dağıtım depolarındaki stoğun daha verimli dağılmasını sağlayacak bir yöntem sunulacaktır. Raporunda, şirketin şu anki problemine yol açan bulgular açıklandıktan sonra, problem tanımlanacaktır. Ardından yapılan literatür taramalarını baz alan ve Unilever'in problemine çözüm getirecek bir metodoloji sunulacak ve sonuçlar mevcut sistemle karşılaştırılarak önerilen sistemin başarısı ölçülecektir.

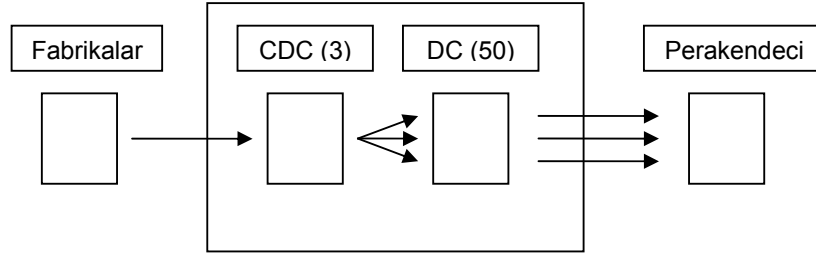
Anahtar Sözcükler: İki seviyeli dağıtım ağı, stok yönetimi, servis seviyeleri.

1. İşletme Tanıtımı

Hızlı Tüketim Malları kategorisinin ileri gelen firmalarından Unilever, gıda, dondurma, ev ve kişisel bakım ve profesyonel gıda sektörlerinde faaliyet göstermektedir. Türkiye’de ev ve kişisel bakım ürünleri kategorisinde Omo, Rinso, Domestos, Yumoş, Cif, Elidor, Dove, Clear, Rexona, Lux, Axe ve Signal markalarıyla, gıda ve dondurma sektörlerinde ise Sana, Rama, Becel, Knorr, Komili, Lipton ve Algıda markaları altında hizmet vermektedir.

100'den fazla ülkede faaliyet gösteren, ürünleri 150'nin üzerinde ülkede satılan, 284.000 kişiye iş olanağı sağlayan Unilever'in ürünlerini dünyada her gün 150 milyon kişi satın almaktadır. Unilever Türkiye, 2007 yılında yüzde 20 büyüme ile 1 milyar 17 milyon Euro'luk ciroya ulaşmıştır ve Unilever dünyasının en büyük 9. şirketi olmayı başarmıştır.

Unilever, Türkiye’de 7 tane fabrika, 3 tane ana dağıtım deposu ve 50 tane yerel dağıtım deposuyla geniş bir dağıtım ağına sahiptir. Bu proje, ana dağıtım depolarıyla yerel dağıtım depolarındaki stok dağılımını kapsayacaktır.



Şekil 1: Unilever Türkiye dağıtım ağı

2. Projenin Tanımı

Unilever Türkiye'nin öncelikli amacı müşteri memnuniyetidir. Şirketin bu amaca verdiği önemden dolayı müşteri servis seviyeleri kritik bir kıstas haline almaktadır. Unilever Türkiye rekabet bakımından iyi bir noktada bulunmasına rağmen, şirket stoğun tükenme olasılığını azaltmak istemektedir. Şirketin bu olasılığı düşük tutmak için mevcut durumda uyguladığı yöntemler, maliyet artışlarını da beraberinde getirebilmektedir. Öte yandan, stoğun tükenmesi durumu, şirkete lojistik ve envanter masrafları dışında, müşteri memnuniyetsizliği olarak geri dönmektedir.

Mevcut stok yönetim politikalarının verimliliği, arzulanan seviyeden az olduğundan, belirli bir servis seviyesini yakalamak için, ana dağıtım depoları (CDC) ve yerel dağıtım depolarında (DC) gereğinden fazla stok tutulmaktadır. Bu durum, önerilecek optimale yakın buluşsal yöntemlerle giderilebilecektir. Dolayısıyla, projedeki ana

hedef, istenilen servis seviyeleri doğrultusunda toplam stok seviyesini azaltmaktır. Bu da stoğun ana ve yerel dağıtım depolarına sistemli bir şekilde dağıtılması ile sağlanacaktır.

Problemin açıkça bir ifadesi aşağıdaki gibidir:

- Servis seviyelerini hedef düzeylerde tutarak, ana ve yerel dağıtım depolarındaki toplam envanter miktarının enküçültülmesi

3. Analiz

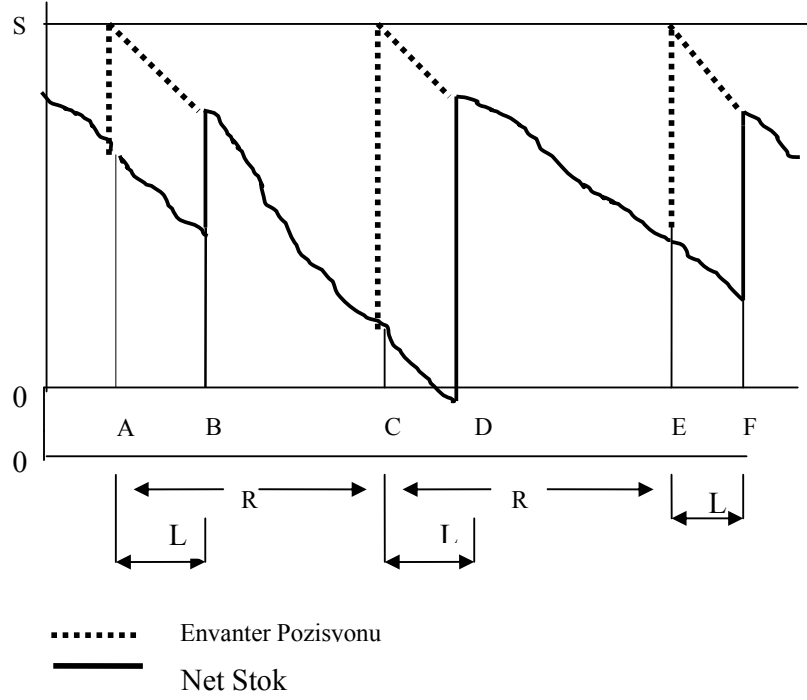
Günümüzde, hızlı tüketim ürünleri sektöründeki en önemli konulardan birisi tedarik zincirinde stok yönetimidir. Bu hususta envanter giderleri en önemli maliyet kalemlerinden birini oluşturmaktadır. Şirketler, mümkün olduğunca az stok tutup, servis seviyelerini en üst düzeye çıkarmaya çalışmaktadırlar. Unilever Türkiye'nin mevcut stok yönetimi ile servis seviyeleri arzu edilen düzeye ulaşmış, ancak toplam envanter de buna bağlı olarak yükselmiştir.

3.1. Mevcut sistemin analizi

Silver, Pyke ve Peterson'un belirttiği gibi "firmalar arası rekabet bireysel rekabetten çok, firmaların mensubu oldukları tedarik zincirleri arasında bir rekabete dönüşmektedir" (Silver ve diğerleri, 1998, sayfa 472). Bu bağlamda, tedarik zinciri elemanları arasındaki eşgüdüm önem kazanmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimindeki bütün rekabetçi şirketler gibi Unilever de stok yönetim politikalarına büyük önem vermektedir. Unilever'in stok yönetimi konularına merkezi bir yaklaşım izlemesi, olaya farklı bir boyut katarak, bütün zincirin optimizasyonunu mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla, stoğun dağıtım ağındaki farklı seviyeler arasında verimli bir şekilde dağıtılması ile toplam envanter miktarı azaltılabilecektir.

Unilever'in mevcut durumunda, dağıtıcılara gidecek olan siparişler, kullandıkları yazılım sayesinde otomatik olarak yaratılmaktadır. Geçmiş satış verileri ve gelecek dönemlerdeki talep tahminleri doğrultusunda çalışan bu sistem, distribütörlere daha az maliyetlerde daha yüksek ürün bulunulabilirliği sağlamaktadır. Sistemde siparişler şu şekilde yaratılmaktadır: Her distribütör için, envanter kontrol süreleri sonunda, stok seviyesini azami noktaya getirecek kadar sipariş verilmekte, aradan belli bir teslimat süresi geçtikten sonra bu sipariş distribütöre ulaşmaktadır. Literatürde (R, S) politikası olarak bilinen bu süreç, aşağıdaki şekil ile daha açık hale getirilmiştir:



Şekil 2: (R, S) stok yönetim politikası

Görünen odur ki, Unilever bir çeşit periyodik envanter yönetim politikası (R, S) kullanmaktadır. Ancak bu sistem tek bir seviye için yaratılmış olduğundan, dağıtım ağı elemanları arasındaki ilişkiyi hesaba katmayarak optimum sonuçları vermemektedir.

Mevcut sistemin daha iyi anlaşılması için literatür araştırmasında (R, S) politikaları çıkış noktası olarak alınmıştır ve ilerleyen aşamalarda diğer stok kontrol politikaları incelenmiştir.

3.2. Literatür taraması

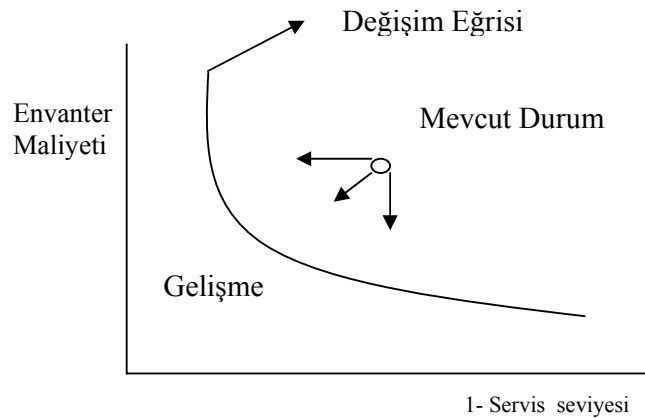
Literatür taraması kapsamında öncelikli olarak günümüzde kullanılan stok kontrol politikaları ve bu politikaların hangi durumlarda nasıl kullanıldıkları, Unilever'in uygulamakta olduğu periyodik envanter yenileme (R, S) politikasıyla beraber incelenmiştir. Daha sonraki aşamada ise literatürde daha önce dağıtım ağlarında stok yönetimi üzerine yapılan araştırmalar çalışılmış, öngörülen modelin çerçevesi çizilmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi Unilever'in envanter yenileme politikası bir çeşit (R, S) sistemidir. Söz konusu sistem, en çok malların aynı tedarikçiden sipariş edildiği ve kaynak paylaşımının gerekli olduğu durumlarda kullanılır. Bu sistemde stok seviyesi her kontrol periyodunun (R) sonunda kontrol edilir ve sipariş, stok seviyesini "S"

noktasına taşıyacak şekilde verilir. (R,S) politikası için geçerli varsayımlar aşağıda verilmiştir. (Silver ve diğerleri, 1998, sayfa 253-254)

1. Talep her ne kadar olasılıklı olsa da, ortalama talep, zaman içerisinde fazla değişkenlik göstermemektedir.
2. Siparişler her periyodun başında verilmektedir.
3. Herhangi bir mal için bekleyen birden fazla sipariş emri varsa, bu siparişler verilme sırasına göre gönderilir.
4. Talep tahmini hataları normal dağılımlıdır ve standart sapma "R+L" (stok kontrol periyodu + teslim süresi) süresindeki talep tahmini için " σ_L " dir.
5. İki ardışık periyot arasında talebin sıfır olamayacağı varsayılır.
6. Stok kontrol periyodu "R" önceden hesaplanmalıdır. "R" ve "S" değerleri birbirine bağlıdır.

Stok yönetimi politikaları belirlenirken envanter kontrol sisteminin amaçları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu hususta en önemli öncelik, hedef bir servis seviyesinin belirlenmesidir. Müşteri servis seviyesi baz alınan güvenlik stoğu hesaplamalarında, servis seviyesi hedef bütçeyi tutturma yolunda kısıt oluşturmaktadır. Bu noktada, oluşturulan modelin amacı şirkete aşağıdaki değişim eğrisinde hangi pozisyonda yer alacağına karar vermesi için gerekli rakamsal sonuçları sağlamaktır.



Şekil 3: Değişim eğrisi

4. Önerilen Yöntem

Klasik dağıtım ağı optimizasyonu modelleri, maliyetin en aza indirgenmesi üzerine kurulmuştur. Ancak gerçek hayatta, model için gerekli parametrelerin kestirilmesi zor olduğundan uygulanabilirlikleri düşük seviyede kalmıştır. Rosenbaum'un önerdiği buluşsal çözümü temel alarak geliştirdiğimiz yöntem ise, servis seviyeleri üzerinden

hesaplar yaparak sistemdeki toplam stok seviyesini minimize etmektedir.

4.1. Genel yaklaşım

Projenin kapsamı, Unilever Türkiye'nin dağıtım ağının iki seviyesini (ana dağıtım depoları ve yerel dağıtım depolarını) kapsamaktadır. Geliştirdiğimiz yöntem, perakendecilere sunulacak servis seviyesini girdi olarak alıp, bu servis seviyesini tutturabilecek en iyi stok dağılımını hesaplayacaktır.

Önerdiğimiz yöntemde birtakım yakınsamalar nedeniyle elde edilen sonuçlar tam doğruyu yansıtmamaktadır. Ancak, üç ana dağıtım deposu ve elli yerel dağıtım deposundan oluşan bir dağıtım sisteminde, tutarlı bir yöntem izlemenin getirisi, diğer olumsuz etkileri bastırmaktadır.

4.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

Geliştirdiğimiz modeldeki temel amaç, verilen bir sistem servis seviyesi (SSL) doğrultusunda optimal stok dağılımını bulmaktır. Sistemin servis seviyesi, Ek 1'de verilmiş olan formülde de görüldüğü gibi yıllık ortalama geri ısmarlama sayısı ve yıllık ortalama talebe bağlıdır. Yıllık talep, sonraki işlemler sırasında sadeleştiği için, önemli olan kısım yıllık geri ısmarlama sayısını tahmin edebilmektir. Bu sayıyı tahmin etmek için, Ek 2'deki denklem doğrultusunda, koşullu beklenti hesabı yapılmıştır. Koşullu beklenti hesabı yapılırken, ana dağıtım deposunda hazırda ürün olma veya olmama durumları göz önünde bulundurulmuştur. Buna bağlı olarak, ana dağıtım deposunda hazır stok varsa, sistemdeki standart temin etme süresi (L) kullanılmıştır. Öte yandan, ana dağıtım deposunda hazır stok olmama durumunda ise, temin etme süresine ek olarak l kadar bir gecikme süresi varsayılmıştır. Bu gecikme süresinin değeri şu şekilde belirlenmiştir:

- $L < 1$ ay $\rightarrow l = L$
- $L \geq 1$ ay $\rightarrow l = L / 2$

Hesaplamlarda sıkça kullandığımız ana ve yerel dağıtım depolarındaki servis seviyelerinin (CSL ve DSL) denklemleri Ek 3'te verilmiştir. Bu denklemlerde de görüldüğü gibi, projenin çıktıları arasında bulunan üst sipariş seviyeleri, servis seviyelerine bağlı olarak hesaplanabilmektedir.

Verilen bu bilgiler ışığında, belirli bir sistem servis seviyesi için, farklı (CSL, DSL) kombinasyonları bulunabilmektedir. Bu kombinasyonlar arasında, sistemdeki toplam stok seviyesini en aza indirgeyen seçilmektedir.

Bunlara ek olarak, olasılık hesapları yapılırken belli bir dönem içindeki talebin normal dağılım izlediği varsayılmıştır. Bir dağıtım deposuna gelen talebin aslında birçok farklı noktadan gelen taleplerin

toplamı olduğu düşünülürse, merkezi limit teoreminin de önerdiği üzere, bu talep normal dağılıma yaklaşır.

Unilever Türkiye'nin geniş ürün yelpazesi arasında durağan talep göstermeyen ürünler de bulunmaktadır. Bu ürünlerle ilgili planlamalar yapılırken, değişim katsayısı sabit tutularak gelecek dönemlerdeki standart sapmaların hesaplanması mümkün olmuştur.

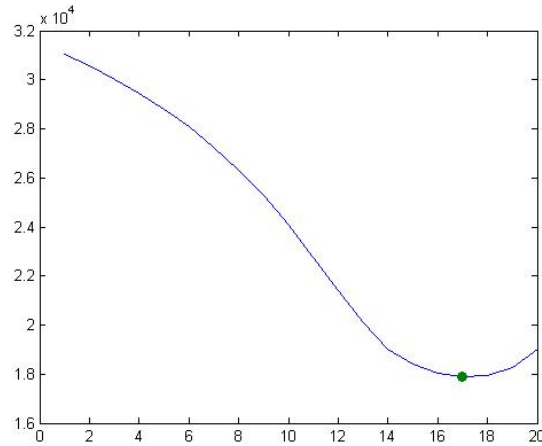
4.3. Doğrulama

Geliştirilen programın düzgün çalıştığını doğrulamak için, iki ana dağıtım deposu (CDC), on yerel dağıtım deposu (DC) ve on dokuz ürünü kapsayan bir örnek veri seti üzerinden deneme koşullarını alınmıştır.

Rosenbaum, geliştirdiği modelin sonuçlarını analiz ederken önemli bir noktaya değinmiştir:

“Aynı sistem servis seviyesini sağlayan (CSL, DSL) kombinasyonları ile bu kombinasyonlara denk gelen toplam sistem stok seviyelerinin grafiği dışbükey bir eğri şeklindedir.” (Rosenbaum, 1981)

Bizim geliştirdiğimiz program ile elde ettiğimiz grafik şu şekildedir:



Şekil 4: Örnek program çıktısı

Bu şekilde de görüldüğü üzere, elde ettiğimiz grafik dışbükey bir eğri yapısındadır. Bu da Rosenbaum'un elde ettiği sonuçlarla bağdaşmaktadır.

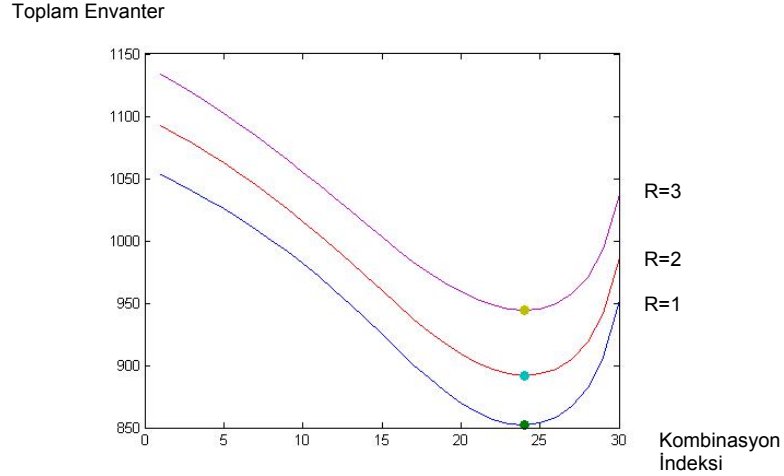
4.4. Koşturumun sonuçları

Raporda bahsettiğimiz üzere, geliştirdiğimiz programın deneme koşullarını 2 tane ana dağıtım deposu, 10 tane yerel dağıtım deposu ve 19 tane ürün grubunu kapsayacak şekilde yaptık. Yaptığımız işlemlerde, sistem servis seviyesini (SSL'i) %95 olacak şekilde sabitledik. Unilever tarafından bize sunulan verilerde, sistem servis

seviyesi hesaplanmamış olmakla birlikte, %70 civarında olduğu firma tarafından belirtilmiştir. Yapılan karşılaştırmalarla elde edilen sonuç, bizim sunduğumuz yöntem ile toplam sistem envanterinin %13 civarında arttığını, buna karşılık servis seviyesinin %36 $((0.95/0.70)-1=0.36)$ civarında yükseldiğini göstermektedir. Unilever'den edindiğimiz bilgilere göre, servis seviyesi ile sistem envanteri grafiği yaklaşık 45 derecelik bir açı oluşturmaktadır. Dolayısıyla, servis seviyesindeki bir birimlik artış, envantere bir birimlik artışa karşılık gelmektedir. Bu bağlamda bizim önermiş olduğumuz sistem, envanter seviyesindeki bir birimlik artışa karşılık servis seviyesinde 2.7 birimlik artış sağlamaktadır. Bu da geliştirmiş olduğumuz sistemin başarısını göstermektedir.

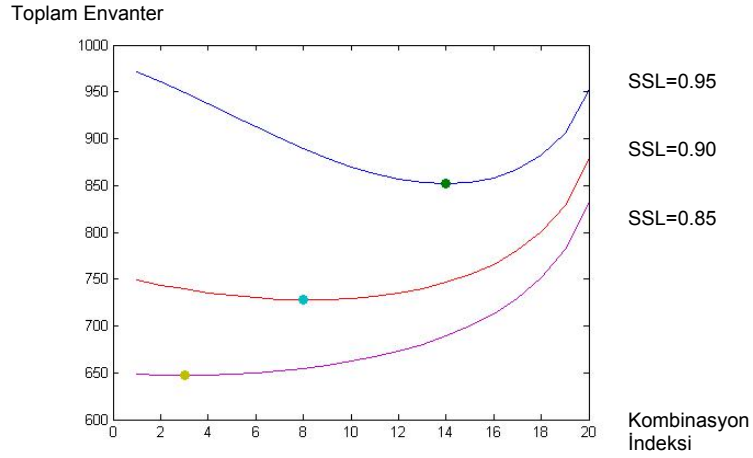
4.5. Duyarlılık analizleri

Geliştirmiş olduğumuz modelde kullanılan temel parametreler sistemin servis seviyesi ve ana ve yerel dağıtım depoları için envanter kontrol ve teslimat süreleridir. Şirketin vereceği stratejik kararlar açısından toplam sistem envanterinin bu parametrelere olan duyarlılığı oldukça önemlidir. Yazmış olduğumuz programda yaptığımız birtakım analizler sonucunda şu sonuçlar elde edilmiştir:



Şekil 5: Envanter kontrol süresi duyarlılığı

Bu grafikte numune olarak seçtiğimiz bir yerel dağıtım ağındaki envanter kontrol süresi için farklı değerler deneyerek duyarlılık analizleri gerçekleştirdik. Şekilde de açık bir şekilde gözüktüğü üzere envanter kontrol süresi arttıkça sistemdeki toplam envanter miktarı da artmaktadır. Bu sonuç oldukça mantıklıdır, çünkü envanter kontrol süresinin artması, talebi kapsanacak planlama süresinin de artmasına yol açmaktadır. Bu da, her dönemde sipariş miktarının daha yüksek olmasına yol açmaktadır.



Şekil 6: Servis seviyesi duyarlılığı

Şekil 6'da görüldüğü üzere, sistemde beklenen servis seviyesi arttırıldığında, toplam envanter miktarında artış olmaktadır. Bir diğer gözlem ise, servis seviyesi yükseltildiğinde, toplam envanteri enküçülten kombinasyon endeksinin arttığıdır. Kombinasyon endeksi, ana dağıtım deposundaki servis seviyesi ile doğru orantılıdır: kombinasyon endeksi arttığında, ana dağıtım deposundaki servis seviyesi de artmaktadır. Buradan çıkarılacak sonuç, belli bir servis seviyesine kadar, ana dağıtım deposundaki servis seviyesini düşük tutup yerel dağıtım depolarına daha fazla stok tahsis etmek mantıklı iken, belirli bir seviyeden sonra ana dağıtım deposundaki servis seviyesini de yükseltmek kaçınılmaz olmaktadır.

4.6. Kullanılan yazılım ve donanım

Proje kapsamında kullandığımız iki temel program olmuştur: Microsoft Excel ve Matlab. Geliştirdiğimiz yazılım Matlab'de yazılmış olup, Excel gerekli parametrelere okunması ve sonuçların gösterilmesi için kullanılmıştır. Projede C++ veya Java gibi gelişmiş programlama dilleri yerine Matlab'ın kullanılmasındaki temel sebep, geliştirmiş olduğumuz buluşsal yöntemde oldukça yoğun matematiksel işlemlerin bulunması ve bu işlemlerin Matlab'da önceden tanımlanmış olmasıdır (örn. integral içeren işlemler).

Bahsettiğimiz üzere, geliştirdiğimiz yöntem çözümü zor olan çok fazla matematiksel işlem içermektedir. Bundan dolayı, programın çalışma hızı çok yüksek seviyelerde değildir. Ayrıca, her bir ürün ve her bir yerel dağıtım ağı için aynı işlemlerin ayrı ayrı yapılması gerektiği için toplam işlem süresi oldukça uzamaktadır.

Bizim 1.73 GHz'lik bir işlemci kullanarak yaptığımız deneme koşullarında elde ettiğimiz performans şu şekilde olmuştur:

- 10 tane yerel dağıtım deposu, 19 tane ürün
 - $10 * 19 = 190$ kez aynı işlemler yapılıyor
 - Toplam işlem süresi ≈ 1.5 saat
 - İşlem grubu başına süre $\approx 1.5 * 60 / 190 = 0.47$ dakika

Unilever Türkiye'nin dağıtım ağında toplam 50 tane yerel dağıtım deposu ve yaklaşık 50 kadar ürün grubu bulunduğunu düşünürsek, bütün sistemin optimizasyonu yaklaşık $50 * 50 * 0.47 / 60 = 19.5$ saat sürecektir.

Bu noktada önemli olan bir nokta kullanılan işlemcinin hızıyla ilgilidir. Günümüzde belirtilen işlemciden çok daha yüksek performansla sahip işlemciler yaygınlaşmıştır. Örneğin 3.4 GHz'lik bir işlemci ile belirtilen işlem süresi yaklaşık yarısına inecektir. Bir diğer önemli nokta ise farklı ürün grupları için yapılan işlemlerin birbirinden tamamen bağımsız olmasıdır. Dolayısıyla şirketin sunabileceği bilgisayar sayısına göre ürün grupları farklı bilgisayarlara dağıtılarak işlemler paralel olarak yaptırılabilir. Bu şekilde toplam işlem süresi şu şekilde olacaktır:

$$\text{Toplam İşlem Süresi} = \frac{19.5}{(ih/1.73)*n}$$

ih = işlemci hızı

n = bilgisayar sayısı

5. Uygulama Planı

Geliştirmiş olduğumuz yöntemin deneme koşullarını 10 yerel dağıtım deposu ve 19 ürün grubunu kapsayan örnek bir veri seti üzerinde yapılmıştır. Sistemin bütününe kapsayan bir uygulama henüz gerçekleştirilmemiş olmasına rağmen, gerekli altyapı hazır hale getirilmiştir.

Unilever'e sunduğumuz bu projenin uygulanmasında şirketin dikkat etmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır. Öncelikle, modelde girdi olarak kullanılan günlük talep tahminlerinin şirket tarafından sağlanması gerekmektedir. Bunun için; promosyon, sezon ve günlük trendler göz önünde bulundurularak etkili bir tahmin yöntemi geliştirilmelidir. Bu projenin kapsamı stok dağılımının verimli hale getirilmesi ile sınırlı olduğundan, tahmin etme işlemi konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

6. Genel Değerlendirme

Şu an Unilever'in sistemine entegre edilmekte olan stok yönetimi projemiz, firmanın stok yönetim politikasını ilk defa iki seviyeli dağıtım ağı kapsanacak şekilde değiştirdiğinden dolayı, ileride yapılabilecek iyileştirmeler için bir temel oluşturmaktadır.

6.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Şirketin ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanan bu proje Unilever'in mevcut sistemine kolay entegre edilebilecek bir sistem sunmaktadır. Özetle, bu projenin şirkete sağlayacağı katkılar aşığıdaki gibidir.

- Projenin temel amacıyla örtüσεecek şekilde, belirlenen servis seviyelerinde toplam envanter azaltılabilecektir.
- Unilever'in mevcut sisteminde tek seviyede (yerel dağıtım depoları bazında) incelenen dağıtım ağı, bu projede iki seviyede; ana ve yerel dağıtım depolarını kapsayacak şekilde genişletildiğinden daha kapsamlı bir sistemle, daha doğru ve tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Sistem içerisinde sunulan kullanıcı ara yüzüyle, çeşitli parametrelerin değiştirilmesi ve şirketin belirleyeceği farklı kıstaslar için stok seviyelerinin bulunması mümkün hale getirilmiştir. Bu bağlamda, kullanıcı farklı servis seviyelerinin veya farklı teslimat sürelerinin getireceği sonuçları ayrı bir analize gerek olmadan görebilecektir.

6.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

Bu proje, Unilever'in stok yönetimi yapısını kökten değiştirecek daha kapsamlı bir projenin temelini oluşturmaktadır. Şu an geliştirmiş olduğumuz sistemin başarısı sadece stok seviyesiyle ölçülürken, proje genişletilerek lojistik maliyetler, kısıtlamalar ve müşteri memnuniyeti kaybının getireceği maliyetler de sisteme eklenebilir. Böylece sistemin başarısı daha kapsamlı bir şekilde analiz edilebilir. Bunlara ek olarak, lojistiğinin sisteme dahil edilmesiyle çapraz yükleme ve ortak mal ikmali gibi yöntemlerle daha verimli bir tedarik zinciri yönetimi de ileriye dönük geliştirme olanakları arasına dahil edilebilir.

KAYNAKÇA

- Rosenbaum, B. (1981). "Service Level Relationships in a Multi-echelon Inventory System", *Management Science*, 27(8), 926-945.
- Silver, E., Pyke, D., Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, John Wiles&Sons.

EKLER

Ek 1. Sistem servis seviyesinin hesaplanması

$$SSL = 1 - E[G] / \mu_{AD}$$

SSL : Sistemin servis seviyesi

$E[G]$: DC'deki yıllık geri ısmarlama sayılarının beklentisi

μ_{AD} : DC'deki yıllık talebin ortalaması

Ek 2. DC'deki toplam geri ısmarlama sayısı

DC'deki toplam geri ısmarlama sayısı, sipariş geldiğinde DC'de yeterli kadar stok olan ve olmayan durumların toplamı şeklinde yazılabilir:

$$E[G] = E[G | N = 0].Pr(N = 0) + E[G | N > 0].Pr(N > 0)$$

$$E[G | N = 0].Pr(N = 0) = \frac{\int_{S_d}^{\infty} (b - S_d) f_B(b) db}{E[R_d' \text{ süresinde oluşan talep}]} \cdot \mu_{AD} \cdot (1 - CSL)$$

$$E[G | N > 0].Pr(N > 0) = (1 - DSL) \cdot \mu_{AD} \cdot CSL$$

G: DC'deki yıllık geri ısmarlama sayısının sayısı

N: DC'deki mevcut envanter

L: CDC'de yeterli stok olduğu durumda, sistemdeki standart temin etme süresi

l: CDC'de yeterli stok olmadığı durumundaki teslimat süresine eklenecek olan gecikme süresi

f_B' : DC'de $(l + L + R_d)$ süresinde oluşan talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu

R_d' : CDC'de stok olmadığı durumda DC için stok kontrol periyodu $(L + R_d)$.

Ek 3. CSL ve DSL servis seviyeleri

CSL: CDC'nin mevcut envanterinden karşılanan talebin oranı

DSL: DC'nin mevcut envanterinden karşılanan talebin oranı(CSL'in %100 olduğu durumda)

$$1 - CSL = \frac{\int_{S_c}^{\infty} (a - S_c) f_A(a) da}{E[R_c \text{ süresinde oluşan talep}]}$$

 S_c : CDC için üst sipariş noktası R_c : CDC için stok kontrol periyodu f_A : CDC'deki üretim ve teslimat zamanlarının toplamındaki sürede($l_c + R_c$) oluşan talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$1 - DSL = \frac{\int_{S_d}^{\infty} (b - S_d) f_B(b) db}{E[R_d \text{ süresinde oluşan talep}]}$$

 S_d : DC için üst sipariş noktası R_d : DC için stok kontrol periyodu f_B : DC'deki teslimat zamanı süresinde($l_d + R_d$) oluşan talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu**Ek 4.** Herhangi bir CDC için ortalama sistem stoğu

$$(S_c - \mu_{R_c} / 2 - \mu_{L_c}) + \sum_{i=1}^{50} (S_{d_i} - \mu_{R_{d_i}} / 2 - \mu_{L_{d_i}})$$

 $\mu_{R_{c_i}}$: CDC(i)'deki stok kontrol periyodu süresince oluşan talep tahmininin ortalaması $\mu_{L_{c_i}}$: CDC(i)'deki teslimat süresindeki talep tahmininin ortalaması $\mu_{R_{d_i}}$: DC(i)'deki stok kontrol periyodu süresince oluşan talep tahmininin ortalaması $\mu_{L_{d_i}}$: DC(i)'deki teslimat süresindeki talep tahmininin ortalaması

Perakende Zincirlerinde Depolama ve Dağıtım Lojistiğinin İyileştirilmesi

Unilever Türkiye

Proje Ekibi

Gökçe Akın
A. Korhan Aras
Onur Bıçakçı
Uğur Cakova
F. Caner Göçmen
Ömer Özdemir

Endüstri Mühendisliği
Bilkent Üniversitesi
06800 Ankara

Şirket Danışmanları

Tamer Güneş, Unilever Türkiye, Talep Planlama Müdürü-Gıda
Taner Kandemir, Unilever Türkiye, Talep Planlama Uzmanı-Gıda

Akademik Danışman

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

ÖZET

Son yıllarda, Türkiye’de perakende zincirlerindeki hızlı büyüme, lojistik operasyonlarının verimli olarak yönetilmesini zorlaştırmaktadır. Unilever, yerel zincirlerde de olan bu verimsizliğin kendisine olumsuz olarak yansıdığından yakınmaktadır. Unilever’in projedeki beklentisi, yerel zincirlerdeki lojistik operasyonlarının verimliliğini arttıracak iyileştirmelerin belirlenmesi ve bunların tüm yerel zincirlerde uygulanabilecek bir hale getirilmesidir. Bu doğrultuda, maliyeti en aza indirecek ve malların doğru zamanda ve miktarda gereken yere ulaşmasını sağlayacak bir dağıtım karar destek sistemi geliştirilmiştir. Sistem, Makromarket verilerini temel alan bir veri kümesi üzerinde denenmiş ve sevkiyat maliyetlerinde %40-%55 arasında azalma sağlanabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, perakende zincirlerinde depolama süreçlerini iyileştirmede kullanılabilecek bir kaynak kitapçık da hazırlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: perakende zinciri, türdeş olmayan taşıt rotalama problemi, çapraz yükleme, taşınmalı ekonomik sipariş miktarı belirleme, depolama.

1. Firma Tanıtımı

Unilever, sabun üreticisi Lever Bros. ve margarin üreticisi Unie'nin 1930 yılında birleşmesiyle kurulmuş ve günümüzde operasyonlarını Londra ve Rotterdam merkezli devam ettirmektedir. 2007 yılındaki 40,87 milyar Avro cirosuyla dünyanın en büyük şirketlerinden biridir. Gıda, kişisel bakım ve ev bakımıyla ilgili 400'ün üstünde markanın sahibi olan Unilever, günde ortalama 160 milyon tüketiciye ulaşmaktadır. Unilever'in 100 ülkeye dağılmış 174.000 çalışanı ve altı kıtaya yayılmış 317 fabrikası bulunmaktadır. Unilever Türkiye pazarına 1952 yılında girmiş ve birçok ürünü pazar lideri konumuna yükselmiştir.

Her yıl araştırma geliştirme faaliyetlerine ayırdığı yaklaşık 1 milyar Avro ile sektördeki bilimsel çalışmalara öncülük etmektedir. Yıllık 80 milyon Avroluk sosyal sorumluluk projeleri bütçesiyle de bulunduğu yerlerin sosyal gelişimine katkıda bulunmaktadır.

Unilever'in hizmet verdiği üç tür müşterisi bulunmaktadır: Ulusal zincirler (örn: Real), yerel zincirler (örn: Makromarket) ve genel tüccarlar (örn: bakkallar).

2. Projenin Tanımı ve Analiz

Son yıllarda Türkiye'deki perakende zincirleri çok hızlı bir şekilde büyümektedir. Bu büyüme, firmaların lojistik operasyonlarının verimli olarak yönetilmesini zorlaştırmaktadır. Dünyanın en büyük hızlı tüketim ürünleri şirketlerinden Unilever, özellikle genişlemekte olan yerel zincirlerdeki verimsizliğin firmaya olumsuz olarak yansıdığından yakınmaktadır. Unilever'in projedeki beklentisi, bu zincirlerdeki lojistik operasyonlarının verimliliğini arttırmak için gerekli incelemelerin yapılması ve bu operasyonları iyileştirmek için tüm perakende zincirlerinde uygulanabilecek bir sistemin oluşturulmasıdır. Bu proje kapsamında yerel perakende zincirlerinden Makromarket Mağazalar Zinciri pilot olarak ele alınmıştır.

Makromarket'te yapılan incelemeler, akademik ve şirket danışmanlarından alınan geribildirimler doğrultusunda proje kapsamının dağıtım ve depolama olmasına karar verilmiştir. Projenin amacı daha ayrıntılı olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Yerel zincirlerin dağıtım operasyonlarını iyileştirecek, modelleme tekniklerinin kullanıldığı, başka perakende zincirlerinde de kullanılabilecek bir dağıtım sisteminin oluşturulması, ve
- Perakende zincirlerinde depolama süreçlerini iyileştirmek için kullanılacak bir "referans kitapçık" hazırlanmasıdır.

2.1. Firmadaki gözlemler, semptomlar, problemler

Makromarket, Ankara'da bulunan tek deposundan Ankara il sınırları içerisindeki ve bölgedeki yakın mağazalarına sevkiyat yapmaktadır. Makromarket, son zamanlarda yaptığı büyük satınalmalar

neticesinde mağaza sayısını büyük miktarda artırmıştır. En son gerçekleşen satınalmalarla beraber mağaza sayısı 114'e ulaşmıştır. Bu satınalmaların da etkisiyle, Makromarket'te operasyonel sorunlar gözlenmektedir.

Kazan'daki mevcut depo 34 mağazaya hizmet vermek üzere tasarlanmasına rağmen, şu anda 114 mağazaya hizmet vermektedir. Mevcut sistemdeki depolama operasyonlarının süreç şeması Ek 1'de sunulmuştur. Depolama operasyonlarının gerçekleşme şekli, tedarikçi firmadan gelen ürünlere uygun yer bulma, depoya yerleştirilen ürünlerin sevkiyat öncesinde yerlerini kısa süre içerisinde tespit etme, vb. konularda sıkıntılara neden olmaktadır.

Makromarket'in, depodan mağazalara sevkiyatı sağlayan 27 adet kamyonu bulunmaktadır. Bu sevkiyatlar konusunda şimdiye kadar herhangi bir rotalama çalışması yapılmamıştır. Mevcut sistemde, mağazalardan günlük olarak ürün siparişleri alınmakta ve bu doğrultuda mağazalara gönderilecek ürünler, depo içerisinden seçilerek kamyonlara yüklenmek üzere yükleme peronlarına, gideceği mağazalara göre yerleştirilmektedir. Bu peronlara gelen ilk boş kamyonu sıradaki mağazanın talep ettiği ürünler yüklenerek doğrudan sevkiyat gerçekleştirilmektedir. Bu sevkiyatlarda hangi kamyonun hangi mağazalara, ne zaman ve hangi miktarlarda ürün taşıyacağına önceden belirlenmiş bir politikaya bağlı kalınmadan, günün başında sezgisel olarak karar verilmektedir. Mağaza sayıları azken, sevkiyatlardan sorumlu kişinin, tecrübeye bağlı olarak verdiği kararlar uygulanabilir olsa da, mağaza sayısının artmasıyla birlikte alınması gereken karmaşık kararlar sevkiyatların verimli bir şekilde yapılmasını zorlaştırmaktadır.

2.2. Problem tanımı

Bu proje mevcut depolama ve dağıtım sisteminin daha iyi bir biçimde düzenlenmesini amaçlamaktadır. Projenin büyük bir kısmı dağıtım sisteminin iyileştirmesine yöneliktir. Makromarket'teki mevcut dağıtım sisteminde, ürünlerin gereken zamanda ve gereken miktarda ulaştırılmasında sorunlar yaşanmaktadır. Bu da sevkiyatların uygun maliyetlerle yapılmasına engel olmaktadır. Mevcut dağıtım sisteminin masraflı oluşu Makromarket'in önceden belirlenmiş etkin bir dağıtım stratejisinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu sistem, ürün gönderiminde muhtemel mağaza birleştirme olanaklarının gözardı edilmesine sebep olmaktadır. Sonuç olarak, bu şekilde alınan kararlar 114 mağazaya 27 adet kamyon ile sevkiyat yapılan bir firmada süre ve maliyet açısından olumlu sonuç vermemektedir.

Kısaca, projenin amacı perakende zincirlerinin dağıtım operasyonlarını iyileştirecek bir dağıtım sistemi geliştirmek ve bu sistemin bütün perakende zincirlerinde kullanılabilmesi için kullanımı kolay bir dağıtım karar destek sistemi olarak sunmaktır. Projenin yan

ürünü olarak ise, firmanın talebi üzerine, perakende zincirlerinin depolama süreçlerini iyileştirmek için örnek uygulamalar içeren bir referans kitapçık hazırlanması kararı alınmıştır.

2.3. Literatür taraması

Belirlenen proje tanımı doğrultusunda literatür taraması, depolama ve dağıtım sistemi olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır. Dağıtım sistemi ile ilgili araştırmalar taşımali ekonomik sipariş miktarı ve taşıt rotalama problemi konularında yoğunlaşmıştır. Depolama ile ilgili olarak ise günlük operasyonları iyileştirebilecek örnek uygulamalar araştırılmıştır.

Ekonomik sipariş miktarının belirlenmesinde sevkiyat maliyetlerinin hesaba katılması maliyette azalmalar sağlar. Bu sebeple, mağazalara gönderilecek ürün miktarlarının ve sevkiyat sıklığının belirlenmesinde kullanılmak üzere literatürde taşıma maliyetlerini içeren ekonomik sipariş miktarı tabanlı modeller araştırılmıştır. Sonuç olarak, Lee (1986) tarafından önerilen “taşımali ekonomik sipariş miktarı belirleme” algoritmasının kullanılmasına karar verilmiştir. Taşımali ekonomik sipariş miktarı algoritması kullanılmasının sebebi ve detayları Bölüm 3’te önerilen yöntem içerisinde açıklanacaktır.

Mevcut dağıtım sisteminde, türdeş olmayan kamyonlar kullanıldığı ve bu kamyonlarla gün içinde birden fazla sefer yapabildiği için tasarlanan dağıtım planlama sisteminde kullanılmak üzere literatürdeki tek depolu türdeş olmayan taşıt rotalama problemi (HVRP) modelleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda aynı kamyonun birden çok defa sefer yapabildiği bir türdeş olmayan taşıt rotalama problemi modellemesine rastlanmamıştır. Mevcut probleme en kolay uyarlanabilir modelin Yaman (2006) tarafından önerilen modellerden biri olan “HVRP3” modeli olduğu gözlemlenmiştir. Model, üzerinde yapılan değişikliklerle beraber çok seferli hale getirilmiş (Ek 2) ve NP-zor bir problem olmasından kaynaklı makul sürelerde en iyi çözüme ulaşamadığı görülmüştür. Dolayısıyla, modeli çözmek için bir buluşsal algoritma kullanılmasına karar verilmiştir. Literatürdeki tek depolu türdeş olmayan rotalama problemini çözmek üzere tasarlanmış buluşsal algoritmalar incelendiğinde sadece bir algoritmanın kamyonların birden çok sefer yaptığı durumları içerdiği tespit edilmiştir. Prins (2002) tarafından önerilen bu buluşsal algoritmanın projede kullanılmasına karar verilmiştir.

Depolama ile ilgili yapılan araştırmalarda, depolamayı iyileştirmeye yönelik güncel örnek uygulamalar içeren makaleler bulunmuş ve incelenmiştir. Depo çeşitleri, kullanılma alanları ve depolamanın dağıtım sistemi içindeki önemi konuları hakkında Berg (1999) ve Petersen (2004)’in makaleleri incelenmiştir. Ürün toplama şeklinin belirlenmesi için S-şekli (S-Shape), orta nokta (Midpoint),

birleşik (Combined), en uygun (Optimal) ve en büyük aralık (Largest Gap) buluşsal algoritmaları incelenmiştir. Bu buluşsal algoritmalar, depo içinde ürün toplama güzergahının ortalama uzunluğunu en aza indirmeye yöneliktir. Bu algoritmalarda en uygun güzergah gezgin satıcı problemi ile çözülmektedir (Dekker vd., 2004; Ho vd., 2006; Duc vd., 2007). Raf şeklinin ve yerleştirme biçiminin seçimi hakkında ve stok tutmayı iyileştirmek amacıyla bazı öneriler araştırılmış ve incelenmiştir. Doğru bir yerleşim planı için de belirli yöntemlerle iyileştirme yapılabilmektedir. Hangi malın nereye konulması gerektiği, ürünün cinsi, yapısı ve boyutu göz önünde bulundurulmalıdır. Raf yerleşimine uygun yöntemler; ürünleri hızlı tüketilip tüketilmediğine göre numaralandıran sınıf esaslı depolama, benzer ürünleri bir arada tutmayı öneren, ürün aileleri oluşturmayı sağlayan aile gruplama yöntemleridir (Duc vd., 2007). Depo içindeki koridorların genişliğinin, ürünlerin bölütlenmesinin ve yerleşim planının uygun şekilde ayarlanması için iç koridor depolama ve çapraz koridor depolama yöntemleri kullanılabilir (Duc vd., 2007; Ho vd., 2006; Koster vd., 1999; Dekker, 2004; Larson, 1997; Vaughan, 1999). Bilişim teknolojisinin ürünü olan barkodlama, depo yerleşiminde ürünlerin yerlerinin belirli olmasını, ürün toplama zamanının azalmasını ve deponun düzenli bir yerleşime sahip olmasını sağlar. Barkod ve RFID uygulamaları ve yöntemleri, Fernie (2004) ve Harry (2006)'nin kitapları kullanılarak incelenmiş ve tanımlanmışlardır.

3. Önerilen Yöntem

3.1. Genel yaklaşım

Günlük gönderim kararlarının, tecrübeye bağlı olarak doğrudan sevkiyat şeklinde yapılması nedeniyle günlük gönderim maliyetleri yüksek olmaktadır. Bu nedenle, bir “günlük dağıtım karar destek sistemi” oluşturulmuştur. Buna ek olarak, yapılan literatür taramaları sonucunda, perakende zincirlerinde, günlük talebi yüksek ve talep dalgalanması az ürünlerin günlük dağıtımdan ayrı olarak belirli aralıklarda ve miktarlarda gönderilmesinin maliyette azalma sağlayabileceği görülmüştür. Bu nedenle, kazanç sağlayabilecek ürünlerin günlük dağıtıma katılmadan ayrıca gönderilmesine karar verilmiştir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi amacıyla, kazanç sağlayabilecek ürünleri belirleyen, ve bu ürünlerin dağıtım miktarları ve dağıtım aralıklarının belirlenmesinde kullanılacak bir algoritma geliştirilmiştir. Günlük dağıtım kararlarını alan uygulama ise bir buluşsal algoritma ile çözülmektedir. Tasarlanan sistemin genel görünümü Ek 3’te sunulmuştur.

Dağıtım Karar Destek Sistemi’ne ek olarak perakende zincirlerinde depolama operasyonlarının iyileştirilmesine katkıda bulunacak bir “Depolama Referans Kitapçığı” da hazırlanmıştır.

3.2. Geliştirilen modeller ve çözüm yöntemleri

3.2.1. Ön analiz modeli

Perakende zincirlerinde günlük gönderim harici seçeneklerin değerlendirilmesini sağlayan ön analiz modeli, yüksek ve istikrarlı talebe sahip ürünlerin, günlük dağıtımdan ayrı olarak belirli zaman aralıkları ile gönderilmesinin getirilerini değerlendirmektedir. Oluşturulan bu model, değerlendirilen ürünün ya da ürün ailesinin çapraz yükleme için uygun olup olmadığını, belirlenen ürünün gönderim sıklığını ve miktarını kullanıcıya sunmaktadır.

Bu kısımda, daha önce de belirtildiği gibi talep miktarı yüksek ve talep dalgalanması az olan ürünleri belirleyip, onlar üzerinden bir takım maliyet hesapları yapılmaktadır. Bu analize katılacak ürünleri/ürün ailelerini programın kullanıcısı belirleyecek olup, programın yanında verilecek kullanıcı kılavuzunda bu ürünlerin sahip olması gereken nitelikler belirtilmiştir. Ön Analiz Modeli'nin detaylı süreçleri şu şekilde açıklanabilir:

- Öncelikle, kullanıcının seçtiği ürünlerin/ürün ailesinin, belirtilen talep periyodundaki standart sapması hesaplanarak ürünün/ürün ailesinin sonraki değerlendirmelere katılıp katılamayacağı belirlenmektedir. $(\text{Standart Sapma})/(\text{Ortalama Talep})$ oranının 0.2'den küçük olması halinde ürünün değerlendirmelere katılması önerilmektedir. Bu ön değerlendirmenin nedeni, sonraki aşamalarda kullanılacak olan ekonomik sipariş miktarının belirlenmesi gibi hesaplamaların varsayımlarının sağlanabilmesidir.
- Ön analizin bir sonraki adımında verilen talep, bir sevkiyatın maliyeti, stokta tutma maliyeti ve birim talepler kullanılarak Ek 4'te açıklanan "taşımali ekonomik sipariş miktarı belirleme" algoritması (Lee, 1986) ile değerlendirmeye katılacak ürünün/ürün ailesinin gönderim sıklığı ve miktarı belirlenmektedir. Belirlenen miktar ve sıklıklarla, sistemin ikinci kısmında anlatılacak olan güzergah belirleme programı kullanılarak gönderim maliyetleri hesaplanmaktadır.
- Bundan sonraki aşamada ise yaklaşık maliyet azaltım miktarını bulmak için, ayrı gönderilen ürün ailesi haricinde kalan ürünler kamyon hacimlerine göre uygulanan, Ek 5'te sunulan kümeleme algoritması ile yeniden birleştirilmektedir. Sonrasında, geçmişte kullanılan kamyon miktarı ile farkı bulunmaktadır. Belirli bir ürün ailesi günlük dağıtımdan ayrı gönderildiğinden, günlük gönderilecek ürün miktarı azalacaktır ve bu durum daha önce ayrı olarak sevkiyat yapılan mağazaların aynı araçlarda birleştirilmesini sağlama yoluyla araç doluluk oranını artırmaktadır. Kamyon doluluk oranındaki artış, kullanılan araç

miktarında bir farka neden olmaktadır. Bu fark, kamyonu sevkiyata çıkartma maliyetleri ile çarpılıp maliyet azaltım miktarı hesaplanmaktadır.

- Çapraz yükleme ile envanter depoda tutmak yerine artık mağazalarda tutulmaya başlanacağından, depo ile mağaza arasında ürüne katılan değerden kaynaklanan taşıma maliyeti artı envanter maliyeti hesaplanmaktadır.
- Son aşamada bütün bu maliyetler ve kazançlar bir araya getirilip kullanıcıya çapraz gönderim sonucunda yapacağı maliyet azaltım miktarı bildirilmektedir ve bu rakam üzerinden karar vermesi istenmektedir. Program sonucu çıkan rakam parasal bir değer olduğu için kullanıcı karar sürecinde bu aşamada ayrıca bir bilgiye ihtiyaç duymamaktadır.
- Çapraz yüklemekten azaltılacak maliyet yanında belirtilen ürünün ya da ürün ailesinin gönderim sıklığı ve miktarı da program dahilinde hesaplanmaktadır.

Ön analiz modeli, içerisindeki hesaplamalardan dolayı, en doğru sonuçları az sayıdaki ürün birimlerinin (SKU) kullanıldığı hesaplamalarda vermektedir. Bir çok farklı ürün biriminin kullanıldığı hesaplamalar, yaklaşık olarak makul sonuçlar verse de, ürünlerin taleplerindeki olası farklılıklardan dolayı gerçek sonuçtan sapabilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, modelde değerlendirilecek ürün birimlerinin rastgele seçilmemesi, talep miktarları ve dalgalanmaları birbirine yakın ürünlerden oluşan ürün ailelerin oluşturulması gerekmektedir.

Bunlara ek olarak, modelde değerlendirilecek ürünlerin tedarikçileri ile perakendeci arasındaki anlaşma ve ilişkiler de modelin çıkardığı sonuçların uygulanabilmesi açısından önemlidir. Çapraz yüklemenin gerçekleştirilebilmesi için, tedarikçinin ürünleri, perakendecinin modelden elde ettiği zaman aralıklarına uyarak göndermesi gerekmektedir. Perakendeci çapraz yüklemekten yararlanabilmek için tedarikçi ile bu durumu engellemeyecek ilişkilere sahip olmalıdır.

Ön analiz modelinin karar çizelgesi Ek 6'da gösterilmiştir.

3.2.2. Günlük dağıtım modeli

Günlük dağıtım modeli, Ön Analiz Modeli sonucunda çapraz yükleme şeklinde gönderim yapılan ürünler dışında kalan ürünlerin günlük dağıtımlarını daha az maliyetli ve daha kısa süreli bir şekilde düzenlemeyi amaçlamaktadır.

Makromarket'in dağıtım sistemi incelendiğinde, tasarlanan dağıtım sisteminde dikkat edilmesi gereken iki önemli nokta saptanmıştır. Bunlardan ilki, kamyonların birden çok kez sefer yapabilecek olmaları ve ikincisi ise türdeş olmayan yapıda

olabilecekleridir. Dolayısıyla, bu sistemin girdileri kamyon hacimleri, mağazalar arası uzaklıklar, araçların günlük maksimum çalışma zamanları ve sistemin çalıştırılacağı gün için her mağazanın hacimsel talebi olarak belirlenmiştir.

Makromarket'in ürün gamında ve geçmişe dönük dağıtım sevkiyatlarında yapılan analizler sonucu araçların tonajının, dağıtımda herhangi bir kısıtlama getirmediği tespit edilmiştir. Bu yüzden girdi olarak sadece mağazaların o günkü hacimsel talepleri alınmıştır.

Literatür taramasında bahsedildiği gibi tasarlanan sistem ile ilgili akademik çalışmalar incelendiğinde Prins (2002) tarafından önerilen buluşsal algoritmanın kullanılmasının uygun olduğu gözlemlenmiştir. Prins (2002) tarafından tasarlanan, çok seferli türdeş olmayan taşıt rotalama problemi buluşsal algoritması mağazaların taleplerinin en küçük kamyonun talebinden küçük olduğu durum için tasarlanmıştır. Mağazaların talebinin büyük olduğu durumlarda kullanıcıdan o mağazalara doğrudan sevkiyat yapması istenmiştir. Fakat tasarlanan sistemin mümkün olduğu kadar kullanıcıyı karar verme mekanizmasından çıkarması gerektiği için bu algoritma mağazaların talebinin en küçük kamyonun büyük olduğu durumlarda da çalışabilecek şekilde değiştirilmiştir.

Algoritmayı özetlemek gerekirse, ilk önce tüm mağaza talepleri incelenir ve talepleri en küçük kamyonun kapasitesinden büyük olan mağazaların talepleri, onlara atanan doğrudan sevkiyatlarla en küçük kamyonun kapasitesinden küçük duruma getirilir. Sonrasında, (mağaza sayısı)-(eldeki kamyon sayısı)+(ilk aşamada yapılan doğrudan sevkiyatlarda kullanılan kamyon sayısı) kadar en küçük kapasitede hayali kamyon, kamyon kümesine eklenir ve böylece kullanılmamış kamyon sayısı hizmet verilmesi gereken mağaza sayısına eşitlenir. Bu aşamadan sonra her mağazaya herhangi bir kamyon, sadece o mağazaya doğrudan sevkiyat yapacak şekilde atanır. Bu atamalardan sonra kazanç sağlanabilecek rotalar birbiriyle birleştirilmeye çalışılır. Birleştirme aşamasının tamamlanmasıyla son işlem olarak bir iyileştirme algoritması 2-opt uygulanır ve oluşturulan rotalar kendi içlerinde daha iyi hale getirilmeye çalışılır (Prins, 2002). Eğer çıktılarda sisteme eklenen hayali kamyonlardan biri kullanılıyor olursa bu kullanılan algoritmanın girilen verilerle "uygun" bir sonuç veremediğini gösterir.

3.3. Dağıtım karar destek sistemi

Bölüm 3.2'de teorik altyapısından bahsedilen "Eşik Değer Modeli" ve "Günlük Dağıtım Modeli" Java programlama dili kullanılarak kodlanmıştır, ve böylece "Dağıtım Karar Destek Sistemi" oluşturulmuştur. "Dağıtım Karar Destek Sistemi"nin iki adet modülü bulunmaktadır. İlk modül "Eşik Değer Modeli"nin kodlanmış hali olup adı "Ön Analiz Modülü"dür ve ikinci modül de "Günlük Dağıtım

Modeli”nin kodlanmış hali olup adı “Günlük Dağıtım Karar Modülü”dür. İki modül de kullanımı kolay kullanıcı arayüzleri ile desteklenerek kullanıcıların kaynak kodu veya kod derleyici gibi karmaşık arayüzlerle muhatap olması engellenmiştir. Tasarladığımız bu sistemin bilişim teknolojisi (BT) altyapısı farklı olan yerlerde rahatlıkla adaptasyonun yapılabilmesi için girdiler MS Excel tabloları aracılığıyla alınmakta ve sonuçlar da yine aynı şekilde MS Excel tabloları aracılığıyla sunulmaktadır. Dolayısıyla “Dağıtım Karar Destek Sistemi”ni uygulamak isteyen işletmelerin tek yapması gereken uygun formatta programın verilerini içeren MS Excel tablolarını yaratmaktır. “Ön Analiz Modülü” ve “Günlük Dağıtım Karar Modülü”nün kullanımları ile ilgili ayrıntılı bilgiler için kullanma kılavuzları hazırlanmıştır. Modüllerin arayüzleri Ek 7 ve Ek 8’de bulunmaktadır. Sistem için gerekli girdiler ve sistemin çıktıları ise Ek 9’daki çizelgede belirtilmiştir.

3.3.1. Dağıtım karar destek sisteminin denenmesi

“Dağıtım Karar Destek Sistemi” Makromarket Ankara’daki mağazalarından elde edilen verilerle denenmiştir. Makromarket veritabanında sistemin ihtiyacı olan tüm veriler bulunmadığı için veri yaratımı tekniklerine başvurulması gerekmiştir. Veri yaratımı esnasındaki hata payından dolayı sistem değişik aralıklar için denenmiştir.

Günlük Dağıtım Karar Modülü’nün girdilerinden biri olan mağazaların günlük hacimsel talepleri, Makromarket veritabanında bulunmamaktadır. Bu sorunu aşmak için Makromarket’ten Ankara mağazaları için alınan üç haftalık sipariş verisi incelenerek mağazaların günlük hacimsel talepleri oluşturulmuştur. Tahminlerdeki hata payını da göz önünde bulundurmak için, olası en iyi ve en kötü koşullar incelenerek modül çalıştırılmıştır. Modülün üç hafta için bu koşullarda sağladığı maliyet tasarrufu, bir yıla yayıldığı zaman 207.000 YTL ile 345.000 YTL arasında değişmektedir. Dolayısıyla, modül Makromarket’te uygulandığı takdirde dağıtım maliyeti kaleminde yaklaşık %30-%50 civarında azalma olacağı tahmin edilmektedir.

Günlük Dağıtım Karar Modülü’nü denemekte kullanılan veri, Dağıtım Karar Destek Sistemi’nin tamamında kullanıldığında ve Ön Analiz Modülü’nde Unilever ürünleri denendiğinde, Ön Analiz Modülü Unilever ürünlerinin bir kısmı için çapraz yükleme yapılabileceği sonucunu vermiştir. Dağıtım Karar Destek Sistemi’nden elde edilen bu sonuçlar uygulandığında tahmin edilen yıllık maliyet tasarrufu 270.000 YTL ile 410.000 YTL aralığına yükselmektedir. Bu da maliyetlere oranlandığında yaklaşık %40-%55 civarında azalmaya denk gelmektedir.

3.4. Depolama referans kitapçığı

Depolama operasyonları tedarikçi firmalardan gelen ürünlerin teslim alınması, taşınması, depo içerisinde bir süre belirli yerlerde tutulması ve gerektiği zaman belirli yerlere teslim edilmek üzere depo içerisinde taşınmasıdır. Depolama, perakendecilik sektöründeki şirketlerin maliyetlerini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Bu nedenle darboğazların tespit edilmesi ve ortadan kaldırılması maliyeti azaltmaktadır.

Depolama operasyonlarını iyileştirmede referans olarak kullanılacak bir Depolama Referans Kitapçığı hazırlanmıştır. Bu kitapçıkta, depolama yönetiminde karşılaşılan önemli karar alma problemlerine ve bu kararlarda dikkat edilmesi gereken önemli noktalara değinilmiştir. Depolama operasyonlarının iyileştirilmesinde kullanılacak alternatif yöntemleri ve uygulamaları içeren bu kitapçığın, güncel akademik makalelerden derlenmesine dikkat edilmiştir.

Bu referans kitapçığın içeriği; depolama hakkında genel bilgiler, radyo frekansı ile tanımlama (RFID) hakkında bilgiler ve bir örnek uygulama, depo içerisinde ürün yerleştirme ve ürün toplama teknikleri ve örnekleri, depo yerleşim planının belirlenmesi ve raf düzeninin en uygun şekilde oluşturulması şeklinde hazırlanmıştır.

4. Uygulama Planı

Oluşturulan dağıtım sisteminin uygulanması için gerekli altyapılar firmada hazır olmadığı için, projeyi uygulama fırsatı henüz bulunamamıştır. Geliştirilen dağıtım sisteminin uygulanabilmesi için, dağıtımda kullanılan kamyonların kullanılabilir hacimleri ve gönderilecek ürünlerin kamyonla kaplayacağı hacimlerin bilinmesi gerekmektedir. Ürünlerin kaplayacağı hacim konusunda gerekli çalışmalar, Makromarket tarafından halihazırda yürütülmekte olup, yıl sonunda bitecektir. Bu çalışmanın tamamlanmasının ardından, projenin uygulanabilmesi mümkündür.

Dağıtım Karar Destek Sistemi'nin ilk modülü olan *Ön Analiz Modülü* kullanıcı isteğine bağlı olarak belirli aralıklarla çalıştırılması gereken bir modüldür. Kamyon, envanter, ürün maliyetlerinde veya taleplerde önemli değişiklikler olmadıkça bu modülün altı ayda bir kere çalıştırılması yeterlidir. Bu yüzden eşik değer modülü için öngörülen, günlük dağıtım modülüne göre uzun çalışma süresi bir sorun teşkil etmeyecektir.

Günlük dağıtım ağına karar veren, sistemin *Günlük Dağıtım Karar Modülü* ise her gün çalışacağından çözümün makul bir sürede alınması önemlidir. Bu modül için öngörülen toplam çalışma süresi ise ortalama bir bilgisayarda (Intel Pentium M Processor 1.7 GHz, 768 MB

RAM), Makromarket'in Ankara'daki 49 mağazası için 13 saniye civarındadır.

Sistemin gerektirdiği veri yapısı ile ilgili örnek Excel sayfaları ve örnek uygulamalar kullanıcıya teslim edilecektir. Ayrıca, dağıtım karar destek sistemindeki modüllerin işleyişi ve olası hataları konusunda bilgilendirme amaçlı kullanım kılavuzları kullanıcıya teslim edilmek üzere hazırlanmıştır.

Hazırlanan depolama referans kitapçığında da, kitabın teslim edilmesi gereken yetkililer belirtilecektir.

5. Genel Değerlendirme

5.1. Projenin firmaya getireceği katkılar

Projenin tanımı doğrultusunda firmaya katkıları beklentileri karşılamaktadır. Tüm perakende zincirlerine uygulanabilecek şekilde tasarlanan ve oluşturulan sistem, dağıtım sisteminin bilimsel temele dayanan bir şekilde, verimli olarak yönetilmesini sağlamaktadır. Hazırlanan depolama referans kitapçığı ise tüm perakendeciler için depolama operasyonlarının iyileştirilmesine yardımcı olabilecek niteliktedir.

Oluşturulan dağıtım karar destek sisteminin sağlayacağı faydalardan ilki, Ön Analiz Modülü sonucunda çapraz yükleme yapılması kararı alınan ürünlerin ana depodaki envanter seviyelerinin düşecek olmasıdır. Belirlenen bu ürünler, ana depoda büyük miktarlarda tutulması yerine periyodik şekilde, ana depoda bekletilmeden, mağazalara dağıtılacaktır. Böylece dağıtılan bu ürünler tedarik zincirinde müşteri seviyesine daha yakın olacaktır. Bu noktada envanterin bir kısmının ana depodan mağazalara kaydırılmış olmasının, toplam envanter maliyetini (ana depo+mağaza) arttırıp arttırmayacağına dikkat edilmiştir. Bu yüzden toplam envanter tutma maliyetinin daha yüksek çıkmamasını sağlamak için oluşturulan sistemin ilk aşamasında maliyet analizi yapılmaktadır.

Ana depoda talep miktarı yüksek ve talep dalgalanması az olan ürünlerin çapraz yükleme yapılması, günlük gönderilen ürün miktarının azalmasını sağlamıştır. Buna paralel olarak, ana depodan mağazalara sevkiyat için gereken kamyon sayısı da azalmıştır. Kamyon sayısının azalması, kamyon doluluk oranlarının artmasıyla sonuçlanmıştır.

Projede oluşturulan dağıtım karar destek sisteminin katkılarından bir diğeri ise sevkiyat maliyetlerinin azaltılmasıdır. Bu algoritma en kötü durumda mevcut dağıtım sistemi olan doğrudan sevkiyat ile aynı sonucu vermektedir. Algoritma sonucu tamamı doğrudan sevkiyat olmayan her türlü dağıtım ağı şu anki sistemde kullanılmakta olan dağıtım ağından daha az maliyetlidir.

Hazırlanan dağıtım karar destek sistemi dağıtım ağının belirlenmesi açısından şirkete önemli ölçüde bir esneklik sağlamaktadır.

Sistemin çalışması için gerekli veriler kullanıcıyı sistemin arkasında çalışan Java kodları gibi karmaşık arayüzlerle yüzleştirmeden, bir Excel dosyası aracılığıyla kolayca alınabilmekte ve bu veriler doğrultusunda verimli ve düşük maliyetli bir dağıtım ağı hızlı bir şekilde belirlenebilmektedir.

Depolama referans kitapçığı, perakendecilik sektöründeki firmaların depolama süreçlerinin iyileştirilmesini sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Firma, kitapçıkta işlenen konular ile ilgili depolamadaki sorunlarını kitaptaki yöntemleri ve kuralları uygulayarak çözebilecektir. Depolama kitapçığı, depo yerleşiminin, raf sisteminin, ürün toplama zamanının ve ürün toplama güzergâhının uzunluğunu azaltmanın, barkodlama sisteminin oluşturulmasına, genel olarak daha verimli bir depolama sisteminin oluşturulmasına yardımcı bilgileri ve örnek uygulamaları barındırmaktadır.

5.2. İleriye dönük geliştirme olanakları

Kurulmuş olan dağıtım karar destek sistemi tüm perakendecilere uygulanabilir esnekliktedir. İstenildiği takdirde perakendeci özelinde geliştirilebilir ve yine perakendeciye özel kısıtlar eklenebilir. Sistemin basit yapısından dolayı hızla genişleyen perakendeciler için sistemin güncellenmesi zor olmayacaktır.

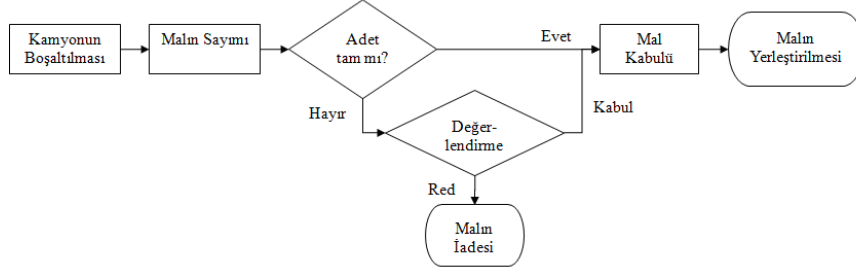
Bunlara ek olarak, depolama kitapçığının içeriği perakendeci özeline göre geliştirilebilir ve en iyi uygulama dökümanı şeklinde perakendeciye özel uygulamalar eklenebilir, perakendecinin sistemine uygun olmayan uygulamalar çıkartılabilir.

KAYNAKÇA

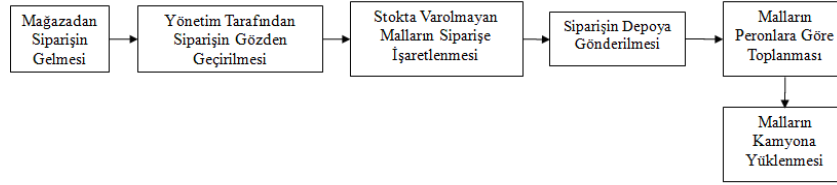
- Berg, J. P. ve Zijm, W.H.M. (1999). "Models for warehouse management: classification and examples", *International Journal of Production Economics*, 59, 519-528.
- Dekker, R., Koster, M. ve Kalleveen, H. (2004). "Improving order-picking response time at Ankor's warehouse", *Interfaces*, 34(4), 303-313.
- Duc, T., Koster, R. ve Roodbergen, K. J. (2007), "Design and control of warehouse order picking: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 182, 481-501.
- Fernie, J. ve Sparks, L. (2004). "Transforming technologies: retail exchanges and RFID", *Logistics and Retail Management: Insights Into Current Practice and Trends*, Kogan Page, 188-194.
- Harry, K. H. ve Choy, K. L. (2006). "Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations", *Expert Systems with Applications*, 561-576.
- Ho, Y. C. ve Tseng, Y. (2006). "A study on order batching methods of order picking in a distribution centre with two cross-aisles", *International Journal of Production Research*, 44(17), 3391-3417.
- Koster, M., Poort, E. S. ve Wolters, M. (1999). "Efficient orderbatching methods in warehouses", *International Journal of Production Research*, 37(7), 1479-1504.
- Larson, N., Heather, M. ve Kusiak, A. (1997). "A heuristic approach to warehouse layout with class-based storage", *IIE Transactions*, 29, 337-348.
- Lee, Chung-Yee. (1986). "The economic order quantity for freight discount costs", *IIE Transactions*, 18 (3), 318-320.
- Petersen, C. G. ve Asse, G. (2004). "A comparison of picking, storage and routing policies in manual order picking", *International Journal of Production Economics*. 92, 11-19.
- Prins, C. (2002). "Efficient heuristics for the heterogeneous fleet multitrip VRP with applications to a large-scale real case", *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 1, 135-150.
- Vaughan, T. S. ve Petersen, C. G. (1999). "The effect of warehouse cross aisles on order picking efficiency", *International Journal of Production Research*, 37 (4), 881-897.
- Yaman, H. (2006). "Formulations and valid inequalities for the heterogeneous vehicle routing problem", *Mathematical Programming*, 106 (2), 365-390.

EKLER

Ek 1. Depolama operasyonları süreç şemaları



1.1. Gelen mal süreç şeması



1.2. Giden mal süreç şeması

Ek 2. Çok seferli türdeş olmayan taşıt rotalama problemi modeli Yaman (2006)'nın önerdiği formülasyona aşağıdaki kısıtlar eklenerek model çok seferli hale getirilmiştir.

$$(1) \quad T_k = \sum_{i \in N_o} \sum_{j \in N} y_{ijk} t_{ij} + \sum_{i \in N} a_{ik} t_{i0}$$

$$\forall k \in K$$

$$(2) \quad T_k + T_{k+|V|} + T_{k+2|V|} + T_{k+3|V|} \leq T$$

$$\forall k \in V$$

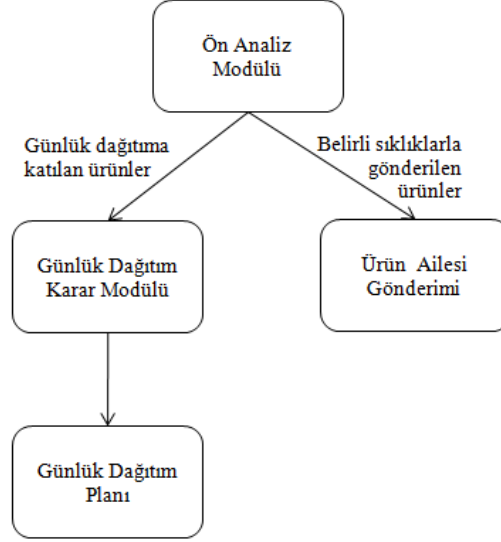
- (1) Her kamyonun yolculuklarında harcadığı toplam zamanı hesaplatır.
- (2) Kamyon şoförlerinin mesai saati kısıtlarını zorlar.

T_k : Kamyon $k \in V$ 'nin gün boyunca yaptığı tüm seferler için harcadığı toplam zaman

V : Filoda bulunan gerçek araç sayısı

K : Filoda bulunan hayali ve gerçek araç sayısı

Ek 3. Dağıtım Karar Destek Sistemi genel görünümü



Ek 4. Taşımalı ekonomik sipariş miktarı belirleme algoritması

S: Sabit yeniden doldurma maliyeti

D: Talep hızı

H: Birim envanter tutma maliyeti

P: Kamyon kapasitesi

R: Bir sevkiyatın maliyeti

G(Q): Toplam maliyet

$$G(Q) = \frac{SD}{Q} + \frac{HQ}{2} + \left\lceil \frac{Q}{P} \right\rceil \frac{RD}{Q}$$

Adım 1: $Q_{EOQ} = \sqrt{\frac{2SD}{H}}$ hesapla.

Adım 2: $iP \leq Q_{EOQ} \leq (i+1)P$ denklemini sağlayan i 'yi bul.

Adım 3: Bulunan i ile $Q_{i+1} = \sqrt{\frac{2(S+(i+1)R)P}{H}}$ hesapla,

$Q_{i+1} > (i+1)P$ ise Adım 4'e, değilse Adım 5'e geç.

Adım 4: $Q = iP$ ve $Q = (i+1)P$ için $G(Q)$ maliyetlerini hesapla, en az maliyeti olan Q değerini seç.

Adım 5: $Q = iP$ ve $Q = Q_{i+1}$ için $G(Q)$ maliyetlerini hesapla, en az maliyetli olan Q değerini seç.

Ek 5. Kümeleme algoritması

V : Talep Vektörü

K : Kamyon Hacimleri

S : Kamyon Sayıları

U : V 'nin uzunluğu

$S(n)$: n türündeki kamyon sayısı ilk değer $n=1$, son değer U

k : O ana kadar kullanılmış kamyon sayısı

end : V vektöründeki sıra endeksi, ilk değer $end = 1$

$ends$: V vektörünün sondan sıra endeksi, ilk değer $ends = U$

$endk$: K vektöründeki sıra endeksi, ilk değer $endk = 1$

Adım 1: İlk değer $k = 0$

Adım 2: Büyükten Küçüğe Sırala (V)

Adım 3: $V(end)$ 'i $K(endk)$ ile karşılaştır. $K(endk) - V(end) > V(ends)$ ise 4. adıma devam et; değilse $k++$, $end++$, $endk++$

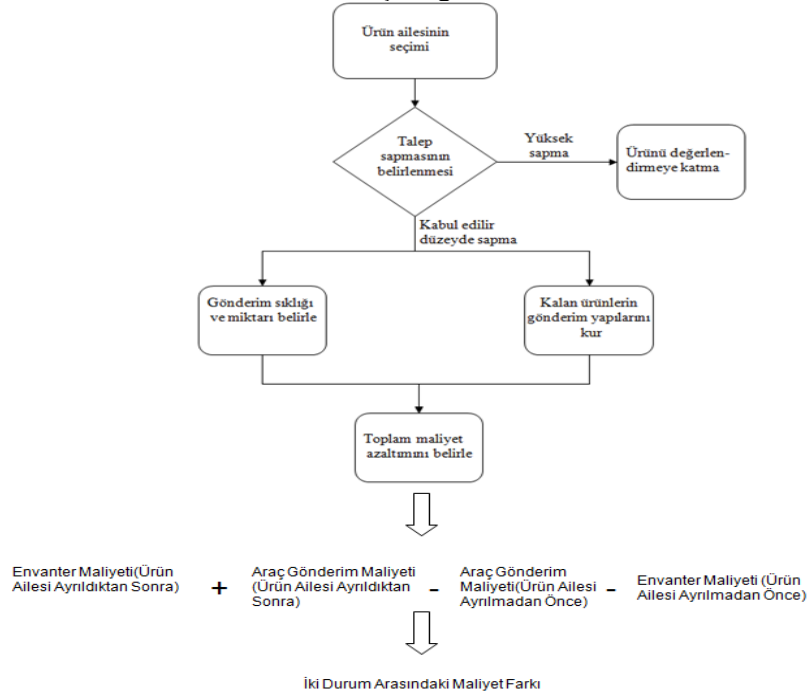
Adım 4: $V(U)$ 'yu da kamyonu ekle, $K(end) - (V(endk) + V(U)) > V(U - ends)$ ise Adım 4'ü $V(U - ends)$ için tekrar et.

Adım 5: $K(endk) - (V(end) + V(U)) \leq V(U - 1)$ ise end kamyonunu dolu olarak belirle. $end++$, $endk++$, $k++$,

Adım 6: Eğer $k = S(n)$ ise $n++$, $endk=0$; eğer $end \neq U$ ise ilk adıma dön; değilse Adım 7'ye git.

Adım 7: Kullanılan kamyon sayısını k olarak belirle.

Ek 6. Ön analiz modelinin karar çizelgesi



Açıklamalar:

Ürün Ailesi Ayrılmadan Önceki Envanter Maliyeti: Kullanıcı tarafından belirtilen envanter maliyetleri üzerinden, senelik envanter taşıma maliyetidir.

Ürün Ailesi Ayrılmadan Önceki Araç Gönderim Maliyeti: Kullanıcı tarafından belirtilen kamyon kullanım miktarları ve kamyon kullanım maliyetleri üzerinden senelik taşıma maliyeti hesaplanır. Yükleme boşaltma maliyeti ortalama bir miktar olarak bu maliyete eklenir.

Ürün Ailesi Ayrıldıktan Sonraki Envanter Maliyeti: Ürün ailesinin ayrı gönderilmesi sonucu çapraz yükleme ile ürünler ana depoda değil mağazalarda depolanmaktadır. Aradaki taşıma maliyetlerinden dolayı, ürünlerin birim fiyatı artmaktadır. Bu artışın sonucunda da envanter tutma maliyeti artmaktadır. Bu ek maliyetle birlikte oluşan envanter maliyeti hesaplanmaktadır.

Ürün Ailesi Ayrıldıktan Sonraki Araç Gönderim Maliyeti: Ürün ailesinin ayrı olarak gönderilmesi ile oluşan gönderim maliyeti ile kalan ürünlerin miktarlarına göre daha verimli bir biçimde kamyonlara yüklenmesi ile ortaya çıkan maliyettir. İlk durumdaki taşıma maliyetinden düşük bir maliyet olarak ortaya çıkmaktadır.

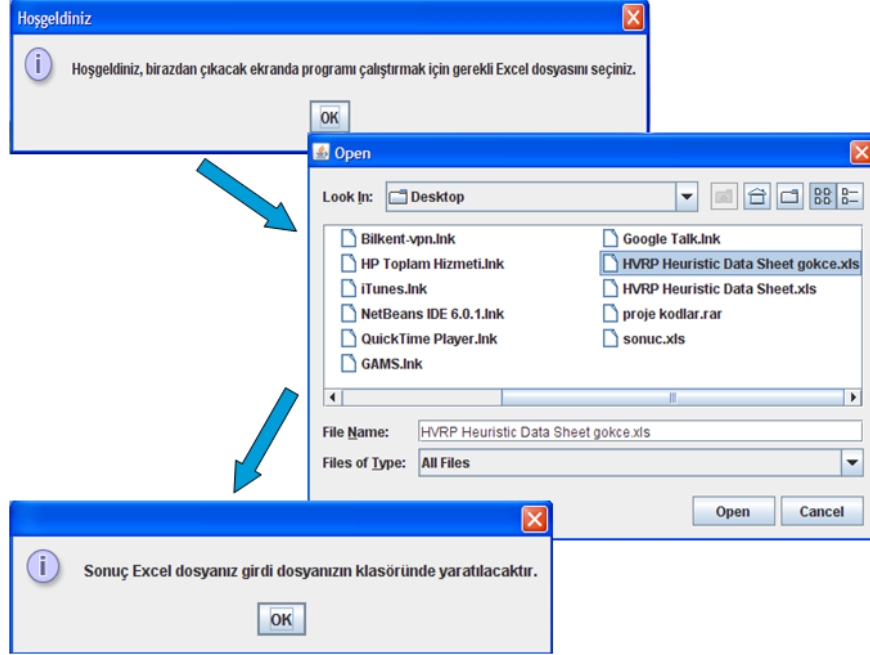
Ek 7. Ön Analiz Modülü Arayüzü

The screenshot displays a software interface for the 'Ön Analiz Modülü' (Front Analysis Module). The interface is a window with a blue title bar and standard Windows window controls (minimize, maximize, close). The main area contains a list of input fields and buttons:

- Kamyon Çeşit Sayısı: [Input Field]
- Kamyon Sayısı: [Input Field]
- Kamyon Hacimleri: [Input Field]
- Geçmiş Kamyon Kullanımları: [Input Field] Gözet
- Talep Verisi (Aile): [Input Field] Gözet
- Toplam Aile Talebi: [Input Field] Gözet
- Talep Verisi (Toplam): [Input Field] Gözet
- Mağaza Sayısı: [Input Field]
- Hesaplanacak Zaman Dilimi Miktarı: [Input Field]
- Birim Maliyetler: [Input Field] Gözet
- Envanter Maliyeti: [Input Field]
- Kamyon Sabit Maliyeti: [Input Field]
- Aileyi Oluşturan Ürün Miktarı: [Input Field]

At the bottom of the window, there are three buttons: 'Sapma Bul', 'Hesapla', and 'Temizle'.

Ek 8. Günlük Dağıtım Karar Modülü Arayüzü



Ek 9. Sistem girdileri ve çıktıları çizelgesi

