

**BİLKENT ÜNİVERSİTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ÜNİVERSİTE - SANAYİ/İŞ DÜNYASI
İŞBİRLİĞİ PROJELERİ
2018**

Derleyenler

Prof. Dr. Savaş Dayanık

Yeşim Gülseren

Dr. Emre Uzun

ISBN: 978-605-9788-21-2

BASKI: Meteksan Matbaacılık, Mayıs 2018.

YAYINCI SERTİFİKA NO: 27028

MATBAA SERTİFİKA NO: 13563

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin 5. maddesinin 2. fıkrası çerçevesinde bandrol taşıması zorunlu değildir.

According to the second paragraph of Article 5 of the Regulation on Banderole Application Procedures and Principles, the use of banderole for this publication is not compulsory.

Para ile satılamaz.

For free distribution only.

Düzenleme Kurulu

Prof. Dr. Savaş Dayanık
Dr. Emre Uzun
Yeşim Gülseren
İrem Akçakuş
Nazlıcan Arslan
Ece Çiğdem
Metehan Dilaver

Bilkent Üniversitesi
Bilkent Üniversitesi
Bilkent Üniversitesi
Bilkent Üniversitesi
Bilkent Üniversitesi
Bilkent Üniversitesi
Bilkent Üniversitesi

Değerlendirme Kurulu

Prof. Dr. M. Selim Aktürk
Yrd. Doç. Dr. Çağın Ararat
Yrd. Doç. Dr. Özlem Çavuş İyigün
Prof. Dr. Savaş Dayanık
Arş. Gör. Okan Dükkancı
Yrd. Doç. Dr. Özlem Karsu
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Prof. Dr. Ülkü Gürler
Doç. Dr. Bahar Yetiş Kara
Prof. Dr. Oya Ekin Karaşan
Arş. Gör. Kamyar Kargar
Yrd. Doç. Dr. Ayşe Selin Kocaman
Yrd. Doç. Dr. Emre Nadar
Doç. Dr. Osman Oğuz
Arş. Gör. Meltem Peker
Prof. Dr. Mustafa Pınar
Dr. Nil Şahin
Doç. Dr. Alper Şen
Yrd. Doç. Dr. Fehmi Tanrısever
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal
Yrd. Doç. Dr. Firdevs Ulus
Dr. Emre Uzun
Prof. Dr. Hande Yaman

İÇİNDEKİLER

Önsöz -----	xiv
Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı'ndan -----	xv
Firmalardan Teşekkür Mektupları-----	xvi
Hacim ve Stabilite Etkenlerini Eniyileyen Palet Yükleme Sistemi Tasarımı	
A101 Yeni Mağazacılık A.Ş. -----	1
Yeni Ürün Karar Sürecine Yönelik Talep Tahmini Sistemi Tasarımı Abdi İbrahim İlaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. -----	9
Lojistik Süreçlerindeki Dış Kaynak Kullanımının Azaltılması Altunbilekler -----	22
Ara Stokları Enazlayacak Gövde Hatları Üretim Planı Tasarımı Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi -----	34
Poliüretanlı Kapı Üretim Hattı Çizelgelemesinin İyileştirilmesi Arçelik Buzdolabı İşletmesi -----	43
Hayat Sigortalarında Müşteri Tutundurma Oranının Eniyilenmesi AvivaSA Hayat ve Emeklilik A.Ş. -----	53
Lojistik Depo ve Dağıtım Ağlarının Geleceğinin Tasarlanması BSH Ev Aletleri San. Ve Tic. A.Ş.-----	64
Ürünlerin Kümeleme Analizi ile Gruplandırılması ve Depolara Atanması	
BSH Ev Aletleri San. Ve Tic. A.Ş.-----	73
Modern Kanal Müşterilerine Sunulan Servis Seviyesinin İyileştirilmesi	
Coca-Cola İçecek A.Ş.-----	85

Kentsel Teslimat İhtiyaçlarına Yanıt Verecek Proaktif ve Sürdürülebilir Lojistik Sistemi Tasarımı Coca-Cola İçecek A.Ş. -----	99
Tedarik Zincirindeki Sapmaların Lojistik Maliyet Üzerindeki Etkisinin Saptanması ve Eniyilenmesi DHL LLP -----	103
Hammadde ve Yedek Parça Envanter Yönetim Sisteminin İyileştirilmesi Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş. -----	125
Vardiya Atamaları ve İşgücü Eniyilemesi İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı Ekol Lojistik-----	132
Bütünleşik Envanter ve Rotalama Sistemi Tasarımı Ersil Mağazacılık Gıda İnşaat Ticaret ve Sanayi A.Ş. -----	141
Modern Kanal Tanzim Teşhir Personeli için Çizelgeleme ve Rotalama Sistemi Geliştirilmesi ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. -----	150
Dağıtım Araçları Rotalarının Eniyilemesi ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. -----	163
Üretilen Parçaların ve Tedarik Edilen Ham Maddelerin Gecikmesinin Tahminlenmesi FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. -----	176
Karar Destek Sistemi Tabanlı Performansa Dayalı Terfi Sisteminin İyileştirilmesi Özel Ankara Güven Hastanesi -----	183
İnovasyon Yönetim Sürecinin İyileştirilmesi Havelsan -----	194
Makine Öğrenmesi Kullanarak Benzer Ürünlerin Kümelenendirilmesi IBM -----	207

Güncellenebilir MIDAS Gayri Safi Yurt İçi Hasıla Büyüme Tahmin Modeli Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı-----	216
Malzeme Sınıflandırması ve Operasyon Bazlı Depo Yerleşimi Eniyilemesi Nurol Makina ve Sanayi A.Ş.-----	228
Zırh Çeliği Üretim Akışı Eniyilemesi Nurol Makina ve Sanayi A.Ş. -----	239
Türkiye Hibrid Gün İçi Elektrik Piyasası Tasarımı ve Eniyilemesi Optimizasyon & Algoritmalar Enerji Danışmanlığı Sanayi ve Ticaret A.Ş. -----	251
Yedek Parça Envanter Stratejisinin İyileştirilmesi Philsa Philip Morris Sabancı Sigara ve Tütüncülük A.Ş. -----	263
Veri Analizi Yardımıyla İşçilik ve Standart Sürelerinin Tahminlenmesi TAI -----	275
Kit Oluşturma Sisteminin İyileştirilmesi TPI Kompozit Kanat Sanayi Ticaret A.Ş. -----	286
Robotik Paletleme Sistemi Analizi Unilever -----	297
Satış Harcamaları Kontrolü İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı 3M -----	309

2017-2018 öğretim yılında gerçekleştirilen öğrenci projeleri, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ve Bilkent Üniversitesi TTO (Teknoloji Transfer Ofisi) işbirliğinde yürütülmektedir.



Bugüne kadar bu programa katılarak katkıda bulunan kuruluşlar:



2017-2018 Döneminde Katkıda Bulunan Kişilere Teşekkür Ederiz...

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden

Prof. Dr. M. Selim Aktürk
Yrd. Doç. Dr. Çağın Ararat
Yrd. Doç. Dr. Özlem Çavuş İyigün
Prof. Dr. Savaş Dayanık
Arş. Gör. Okan Dükkancı
Yrd. Doç. Dr. Özlem Karsu
Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Prof. Dr. Ülkü Gürler
Prof. Dr. Bahar Yetiş Kara
Prof. Dr. Oya Ekin Kardeşan
Arş. Gör. Kamyar Kargar
Yrd. Doç. Dr. Ayşe Selin Kocaman
Yrd. Doç. Dr. Emre Nadar
Doç. Dr. Osman Oğuz
Arş. Gör. Meltem Peker
Prof. Dr. Mustafa Ç. Pınar
Dr. Nil Şahin
Doç. Dr. Alper Şen
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Toptal
Yrd. Doç. Dr. Firdevs Ulus
Dr. Emre Uzun
Prof. Dr. Hande Yaman

Bilkent Üniversitesi İşletme Bölümü'nden

Yrd. Doç. Dr. Fehmi Tanrısever

Bilkent Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi Üniversite-Sanayi İşbirliği Koordinatörü

Yeşim Gülseren

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü İdari Asistanı

Aslı Koca

İş Dünyasından Değerli Temsilciler

A101 - Yeni Mağazacılık

Orhan	Birol
Erhan	Bostan
Orhan	Dağlıoğlugil
Erkin	Öztürk

Abdi İbrahim İlaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Sevgi	Özalp
Elif	Ülkü

Altunbilekler

Öznur	Altunbilek
Mehmet Ali	Oğuz

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi

Serdar	Çevik
Gözde	Demiryas

Arçelik. Buzdolabı İşletmesi

Aras	Uysal
------	-------

AvivaSA Hayat ve Emeklilik A.Ş.

Buket	Cıralı
Zeynep Aslı	Dinç
Mehmet Gencay	Yeşil

BSH Ev Aletleri San. Ve Tic. A.Ş.

Merve	Arıoğlu
Ebru	Çatlıoğlu
Cemil	Çınar
Fahriye	Naderi Varandi
Tolgay	Nur
Ezgi	Özkum
Burçin	Poyrazlar

Bülent	Teuman
Murat	Yücel

Coca-Cola İçecek A.Ş.

Elif Çisil	Akyurt
Ece	Atila
Bektaş	Bulut
Serhat	Çelik
Hasan	Ellialtı
Doğa	Erzi
Anıl	Günaydın
Mehmet	Keçecioğlu
Tugay	Keskin
Esin	Öztürk
Serkan	Somer
Mehmet	Yorgun
Ali Efe	Yukay

DHL

Bora	Beşir
Murat	Çolak
Serkan	Kabalı
Yasin	Kaya
Ömür	Özkardeşler
Sevilay	Uçar

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

Necmettin	Başol
Ünal	Kılıç
Dinçer	Oğuz
Bahar	Okyay
Gözde	Sili
Öner	Sinan
Seniha	Uyar

Ekol Lojistik

Yasemin	Erol
Ayşenur	Olguner
Oğuzhan	Yıldız

Ersil Mağazacılık Gıda İnşaat Ticaret ve Sanayi A.Ş.

Mert	Çınar
Mehmet	Coşkun

ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Sibel Berfun	Aslan
Enes Talha	Doğanlı
Koray	Karaaslan
Raşit	Karahançer
Elçin	Kocaman
Ece	Oruç
Esra	Sancaklı
Süleyman	Tekincan

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.

Figen	Bozkurt
Yılmaz Berk	Ezilmez
Berk	Karahan

Özel Ankara Güven Hastanesi

Banu	Akın
Mahide Begüm	Çiçek
Ömürcan	Gültekin
Aslı Gülay	Noyan
Öznur Tan	Özbek

HAVELSAN Hava Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Bengü	Bayyurt Çetin
Tolga	Erol
Tolga	Kayın

IBM

Emrah Zarifoğlu

Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı

Alper Bakdur
Önder Demirezen
Alper Özbayram

Nurol Makina ve Sanayi A.Ş.

Alper Çatalkaya
Ceren Devren
Tüzün Süsveren

Optimizasyon & Algoritmalar Enerji Danışmanlığı Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Kürşad Derinkuyu
Esen Erkan

Philsa Philip Morris Sabancı Sigara ve Tütüncülük A.Ş.

Ahmet Onur Akgül
Feyza Aykır
Murat Genç
Fatih Öztürk
Serkan Sağlam

Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.

Ahmet Yalçınkaya
Mustafa Yücel

TPI Kompozit Kanat Sanayi Ticaret A.Ş.

Uluç Akzeren
Furkan Çitçi
Selen Erpalak
Güney Özaltan
Serhat Sermen

Unilever

Serdar

Yiğit

Alptuğ

Baysan

Dak

Yıldırım

3M

Melike

Çağlar

Arslan

Eser

ÖNSÖZ

Bu kitap, 2017-2018 öğretim yılında Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü tarafından gerçekleştirilen Üniversite-Sanayi İşbirliği Bitirme Projeleri özetlerini kapsamaktadır. Programımız 23 yıl önce sistem tasarımı derslerinin sanayi projelerine dönüştürülmesi ile başlamıştır. Bu süre içerisinde farklı sektör ve büyüklükte 101 şirketle toplam 447 proje gerçekleştirilmiştir.

Endüstri Mühendisliği Bölümü dördüncü sınıf öğrencilerinden oluşan proje ekipleri, akademik ve iş dünyasından danışmanların gözetiminde ve Bilkent Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi'nin de desteği ile firmanın gündemine girmiş olan ve çözüm bekleyen gerçek problemlerini çözmektedirler. Yapılan projeler sonucunda ortaya çıkan ürün, yöntem veya hizmet, ilgili firmaya önemli yarar ve katma değer sağlamaktadır.

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

Kitaba girecek olan projelerin seçim aşamasında desteklerini esirgemeyen “Değerlendirme Kurulu”muza, fuar ve yarışma jürimizde görev alan Emre Aytac (Roketsan A.Ş.), Dr. Abdullah Çerekçi (Zorlu Holding), Dr. A. Hakan Özdemir (Bilkent Üniversitesi, TTO), Anıl Yılmaz (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı), ve Yrd. Doç. Dr. Çağın Ararat'a (Bilkent Üniversitesi) teşekkür ederiz.

Sistem Tasarımı Dersi Koordinatörleri :

Prof. Dr. Savaş Dayanık
Dr. Emre Uzun

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Başkanı'ndan

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

Eğitimde dünya çapında kalite standartlarını kullanan Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Üniversite-Sanayi İşbirliği adı altında ülkemizde örnek gösterilen programını 24 yıldır başarılı bir şekilde uygulamaktadır. Bu programın ana hedefi mezuniyet aşamasındaki öğrencilerimize kapsamlı ve derinlikli bir mesleki deneyim kazandırmaktır. Bu kapsamda 6-7 kişilik proje ekipleri, akademik ve iş dünyasından danışmanların gözetiminde firmanın gündemine girmiş olan ve çözüm bekleyen gerçek problemlerini çözmektedirler.

Bu yıl 16.sını düzenlediğimiz Endüstri Mühendisliği Proje Fuarı ve Yarışması'nda 29 proje yer almaktadır. Bu organizasyonda bütün bir yıl boyunca projeleri üzerinde özveri ile çalışan öğrencilerimizin çalışmaları sergilenmekte ve projelerine ait sunumlar yapılmaktadır. Öğrencilerimizi bu vesile ile kutluyor ve programa büyük katkıları olan tüm firma yetkililerine ve danışmanlarımıza teşekkür ediyorum.

Ayrıca bütün bu süreç boyunca yoğun ve özverili çalışmalarıyla programın hedeflerine uygun şekilde yürütmesi için büyük çaba gösteren program koordinatörleri Prof. Dr. Savaş Dayanık, Dr. Emre Uzun hocalarımıza, Bilkent TTO Üniversite-Sanayi İşbirliği Mezuniyet Projeleri Koordinatörümüz Yeşim Gülseren'e, asistanlarımız, Ece Çiğdem, İrem Akçakuş, Metehan Dilaver, Nazlıcan Arslan ve emeği geçen herkese çok teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,



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

FİRMALARDAN TEŞEKKÜR MEKTUPLARI

Arçelik A.Ş. Bulaşık Makinası Fabrikası'ndan

İşletmemiz 1993 yılında Sincan Organize sanayi bölgesinde 300.000 adet kapasite ile kurulmuş bir fabrikadır. Aradan geçen 25 yıllık süre zarfında, Bulaşık Makinası işletmesi olarak, kapasitemizi 10 kat artırdık ve 1.400 çalışan ile dünya çapında 1.000'den fazla model ile üretim yapan bir fabrika haline geldik.

İşletmemiz kurulundan bu yana, verimlilik çalışmaları ve maliyet iyileştirme süreçlerine odaklanmış ve TPM felsefesi ile mükemmeli yakalamak, tüm çalışanlarımızın ana odak noktası olmuştur.

Bu mükemmeliyetçi yaklaşımla, firmamız, ürettiği projelerle iş süreçlerini sürekli iyileştirme yoluna devam etmektedir. Yine bu vizyon doğrultusunda, düzenli olarak Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği ile ortak çalışmalar yapılmakta ve üniversite sanayi iş birliğinin geliştirilmesine yüksek değer verilmektedir.

Proje ekibinde yer alan arkadaşlarımız, özen göstererek ve derinlikli analizler yaparak projeyi yürüttüler. Proje ekibinde yer alan arkadaşlarımıza teşekkür ederiz. Projenin firmamız açısından uygulanabilir bir sonuç çıkarmış olması ise ayrıca memnuniyet vermektedir.

Proje ekibi ile birlikte, çalışmalar süresince görüşleri ve destekleri ile her an yolumuzu aydınlatan öğretim üyelerimize ve Bilkent TTO Yöneticilerine teşekkürlerimizi sunarız.

Serdar Çevik
Endüstri Mühendisliği Takım Lideri

Coca-Cola İçecek A.Ş.’den

Sevgili Proje Üyeleri ve Değerli Akademik Danışmanları,

Coca-Cola sisteminde satış hacmine göre altıncı sırada yer alan Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCI), The Coca-Cola Company markalarından oluşan gazlı ve gazsız içeceklerin üretim, satış ve dağıtımını gerçekleştirmektedir. Türkiye, Pakistan, Kazakistan, Azerbaycan, Kırgızistan, Türkmenistan, Ürdün, Irak, Suriye ve Tacikistan’da 9 bine yakın çalışanı ile faaliyet gösteren CCI, 26 fabrikası ile 400 milyonluk tüketici kitlesine gazlı içeceklerin yanı sıra meyve suyu, su, enerji ve sporcu içecekleri, buzlu çay ve çaydan oluşan gazsız içecekler kategorisinde de zengin bir ürün portföyü sunmaktadır.

Operasyonlarını ve iş süreçlerini sürekli geliştirerek daha verimli hale getirmeyi amaçlayan CCI bu amaçla üniversiteler ve akademisyenlerle çeşitli ortak projeler yürütmektedir. CCI üniversitelerle gerçekleştirdiği ortak projelerle aynı zamanda gençlerin sahada karşılaşılan gerçek konu ve problemlere yönelik uygulamalar üzerinde çalışarak saha deneyimi kazanmalarını, böylelikle iş hayatına daha etkili bir şekilde hazırlanmalarını desteklemektedir.

Bu kapsamda 2017-2018 akademik yılında Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümü öğrencileri ile birlikte sayın Prof. Dr. Oya Ekin Karaşan’ın akademik danışmanlığı altında iki projeyi başarıyla tamamladık.

“İstanbul Avrupa Yakası’nda Kentsel Teslimat İhtiyaçlarına Yanıt Verecek Proaktif ve Sürdürülebilir Lojistik Sistemi Tasarımı” projesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Proje CCI için trafik kısıtlamalarından kaynaklanan problemler ve ileride belediyeler tarafından uygulamaya konulabilecek regülasyonlara karşı sürdürülebilir bir dağıtım modeli oluşturmayı hedeflemiştir. Yapılan kaynak taraması sonucunda şehir lojistiği alanında yapılan çalışmalardan faydalanılmış, bu doğrultuda elektrikli kargo bisikletleri ve mobil depo açılması fikirleri önerilmiştir. Önerilen fikirlerin uygulamaya konulması için stratejik kararları vermeyi sağlayan bir matematiksel model ve günlük dağıtımın nasıl olacağını gösteren bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Algoritma, MS Excel ile hazırlanan bir karar destek sistemiyle kullanıma hazır hale getirilmiştir. Proje ekibinin ve danışmanlarının titiz çalışmaları sonucunda başarıyla tamamlanan proje, dağıtım konusunda halihazırda maruz kalınan zorlukların aşılması ve ileride ortaya çıkabilecek kısıtlamalar karşısında dağıtım faaliyetlerinin verimli bir şekilde devam edebilmesi açısından şirketimize önemli katkı sağlayacaktır.

“Modern Kanal Müşteri Hizmetleri İyileştirmesi” projesi gerçekleştirilmiştir. Proje CCI’nın en önemli stratejik hedeflerinden olan, gün geçtikçe büyüyerek sayıları artan modern kanal müşterileri ile kurulan iş ilişkilerinin belirlenen standartlarda sürdürülmesi ve geliştirilmesi hedefine odaklanmıştır. Bu bağlamda CCI’nın var olan talep planlama süreci ve dağıtım ağı ile modern kanal müşterilerinin sipariş karşılama oranlarının mevcut düzeylerden istenilen düzeylere çekilmesi hedeflenmiştir. Proje mevcut sisteme entegre edilecek iki yeni bileşen sunmuştur. Bunlardan ilki talep planlama sürecinde kullanılan kaynak matrisi üzerinde değişiklikler önererek bayilerin stok günlerini düzenleyen bir algoritma, diğeri ise CCI’nın dağıtım operasyonlarını iyileştirme amacıyla açılacak ara depodur. Proje kapsamında yürütülen benzetim çalışmaları sonucunda, önerilen bileşenlerin karşılama oranlarını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Proje ekibinin ve danışmanlarının titiz çalışmaları sonucunda başarıyla tamamlanan proje, modern kanal müşterileri içindeki karşılama oranını yükseltme konusunda şirketimize önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu bağlamda tüm proje ekibini başarılı çalışmalarından ötürü tebrik eder, projede rol alan sevgili Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri, değerli akademik danışmanlarımız ve katkı sağlayan diğer herkese teşekkürlerimizi sunarız.

S. Serkan Somer
Ticari İş Geliştirme Direktörü



Mutlu Ocak
Türkiye Operasyonları
Tedarik Zinciri Direktörü



Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş. Planlama ve Lojistik Departmanı'ndan

1975 yılında kurulan, 40 yılı aşkın bir süredir sektörünün lideri olan ve The Coca-Cola Company bünyesinde 10. yaşını kutlayan Doğadan A.Ş. tüketicinin yaşadığı satın alma tecrübesine kattığı değerler, pazarın büyümesine olanak sağlayan birbirinden lezzetli ürünleri, Doğadan uzmanlığında gelen bilgi birikimi ve AR-GE departmanı ile sektörde farklı bir konuma sahiptir.

Doğanın sonsuz iyiliğini, zenginliğini ve canlılığını; doğal, sağlıklı ve iyi bir yaşam için sunmayı vizyon edinmiş Doğadan ailesi olarak Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü organizasyonunda gerçekleşen üniversite-sanayi iş birliği projelerinde yer almaktan mutluluk duyuyoruz.

Doğadan'ın yedek parça ve hammadde envanter yönetim verimini arttırmayı hedefleyen projede proje ekibi itina ile çalıştılar ve bizlere uygulanabilir çıktılar sundular. Bununla beraber firmamızdan memnuniyet ve takdir kazanmışlardır.

Doğadan A.Ş. olarak projede emeği geçen Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencilerine ve akademik danışmanlarına teşekkürlerimizi sunarız. Öğrencilerimize bundan sonraki hayatlarında başarılar dileriz.

Seniha Uyar Akdağ
Kıdemli Planlama ve Lojistik Uzmanı

Ekol Lojistik'ten

1990 yılında faaliyetlerine başlayan EKOL Uluslararası taşımacılıkta yük organizasyonu ile başlanılan noktadan, 3PL entegre lojistik hizmetleri sunan bütünleşik bir yapıya ulaşan; taşımacılık, kontrat lojistiği, dış ticaret, gümrük ve tedarik zinciri yönetimi alanında 15 ülkede kusursuz hizmet anlayışıyla faaliyet gösteren entegre bir lojistik şirkettir.

Dünyada kapalı alanı 750.000 m²'nin üzerindeki dağıtım merkezinin yanı sıra Intermodal taşımacılıkta 6 Ro-Ro gemisi, haftalık 48 sefer yapan blok trenleri ve 5.500 aracıyla da Ekol, Avrupa'nın önde gelen lojistik sağlayıcıları arasındadır.

İş yapış modelini teknolojiden aldığı ilhamla destekleyen Ekol, her daim en iyiyi hak eden müşterileri için entegre, esnek ve etkin çözümler sunmaktadır. Daha iyiye ulaşmak için sürekli ve dinamik dönüşüme inanan firmamız; akıllı, duyguyu ve bilinci birleştiren yaklaşımını, tecrübesi ve uzmanlığıyla harmanlayarak sektöre yeni nesil bir bakış açısı getirmektedir. Ekol bugün, "lojistik 4.0" stratejisiyle yalnızca sektörün geleceğini değiştirmeye değil, dünyayı dönüştürmeye hazırlanmaktadır.

Ar-Ge Departmanı bünyesinde Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği ile düzenli yürütülen akademik çalışmalar ve projelerde sistemlerin akıllı algoritmalar ile optimize edilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda yürüttüğümüz projede; proje ekibinde yer alan arkadaşların özverili çalışmaları sonucu depo operasyonlarını yürüttüğümüz sistemimize kolayca entegre edebileceğimiz bir karar destek sisteminin ortaya çıkması bizler için gurur kaynağı olmuştur. Bu kapsamda proje ekibi ile birlikte, çalışma boyunca arkadaşları değerli görüşleri ile yönlendiren akademik danışmanlarına ve Üniversite – Sanayi İşbirliği Koordinatörlerine teşekkürlerimizi sunarız.

Oğuzhan Yıldız
Operasyonel Mükemmellik Direktörü

Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. 'den

Küçük mutluluklar üreten bir fabrika, 1961 yılında sadece Sn.Firuz Kanatlı'nın kendi elleriyle çizdiği bir hayaldi. Eti'nin lezzet yolculuğu, işini aşkla yapan bir avuç insanın gösterdiği cesaret, özveri ve yenilikçilik anlayışı ile başladı. Kalite ve emekle büyüdü, gelişti ve yıllar geçtikçe Türkiye'de 'mutluluk denince akla' ilk gelen marka oldu.

Bugün ETİ, 8.000'e yakın çalışanı ve kendi teknolojisini üretme gücüne sahip altyapısıyla Türkiye'nin en büyük "unlu mamuller ve çikolata" üreticisinden biri olarak, müşterilerine 50'den fazla marka ve 250'den fazla ürün ile hizmet vermektedir.

Bu mükemmeliyetçi yaklaşımla, firmamız, ürettiği projelerle iş süreçlerini sürekli iyileştirme yoluna devam etmektedir. Yine bu vizyon doğrultusunda, düzenli olarak Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği ile ortak çalışmalar yapılmakta ve üniversite sanayi iş birliğinin geliştirilmesine yüksek değer verilmektedir.

Proje ekibinde yer alan arkadaşlarımız, özen göstererek ve derinlikli analizler yaparak projeyi yürüttüler. Proje ekibinde yer alan arkadaşlarımıza teşekkür ederiz. Projenin firmamız açısından uygulanabilir bir sonuç çıkarmış olması ise ayrıca memnuniyet vermektedir.

Proje ekibi ile birlikte, çalışmalar süresince görüşleri ve destekleri ile her an yolumuzu aydınlatan öğretim üyelerimize ve Bilkent TTO yöneticilerine teşekkürlerimizi sunarız.

Süleyman Tekincan
Satış Sistemleri Kıdemli Müdürü

Güven Sağlık Grubu'ndan

Dünya standartlarında sağlık hizmeti sunmak hedefiyle 1974 yılında kurulan Özel Ankara Güven Hastanesi, modern tıbbın gereklerini, yılların tecrübesi ile birleştirerek hastalarına aktarmaya devam etmektedir. Her alanda sunduğu yüksek kalitede hizmet, hasta sayısını ve talebi artırmakta; artan talep hastalarımıza olan sorumluluğumuzu yükseltmektedir.

Küçük bir hastane olarak 1974 yılında başlayan hikayemiz, konusunda uzman hekim, hemşire ve yardımcı sağlık personeli kadrosuyla, 40.000 m² alanda, 254 yataklı, 11 ameliyathanesi olan 1400 kişilik büyük bir genel hastane konseptine ulaşmıştır. Geldiğimiz noktanın gururu, bizi daha fazla çalışmaya yöneltmekte, hedeflerimizin çitasını yükseltmektedir.

Bu süreçte açılan Güven Çayyolu Sağlıklı Yaşam Kampüsü, 1. basamakta yeni jenerasyon tıp hizmetlerinin manifestosudur. Güven Ailesi'nin Türkiye'ye bir armağanıdır.

Güven Çayyolu Sağlıklı Yaşam Kampüsü'nde amacımız, sağlıklı olma halini, bir üst seviyeye çıkartmak ve korumaktır. Bunun için bilimin tüm gerçekliğini kullanıyor; akıl, ruh ve beden sağlığımızın bütünlüğünü hedef alıyoruz.

Bu büyük ailenin İnsan Kaynakları ekibi olarak birlikte yol aldığımız 1400 arkadaşımızın daha adil ve mutlu bir ortamda çalışmasını sağlamak amacıyla yeni bir sistem kurmayı hedefledik. Bu sistemi kurarken Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümü öğrencilerinden oluşan proje ekibi 'Özel bir hastanede karar destek sistemi tabanlı, performansa dayalı terfi sistemi tasarımı' isimli çalışmalarıyla bizlere destek oldular. Başlangıçta bu konu bizim için bir bitirme projesiyken ortaya çıkan çalışma beklentilerimizin ötesinde bir performans sundu. Bu projenin bizi daha yüksek performansa kavuşturacağına inancımız tam.

Ankara'nın iki büyük isminin daha nice seneler birlikte projeler üretmesi dileğiyle...

Güven Sağlık Grubu İnsan Kaynakları Ekibi adına
Banu Bingöl Akın
İnsan Kaynakları Koordinatörü

Nurol Makina ve Sanayi A.Ş. 'den

NUROL Holding bünyesinde yaklaşık 30 yıldır faaliyet göstermekte olan ve Türk Savunma Sanayi'nin parlayan yıldızı NUROL MAKİNA, 4x4 Taktik Tekerlekli Zırhlı Araçlar (TTZA) da rakiplerinden üstün performans özelliklerine sahip modelleriyle ülkemiz güvenlik güçlerinin hizmetinde olduğu gibi son yıllarda ihracatta gösterdiği başarıyla da fark yaratmaktadır.

NUROL MAKİNA, 4x4 sınıfında yer alan Ejder Yalçın, Ilgaz ve NMS ile birlikte 4x4, 6x4, 6x6 sınıflarında yer alan Ejder TOMA ve Ejder Kunter versiyonları ile yurt içi ve yurt dışında rakiplerinin üstünde bir satış başarısı yakalamıştır. Bundan sonra da bu araç ailesine ekleyeceğimiz yeni araçlar ile büyümeye devam edeceğiz.

Mükemmeliyetçilik yaklaşımıyla, 2017-2018 Eğitim yılında iki farklı Endüstri Mühendisliği projesi kapsamında Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ile uzun yıllar sürecek üniversite sanayi iş birliğinin ilk adımını birlikte attık.

Şirketimiz Planlama ve Tedarik Bölümü olarak sizlerle başlattığımız, *Zırh Çeliği Kalite Noktalarının Yerleşiminin İyileştirilmesi* ve *Malzeme Sınıflandırması ve Operasyon Bazlı Depo Yerleşimi Eniyilemesi*, projelerinde İmalat ve Kalite Bölümlerimizi de sürece dahil ederek projelerden aldığımız faydaların kapsamını öğrencilerinizle birlikte genişlettik.

Bu süreçte proje ekibindeki öğrencilerinizin çabalarına, işlerine gösterdikleri özen ve ciddiyete, iletişim becerilerine, okudukları fakültenin hakkını veren analitik yaklaşımlarına tüm NUROL MAKİNA ekibi olarak hayran kaldığımızı da özellikle belirtmek isteriz.

Üniversite öğretim üyelerimizin ilgi ve bilgileri ile kattıkları değer in ise, proje sonuçlarının NUROL MAKİNA bünyesinde kullanılabilir nitelikte olmasına oldukça özen gösteren öğrencilerinize büyük destek olduğunu düşünüyoruz.

Öğrencilerinizin Nurol Makina'ya sağlamış olduğu katkıların ötesinde, bizler ile ortak değerlere sahip olduğunu memnuniyetle görmüş bulunuyoruz. Nitekim, Nurol Makina kurum kültürünün en temel değeri Atatürk İlkeleri ve vatan sevgisidir. Çalışmalarımızın en üst seviye planlanmasında bizlere rehber olan bu değerlerin öğrencileriniz tarafından özümsemiş olduğunu görmek; Atatürk'ün ülkemiz için hedef gösterdiği muasır medeniyet seviyesine ulaşma ve hatta aşma yolunda bizlere ümit vermektedir.

Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği değerli öğretim üyelerine, çalışkan ve azimli öğrencilerine ve başından sonuna sürecin her aşamasında yer alan ve destek olan Üniversite Sanayi İş birliği Koordinatörlerine teşekkür eder, önümüzdeki yıllarda da bu başarılı çalışmalarını birlikte yürütmek isteğimizi tekrar belirtmek isteriz.

Tüzün Süsveren
Planlama ve Tedarik Müdürü

Hacim ve Stabilit e Etkenlerini Eniyileyen Palet Yükleme Sistemi Tasarımı

A101 Yeni Mağazacılık A.Ş.



Proje Ekibi

Batu Baş z, Ayşe Sinem Furtana, Deniz Koşan, Hasan Berk Sopacı, Deniz Uğuz, Alper Ulaş

Şirket Danışmanı

Orhan Birol

Bilgi Teknolojileri Proje Mühendisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Firdevs Ulus

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Palet yükleme eniyilemesi projesi A101 firmasının pilot olarak seçilen bir deposunda palet yükleme sırasında gerçekleşen problemlerin önüne geçmek, palet üzerindeki hacmi daha verimli kullanmak ve yükleme sırasında yanlış yüklemeden kaynaklanan koli ezilmelerinin önüne geçmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Problem tanımı netleştirildikten sonra problemin eniyilemesi için literatür araştırması yapılmış ve matematiksel bir model oluşturulmuştur. Matematiksel modelin sonuç verme hızının verimsiz olması sebebiyle sezgisel yöntemlere başvurulmuştur. Sezgisel bir model oluşturulmasının ardından bu modelin Şirket açısından da kullanışlı olması amacıyla Microsoft Excel programında kodlanmış ve Şirketin geçmiş palet yükleme verileri ile karşılaştırmalı bir palet uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yeni geliştirilen modelin palet yükleme sürecine sistemsel bir düzen getirdiği, palet diziminden kaynaklanan koli zedelenmelerinin önüne geçtiği ve hacim olarak geçmiş palet dizilimlerinden daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Palet yükleme problemi, palet yükleme eniyilemesi, matematiksel modelleme, sezgisel yöntemler

1. Şirket Tanıtımı

A101, 2008 yılında indirim mağazacılığı konseptiyle kurulmuş, müşterilerine tüketim ürünlerini rekabetçi fiyatlar ile sunan bir perakende şirkettir. İstanbul merkezli olup Türkiye’de 40 deposu ile 40 bölgede hizmet vermektedir. 7000’den fazla mağaza sayısı ile Türkiye’nin en çok mağazasına sahiptir ve Türkiye’nin 81 ilinde mağazası bulunan ilk ve tek perakende şirkettir. A101 indirim mağazacılık konseptiyle, tüm olası maliyetlerin en aza indirilmesini hedefleyen bir iş modeli kullanmaktadır. Ayrıca, mağazaların minimalist tasarımı ve daha az sayıda raf kullanımı gibi maliyet düşürücü stratejiler uygulanmaktadır. Mağaza tasarımlarının yanı sıra, şirket içi faaliyetler neredeyse tamamen otonom olarak gerçekleştirilmektedir. A101, 40000’den fazla çalışanıyla Türkiye’nin en büyük işverenlerinden biridir.

2. Analiz

2.1. Mevcut Sistem Analizi

A101 mağazalarındaki stoklarda en az sayıda ürün bulundurmaya hedeflemektedir. Mağazalardan gelen siparişler Solvoyo sistemi üzerinden depoya ulaşır. Gelen siparişler ürün gruplarına ayrıştırıldıktan sonra el terminalleri (RF) yardımıyla selektörlere iletilir. Bu adımda selektörler el terminallerinden kendisine atanan mağazanın sipariş bilgilerini ve depodaki yerlerini görebilmektedir. Selektörler tamamen manuel olan ve herhangi bir kurala dayanmayan palet yükleme işlemlerini gerçekleştirir. Her bir selektör paletin maksimum kapasiteye ulaştığına karar verene kadar doldurma işlemini gerçekleştirir. El terminallerindeki liste tamamlanıp, verilen ürün grubundaki sipariş toplandıktan sonra son aşama olarak kolilerin düşmesini ve dağılmasını engellemek amacıyla paletler şeffaf plastikle kaplanır. Yükleneceği tamamlanan paletler sevk bölgesine iletilir. Son olarak, hazırlanan paletler mağazalara dağıtılmak üzere boyut ve kapasite sınırlamaları olan kamyonlara yerleştirilir. Sürecin akış şeması Ek 1’de incelenebilir.

Depoda boyutları 40x80 cm² ve 80x120 cm² olan iki palet tipi vardır. Paletlerin yüksekliği en fazla 180 cm olabileceği gibi çoğunlukla palet dizilimi yapan elemanların tecrübelerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, koli boyutları neredeyse her ürün için farklıdır. Genellikle, herhangi bir mağazanın siparişi en az iki paletle karşılık gelmektedir. Her mağaza haftanın beş günü sipariş verebilir. Ayrıca, alınan siparişlerdeki dondurulmuş ürünler farklı operasyonel süreçler gerektirdiği için diğer ürün gruplarından ayrılır. Ek olarak, hijyen ürünleri paletteki gıdalarla birlikte yerleştirilmemeli, veya aralarındaki etkileşimi en aza indirmek için bir ayırıcı kullanılmalıdır.

2.2. Semptomlar

Paletleme sürecinde yapılan gözlemler sonucu aşağıdaki semptomlar gözlenmiştir:

- Kural ve yönetmelik eksikliğinden dolayı paletler verimli bir şekilde kullanılamamakta ve koliler arasında büyük boşluklar kalmaktadır.
- Palet yükleme süreci belirli bir standarda dayandırılarak yapılmamaktadır. Bu sebeple, her bir paletin kalitesi paleti dizen elemanın deneyimlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.
- Kolilerin paletlere el ile yerleştirilmesi ve ağırlıklarının göz ardı edilmesi sebebiyle mağazalara hasarlı ürün gidebilmektedir.
- Mağazaların fiziki koşullarından ötürü bazı durumlarda paletlerin yükseklikleri için kısıtlama yapılması gerekebilir. Bu durumlar için yazılı kural ve yönetmelik bulunmadığından, sistemde gecikmelere yol açmaktadır.

2.3. Başlıca Kısıtlar ve Varsayımlar

Süreçte gözlemlenen kısıtlar aşağıdaki gibidir:

- *Paletlerin kapasitesi*: Kullanılan palet tipleri ve bu paletlerin boy ve ağırlık bakımından değişen kapasiteleri modeli etkileyen bir kısıttır.
- *Kolilerin yük taşıma mukavemeti*: Süreçteki kolilerden bazıları daha dayanıksızdır ve daha ağır bir kutu altında kolayca hasar görebilirler. Kolilerin defo oranını azaltmak için düşünülecek kısıtlardan biri de kolilerin mukavemetidir.
- *Paletin stabilitesi*: Paletin dikey ve yatay olarak dengesinin sağlanması model için göz önünde bulundurulması gereken bir kısıttır.
- *Operasyonel kısıtlar*: Ev ve kişisel bakım ürünleri ile gıda ürünleri yan yana gelmeyecek şekilde palet dizilimi yapılmalıdır.
- *Koli hacimlerinin çakışmaması*: Önerilecek karar destek sisteminin algoritması, kolileri paletlere dizerken hacimsel olarak çakıştırmaması gerekmektedir.

Süreçte göz önüne alınan kritik varsayım aşağıdaki gibidir:

- Siparişler Soloya sistemi üzerinden depoya ulaşmaktadır ve değiştirilemezler.

Dondurulmuş gıdalar ve soğuk zincir ürünleri gibi ürünler farklı operasyonel süreçlere ve kuralla sahip oldukları için bu projede dikkate alınmayacaklardır.

3. Proje Kapsamı

3.1 Problem Tanımı

A101'in palet yükleme sürecindeki sorun, siparişler alındıktan sonra, paletlerin oluşturulmasında ürün çeşidine ve boyutuna dikkat edilmeden, boşluklu ve değişken yüksekliklerde, kişisel tecrübeye fazlasıyla bağlı yapılan yerleştirmelerin standart bir sistemi olmayışı ve süreci verimsizleştirmesidir. Bu durum paletlerin yerleşiminden kaynaklı bazı ürünlerin zarar görmesine ve palet hacminin verimli kullanılamamasına sebep olmaktadır.

3.2 Projenin Hedefleri ve Kapsamı

Bu projenin sonucunda palet yüklemelerini hacimsel olarak eniyileştiren, fire ürünlerini en aza indiren ve standart bir düzende palet yüklemesinin yapılmasını sağlayan bir karar destek sistemi ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda her bir palete yüklenen koli sayısı artırılıp süreç standartlaştırılarak A101'in lojistik masraflarının azaltılması amaçlanmaktadır. Siparişler için kullanılan palet sayısını azaltmak mümkün olmasa bile, verimli bir palet yükleme programı oluşturmak şirketin kamyonlarda kullanılan alanı eniyileştirmesine katkı sağlayacaktır. Paletlerin kullanımına ek olarak sistem ürünlerin teslimat sırasında zarar görmesini engelleyecektir. Genel olarak süreci sistematik bir yaklaşımla incelemek paletlerin yüklenmesini standart hale getirmeye yardımcı olacaktır.

4. Literatür Taraması

Literatürde Palet Yükleme Optimizasyonu Problemi'nin homojen veya heterojen ve tek palet veya birden fazla palet olarak sınıflandırıldığı gözlemlenmiştir. Mevcut problemin heterojen koli boyutları ve birden fazla palet adedi kapsadığı belirlenmiştir. Paquay et al. (2016) bu problemin çözümü için matematiksel bir model sunmuştur. Bu model palet hacmini eniyilerken; kolilerin ağırlıklarını ve kolilerin köşelerinin temas ettiği yüzeyleri göz önünde bulundurarak denge sağlamaktadır.

Matematiksel modele ek olarak Bischoff (1995) tarafından ortaya konulan sezgisel yöntem problemin çözümü için uygun bulunmuştur. Bu sezgisel yöntem, yükleme yapılması mümkün olan yüzey alanlarını katman olarak belirlemektedir. Henüz yüklenmemiş kolilerden bu katmanı en yüksek oranda kaplayan koli söz konusu katman üzerine yerleştirilmektedir. Her koli altında bulunan katman ile bütün olarak temas ettiğinden dolayı denge sağlanmaktadır.

5. Çözüm Yöntemleri

Paletlerin hacimsel olarak verimliliğini artırmak ve bir eniyi çözüm bulmak için farklı palet yükleme matematiksel modelleri araştırılmıştır. Farklı koli boyutları ve stabilite içeren proje için en uygun model seçilmiştir. Öncelikle Paquay et al. (2016) tarafından geliştirilen matematiksel model ek stabilite kısıtları eklemek yolu ile modifiye edilmiştir. Matematiksel model "Xpress IVE" programı aracılığıyla en fazla 10 farklı koli çeşidi ile çalışmaktadır. Bu değer, şirketin palet başına düşen ortalama koli çeşidi sayısının altında kalmaktadır. Ayrıca, 11 farklı koli çeşidiyle çalıştırıldığında modelin sonuç verme süresi 20 dakikayı aşmaktadır. Modelin verdiği çözümün proje gereksinimleri ve kısıtlarla uygun olduğunu kontrol etmek için üç boyutlu düzlemde yer alan kutuların görüntülerini görselleştiren bir MATLAB kodu yazılmıştır. Önerilecek karar destek sisteminin hızlı bir şekilde çalışması

gerektiği için modelin çalışma süresi çok fazla bulunup farklı model araştırmalarına geçilmiştir.

Literatür araştırması yapılırken, palet içerisinde çeşitli büyüklükte koliler bulunduran sezgisel modellere odaklanılmıştır. Bu kapsamda, Bischoff (1995) tarafından önerilen sezgisel yöntem geliştirilerek problem çözümü için kullanılmıştır. Bischoff'un önerdiği sezgisel yöntem, en büyük ve en düşük yüzey alanını seçerek fakat ağırlık kısıtını göz önünde bulundurmadan yinelemeli olarak kolileri paletlere yerleştirmektedir. Bischoff'un model incelendikten sonra, kolilerin ağırlıklarını gözeterek aynı tip kolilerden blok yapılar oluşturup paletlere dizmeyi hedefleyen yeni bir sezgisel yaklaşıma odaklanılmıştır. Bu kapsamda, problemin çözümü için oluşturulan karar destek sistemi, kolileri ağırlıklarına göre sınıflandırmakta ve önceliklendirmektedir. Bu öncelik sırasına göre koliler uygun katmanları en yüksek oranda kaplayacak şekilde yerleştirmektedir. Geliştirilen sezgisel yaklaşımın algoritması Ek 2'de incelenebilir.

Belirtilen sezgisel algoritma Microsoft Excel üzerinde programlanmış ve denenmiştir. Bu denemelere göre algoritma ortalama 50 farklı koli çeşidi için ortalama bir dakikadan kısa sürede çözüme ulaşmaktadır. Günlük sipariş miktarları düşünüldüğünde bu süre gün başında tüm siparişlerin sistemden geçirilmesi için yeterli bir süre olarak düşünülmüştür.

Matematiksel model ile problem çözümü için oluşturulan sezgisel model küçük ölçekli bir çalışmada karşılaştırılmıştır. Matematiksel model 10'dan fazla kutuyla verimli çalışmadığından, örnek veri seti olarak belirlenen ve sekiz farklı koli çeşidi içeren test problemleri her iki yöntemle çözülmüştür. Bu koli boyutları ve ağırlıkları için 50 farklı rastgele veri üretilmiştir. Bu veriler, daha küçük boyutlu örnek bir palet üzerinde matematiksel ve sezgisel model üzerinde ayrı ayrı kullanılmıştır. Verilerin daha küçük örnek bir palet üzerinde denenmesinin amacı ise çok katmanlı dizilen paletler elde edilip modellerin kıyaslamasının daha net bir şekilde yapılabilmesidir. Yapılan elli farklı denemenin sonucunda sezgisel modelin matematiksel modele göre bir palete yerleştirilen hacim bakımından %22.45 oranında kötü olduğu saptanmıştır. Her bir denemede matematiksel modelin sekiz koliyi de aynı koliye dizdiği fakat sezgisel model için bu rakamın beş ile sekiz koli arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Matematiksel model ile sezgisel modelin aynı sayıda koliyi bir palete yerleştirdiği durumlar da kaydedilmiştir, fakat sadece bir deneme dışında yerleştirilen kolilerin düzeni ve yönünün farklı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen çözümler MATLAB kullanılarak üç boyutlu olarak çizdirilmiştir.

6. Geliştirilen Sistemin Başarısı

Firmanın bu proje için esas beklentisi palet yükleme süreçlerinin standart bir düzene oturtulmasıdır. Standart düzeni sağlarken; paletleri

hacimsel olarak en iyi şekilde kullanmak ve paletleri dizmekle görevli elemanların kolileri paletlere rastgele yerleştirmesinden kaynaklanan ürün firelerini en aza indirmek amaçlanmıştır. Geliştirdiğimiz sistem ile bir mağazanın siparişi sisteme girildiğinde, siparişler paletlere bir standarda dayanarak dağıtılıp, başka bir deyişle paletler her zaman potansiyel yükleme yüzeyleri kontrol edilerek doldurulup son haline getirilmiştir. Problemi çözerken kullandığımız sezgisel modelde koliler ağırlıklarına göre dizildikleri için, palet dizimine bağlı olarak ürünlerin zarar görme durumunun önüne geçilmiştir.

Yapılan denemelerde sezgisel model ile oluşturulmuş sistemin, şu anda aktif olarak kullanılan sistemden daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Üç günün siparişini içeren 229 sipariş bulunan bir deneme grubunda, şu an kullanılan sistemde 517 palet dizilirken sezgisel modelimiz 485 palette bu siparişlerin hepsini dizmiştir. Bu kapsamda palet sayısında %6,2'lik bir iyileştirme söz konusudur. Bu iyileştirme ile birlikte paletlerin, ürünlerin zarar görme durumunun önüne geçilip, hacimsel olarak daha iyi kullanılması sağlanmış ve firmanın gelecekteki lojistik masraflarının bu çözüm yöntemi ile azalacağı görülmüştür. Şirket beklentileri kapsamında sunulan çözüm, palet hacimlerinin etkili kullanımının artırılması, zarar gören ürünlerin azaltılması ve paletlerin standart bir düzende dizilmesi konularında iyileştirilmiş sonuçlara ulaşmıştır. Bu ölçütlere ek olarak palet diziminde daha hızlı yerleştirme yapılabilmesi adına sağlanan veriler değerlendirilecek ve depo içerisinde ürünler arasında yer değişiklikleri önerilecektir.

Problem çözümünün gerçek hayata geçirilmesi sürecinde palet dizmekle görevli elemanların palet doldururken siparişleri okudukları el terminalleri kullanılan ana materyal olacaktır. Vardiya başlangıcında hazırladığımız karar destek sistemine tüm siparişler girilecek ve modelin verdiği sonuca göre paletlere ayrılacaktır. Ürünler el terminallerine modelin önerdiği dizilim sırasına göre aktarılacaktır. Paletleri dizen elemanlar kolileri yerleştirirken bu sırayı takip edeceklerdir. Bu şekilde günlük hayatta palet hacminin en iyi şekilde kullanılması sağlanacak ve ürünlerin zarar görmesi engellenecektir. Tecrübeli tecrübesiz fark etmeksizin tüm selektörler modelimizin verdiği sonuca göre palet yüklemesi yapacakları için tüm paletler hacim olarak en etkili seviyede kullanılacak ve stabilite eksikliğinden kaynaklı fire sayısı standart uygulanmayan sürece göre azalmış şekilde mağazalara ulaşacaktır.

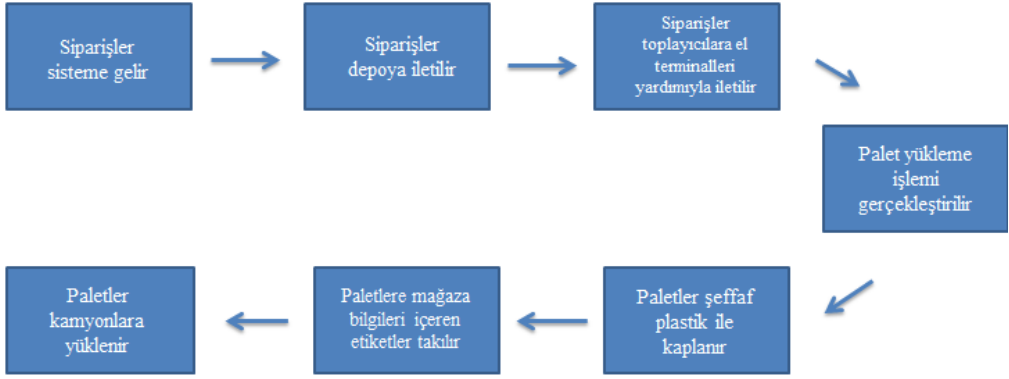
KAYNAKÇA

Bischoff, E. E., Janetz, F., & Ratcliff, M. S. W. (1995). Loading pallets with non-identical items. *European journal of operational research*, 84(3), 681-692.

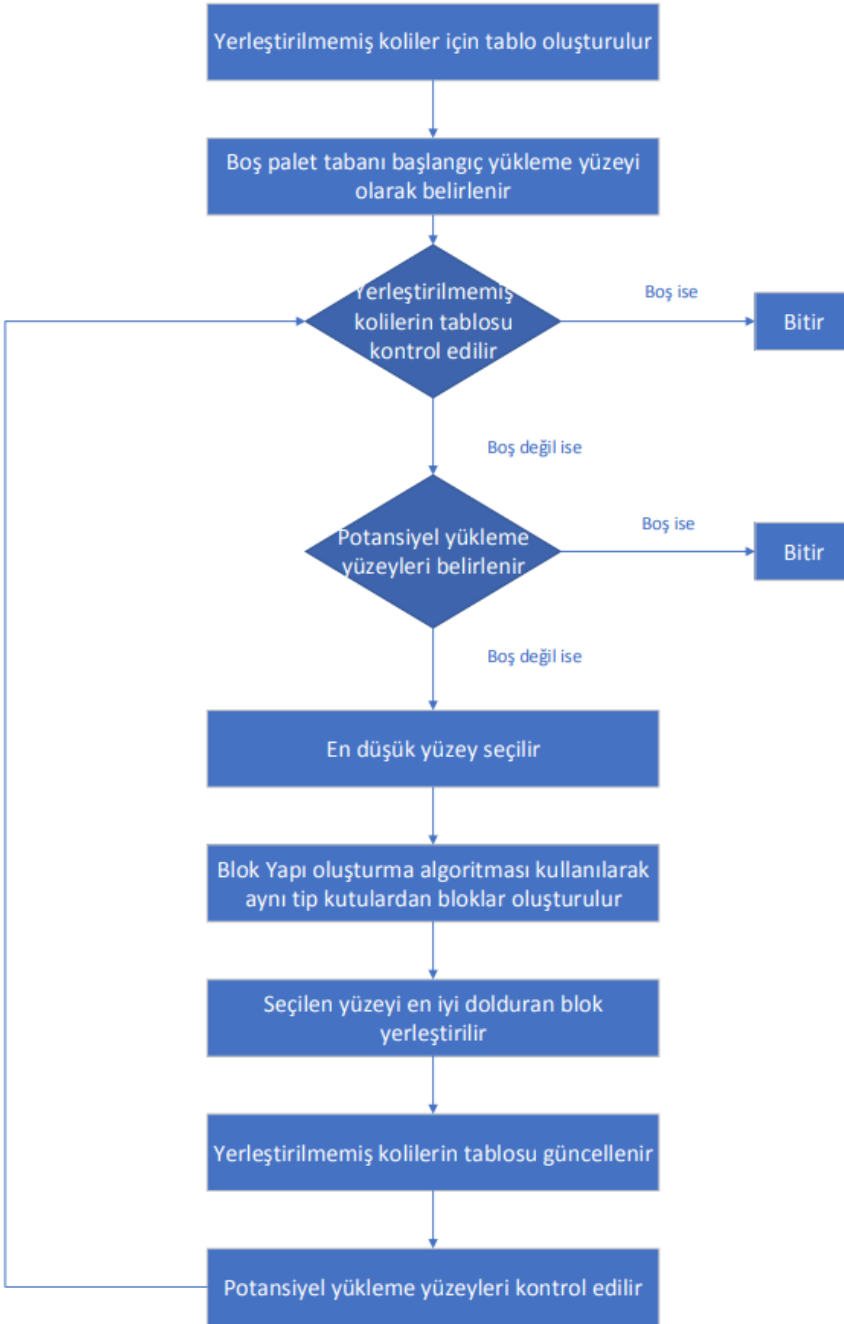
Paquay, C., Schyns, M., & Limbourg, S. (2016). A mixed integer programming formulation for the three-dimensional bin packing problem deriving from an air cargo application. *International Transactions in Operational Research*, 23(1-2), 187-213.

EKLER

Ek 1: Palet Yükleme Sürecinin Akış Şeması



Ek 2: Sezgisel Yaklaşım Algoritması



Yeni Ürün Karar Sürecine Yönelik Talep Tahmini Sistemi Tasarımı

Abdi İbrahim İlaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.



Proje Ekibi

Gökçe Alkan, Ahmet Furkan Çelebi, Yesukan Subutay Kozok, Yiğit Alp Şahin, Gökçe Üstündağ, Ege Yiğit

Şirket Danışmanı

Elif Ülkü

Strateji ve İş Geliştirme Danışmanı

Akademik Danışman

Doç. Dr. Alper Şen

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu rapor Abdi İbrahim İlaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. için yapılan ürün giriş karar süreci için talep tahmini karar destek sistemini açıklamaktadır. Öncelikle, şirket hakkında kısa bilgi verilmiş, mevcut sistem açıklaması ve bir problem tanımı yapılmıştır. Sonrasında ilgili literatür taraması aktarılmıştır. Ardından doğru satış ve pazar payı tahminleri yapmak için geliştirilen istatistiksel modeller açıklanmıştır. Bir arayüz ile bu modeller entegre edilerek şirketin kullanımına sunulmuştur. Son olarak şirketle yapılan doğrulama çalışmalarının ardından sistemin etkinliği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler satış tahmini, karar destek sistemi, veri analizi, çoklu regresyon modeli.

1. Şirket Tanıtımı

Türk ilaç sektöründe 2003 yılından bu yana liderliğini koruyan Abdi İbrahim; antianemik, antibakteriyel/antiviral, dermatoloji, endokrin ve metabolizma, gastrointestinal, kardiyovasküler, NSAI ve miyorelaksanlar, oftalmoloji, sinir sistemi, ürogenital sistem ve bunlara ilave olarak takviye edici gıda ürünleri, vitamin ve mineraller olmak üzere toplam 13 tedavi alanında hizmet sunmaktadır. 2020 vizyonu doğrultusunda dünyanın en büyük 100 ilaç şirketi arasında yer alma yolunda emin adımlarla ilerlemekte, Ar-ge ve üretim tesisi yatırımlarıyla kapasitesini ve portföyünü bu doğrultuda genişletmektedir.

2. Proje Tanımı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1 Proje Tanımı ve Kapsamı

Şirketin standartlaşmış bir yeni ürün talep tahmin metodolojisi yoktur; her pazarlama grubu kendi tahmin yöntemine sahiptir ve bu yöntemler temel olarak önceki deneyimlere ve sezgisel yaklaşımlara bağlıdır. Yeni kurulan sistemin temel amacı tahmin yöntemlerinin hizalanması ve tüm pazarlama gruplarının önceki deneyim, sezgi ve varsayımları ile finalize olacak satış tahminlerine baz oluşturmaktır. Şirketin tümünde kullanılan standart bir sistemin yokluğu, hızlı değişen piyasa koşulları ve tahminlerin uzun vadeli olması nedeniyle piyasaya sürülecek yeni ürünlerin satış miktarını tahmin etmek ve pazarlama stratejisi geliştirmek son derece zor ve risklidir. Bu projenin temel amacı, ilaçların satış hacmi ve pazar paylarını tahmin eden şirketin tamamında kullanılacak bir talep tahmin sistemi geliştirmektir.

Şirketin dikkate alınmasını istediği faktörler aşağıdaki gibidir:

- Pazardan nicel ve nitel veriler
- Pazarın büyüme oranı

İlaç sektöründe bir ürünün karar aşamasından piyasaya girmesine kadar geçen süre üç yılı bulabilmektedir. Bu sebeple bu sektör için uzun vadeli tahmin yapabilmek zorunludur. Geliştirilen modelin amacı, 3-4 yıl sonra piyasaya sürülecek bir ürünün 5 yıllık tahminlerini oluşturmak olarak hedeflenmiştir.

Bu proje yeni geliştirilen tahmin metodolojisini daha etkili bir hale getirmek için Yeni Ürün Komitesi'nin hazırlık sürecine yardımcı olacak pratik bir araç işlevi görecektir. Yüksek Ürün Komitesi yeni çıkarılacak ürünlerin kararının kesin olarak verildiği sürecin en önemli ayaklarından biridir. Proje kapsamında ilaçlar anatomik terapötik kimyasal (ATC) sınıflandırma seviyelerinde incelenmiştir. Şirketle yapılan görüşmeler sonucunda pazar tanımlaması ATC3 sınıflandırma seviyesinde yapılmıştır.

2.2 Mevcut Sistem Tanımı

Üretim sürecinin ilk adımı, şirket için ciro potansiyeli ve karlılığı olabilecek ürünler için yeni fikirler ortaya koymaktır. Bu amaçla, İş Geliştirme Departmanı, dünya ilaç endüstrisini yakından takip eder. Bu amaçla ürünlerin

potansiyelini analiz eder, şirketin faaliyet gösterdiği mevcut pazarları analiz ederek şirketin pazara sunabileceği olası ürünler için bir taslak liste oluşturur. Potansiyel ürünlerin taslak listesi oluşturulurken, moleküllerin patent süreleri dikkate alınır. Bir molekülün patent süresi dolmuşsa, bu molekül jenerik olarak geliştirilebilir ve diğer şirketler tarafından pazara sunulabilir.

Ürünlerin analiz edilmesinden sonra, İş Geliştirme departmanı taslak listeyi değerlendiren ve pazarlanacak ürünlere karar veren Yeni Ürün Komitesi ile bir toplantı yapar. Kısa, orta ve uzun vadeli karar verme sürecini geliştirme ve diğer şirketlerle lisans anlaşma süreçleri takip eder. Bu süreçte şirketin iki seçeneği vardır; ürünü Ar-ge departmanında şirketin kendi teknolojik kaynaklarını kullanarak (jenerik ürün) ya da ürünün formülünü başka bir şirketten dosya halinde satın alıp buna göre üreten bir lisansör bularak üretmektir. Lisans anlaşması yapılırsa, başka bir şirketin geliştirdiği jeneriğin ilgili ülke (Türkiye) hakları üzerinde anlaşılır, ithal ya da imal olarak şirket portföyüne katılır.

Lisansör bulma sürecinde, şirketin planlanan satış miktarı hakkında bilgi vermesi gerekmektedir. Başka bir şirketle anlaşarak satın alma süreci bazen altı aya kadar devam ederken, jenerik bir ilacın Ar-Ge tarafından geliştirilmesi genellikle yirmi aya kadar uzanmaktadır.

Bu noktadan sonra lisans süreci başlatılabilir. Şirket lisanslandırma için Sağlık Bakanlığı'na başvurur ve ilaçlar yüksek öncelikli, orta öncelikli ve önceliksiz olmak üzere bu kurum tarafından sınıflandırılır ve Avrupa Tıp Ajansı'nın yönergesine göre değerlendirilir. Tüm şirketler, her bir özel molekül için Türk İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu web sayfasında lisans başvurusu yapılan ürün sayısını görme hakkına sahiptir. Tüm yerli ve yabancı şirketler, Türkiye pazarına girmek için lisans başvurusunda bulunmak zorundadır.

Lisans başvurusunun sonuçlanması on altı aya kadar uzayabilir. Bir ürünün pazara girmesine kadar olan tüm süreç ise otuz dokuz aya kadar sürebilir. Ürünlerin fiyatları devletin idari düzenlemelerine göre belirlenir.

3. Hedeflenen Proje Çıktıları

3.1 Projenin Kritik Hedefleri

- Satış hacmi ve pazar payı için tahminler sağlayacak yeni ürün karar sürecine yönelik bir sistem geliştirmek
- Yeni ürün geliştirme sürecinde karar vericilere yardımcı olacak niceliksel verileri sağlayarak performans ölçütleri geliştirmek ve buna bağlı olarak yeni ürün karar sürecini kısaltacak adımlar atılmasına yardımcı olmak
- Farklı ürün sınıfları için yapılan satış tahminlerinde ürün ve molekül bazında standart kat sayılar belirleyerek pazar davranışları hakkında kapsamlı bilgi veren bir sistem geliştirmek

3.2 Projenin Şirkete Sağlaması Beklenen Yararlar

- Tahmin sistemlerinin standardize edilerek farklı departmanlar arasında daha gelişmiş bir entegrasyon sağlamak
- İlgili faktörleri dikkate alan tahmin sisteminin kullanılarak şirkete doğru zamanda doğru pazar için doğru ürün seçmesine yardımcı olmak
- Şirketin pazarlama değişkenlerini ve giriş kararlarını tanımlamasına yardımcı olmak
- Yeni ürünlerin tahmini ve gerçekleşen gelir, pazar payı ve satış hacmi değerleri arasındaki farkı azaltmak

4. Kısıtlamalar ve Varsayımlar

- Türk ilaç endüstrisi fiyatlandırma açısından yoğun bir şekilde düzenlendiğinden, fiyat faktörünün talep üzerinde çok az veya hiç etkisi olmayacağı varsayılmıştır.
- Pazar payı analizinde ürünlerin marka imajı ve müşteri sadakati gibi faktörler göz ardı edilmiştir.
- İlaç pazarlarının kategorizasyonu verilen bilgilere göre açık bir şekilde tanımlanmadığından belirli bir ürün için pazar tanımları dikkate alınması gereken önemli bir faktör olacaktır. Bu pazar tanımları Abdi İbrahim İlaç'ın isteği doğrultusunda belirlenmiştir.
- Rakip ürün lansman tarihlerinin pazardaki ürün sayısını ve yapılacak satış tahminlerini önemli ölçüde etkileyeceği düşünüldüğünde bu bilgilerin kullanıcı tarafından sisteme girdi olarak girilmesi tasarlanmıştır.

5.Literatür Taraması

Yapılan literatür taramalarında ilaç pazarında pazar payı tahmini yapmak için farklı yaklaşımların geliştirilmiş olduğu gözlemlenmiştir. Tüm model geliştirme süreçlerin de ilk olarak geçmiş data yardımıyla pazar payını etkileyen faktörler analiz edilmiş ve sonrasında bu faktörler farklı yaklaşımlarla bir model halinde düzenlenmiştir.

İlaç endüstrisinde de uygulamaları bulunan Urban & Carter modeli yeni ürün geliştirme stratejilerini açıklayan yaklaşımlar geliştirmiştir. Bu model yeni bir pazara öncülük eden bir marka olmanın riskli ve pahalı olabileceğini dikkate alırken, pazarda ikinci bir girişimin kanıtlanmış bir talep nedeniyle daha az risk taşıyabileceği öngörmektedir. Model bir katılımcının pazar payının ilk katılımcıya ait bir bağımlı değişken olarak pazar payına oranını dikkate alır ve bağımsız değişken olarak giriş sırasını dikkate alır. Buna ek olarak, iki girişimci arasındaki zaman gecikmesini de dikkate almaktadır, çünkü gecikme aynı zamanda farklı katılımcılar için farklı pazar paylarına da yol açabilir. Ayrıca, reklam harcamalarının ve promosyon ürünlerin farklı bir pazar payının elde edilmesinde önemli olabileceği, bunun da istatistiksel model için bir değişken olarak dikkate alındığı belirtilmiştir.

Malerba ve Orsenigo (2002), inovasyon etkisi, pazarlama harcamaları ve ilaçların genel faydaları gibi belirli faktörlere göre ilaç endüstrisinin dinamiklerini hesaba katarak bir model geliştirmişlerdir. Bu model, geçmiş data kullanılarak belirli faktörlerin pazar payı üzerine olan etkisinin analizinin formüle dökülmesiyle oluşturulmuştur ve söz konusu belirli bir terapötik düzeyde her ürünün pazar paylarını vermektedir. Malerba ve Orsenigo geçmiş datayla çalışırken özellikle ilaç sektöründe dikkatli olunması gerektiğini belirtmiş inovasyon ve geliştirilen yeni teknolojilerin oturmuş ilaç trendleri üzerinde büyük değişikliklere sebep olabileceğini vurgulamıştır.

Benzer şekilde Lycurina (2012), Yunan pazarında ilaçlara olan talebi multinomial logit modeliyle modellemeyi denemiştir. Talebi etkileyen faktörleri belirlemek için geçmiş veriden yola çıkarak analizler yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında ilaç sektöründe diğer tüm sektörlerden farklı olarak tüketicinin serbestçe seçim yapmıyor oluşundan doğan farklı eğilimler gözlemlenmiştir. İlaç satın alma süreci “hekimler ve hastalar arasında bilgi asimetrisinin varlığı ve ilaç etkinliği konusundaki belirsizlik ile karakterizedir.” Bu modelde, tüketicinin ürüne olan bağlılığı, jenerik veya orijinal oluşu, ürünün fiyatı ve bir paket içinde kapsül sayısı pazar payını etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir ve faktörlerin kat sayıları çoklu regresyon kullanılarak bulunmuştur. Bu doğrultuda geleceğe yönelik pazar payı tahminleri yapılmıştır.

6. Modeller

Kullandığımız modeller ile belirli bir ürünün pazar büyüklüğü tahminlerini ve pazar payı tahmin değerini kullanarak herhangi bir çeyrekte ürünün satış hacmini hesaplamak mümkündür. Projenin amacı yeni bir ürünün satış hacmini tahmin etmek olduğundan, sadece pazar payını tahmin eden bir modele sahip olmak yeterli değildir. Böylelikle, ürünün pazar payını çıktı olarak öngören model dışında, ürünün satış hacmini tahmin etmek için pazarın büyüklüğünü bulmak da gerekmektedir. Bu yaklaşımla geliştirilen modelimizin bazı alt başlıkları aşağıdaki gibidir:

6.1 Pazar Büyüklüğü Tahmin Modeli

Pazar tanımlanması ATC3 seviyesi baz alınarak yapıldığından ATC3 seviyesinde pazar büyüklüğünü tahmin eden bir model geliştirilmiştir. Farklı ATC3 seviyelerinde pazar büyüklüğü tahmini yapabilmek için her pazara uyacak bir metod kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla mevsimsel trendlerden bağımsız her türlü ürünün eğilimine uygun temel bir model geliştirilmiştir. Buna ek olarak modelin mevsimsellik etkisini de göz önünde bulundurmak için bir yılın 3 aylık periyotlar halinde ele alınması kararlaştırılmıştır. Bu yaklaşım bir yıldaki satışların dört çeyrek halinde ele alındığını göstermektedir.

Piyasa büyüklüğünün birçok ATC3 seviyesindeki ilaç için artan bir trend gösterdiği ve mevsimselliğin bazı ATC3 seviyeleri için bir faktör olduğu yapılan analizlerle gözlemlenmiştir. Bu nedenle, trend davranışına dayanan bir yapıya sahip ve farklı değişkenler için birleşme kolaylığı sağlayan çoklu değişkenli regresyon yönteminin kullanılması kararlaştırılmıştır. Regresyon modelinde, çeyrek (1'den 39'a kadar) zaman göstergesi olarak alınmış ve o çeyreğin hangi mevsimsel dönemde olduğunu gösteren çeyrek numarası (1'den 4'e) mevsimsellik etkisinin bir göstergesi olarak kullanılmıştır. Mevsimsellik etkisini belirleme noktasında yılın 4.çeyreği referans olarak alınarak diğer çeyreklerin 4.çeyreğe göreceli olarak kat sayıları belirlenmiştir.

$$\text{Çeyrek Pazar Büyüklüğü} = \alpha + \beta 1 * \text{Çeyrek Numarası} + \beta 2 * Q1 + \beta 3 * Q2 + \beta 4 * Q3$$

Eşitliğe göre α y eksenini kesim noktasını ifade ederken, çeyrek(zaman) faktörünün kat sayısı $\beta 1$ olarak tanımlanmıştır. Q1, Q2 ve Q3 ise mevsimselliği ifade eden ikili değişkenler(0,1) olarak $\beta 2$, $\beta 3$, $\beta 4$ kat sayıları ile ifade etmektedir. Belirtilen kat sayılara göre pazar büyüklüğü tahmini gerçekleştirilmektedir.

6.2 ATC3 İçinde Molekül Payı Tahmin Modeli

ATC3 sınıfında pazar büyüklüğü hesaplandıktan sonra şirketin belirlenen ATC3 sınıfının içinde molekül bazında da eğilimleri gözlemleyebilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede şirket yeni çıkaracağı ürünler için hangi molekül grubunu hedef alması gerektiği çıkarımını yapabilecektir.

Bu doğrultuda, her ATC3 sınıfı içindeki moleküllerin pazar paylarının hesaplanması gerekmektedir. ATC3 içinde farklı ürünleri içeren moleküller kırımlara ayrılarak her birinin ATC3 pazarı bazında pazar büyüklüğü hesaplanmakta ve ileriki çeyrek dönemler için her molekülün pazar payı tahmini yapılmaktadır. Bu süreçte her ATC3 pazarı kendi içinde değerlendirilmektedir. PivotTable yardımıyla her bir molekülün pazar payının hesaplanabilmesi için aynı molekül grubunda bulunan ilaçların satış rakamları çeyrek dönemlik bazda toplanarak veri yeniden düzenlenmiş ve ATC3 seviyesinde pazar payları hesaplanmıştır. Daha sonra moleküllerin çeyreklik bazda pazar payı değerleri kullanılarak her molekül için ayrı ayrı lineer regresyon modeli kurulmuştur. Bu model aracılığıyla zamanın (çeyreklik bazda) molekülün pazar payı üzerinde etkisini tahmin edecek kat sayılar hesaplanmaktadır.

$$\text{ATC3 İçinde Molekül Pazar Payı} = \alpha + \beta 1 * \text{Çeyrek Numarası}$$

Daha sonraki yıllar için pazar payı tahmini ise her molekül için oluşturulan bu kat sayının($\beta 1$) tahmini yapılmak istenen çeyreğin numarasıyla çarpılması ve kesişim noktası α ile toplanmasıyla bulunmaktadır.

6.3 Molekül İçindeki Ürünlerin Pazar Payı Tahmin Modeli

Molekülün ATC3 içindeki pazar payının hesaplanmasından sonra bir kademe daha aşağı inilerek molekül içindeki ürünlerin pazar payı tahminlerinin yapılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda bir ürünün molekül içindeki pazar payını etkileyen faktörler saptanmaya çalışılmıştır. Yapılan analizler ve testler sonucunda ürünün moleküle kaçınıcı sırada girdiği ve aynı molekülde kendinden önceki üründen ne kadar zaman sonra girdiği pazar payını etkileyen önemli faktörler olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler olarak nitelendirilebilecek bu değerlerin logaritmaları alınarak model log-lineer bir formata dönüştürülmüştür. Bağımlı değişken olarak sınıflandırılabilecek ürünün pazar payı ise kendi pazar payının bir molekül içinde pazara ilk giren ürünün pazar payına oranıyla belirlenmekte olan değişken vasıtasıyla tutulmuştur. Modeldeki değişkenlerin bu şekilde tutulmasının sebebi analizlere göre daha isabetli tahmin sonuçları vermesidir.

$$(Pazar Payı/İlk Giren Ürünün Pazar Payı) = \alpha + \beta_1 * \ln(lag) + \beta_2 * \ln(rank)$$

Yukarıdaki eşitlikte görüldüğü üzere ürün bazında pazar payı tahmini yapılırken çoklu regresyon modeli kullanılarak ürünün moleküle kaçınıcı sırada girdiği(rank) ve aynı molekülde kendinden önceki üründen ne kadar zaman sonra girdiği(lag) faktörlerinin kat sayıları β_1 ve β_2 olarak adlandırılarak “Pazar Payı/İlk Giren Ürünün Pazar Payı” oranı tahmin edilmektedir. Daha sonra bu oran kullanılarak her ürünün molekül içindeki pazar payı hesaplanmaktadır.

Fakat bu çoklu regresyon modelinin Excel içinde sonuç verebilmesi için en az dört adet veri noktasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple bir ürünün molekül içinde pazar payının hesaplanabilmesi için o molekülün içinde en az dört ürün bulunmalıdır. Kullanılan verilerde bir molekülün içinde dörtten az ürünün olduğu durumlarla oldukça sık karşılaşılmaktadır. Bu durum bahsedilen modelin kullanımını imkansız hale getirmektedir. Bu sebeple molekül içindeki ürün sayısının dörtten az olduğu durumlarda alternatif bir model kullanılmaktadır.

6.3.1 ATC1 Kaynaklı Ürün Pazar Payı Modeli

Bu model 6.3 kısmındaki modelin çalışmadığı durumlarda veri noktası sayısını artırarak ürün pazar payı tahmini yapmayı amaçlamaktadır. Buradan hareketle normal şartlarda 6.2 kısmında belirtilen ATC3 içinde molekül payının hesaplanması yerine daha genel bir seviye olan ATC1 seviyesinde moleküller sınıflandırılarak molekül içindeki ürün sayısının artırılması hedeflenmektedir. Bu sayede çoklu regresyon modeli daha düşük bir isabetle de olsa analizi gerçekleştirebilmektedir.

Her ATC1 seviyesi içinde regresyon analizi yapılarak log-lineer formatta yine ürünün moleküle kaçınıcı sırada girdiği(rank) ve aynı molekülde kendinden önceki üründen ne kadar zaman sonra girdiği(lag) faktörleri kullanılarak pazar payı oranı tahmin edilmektedir. Buradan da ürünün pazar payı hesaplanmaktadır.

7. Modellerin Birleştirilmesi ve Arayüz

7.1 Modellerin Birleştirilmesi

Yeni ürünler için yapılacak satış tahmin sisteminin çalışması ve ürünlerin gelecek yıllardaki satış rakamlarının tahmin edilebilmesi üç katman şeklinde nitelendirilebilecek modeller birleşiminden oluşmaktadır. En üst katmanda ATC3 seviyesinde pazar büyüklüğünü belirleyen model, orta katmanda ATC3 içinde moleküllerin ne kadar pazar payı elde edeceğini tahmin eden model ve en alt katmanda molekül içindeki her ürünün pazar payı tahminleri bulunmaktadır. Projenin beklenen çıktısı olan ürünlerin satış hacmine ulaşmak için bu modeller bir Excel üzerinden VBA aracılığıyla birleştirilmiştir.

*Ürün satış tahmini = Pazar Büyüklüğü * Molekül pazar payı * Ürün pazar payı*

Yukarıdaki eşitlikte belirtildiği üzere ürün satış hacmi rakamını elde etmek için 6.1'deki modelden ATC3 seviyesinde elde edilen pazar büyüklüğü daha sonra 6.2'deki modelden elde edilen ATC3 içinde molekül pazar payı ve 6.3'te belirtilen molekül içinde ürün pazar payı ile çarpılmaktadır.

7.2 Arayüz

Kullanıcı arayüzü geliştirilmesinde amaç modellerin çalışması için gereken girdileri kullanıcıdan alarak istenen satış tahminlerini kullanıcıya sunmaktır. Bu doğrultuda modelin çalışması için gerekli olan ürünün molekülde kendinden önceki üründen ne kadar zaman sonra girdiği gibi faktörler kullanıcı için hesaplaması zor olduğundan kullanıcı deneyimini daha iyi bir seviyeye taşımak için girdiler kullanıcının daha basit hesaplayacağı veriler üzerine kurulmuştur. Satış tahmini için kullanıcıdan istenen girdiler ürünün gireceği ATC3 pazarı, ürünün içerdiği molekül, ürünün lansman ayı/yılı ve moleküle kaçınıcı sırada gireceğidir. Daha sonra alınan bu girdiler sistemde işlenerek modele eklenebilecek yapıya getirilmiştir. Kullanıcı bu girdileri sisteme girip çalıştır butonuna bastıktan sonra ürünün pazar payı ve satış hacmi tahminleri gösterilmektedir.

8. Sonuç

Projenin genel amacı üç aşamalı olarak seçilen ATC3 pazarının içindeki seçilen moleküle ait olan ürünlerin ve yeni girecek ürünün toplam satış sayısını tahmin etmektir. Bu analiz için gereken 3 farklı modelin sonuçları ve bu sonuçların değerlendirilmesi için birden fazla performans ölçütü

bulunmaktadır. Bu performans ölçütlerinin en önemlisi tahmin sisteminin çıktı olarak verdiği satış tahminlerinin gerçek satış rakamları ile karşılaştırılması ve tahminlerin isabet oranını ölçmektir. Bu amaç doğrultusunda proje sonuçlarını doğrulamak için sahip olunan 39 çeyreklik zaman diliminin 35'i modelleri oluşturmak için kullanılırken son 4 çeyrekte gerçekleşen satış rakamları modelleri test etmek amacıyla kullanılmıştır.

İlk performans ölçütü olarak modellerin genel anlamda sonuçları açıklamada ne kadar başarılı olduklarını görebilmek için R square değerlerinin büyüklüğü önem arz etmektedir. Bu sayı değeri 1 ile 0 arasında değişmekte ve özet olarak analizde kullanılan modellerin verilerin içindeki varyansın yüzde kaçını açıkladığını göstermektedir. Gerçekleşen analizde 3 farklı matematiksel model kullanıldığı ve bu matematiksel modellerin oluşturulması kullanıcının istediği pazar, molekül ve ürün gruplarına göre değiştiği için farklı R square değerleri ile karşılaşılmaktadır. Genel olarak bakıldığında 6.1 ve 6.2 kısımlarında bahsedilen modellerin R square değerlerinin büyük çoğunluğu 0.80-0.90 değerleri arasındayken 6.3 kısmında bahsedilen modelin R square değerleri 0.05-0.40 arası değişkenlik göstermektedir.

Bu performans ölçütünün yanı sıra başka performans ölçütleri ile de modeller değerlendirilmiştir. Gerçekleşen ve tahmin edilen değerler arasındaki karşılaştırmadan elde edilen bu ölçütlerden ikincisi kareler toplamı hatasıdır. Bu ölçüt gerçekleşen ve tahmin edilen satış sayıları veya pazar paylarının farklarının karesini alıp bunları toplamak şeklinde özetlenebilir. Yine bu değer de yukarıda bahsedildiği gibi kullanıcının seçtiği veri grubuna göre değişeceği için değerler örnek bir veri grubu(pazar, molekül ve ürün) alınıp bu veri grubuna göre hesaplanmıştır. Ulaşılan sonuçlar %0.0005 ile %0.08 arasında farklılık göstermektedir. Bu sonuçlar değerlendirilirken kesin bir eşik değeri olmamasına rağmen düşük kareler toplamı hatası değeri modellerin sonucunda çıkan değerlerin gerçeğe yakın olduğunu göstermektedir.

Sonuç doğrulması için kullanılan son performans ölçütü ortalama yüzde hatasıdır. Yine kareler toplamı hatası ölçütündeki gibi pazar, molekül ve ürün gruplarından hesaplanan bu ölçütün değerleri de %9 ile %11 arasında değişmektedir. Bu değerlerin düşük olması bahsi geçen modelin gerçeğe daha yakın olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak yapılmakta olan analiz 300'den fazla ATC3 pazar grubunun içindeki 2500'den fazla moleküle ve yaklaşık olarak 6700 ürüne uygulanacağı için çok değişken performans ölçütü değerlerine ulaşılmaktadır. Ancak genel anlamda bakıldığında belirtilen performans ölçütleri ışığında sistemin kabul edilebilir seviyede tahminler yaptığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Abdi İbrahim Pharmaceuticals. (2017, November 10). Abdi İbrahim New Product Demand Forecast Project Presentation . Istanbul.
- Adams, C. P., & Brantner, V. V. (2006). Market Watch Estimating The Cost Of New Drug Development: Is It Really \$802 Million? *Health Tracking*. Association of Research Based Pharmaceutical Companies. (n.d.). *Turkey's Pharmaceutical Sector Vision 2023 Report Strategy Report*. pwc&AİFD.
- Bingham, M. F., Johnson, F. R., & Miller, D. (2001). *Value in Health Modeling Choice Behavior for New Pharmaceutical Products*. Durham, NC: Triangle Economic Research.
- Cha, M., Rifai, B., & Sarraf, P. (2013). Pharmaceutical forecasting:. *Nature Revews*, 12.
- Cooper, L. G., & Nakanishi, M. (1988). *Market Share Analysis*. United States of America: Kluwer Academic Publisher.
- Dunn, A. G., Braithwaite, J., O Day, R., Runciman, W., & Coiera, E. (2012). Nation-scale adoption of new medicines by. *BMC Health Care Services Research*, 248.
- Mark, T. L., & Swait, J. (2004). Using stated preference and revealed preference modeling. *Health Economics*.
- Pharmaceutical Manufacturers Association of Turkey. (2017). *Turkish Pharmaceutical Market 2016*.
- Malerba, F., & Orsenigo, L. (2017). Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: towards a history-friendly model. *Industrial and Corporate Change*, 11.
- Porath, D., & Schaefer, C. (2014). Applying the Bass model to pharmaceuticals in emerging markets. *International Journal of Market Research*.
- Republic of Turkey Prime Minister Investment Support&Promotion Agency. (2016). *Why Investment In Turkey Pharmaceutical Industry?* Ankara. *RxMediaPharma*. Retrieved from İnteraktif İlaç Bilgi Kaynağı: <http://www.eczanet.com/>
- Soyiri, I. N., & Reidpath, D. D. (2012). Market Share Rewards to Pioneering Brands: An Empirical Analysis and Strategic. *Environ Health Prev Med*.
- Scannell, J. W., Blanckley, A., Boldon, H., & Warrington, B. (2012 Macmillan Publishers). Diagnosing the decline in pharmaceutical R&D efficiency. *Nature Reviews-Drug Discovery*.
- Tang, Z., Taylor, M. J., Lisboa, P., & Dyas, M. (2005). Quantative Risk Modeling for New Pharmaceutical Compounds. *ReviewsDrug Discovery Today*.
- Tetteh, E. K., Morris, S., & Titcheneker-Hooker, N. (2017). Health Economics Review. *Discrete-choice modelling of patient*.

Urban, G. L., Carter, T., Gaskin, S., & Mucha, Z. (1986). *Market Share Rewards to Pioneering Brands: An Empirical Analysis and Strategic*. 2017: INFORMS.

EKLER

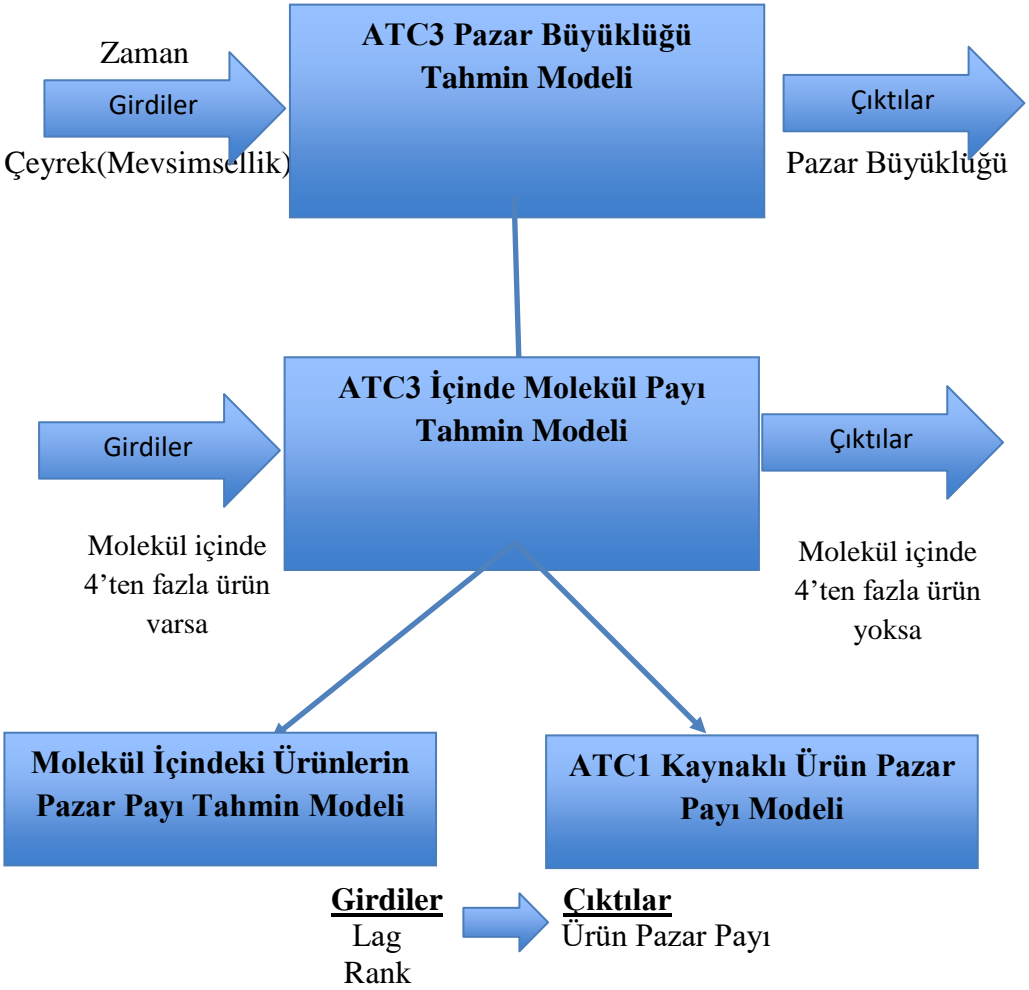
Ek 1 - Arayüz

forecastUserFrom

ATC3 Seçiniz	<input type="text"/>
Molekül Seçiniz	<input type="text"/>
Yeni Ürün Lansman Yılı Giriniz.	<input type="text"/>
Yeni Ürün Lansman Ayını Giriniz.	<input type="text"/>
Moleküle Kaçını Gireceğinizi Belirtiniz.	<input type="text"/>

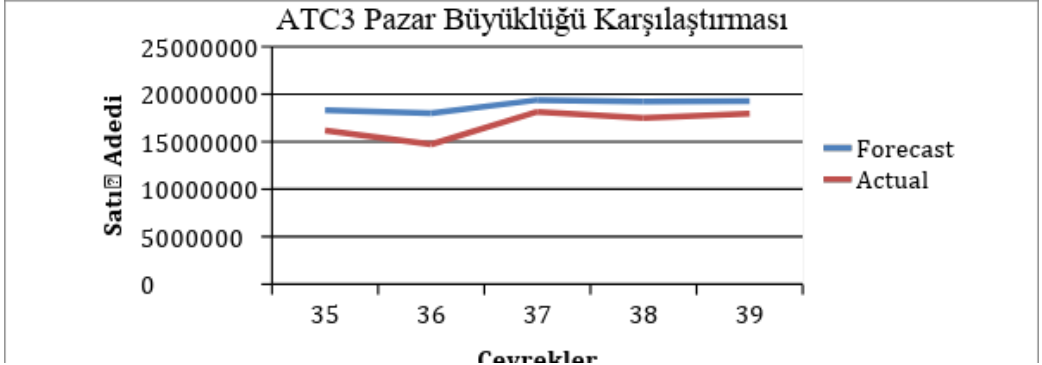
ÇALIŞTIR

Ek 2 – Modeller Arası İlişkiler Şeması

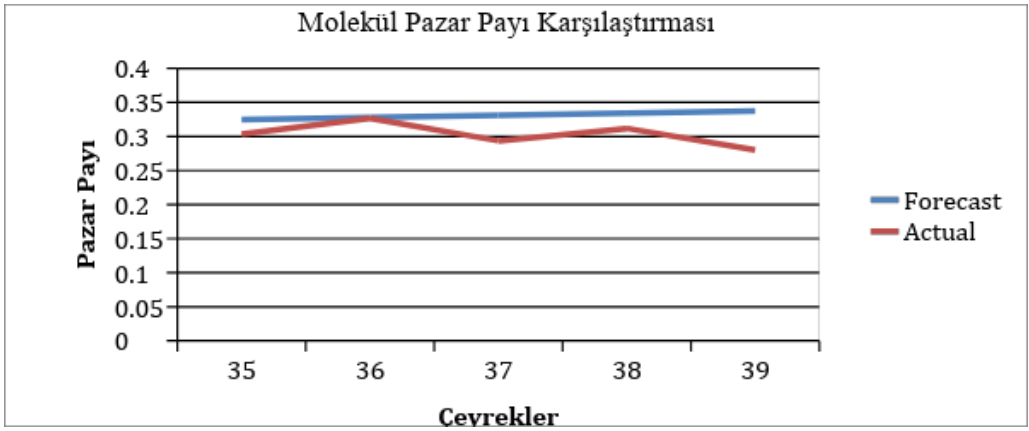


*Ürün satış tahmini = Pazar Büyüklüğü * Molekül pazar payı * Ürün pazar payı*

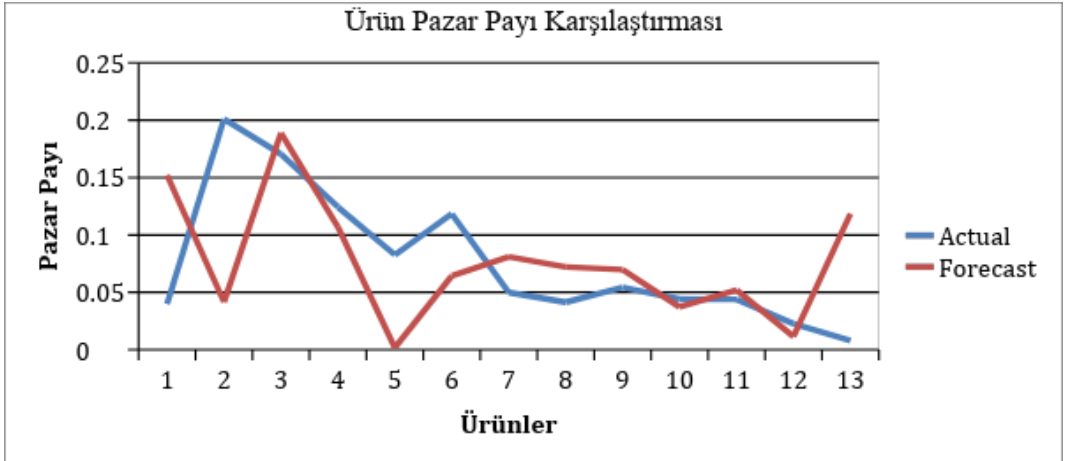
Ek 3- Doğrulama



Kareler toplamı hatası: 2,1559E+13 Ortalama yüzde hatası: 0,1191229



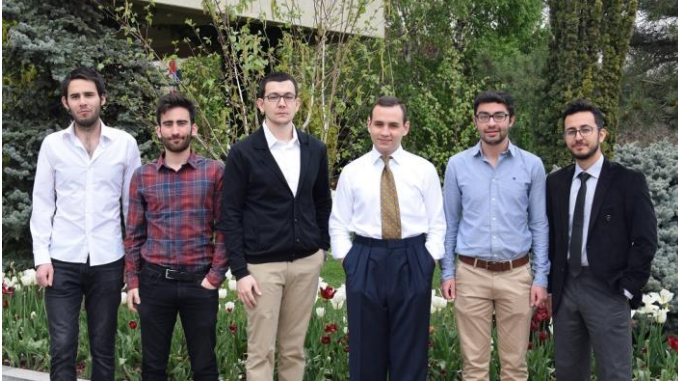
Kareler toplamı hatası: 0,0056604 Ortalama yüzde hatası: 0,0959131



Kareler toplamı hatası:0,06272 Ortalama yüzde hatası: 1,678522

Lojistik Süreçlerindeki Dış Kaynak Kullanımının Azaltılması

Altunbilekler



Proje Ekibi

Arda Akı, Ayhan Bursalıoğlu, Erman Gülmez, Okay Okur, Akarsu Oltulu,
İnanç Özçay

Şirket Danışmanı

Mehmet Ali Oğuz

Satış ve Operasyon Direktörü

Akademik Danışman

Arş. Gör. Meltem Peker

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Altunbilekler, kataloglarında bulunan ürünlerin yaklaşık %15'inin dağıtımını kendi bünyesindeki araçlarla ana deposundan yapmakta, geri kalan %85'lik kısmın dağıtımını ise tedarikçiler tarafından sağlanmaktadır. Altunbilekler, tedarikçiler tarafından dağıtımını yapılan ürünlerin uygun olanlarını ana depoya aktararak dağıtımını kendileri yapmak istemektedir. Projemizde sırasıyla, depoya aktarılmaya uygun olan ürünler belirlenmiş, bu aktarım sonrasında depodan mağazalara yapılacak ürün sevkiyatlarını eniyileştirecek rota planları 4 farklı senaryoya göre oluşturulmuş ve bu senaryoları gerçekleştirebilmek için Altunbilekler'in satın alması gereken kamyon sayısı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama Problemi, Karışık Tam Sayılı Programlama, Dış Kaynaklı Lojistik, Sezgisel Yöntem

1. Şirket Tanıtımı

Altunbilekler, bir aile şirketi olarak 1984 yılında Ankara’da kurulmuş olup, perakendecilik sektöründe faaliyet göstermektedir. Tüketicilere nitelikli, daha uygun fiyata ve güvenle tüketilebilecek ürünler sunma prensibiyle çalışan Altunbilekler’in bugün Ankara genelinde “Altunbilekler” adı altında 78 ve “AnkaGross” adı altında 3 adet olmak üzere toplam 81 şubesi bulunmaktadır. 2500’ü aşan çalışan sayısı ile on binlerce müşteriye hizmet vermektedir.

2. Proje Kapsamı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1. Proje Kapsamı

Projemiz, Altunbilekler mağazalarına doğrudan tedarikçiler tarafından sağlanan ürün sayısını, diğer adıyla dış kaynaklı lojistik aktivitelerini azaltmayı hedeflemektedir. Böylece, karar mekanizması tek elde toplanmış, yanlış siparişlendirmenin önüne geçilmiş, mağaza önü araç trafiğini azaltılmış ve ürün teslimatı sürecinde kaynaklanan zaman kaybı azaltılmış olacaktır. Et ürünleri, şarküteri, meyve, sebze ve unlu mamuller, Altunbilekler’in isteği doğrultusunda proje kapsamı dışında tutulmuştur. Altunbilekler’in Kazan’da bulunan kuru gıda tedariki için kullandığı ana deposu projenin uygulama alanı olarak seçilmiştir. Firmadan sağlanan veriler kullanılarak, dağıtım için gereken araç sayısı, araçların izlenmesi gereken rotalar ve taşıyacakları ürün çeşidi sayısı ve miktarlarını belirleyen bir karar destek mekanizması oluşturulmuştur.

2.2. Mevcut Sistem Tanımı

Altunbilekler, Ankara genelinde toplamda 81 mağazasına yaptığı kuru gıda tedariki için Ankara’nın Kazan ilçesindeki ana deposunu kullanmaktadır. Altunbilekler’in kataloğunda bulunan ürünlerin yaklaşık %15’i bu depodan mağazalara gönderilirken, kalan %85’lik kısımdaki ürünler, tedarikçi firmalar tarafından doğrudan mağazalara sevk edilmektedir. Mevcut sistemde ana depodan yapılan ürün dağıtımı için 13 kamyon kullanılmaktadır. Ana depodan mağazalara yapılan gönderimler için bir rota planı kullanılmaktadır. Bu rota planına göre mağazalar haftanın tek ve çift günleri olmak üzere iki ana gruba bölünmüştür ve daha sonra yakınlıklarına göre gruplandırılmıştır. Ana depodan mağazaların günlük talebine göre ürün sevkiyatı yapılmaktadır. Fakat, tedarikçiler tarafından yapılan sevkiyatlar mağazalara rastgele günlerde ve rastgele saatlerde gelmektedir. Mağazaya gelen bir tedarikçi, mağaza müdürü ile yaptığı görüşme sonucu belirlenen miktarda ürünü mağazaya teslim edip fatura kesmektedir.

2.3. Mevcut Sistem Analizi ve Belirtiler

Altunbilekler’in mevcut düzeni incelendiğinde, dış kaynaklı lojistik aktivitelerinin birçok probleme neden olduğu saptanmıştır. İlk olarak, tedarikçiler tarafından mağazalara yapılan ürün teslimatı esnasında gerçek verilerle çalışan bir sistem yerine mağaza müdürünün inisiyatifine kalmış bir şekilde ürün alımı yapıldığından, mağazanın gerçek talebinden fazla ya da az

ürün alımı yapıldığı görülmüştür. İkinci olarak, yine mağaza müdürünün inisiyatifine göre ürün alımı yapıldığı için, ürün kabulü esnasında uygulanan kalite kontrol mekanizmasında belirsizlikler görülmüştür. Deforme olmuş ürünler bazı mağazalarda kabul edilmezken, aynı ürünler farklı mağazalarda kabul edilebilmektedir. Bu durum Altunbilekler genelinde bir kalite standardizasyonu eksikliğine yol açmaktadır. Üçüncü olarak, tedarikçi kamyonları mağazalara rastgele zamanlarda gelmektedir. Farklı tedarikçilerin kamyonları bir mağazaya aynı anda geldiğinde, mağaza önünde kamyon trafiğinin oluştuğu, bu nedenle ürün alımı esnasında gecikmelerin yaşandığı saptanmıştır. Ayrıca, tedarikçi kamyonlarının mağaza önünde trafik oluşturduğu durumlarda, mağazalarda ürün alımı ile sorumlu olan personelin yetersiz kaldığı da görülmüştür. Bu durumun da ürün alımında gecikmelere neden olduğu saptanmıştır.

3. Sistem Tasarımı

3.1 Depoya Aktarılabilen Ürünlerin Belirlenmesi

Bu aşamada, projede kullanılmak üzere Altunbilekler'den 2017 yılındaki mağazalara tedarikçiler tarafından dağıtılan ürünlerin listesi ve mağazalara göre satış verileri alınmıştır. Kazan ilçesindeki ana depoya yapılan ziyaretlerle hangi ürünlerin depoya çekilmeye uygun olup hangilerinin uygun olmadığını dair bilgiler toplanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak 5 adet ölçüt belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla: Kırılma, bozulma, küflenme, erime ve son kullanım tarihi süresidir. Bu kriterlere göre ürünler değerlendirilmiş olup, tedarikçiler tarafından dağıtılan -Altunbilekler kataloğunun da %85'ini oluşturan- tüm ürünlerin %78'in depoya aktarılmaya uygun olup %22'sinin depoya aktarılmaya uygun olmadığı belirlenmiştir.

3.2 Ürünlerin Bir Palette Kapladıkları Hacimlere Göre Sınıflandırılması

Altunbilekler'den alınan satış verisinde her bir mağazanın, yıl boyunca her bir üründen ne kadar sattığı bilgisi ve her bir ürüne ait koli içi adet bilgisi bulunmaktadır. Bu bilgilerin projenin Araç Rotalama Problemi modelinde kullanılmak üzere düzenlenmesi gerekmektedir. Model, bu satış verilerini talep bilgisi olarak alacaktır; fakat Altunbilekler'in elinde her bir ürün için farklı olan kolilerin hacimleri bulunmamaktadır. Bu sebepten ötürü, Altunbilekler'in benzer ürünleri grupladığı 49 ana başlık kullanılmış ve her bir grup için bir hacim değeri belirlenmiştir. Daha sonra Altunbilekler'in kamyonlarında kullandığı paletin taşıma hacmi ölçülmüş ve her bir ürün grubunun bir kolisinin bir palette kapladığı hacim, ortalama değerler alınarak belirlenmiştir. Örnek olarak: Deterjan grubu ürünlerinin bir kolisinin, bir paletin 1/50'sini kapladığı varsayılmıştır.

3.3 Satış Verisinin Düzenlenmesi ve Günlük Talep Değerlerinin Belirlenmesi

Modelde kullanılmak üzere her bir mağazanın günlük talep verisinin hesaplanması gerekmiştir. Bunun için, Altunbilekler'den alınan yıllık satış verisi 52'ye bölünerek haftalık satış verilerine ulaşılmıştır. Daha sonra her mağazanın, her bir ürün grubundan haftalık kaç palet ihtiyacı olduğu hesaplanmıştır. Bu değerler, depo haftanın 6 günü çalıştığı için önce 6'ya, gün içerisinde kamyonlar 3 tur yapabileceği için çıkan sonuç bir kez de 3'e bölünmüş ve nihayetinde bu veri, modelde girdi olarak kullanılmıştır.

3.4 Mesafe Matrisi Oluşturulması

Kamyonların rotalarının belirlenmesi için oluşturulan modelde kullanılmak üzere, Altunbilekler'in Ankara'daki mevcut mağazalarının aralarındaki mesafeyi içeren bir mesafe matrisi oluşturulmuştur. Mesafe matrisi Google API yazılımı kullanılarak oluşturulmuş olup Excel üzerine kaydedilmiştir. Mesafe matrisindeki gerçek değerlere göre mağazalar arasında gidiş ve dönüş mesafeleri birbirine eşit çıkmamış; fakat modelde ve sezgisel yöntemde simetrik matris gerektiği için matris, gidiş mesafelerinin dönüş mesafelerine eşitlenmesi ile simetrik hale getirilmiştir.

4.1 Literatür Taraması

Literatür taraması öncesinde, var olan problem tanımı yapılmış, mevcut sistem içerisindeki sorunlar belirlenmiş ve benzer problemler araştırılmıştır. Daha sonra, projenin çözüm yönteminin belirlenmesi için literatür taraması yapılmıştır. İlk olarak, söz konusu problemin Araç Rotalama Problemi olduğu belirlenmiştir. Bu konuda Laporte (1992) ve Toth ve Vigo (2002) makaleleri incelenmiş, bu araştırmaların problemimize uygun olduğu saptanmış ve model bu doğrultuda formüle edilmiştir. Mevcut problemde, kamyon kapasiteleri bir kısıt olduğundan, Kapasiteli Araç Rotalama Problemi modelinin Toth ve Vigo'da (2002) yer alan modele benzer şekilde oluşturulması kararlaştırılmıştır. Araç Rotalama Problemleri'nde genel olarak karşılaşılan problemlerden biri olduğu için Alt-tur (Sub-tour) Eleme Kısıtları hakkında literatür taraması yapılmıştır. Bu konuda Bektaş ve Gouveia (2014) makalesi incelenmiş ve model oluşturulurken göz önünde bulundurulmuştur. İlerleyen taramalarda ise söz konusu problemin NP-zor sınıfına dahil olduğu bilgisine ulaşılmış (Wedyan ve Narayanan, 2014) ve bu problem için geliştirilen sezgisel yöntemlere ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Söz konusu problem için kullanabilecek birçok sezgisel yöntem mevcuttur (Kır vd., 2017). Problemimiz için nihai olarak, temel düzeyde ve uygulanabilirlik açısından daha elverişli olan Clark ve Wright Savings Algoritması uygulanmaya karar verilmiştir. Pichpibul ve Kawtummachai (2011) makalesindeki kazanımlar (savings) formülüne göre algoritmanın uygulanmasına karar kılınmıştır.

4.2. Model Geliştirme

Altunbilekler'in ana deposunda bulunan ürünlerin dağıtımını için geliştirilen model, toplam ürün dağıtımını maliyetini enazlamayı amaçlamaktadır. Mağazalar i ve j , kamyonlar ise k indisleriyle tanımlanmıştır. Bununla birlikte ana depo, i indisinde 0 olarak gösterilmektedir. Model, mağazalar arası mesafeleri ve mağazaların ana depo ile olan mesafelerini, Google API kullanarak oluşturulan mesafe matrisinden almaktadır. Modelde, bir kamyonun gün içinde en fazla 3 farklı tur yaptığı ve Altunbilekler'in ellerindeki 13 kamyonu ek olarak en fazla 12 adet yeni kamyon satın alabileceği varsayılmaktadır. Ayrıca modeldeki alt turları engellemek için bir mağazanın toplam ihtiyacının yalnızca bir kamyon tarafından karşılanacağı varsayılmaktadır. Bununla birlikte, yeni alınabilecek kamyonların kullanım süreleri on yıl olarak varsayılmış, buna uygun olarak günlük ek maliyetleri hesaplanmış ve modele eklenmiştir.

Modelin ilk üç kısıtı; kamyonlar için, eğer kullanılıyorsa, çıkış noktalarının ana depo olduğunu ve dönüş noktalarının da ana depo olduğunu garanti eder. Dördüncü kısıt ise bu çıkış ve girişleri dengeleyen denge eşitliğidir. Beş ve on dördüncü kısıtlar arası kamyonlar için ürün dağıtımını ifade eden kısıtlardır. On beşinci kısıt, yeni alınan kamyonun kullanılması için önce o kamyonun satın alınmasının gerektiğini ifade eder (Ek-1).

Model CPLEX çözücüsü üzerinde yazılmıştır. Modelin geçerliliğini test etmek amacıyla, Altunbilekler'in sağlamış olduğu verilerden önce küçük veri setleriyle test edilmiştir. Model, küçük test verileriyle yaklaşık 1 saat içinde sonuç vermiştir, ancak gerçek veriler kullanıldığında NP-zor yapısı gereği sonuç alınamamıştır. Bu sebepten ötürü kolay uygulanabilirliği göz önünde bulundurularak Clark ve Wright sezgisel yöntemine geçilmiştir.

4.3 Sezgisel Yöntem

Clark ve Wright sezgisel yöntemi, araç sayısının modelde artırılıp azaltılabilecek bir karar değişkeni olarak yer aldığı, kullanılan kamyon sayısını ve katedilen mesafe miktarını enazlama doğrultusunda mümkün olan en iyi kamyon rotalarını çıkartan bir yöntemdir. Yöntem ilk olarak:

$$S_{i,j} = d_{1,i} + d_{j,1} - d_{i,j}$$

formülüne göre mesafe matrisindeki her mağaza ikilisi (i ve j) için kazanım değerlerini hesaplamaktadır. Daha sonra bu kazanım değerleri büyükten küçüğe sıralanmaktadır. En büyük kazanım değerini veren mağaza ikilisinden başlanarak rota oluşturulmaya başlanır. Rotalar oluşturulurken rotaya eklenebilecek mağazaların talep miktarları kamyon kapasitesiyle karşılaştırılır. Algoritmaya göre rotalar oluşturulurken 3 farklı senaryo gözden geçirilir:

- 1) (i,j) ikilisinden hiçbiri daha önce hiçbir rotaya dahil edilmediyse, bu ikiliyi içeren yeni bir rota oluşturulur.

- 2) (i,j) ikilisinden sadece birisi daha önce bir rotada kullanılmışsa ve bu mağaza o rotanın dış tarafında ise (exterior), diğer mağaza ilk mağazanın yanına, rotanın dış tarafında kalacak şekilde eklenir.
 - 3) (i,j) ikilisinden ikisi de daha önce bir rotada kullanılmışsa ve bu mağazalar iki rotada da dışta kalıyorsa (exterior), bu iki rota birleştirilir.
- Bu yöntem için gerekli kodlama MATLAB yazılımında yapılmıştır.

5. Geliştirilen Sistemin Başarısı

5.1 Sezgisel Yöntemin Uygulanması

Clark ve Wright sezgisel yöntemine göre kamyon kapasitelerinin birbirlerinden farklı olması mümkün değildir. Bu sebepten ötürü sezgisel yöntemde kullanılmak üzere Altunbilekler'in elinde bulunan kamyonların ortalama kapasitesi olan 14 palet değeri kamyon kapasitesi olarak alınmıştır. Katalogdaki tüm ürünlerin %85'inin dağıtımı tedarikçiler tarafından sağlanmaktadır. Bu %85'lik kısmın %78'i ana depoya aktarılmaya uygundur. Sonuç olarak, katalogdaki tüm ürünlerin en fazla %66.3'ü ana depoya aktarılmaya uygundur. Bu değer sezgisel yöntemde kullanılmak üzere 4 farklı senaryoda incelenmiştir.

- 1) Ürünlerin %15'i depodan tedarik edilir.
- 2) Ürünlerin %25'i depoya aktarılır. Tüm ürünlerin %40'ı depodan tedarik edilir.
- 3) Ürünlerin %45'i depoya aktarılır. Tüm ürünlerin %60'ı depodan tedarik edilir.
- 4) Ürünlerin %66.3'ü depoya aktarılır. Tüm ürünlerin %81.3'ü depodan tedarik edilir.

Sezgisel yöntem, yukarıdaki 4 farklı senaryo için talep değerleri hesaplanarak uygulanmıştır. Uygulamalar sonucunda toplamda 78 mağazaya yapılacak dağıtımlar için günlük rotalar elde edilmiştir. Sezgisel yöntemin sonuçlarının firma tarafından kolayca görülebilmesi için MATLAB kodu, sonuçları Excel dosyasına yazdırmaktadır. Her bir senaryo için elde edilen rota bilgisi, Ek-2, Ek-3, Ek-4 ve Ek-5'te görülebilir. Senaryolarda, depoya aktarılan ürün miktarı arttıkça, sezgisel yöntem rota sayılarını arttırmakta ve her bir rotada ziyaret edilen mağaza miktarını azaltmaktadır. En fazla ürünün depoya aktarıldığı 4. senaryoda alınan sonuçlara göre, depodan mağazalara günlük yapılacak sevkiyatlar için toplamda 24 farklı rota belirlenmiştir. Her bir mağazanın talebinin karşılanması için bu rotaların günde 3 defa tekrarlanması gerekmektedir.

5.2 Mevcut Rotalar ve Yeni Rotaların Karşılaştırılması

Sezgisel yöntem ile elde edilen rotaların mevcut rotalarla karşılaştırılması ve yeni rotalar ile elde edilen iyileştirme oranının hesaplanabilmesi için kod, 1. senaryoya göre çalıştırılmıştır. Karşılaştırmanın yapılabilmesi için önce mevcut rota planındaki toplam mesafe hesaplanmış,

ardından bu mesafe sezgisel yöntem ile oluşturulan rota planındaki toplam mesafe ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mevcut rota planındaki toplam mesafe 1170,3 km bulunmuş, sezgisel yöntem ile elde edilen rota planında ise bu sayı 859,3 km'ye düşürülmüştür. Bu sayede, sezgisel yöntem ile mevcut rota planının toplam katedilen mesafe ve yakıt maliyeti açısından %26,5 oranında iyileştirildiği sonucuna ulaşılmıştır. (Ek-6)

5.3 Sezgisel Yöntem Sonuçlarının Analizi

Sezgisel yöntem ile elde edilen rotalar, her gün günde 3 defa ziyaret edilecektir. Bu durumda kamyonların kullanımları %100 olacaktır. Bu nedenle, her bir senaryoda elde edilen rota sayısının, gerekli kamyon sayısına eşit olacağı varsayılmıştır. 4 farklı senaryoya göre sezgisel yöntem uygulandıktan sonra elde edilen rota sayılarına göre her bir senaryo için gerekli kamyon sayısına ulaşılmıştır. Her bir senaryo için, gerekli kamyon sayısının, rotaların toplam mesafesinin ve yakıt tüketim maliyetinin karşılaştırmalı görülebileceği bir grafik oluşturulmuştur. (Ek-6) Senaryo 4 için elde edilen sonuçlara göre, 24 farklı rota belirlenmiş ve bu rotalar her gün günde 3 kere kullanılması gerektiği için Altunbilekler eğer en fazla miktarda ürünü deposuna aktarırsa, deposunda toplamda 24 adet kamyonun bulunması gerektiği sonucuna varılmıştır. Altunbilekler'in elindeki mevcut kamyon sayısı 13 olduğundan, 11 adet yeni kamyon alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

5.4 Projenin Firmada Uygulanması

Oluşturulan sezgisel yöntem, mesafe matrisi ve günlük tur başına palet cinsinden talep değerlerine göre çalışmaktadır. Proje firmada uygulanmaya konduğunda, depodaki personel, günlük talep bilgisi ve mesafe matrisini hazırlayıp MATLAB koduna çalıştırarak, girdilerin alındığı Excel dosyası üzerinden günlük olarak eniyileştirilmiş rota planına ulaşabilecektir. Bu sayede, mevcut düzende uygulanan sabit rota planı yerine her günün talebine göre eniyileştirilmiş bir rota planı uygulanabilecektir.

5.5 Firmaya Sağlanan Katkılar ve Sonuç

Proje tamamlanıp firmada uygulamaya konulduğunda Altunbilekler'in mevcut düzeninde karşılaşılan problemler en aza indirgenmiş olacaktır. Mağazalara yapılan ürün tedariki yeni sistemde en yüksek miktarda verimle ana depodan yapılabilecektir. Bu sayede tüm mağazalara giden ürünler tek elden kontrol edilebilecek ve oluşabilecek problemlerin erkenden önüne geçilecektir. Buna ek olarak mevcut rota düzeni yerine kullanılacak eniyileştirilmiş rota düzeni mağazalara yapacak gönderimler esnasında harcanacak zaman ve yakıt maliyetini eniyileştirecek ve ürün tedarikinde yaşanabilecek gecikmelerin önüne geçilmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

- Bektaş, Tolga, and Luis Gouveia. “Requiem for the Miller–Tucker–Zemlin subtour elimination constraints?” *European Journal of Operational Research*, vol. 236, no. 3, 2014, pp. 820–832.
- Kir, Sena, et al. “A Novel Heuristic Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem.” *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 13, no. 3, 1 Sept. 2017, pp. 323–330.
- Laporte, Gilbert. “The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms.” *European Journal of Operational Research*, vol. 59, no. 3, 1992, pp. 345–358.
- Pataki, Gábor. “Teaching Integer Programming Formulations Using the Traveling Salesman Problem.” *SIAM Review*, vol. 45, no. 1, 2003, pp. 116–123.
- Pichpibul, Tantikorn, and Ruengsak Kawtummachai. “An Improved Clarke and Wright Savings Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem.” *ScienceAsia*, vol. 38, no. 3, 2012, p. 307., doi:10.2306/scienceasia1513-1874.2012.38.307.
- Toth, Paolo and Daniele Vigo. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia, Pa., Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002.
- Wedyan, Ahmad F., and Ajit Narayanan. “Solving Capacitated Vehicle Routing Problem Using Intelligent Water Drops Algorithm.” 2014 10th International Conference on Natural Computation (ICNC), 2014, doi:10.1109/icnc.2014.6975880.

EKLER

Ek-1. Matematiksel Model

Parametreler:

C_{ijk} : kamyon k' 'nin i 'den j 'ye giderkenki ortalama maliyeti

$G_{k'}$: k' kamyonu alınırsa k' kamyonunun günlük ortalama maliyeti

Q_k : k kamyonunun kapasitesi

$$Q_1 = Q_{14} = Q_{27}$$

$$Q_2 = Q_{15} = Q_{28}$$

⋮

⋮

$$Q_{13} = Q_{26} = Q_{39}$$

ve $Q_{40} = Q_{41} = Q_{42} = \dots = Q_{60}$ (yeni kamyonların kapasiteleri aynıdır)

Karar Değişkenleri:

$$Y_{ijk} =$$

$\begin{cases} 1, & \text{eğer } k \text{ kamyonu } i \text{ mağazasından sonra } j \text{ maazasına gidiyorsa} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases}$

v_{ik} : k kamyonunun i mağazasını terk etmeden önceki ürün yükü

W_{ik} : k kamyonu tarafından sağlanan i mağazasının toplam ürün talebi

$$b_{k'} = \begin{cases} 1, & k' \text{ kamyonu alınıp kullanılıyorsa} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

Karışık Tamsayılı Programlama Modeli:

$$\text{enazla } z = \sum_{i=0}^{78} \sum_{j=1}^{78} \sum_{k=1}^{60} C_{ijk} * Y_{ijk} + \sum_{k'=40}^{46} G_{k'} b_{k'}$$

öyle ki

$$\sum_{j=1}^{78} Y_{0jk} \leq 1 \quad \forall j,k \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{78} Y_{i0k} \leq 1 \quad \forall i,k \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{78} Y_{0jk} = \sum_{j=1}^{78} Y_{i0k} \quad \forall i,j,k \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^{78} Y_{jik} - \sum_{i=0}^{78} Y_{ijk} = 0 \quad \forall i,j,k \quad (4)$$

$$W_{ik} = v_{ik} - \sum_{j=1}^{78} v_{jk} * Y_{ijk} \quad \forall i,j,k \quad (5)$$

$$q_j = \sum_{k=1}^{60} W_{jk} \quad \forall j,k \quad (6)$$

$$v_{0k'} \leq Q_{k'} * b_{k'} \quad k' = 40, \dots, 60 \quad (7)$$

$$Y_{ij14} \leq Y_{ij1} \quad \& \quad Y_{ij27} \leq Y_{ij14} \quad \forall i,j \quad (8)$$

$$Y_{ij15} \leq Y_{ij2} \quad \& \quad Y_{ij28} \leq Y_{ij15}$$

⋮
⋮
⋮

$$Y_{ij26} \leq Y_{ij13} \quad \& \quad Y_{ij39} \leq Y_{ij26}$$

$$Y_{ij41} \leq Y_{ij40} \quad \& \quad Y_{ij42} \leq Y_{ij41}$$

$$Y_{ij44} \leq Y_{ij43} \quad \& \quad Y_{ij45} \leq Y_{ij44}$$

⋮
⋮
⋮

$$Y_{ij59} \leq Y_{ij58} \quad \& \quad Y_{ij60} \leq Y_{ij59}$$

$$v_{jk} \geq v_{ik} - q_i - M(1 - Y_{ijk}) \quad \forall i,j,k \quad (9)$$

$$0 \leq v_0^k \leq Q_k \quad \forall k \quad (10)$$

$$Y_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i,j,k \quad (11)$$

$$b_m \in \{0,1\} \quad (12)$$

$$v_{ik} \geq 0 \quad \forall i,k \quad (13)$$

$$W_{ik} \geq 0 \quad \forall i,k \quad (14)$$

$$Y_{ijk} \leq b_{k'} \quad \forall i,j,k,k' \quad (15)$$

Ek 2. 1. Senaryoya Göre Elde Edilen Rota Planı

Rota 1	Natoyolu	Misket	Natoyolu-2	Bogazici	Akdere	Kuscagiz-2	Necatibey
Rota 2	Golbasi	Golbasi Toki	Dikmen	Dikmen-2	Cevizlidere-2	Cevizlidere	
Rota 3	Seyranbaglari-2	BuyukEsat	Gop	Kirkkonaklar	Yildiz	Ilker	Ilker-2
Rota 4	Öveçler-1	Hosdere	Ayranci	Kucukesat-2	Nenehatun	Kurtulus	Seyranbaglari
Rota 5	Dutluk-1	Aktepe	Kamilocak	Kuyubasi	Tepebasi	Kavacik	İncirli-2
Rota 6	Yüzüncü Yil	Çukurambar-2	Balgat	Ceyhunatif	Bahcelievler	Demetevler	
Rota 7	Etimesgut-Ahi Mesud	Etimesgut-Emirler	Bağlica	Çayyolu A.Bilek	Yaşamkent	Şaşmaz	
Rota 8	Ayvali	Ayvali-2	KucukEsat	Gazino-2	Pinarbasi	Ufuktepe	
Rota 9	Etimesgut-2	Elvankent-2	Yenikent	YenikentMerkez	YenikentToki	Sincan-Fatih	Eryaman
Rota 10	Kardelen	Batikent-2	Ostim-2	Bagdat	Karşiyaka	Şentepe	
Rota 11	Elvankent-Topcu	Elvankent	Sincan Pınarbaşı	Sincan Vatan	Sincan-Pazar	Sincan-Istasyon	
Rota 12	Çakırlar	Çakırlar-2	Atakent	Batikent - 4	Kardelen-2	Batikent	
Rota 13	Kazan						

Ek 3. 2. Senaryoya Göre Elde Edilen Rotalar

Rota 1	Natoyolu	Misket	Natoyolu-2	Bogazici	Akdere	
Rota 2	Golbasi	Golbasi Toki	Dikmen	Dikmen-2	Cevizlidere-2	Ceyhunatif
Rota 3	BuyukEsat	Gop	Kirkkonaklar	Yildiz	Ilker	Ilker-2
Rota 4	Seyranbaglari-2	Kucukesat-2	Nenehatun	Kurtulus	Seyranbaglari	Necatibey
Rota 5	Cevizlidere	Öveçler-1	Ayranci	Hosdere	Kuscagiz-2	
Rota 6	Dutluk-1	Aktepe	Kamilocak	Kuyubasi	Tepebasi	İncirli-2
Rota 7	Etimesgut-Emirler	Bağlica	Çayyolu A.Bilek	Yaşamkent	Şaşmaz	
Rota 8	KucukEsat	Kavacik	Gazino-2	Pinarbasi	Ufuktepe	
Rota 9	Bahcelievler	Balgat	Çukurambar-2	Yüzüncü Yil	Karşıyaka	
Rota 10	Şentepe	Ayvali	Ayvali-2	Demetevler	Bagdat	Ostim-2
Rota 11	Eryaman	Yenikent	YenikentMerkez	YenikentToki	Sincan-Fatih	
Rota 12	Elvankent	Sincan Pınarbaşı	Sincan Vatan	Sincan-Pazar	Sincan-Istasyon	
Rota 13	Elvankent-2	Elvankent-Topcu	Etimesgut-Ahi Mesud	Etimesgut-2		
Rota 14	Atakent	Batikent - 4	Batikent-2	Kardelen	Batikent	
Rota 15	Kardelen-2	Çakırlar	Çakırlar-2	Kazan		

Ek 4. 3. Senaryoya Göre Elde Edilen Rotalar

Rota 1	Natoyolu	Misket	Natoyolu-2	Bogazici	Akdere	
Rota 2	Golbasi	Golbasi Toki	Ilker	Ilker-2		
Rota 3	Necatibey	BuyukEsat	Gop	Kirkkonaklar	Yildiz	
Rota 4	Seyranbaglari-2	Kucukesat-2	Nenehatun	Kurtulus		
Rota 5	Kuscagiz-2	Seyranbaglari	Ayranci	Hosdere		
Rota 6	Dutluk-1	Aktepe	Kamilocak	Kuyubasi	Tepebasi	
Rota 7	Dikmen	Dikmen-2	Cevizlidere-2	Cevizlidere		
Rota 8	Çukurambar-2	Balgat	Öveçler-1	Ceyhunatif		
Rota 9	Etimesgut-Emirler	Bağlica	Çayyolu A.Bilek	Yaşamkent		
Rota 10	İncirli-2	Kavacik	Gazino-2	Pinarbasi		
Rota 11	Ostim-2	Bagdat	Demetevler	Bahcelievler	Yüzüncü Yil	
Rota 12	Şentepe	Ayvali	Ayvali-2	KucukEsat	Ufuktepe	
Rota 13	Yenikent	YenikentMerkez	YenikentToki	Sincan-Istasyon		
Rota 14	Elvankent	Sincan Pınarbaşı	Sincan Vatan	Sincan-Pazar		
Rota 15	Kardelen	Batikent-2	Karşıyaka	Atakent		
Rota 16	Elvankent-2	Elvankent-Topcu	Etimesgut-Ahi Mesud	Etimesgut-2		
Rota 17	Eryaman	Sincan-Fatih	Batikent	Şaşmaz		
Rota 18	Çakırlar	Çakırlar-2	Batikent - 4	Kardelen-2		
Rota 19	Kazan					

Ek 5. 4. Senaryoya Göre Elde Edilen Rotalar

Rota 1	Natoyolu	Misket	Natoyolu-2	Bogazici
Rota 2	Golbasi	Golbasi Toki	Dikmen	
Rota 3	Kırkkonaklar	Yıldız	Ilker	
Rota 4	Seyranbagları-2	BuyukEsat	Gop	
Rota 5	Kucukesat-2	Nenehatun	Kurtulus	Seyranbaglari
Rota 6	Öveçler-1	Ayranci	Hosdere	
Rota 7	Aktepe	Kamilocak	Kuyubasi	Kavacik
Rota 8	Cevzlidere-2	Dikmen-2	ilker-2	
Rota 9	Necatibey	Akdere	Kuscagiz-2	Bahcelievler
Rota 10	Balgat	Cevzlidere	Ceyhunatif	
Rota 11	Bağlica	Çayyolu A.Bilek	Yaşamkent	
Rota 12	Gazino-2	Tepebasi	Pınarbasi	
Rota 13	Demetevler	Çukurambar-2	Yüzüncü Yil	
Rota 14	KucukEsat	İncirli-2	Dutluk-1	Ufuktepe
Rota 15	Şentepe	Ayvali	Ayvali-2	
Rota 16	Yenikent	YenikentMerkez	YenikentToki	Sincan-Fatih
Rota 17	Ostim-2	Bagdat	Karşıyaka	
Rota 18	Sincan-Istasyon	Sincan Pınarbaşı	Sincan Vatan	Sincan-Pazar
Rota 19	Elvankent-2	Elvankent	Elvankent-Topcu	
Rota 20	Etimesgut-2	Etimesgut-Emirler	Etimesgut-Ahi Mesud	
Rota 21	Batıkent - 4	Batıkent-2	Kardelen	
Rota 22	Kardelen-2	Batıkent	Şaşmaz	
Rota 23	Çakırlar	Çakırlar-2	Atakent	
Rota 24	Eryaman	Kazan		

Ek 6. Senaryoların Karşılaştırmalı Tablosu

Senaryolar	Gerekli Kamyon Sayısı	Toplam Mesafe	Yakıt Maliyeti
Mevcut Durum	13	1170,3 km	877,7 TL
1. Senaryo	13	859,3 km	644,5 TL
2. Senaryo	15	975,7 km	731,7 TL
3. Senaryo	19	1183,1 km	887,3 TL
4. Senaryo	24	1446,9 km	1085,2 TL

Ara Stokları Enazlayacak Gövde Hatları Üretim Planı Tasarımı

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi



Proje Ekibi

Edanur Açıkgöz, Beste Babaoğlu, Nur Ebrar Baloğlu, Yunus Kuthan Erdemli,
Ezgi Temiz, Ezgi Tunç, Murat Can Türksev

Şirket Danışmanı
Gözde Demiryas
Endüstri Mühendisi

Akademik Danışman
Prof. Dr. M. Selim Aktürk,
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde uygulanan mevcut üretim planı, iç gövde ve montaj hatları arasında gereğinden fazla ara stok (WIP) tutulmasına sebep olmaktadır. Bu WIP stoklarının üretimde düşük verimliliğe, finansal sorunlara ve stok alanı problemlerine yol açtığı gözlemlenmiştir. Projemizin amacı, montaj bantlarındaki üretimi durdurmadan WIP stoklarını azaltacak bir üretim planı oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda, mevcut üretim talepleri göz önüne alınarak tam otomatik ve dinamik bir üretim planı oluşturmaya yarayan Karar Destek Sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karma modellenmiş sıralama, üretim planlama, WIP stok, lot büyüklüğü, çizelgeleme

1. Şirket Tanımı

Arçelik 1955 yılında Vehbi Koç ve Lütü Doruk tarafından kuruldu. Günümüzde, Arçelik 27.000 çalışanı ve 15 üretim tesisi ile 5 farklı ülkede 135'den fazla ülkeye hizmet vermektedir. Arçelik Türkiye'de Çayırova Tesisi, Eskişehir Buzdolabı İşletmesi, İzmir Tesisi ve Ankara Bulaşık Makinesi İşletmesi olmak üzere 4 tesis ile beyaz eşya, LCD televizyon ve klima sektörlerinin lideridir [1].

2. Proje Tanımı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1 Mevcut Sistem Tanımı

1993 yılında Ankara'da kurulan Arçelik Bulaşık Makinesi Fabrikası, yılda ortalama 2.5 milyon bulaşık makinesi üretmektedir. Üretim skalası yaklaşık 4000 farklı bulaşık makinesinden oluşmaktadır ve günlük ortalama 11.000 bulaşık makinesi, her biri 8 saat süren 3 vardiyada üretilmektedir. Bulaşık makineleri iç gövde genişliklerine göre çeşitlenmektedir. 60 cm, 45 cm ve 90 cm olmak üzere 3 ana iç gövde tipi mevcuttur. Üretimin %80-85'ini 60 cm'lik, %12'sini 45 cm'lik ve %3'ünü 90 cm'lik gövdeye sahip bulaşık makineleri oluşturmaktadır.

2.2 Mevcut Sistem Analizi

Bulaşık makinesi üretimi 4 ana hatta gerçekleşmektedir. Bu hatlar Mekanik Bölüm, Zone 1, Zone 2 ve Montaj hatlarıdır. İç gövde üretiminde ise Zone 1 hattı iç gövde hazırlık, Zone 2 hattı iç gövde montaj hattı olarak adlandırılmaktadır. Zone 1'de Kenet 1, 3, 6 ve 7 olmak üzere 4 Kenet hattı, Zone 2'de ise Angora 1, 2 ve 3 olarak 3 hat bulunmaktadır. Her kenet hattında farklı uzunluklara sahip iç gövdeler üretilmektedir. Bu iç gövdeler belirli Angora hatlarına iletilmektedir. Angora hatlarındaki operasyonlar tamamlandıktan sonra iç gövdeler, uzunluklarına göre belirli montaj hatlarına atanmaktadır. Bulaşık makinesi üretim akış şeması ve hatlarda üretilen ürün tipleri Ek 1'te gösterilmiştir.

Mevcut sistemi analiz etmek için Zone 1, Zone 2 ve Montaj hatlarının çevrim süreleri ve üretim miktarları kullanılmıştır. Mevcut sistemde üretim planı haftalık olarak çıktıktan sonra günlere ayrılarak üretime iletilmektedir. Üretim personelleri, üretimi, günlük üretim planındaki sırayı takip ederek, gelen talepleri daha küçük lotlar halinde gruplamadan yönetmektedir. Bunun sebebi ise montaj hatlarının etkin bir şekilde beslenmesini sağlamaktır.

3. Problem Tanımı

3.1 Belirti ve Şikayetler

Üretim hatlarının çevrim süreleri incelendiğinde, Montaj hatlarının Kenet ve Angora hatlarına göre daha yavaş çalıştığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte üretim personelinin üretim planını kendi sezgisel yaklaşımıyla yönetmesi aşırı WIP stok tutulmasına neden olmaktadır. Bu da stokların takibinin yapılması ve kontrol edilmesini zorlaştırmaktadır. WIP stoklarının

uygun yerlerde depo edilememesi ve üretim alanında dağılmış şekilde konumlandırılması sonucunda bu iç gövde stokları zarar görmektedir. Tüm bunların sonucunda ise gereğinden fazla tutulan ara stoklar finansal açıdan, üretim verimliliği ve stok alanı açısından problem teşkil etmektedir.

3.2 Problem Tanımı ve İlgili Literatür

Şirket danışmanımız ve akademik danışmanımız ile yaptığımız görüşmeler sonucunda problem tanımımızı, mevcut üretim planının, iç gövde ve montaj hatları arasında gereğinden fazla ara stok (WIP) tutulmasına sebep olması olarak belirledik. Bu tanım doğrultusunda, projemizin ana hedefi, montaj hatlarını durdurmadan, angora ve montaj hatları arasındaki birikmiş iç gövde stoklarını en aza indirecek bir üretim planı tasarlamaktır. Buna ek olarak, bu üretim planını da tam otomatik, dinamik ve kullanıcı dostu bir arayüz ile desteklemektir. Projemiz kapsamında, mevcut üretim planının sebep olduğu gereğinden fazla WIP stoğunun tutulmasına çözüm getirecek bir enazlama problemi ele alınacaktır.

Problem tanımı doğrultusunda literatürdeki birçok makale araştırılmıştır. Bu aşamada, ana iki makale önerilen sistem için yol gösterici olmuştur. İlk makalemiz, otomobil sektöründe kullanmak üzere iki amaçlı bir optimizasyon problemini ele almaktadır [1]. Bu hedefler hat durmasını önlemek ve WIP stoklarını azaltmak olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda da bir karma modellenmiş sıralama problemi oluşturmuş ve sonucunda da bir üretim çizelgesi elde etmişlerdir. İkinci makalemizde ise, karma modellenmiş sıralama problemi incelenmiştir [2]. Bu problem kapsamında, makine kapasiteleri ve işlerin öncelik sıraları göz önüne alınarak, envanterde azalma amaçlanmıştır. Bu araştırmalar, hat durmasını önleyerek WIP stoklarını enazlayacak gövde hatları üretim planı tasarlama konusunda projeye yol gösterici olmuştur.

4. İzlenen Yöntemler ve Uygulamaları

Önerilen sistem elimizdeki veriler ile uyumlu bir şekilde çalışan sezgisel metoda göre işlem görmektedir. Girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi JAVA yardımıyla tanımlayan sisteminizin girdileri model değişikliği süreleri, hat kapasiteleri, günlük talepler ve hatların çevrim süreleri, çıktıları ise lot büyüklüğü, model değişikliği sayısı ve üretim planı çizelgesi olarak belirlenmiştir. Sezgisel algoritmamızı destekleyecek arayüz tasarımı ise Excel VBA yardımıyla tasarlanmıştır. Projemizin ana hedefi doğrultusunda oluşturduğumuz ara yüz ile hangi hatta, hangi tip gövdenin, hangi sırayla, kaç adet üretileceğine karar verilebilmesi amaçlanmıştır.

Bu hedef doğrultusunda belirlenen ara hedefler aşağıdaki gibidir:

- Montaj hatlarının talebini karşılamak
- WIP stoklarını enazlayacak bir üretim planlama algoritması geliştirilmek
- Üretim planlama algoritmasını kullanıcı dostu bir ara yüz ile desteklemek

- Hatlar arasındaki WIP stok birikiminden dolayı işgal edilen alanı en aza indirmek
- Hurda maliyetlerinin düşürmek
- İş gücünden daha etkili yararlanmak

Bu hedeflere ulaşabilmek için problem sezgisel algoritma, benzetim modeli ve kullanıcı arayüzü olmak üzere 3 aşamada ele alınmıştır.

4.1 Sezgisel Algoritma

Tasarlanan sezgisel algoritma ile günlük talep sayısı, hat kapasiteleri ve çevrim süreleri girdi olarak alınır. Arçelik mevcut olarak 45,60 ve 90 cm'lik gövde tipinin yanında Atlantis adı verilen 60 cm lik özel bir gövde tipi de ürettiği için, tasarlanan algoritma bu 4 gövde tipi üzerinden çalışır. Bu gövde tipleri göz önüne alınarak günlük talepler gövde tiplerine göre ayrıştırılır ve gövde tiplerinin o günkü talep içerisinde bulunup bulunmamasına göre 16 farklı durum incelenir. Örneğin, bu durumlardan biri, gelen günlük talepler içerisinde tüm iç gövde modellerinin mevcut olmasıdır. Bu durumda, öncelikle bu talepleri üretebilecek Kenet hatlarının kapasiteleri kontrol edilir. Eğer kapasiteler yeterli ise aşağıdaki aşamalar izlenir:

- İlk olarak 90 cm'lik iç gövdeler Kenet 7 hattına, 45 cm'lik gövdeler ise Kenet-6 hattına atanır. 60 cm'lik talepler ise Kenet 1 ve Kenet 3 hatlarına kapasitelerini dolduracak şekilde atanır. Eğer bu Kenet hatlarının kapasiteleri yeterli değil ise kalan 60cm'lik talepler Kenet 6 hattına atanır. Kenet 6 hattında iki farklı model üretildiği için buradaki model değişikliği sayısı vardiya zamanı ve hattın üretim hızı göz önüne alınarak belirlenir. Model değişikliği sayısına bağlı olarak da Kenet-6 hattına atanacak lot büyüklüklerine ve model sıralamasına karar verilir.
- 60 cm'lik taleplerin içinde Atlantis tipi gövde varsa, bu gövdeler de 90 cm'lik gövdelerle birlikte Kenet 7 hattına atanır. Atama işlemi gerçekleştirildikten sonra model değişikliği sayısına karar verilir. . Model değişikliği sayısına bağlı olarak bu hatta atanan taleplerin lot büyüklüğü ve model sıralaması belirlenir.
- Eğer 60 cm'lik talepler Kenet 1 ve Kenet 3 hatlarının kapasitelerinden az ise, talepler bu iki hattın kapasiteleri göz önüne alınarak hatlara orantısal olarak paylaştırılır. Bu durumda Kenet 6'da sadece 45 cm'lik üretilirken, Kenet 7'de ise 90 cm'lik ve varsa Angora tipi gövde üretilir.

Talepler gövde tipine göre Kenet hatlarına atandıktan sonra sırasıyla Angora ve Montaj hatlarına gönderilir. Kenet hatlarına ataması yapılan her bir ürünün kenetten ve angoradan çıkış süreleri göz önünde bulundurulularak, montaj hatlarındaki ürün kuyruklarını azaltacak şekilde hatlara atanır.

4.2 Benzetim Modeli

Mevcut sistem ile sezgisel algoritmamızı karşılaştırabilmek için ARENA benzetim modeli kullanılmıştır. Mevcut sistemde üretim personelinin sezgisel yaklaşımı göz önüne alınarak, Arena benzetim modeli tasarlanmıştır. Mevcut sistemin benzetim modeli Ek 2’de gösterilmiştir. Önerilen sezgisel yaklaşımın Arena benzetim modeline uyarlanması ise, algoritmamızın çıktısı olan lot büyüklüklerini benzetim modeline girdi olarak alınıp, çıktı olarak ise WIP stoğu sayısının verilmesi şeklinde yapılmıştır. Bu sistemde gelen talepler daha küçük lotlar halinde gruplanıp hatlara atanarak WIP stoğu sayısında azalma görülmesi amaçlanmaktadır. Sezgisel yaklaşımın benzetim modeli Ek 3’te gösterilmiştir

4.3 Kullanıcı Arayüzü

Sezgisel algoritmamız kullanıcı dostu bir arayüz ile desteklenerek Arçelik’in kullanabileceği bir hale dönüştürülmüştür. Arayüzün çalışma prensibi ise şu şekildedir:

Microsoft Excel’i açtıktan sonra Menu seçeneğinden sistemin anasayfasına ulaşılmaktadır. Anasayfadan, Üretim Planı Al tuşuna tıklanıldığında Planla ve Seçenekler olmak üzere iki alternatif mevcuttur. Seçenekler bölümünde hatların çevrim süreleri, kapasiteleri ve vardiya süreleri gibi üretim planı girdileri güncellenebilmektedir. Planla bölümünde ise, günlük talepler ayrı bir dosyadan sisteme aktarıldıktan sonra haftalık veya günlük olarak iki ayrı üretim planı oluşturma alternatifi mevcuttur. Günlük üretim planı alternatifi seçildiğinde, kullanıcı istediği günü seçerek, o güne ait WIP stoklarını enazlayan bir üretim planına erişebilmektedir. Örnek arayüz tasarımı Ek 4’te gösterilmiştir.

5. Uygulama Planı

Projenin uygulamaya konması ilk olarak sezgisel algoritmamızın şirketin kendi sistemlerine entegre edilmesiyle başlayıp ara yüz modelimizin şirket sistemine kurulumuyla gerçekleşecektir. Arçelik, halihazırda kendi veri tabanlarında JAVA yazılımını ve Microsoft Excel’i aktif olarak kullanmaktadır. Şu aşamada sunulmuş Excel ara yüzü ile kodların nasıl ve ne şekilde sisteme entegre edileceği konusunda şirkete kullanım kolaylığı sağlaması açısından tasarlanmıştır.

Karar destek sistemi, problem parametrelerinde değişiklik yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Kullanıcı, karar destek sistemi üzerinde Kenet, Angora ve Montaj hatlarının çevrim sürelerini, model değişikliklerinde gereken kurulum sürelerini ve vardiya süresi gibi bilgileri kolaylıkla değiştirebilmektedir. Dolayısıyla geliştirilen karar destek sistemi, hangi hatta, hangi tip gövdenin, hangi sırayla, kaç adet üretileceğine karar vererek WIP stoklarını enazlayacak üretim planının oluşturulmasını sağlayan kullanıcı dostu bir sistemdir.

6. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

WIP stoklarını enazlayacak bir gövde hattı üretim planı oluşturmayı hedefleyen projemiz, hangi hatta, hangi lot byklğinde, hangi sırayla ve hangi gövde tipinin üretileceğini belirleyen dinamik bir algoritma kullanmaktadır. Buna ek olarak geliştirilen benzetim modeli ise sezgisel algoritma ile birlikte kullanıldığında WIP stok sayısındaki azalmayı göstermektedir. Önerilen sistemin WIP değerleri, mevcut sistemin WIP değerleriyle karşılaştırıldığında, son ayın talep bilgilerine göre, günlük azalma ortalama %44 olarak gözlemlenmiştir. Bu azalmanın temel sebepleri aşağıda belirtilmiştir:

- Mevcut üretim sisteminde talepler lotlara blnmemekte ve montaj hattının durmasını engellemek amacıyla model değişikliği sayısı minimum tutulmaktadır. Bu sistem WIP miktarını arttırmaktadır. Bu sebeple, önerilen sistemimizde günlük talepler ve Kenet hatlarının kapasiteleri göz önüne alınarak Kenet hatlarına ataması yapılan ürünlerin model değişikliği sayısı arttırılmış, lot büyüklükleri küçültülmüş ve buna bağlı olarak Montaj hattı önündeki WIP stok miktarı Montaj hatlarını durdurmayacak şekilde azaltılmıştır.
- Mevcut sistemde Kenet hatlarının üretim planı direkt olarak Montaj hatlarının üretim planına göre düzenlenmektedir. Bu sistem Montaj hatlarını durdurmama konusunda başarılı olsa da yüksek miktarda WIP birikmesini engelleyememektedir. Önerilen sistemimizde ise Kenet hatlarının üretim planı günlük talep miktarına göre düzenlenmiş, daha sonra ise Montaj hattının üretim planı çıkarılmıştır. Bu üretim planı çıkarılırken, Angora hatlarından Montaj hatlarına gidecek olan ürünlerin bekleme süresi en az olacak şekilde Montaj hattına atamalar yapılmıştır. Mevcut sistemde böyle bir atama yapılmadığından, önerilen sistemimiz WIP stok miktarını azaltmıştır.

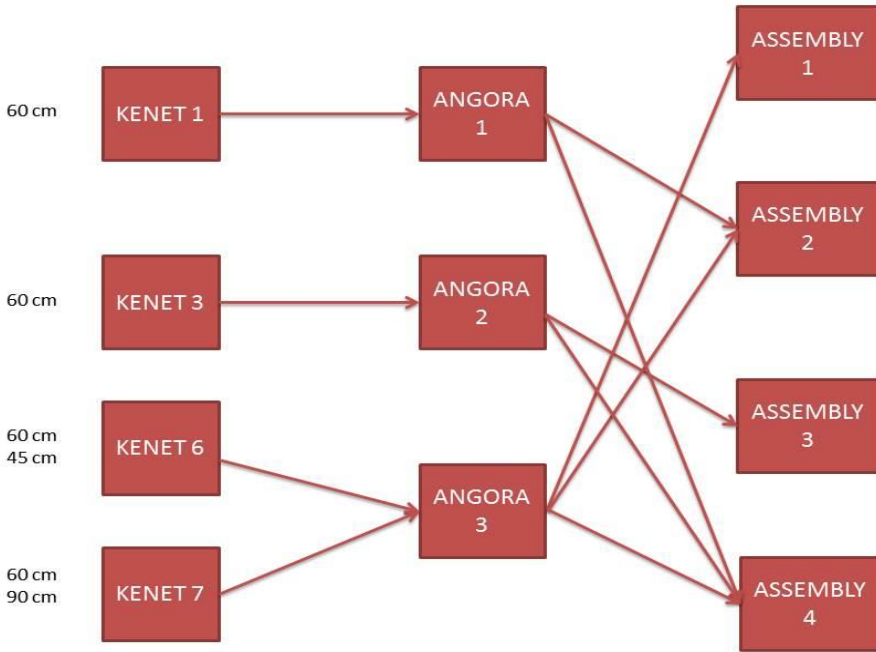
01.03.2018-31.03.2018 tarihleri arasında günlük olarak elde edilen WIP stok sayısındaki azalmaların grafiği Ek 5'te gösterilmiştir. Hacimli malzeme olan gövdenin fazla stoklanması problem teşkil ettiği için, WIP stoklarındaki bu azalmanın üretim alanında yer aması öngörülmektedir. Buna ek olarak, stoktaki azalma depolama sırasında meydana gelen hasarları indirgeyeceğinden hurda miktarında da azalma gözlemlenmiştir. Mart ayı boyunca toplamda 22.744 olan WIP stok miktarı, önerilen sistemle birlikte 12.682'ye dşrlmştir. WIP stokları arasındaki fark 10.062 olmuştur. Bu azalmayla beraber stok tutmaktan kaynaklanan hurda maliyetinden 98,205 TL kazanç sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

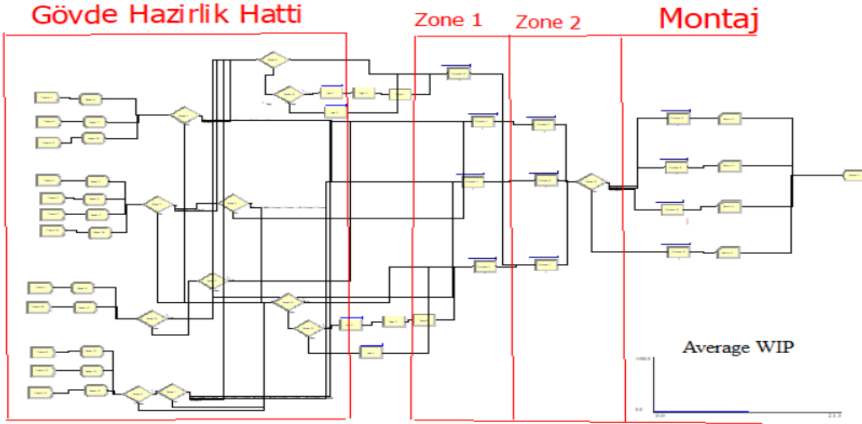
- [1] Arçelik, "Kurumsal Tanıtım," in Arçelik A.Ş. Hakkında, 2011. [Online]. Available: http://www.arcelikas.com/sayfa/72/Arcelik_Kurumsal_Tanitim
- [2] Arulselvan, Dr. K., and Dr. J. David Rathnaraj. Scheduling Of Mixed Model Assembly Line Using Pom Software. Weekly Science, July 2013, core.ac.uk/display/24068799.
- [3] Shimizu, Yoshiaki, et al. "Multi-Objective Optimization on a Sequencing Planning of Mixed-Model Assembly Line." *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, vol. 5, no. 4, 2011, pp. 274–283., doi:10.1299/jamdsm.5.274.

EKLER

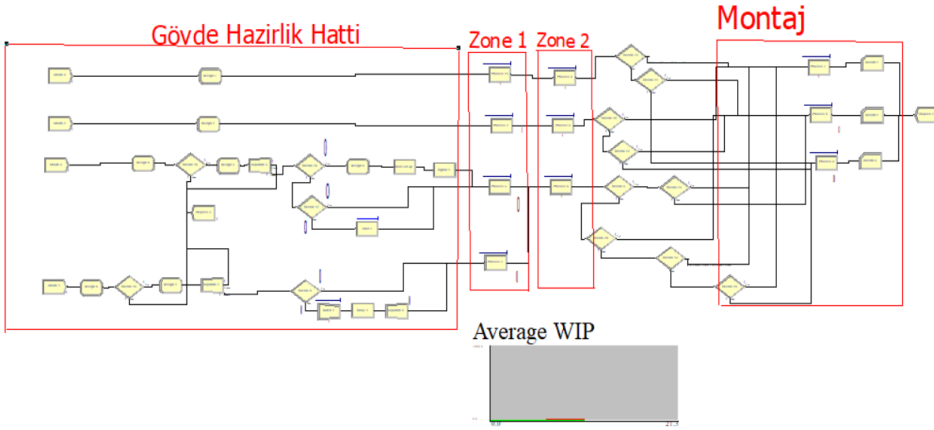
Ek 1 – Üretim akış şeması



Ek 2- Mevcut Sistem Benzetim Modeli



Ek 3 – Sezgisel Yaklaşım Benzetim Modeli



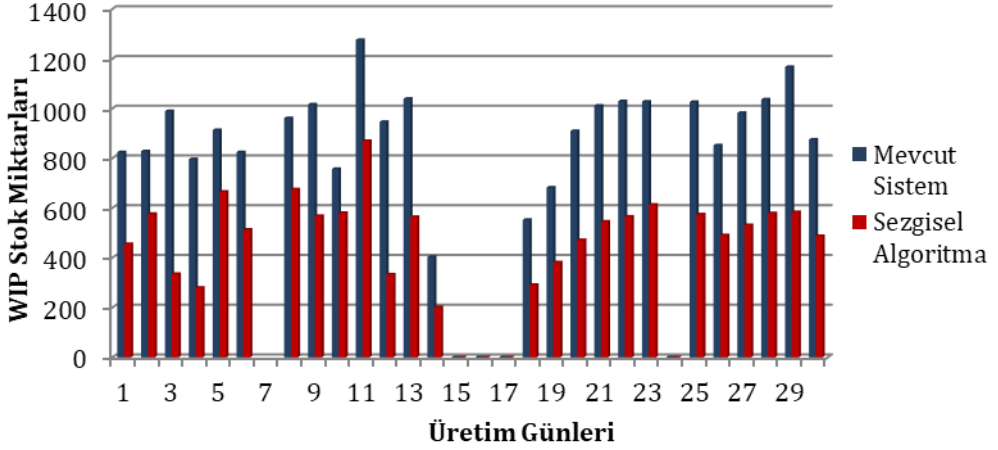
Ek

4- Kullanıcı Arayüzü

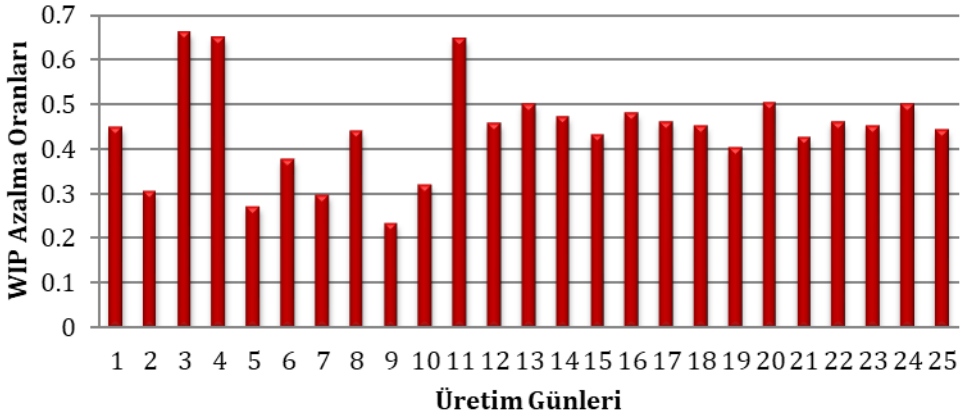


Ek 5- Günlük Azalma Miktar ve Oranları

01.03.18-31.03.18 Tarihleri için Günlük Azalma Miktarları



01.03.18-31.03.18 Tarihleri için Günlük Azalma Oranları



Poliüretanlı Kapı Üretim Hattı Çizelgelemesinin İyileştirilmesi

Arçelik Buzdolabı İşletmesi



Proje Ekibi

Onur Can, Tuba Güllü, Çağkan Kılınç, Ali Dinç Kırıkçı, Melis Küçükerdal,
Mehmet Kaan Macunluoğlu

Şirket Danışmanı

Aras Uysal
Endüstri Mühendisliği

Akademik Danışman

Prof. Dr. M. Selim Aktürk
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Fabrikada, kapı üretiminin gerçekleştiği alanda birtakım geliştirilmeye açık olgular gözlenmiştir. Problem tanımında bu olguların kaynağının, kapı ve gövde üretimlerinin eş zamanlı olarak gerçekleşmemesi ve yerleşim planına göre atanmış çalışanların ve istasyonların istenilen verimle çalışmaması olarak belirtilmiştir. Kapı ve gövde üretim alanlarının senkronize olarak çalışmamasının sebepleri, kapı çeşitliliğinden kaynaklanan kalıp değişim sürelerinin uzun olması ve drum makinelerinin farklı miktarlarda üretim yükü üstlenmesidir. Yerleşim planındaki verimsizliğin ana sebebi ise güncel durumdaki drum ünitelerindeki istasyonların ortak olarak kullanılamıyor olmasıdır. Bu projede drumlarının çalışma yükünün dengelenmesi ve yerleşim planının iyileştirmesi hedeflenmiştir. Drumların çalışma yükünü dengelemek için sezgisel yöntem geliştirilmiş ve ilgili ara yüz hazırlanmıştır. Yerleşim planında ise operasyon çizelgelerini analiz edilerek yerleşim planı, istasyonların ortak kullanımına imkân vereceği doğrultuda yeniden tasarlanmıştır. Yapılan iyileştirmeler doğrultusunda benzetim modelleri kullanılarak önerilen çözümlerin verimlilik bakımından katkıları gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yerleşke Planlaması, Sezgisel Yöntem, Yük Dengeleme

1.Firma Tanıtımı

Arçelik A.Ş dayanıklı tüketim ve tüketici elektroniği sektörlerinde üretim, pazarlama ve satış sonrası destek hizmetleriyle dünyanın birçok ülkesinde faaliyet göstermektedir. Arçelik'in 7 farklı ülkede bulunan (Türkiye, Romanya, Rusya, Çin, Güney Afrika, Tayland, Pakistan)Eskişehir Arçelik Buzdolabı Fabrikası 1973 yılından beri Eskişehir Organize Sanayi Bölgesinde buzdolabı üretimini sürdürmektedir. Yaklaşık 3500 çalışanı bulunan Eskişehir Arçelik Buzdolabı Fabrikasının günlük üretim kapasitesi 15.000 buzdolabı olup vardiya başına yaklaşık 5.000 buzdolabı üretmektedir. Eskişehir Arçelik Buzdolabı fabrikası, üretim hacmi en büyük olan Arçelik fabrikasıdır ve dünyanın tek çatı altında buzdolabı üretimi yapabilen tek fabrikasıdır. Fabrikada; çeşitli boyut, tip, renk ve donanımda buzdolapları üretilmektedir. Geniş ürün yelpazesi nedeniyle fabrikada karışık üretim gerçekleştirilmektedir.

2. Projenin Tanımı

Arçelik Buzdolabı Üretim Fabrikasında üretim sistemi, plastik şekillendirme bölümünü, poliüretan üretimi alanını, gövde montaj hatlarını ve kapı üretim alanlarını içermektedir. Güncel sistemde, ürün boyutlarının çeşitliliği nedeniyle buzdolabı üretiminden sorumlu 5 farklı gövde montaj hattı ve 5 farklı kapı üretim alanı bulunmaktadır. Gövde montaj hatları ve kapı üretim alanları ayrılmış olup her bir gövde montaj hattını besleyen bir kapı üretim alanı mevcuttur. Gövde, montaj hattında; kapı ise kapı üretim hattında, üretilmektedir. Üretilen kapı ve gövdenin ilgili gövde montaj hattının sonuna aynı anda varması ve son montaj işleminin gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Montajı tamamlanan buzdolabı ürünleri depoya gönderilmektedir. Fabrikada üretimin mümkün olduğu kadar sürdürülebilir olması ve duraksama yaşanmaması amaçlanmıştır.

Ancak kapı üretim hattının planlanan aksine gövde montaj hatlarından geride kalması nedeniyle, yeni bir kapı üretim sistemi tasarlanması kararlaştırılmıştır. Kapı üretim sisteminin her bir kapı için harcanan ortalama süresinin enazlanması amaçlanmıştır. Sistem hem kaynak kullanımı hem de yerleşim planı üzerinden incelenmiş, şimdiki çizelgeleme tercihlerine en yakın olacak şekilde ortalama kapı üretim süresi kısaltılmaya çalışılmıştır.

3. Analiz

3.1 Mevcut sistem analizi

Arçelik Buzdolabı Üretim Fabrikasında belirtilen 5 gövde montaj hattı belirli bir üretim planına göre çalışmaktadır. Gövde montaj hatları için geçerli olan plan kapı üretim alanında bulunan ve ilgili montaj hattına atanmış 2'li drum setleri için de geçerlidir. Drum makinesinin görevi kapıların metal dış yüzeyi ile ve plastik iç yüzeyini birleştirmektir. Birleştirme işlemi, poliüretan diye bilinen, güçlü tutucu özelliği olan maddeyle gerçekleştirilir. Her drum makinesi, 8 adet kalıp haznesi barındırmaktadır. Bir kalıp haznesine, metal dış

yüzey, plastik iç yüzey aralarına poliüretan yerleştirilirken, diğer haznelerde metal ve plastik bileşen arasındaki poliüretanın pişme işlemi gerçekleşir. Poliüretanların pişme süresi, yani kapı üretiminin çevrim süresi üretilen kapının boyutlarına göre değişiklik gösterir. Her farklı kapı tipi için, bir kalıp tipi mevcuttur. Bir kapının üretilebilmesi için, ilgili ürünün kalıbının drum makinesinin haznelerinde kurulmuş olması gerekmektedir. Farklı kapı tiplerinin için yaklaşık 140 farklı kalıp bulunmaktadır. Günlük üretim planları farklı tipte kapılar içeren ürünlere sahip olduğu için, kalıp değişimi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Kalıp değişimleri için gerekli olan süre üretilen kapının boyutuna bağlıdır ve çevrim süresinden oldukça fazladır. Her bir üretim hattının dakika cinsinden çevrim ve kurulum süreleri Ek-1’de verilmiştir.

3.2 Semptom ve şikayetler

Kapı üretim alanında ortaya çıkan semptom ve şikayetler aşağıdaki gibi listelenebilir:

1. Kalıp değişimi nedeniyle üretimin sık sık durması,
2. Gövde üretim hattı ile kapı üretim hattının eşzamanlı çalışmaması,
3. İşçilerin eşit olmayan iş yükü dağılımları (bazı çalışanlar, zamana ve işçilere etkili bir şekilde daha fazla çaba göstermeleri gereken yoğun bir iş yüküne sahipken, diğerleri ürüne değer katmayan basit görevler üzerinde çalışmaları),
4. Ürün tipinin özelleştirilmesine bağlı olarak darboğazların ortaya çıkmasıdır. Bunun nedeni ise, farklı model tipleri için birçok çeşitte alt parça ve bileşenleri içermesidir.

1. Drum makinelerinin verimsiz konumlandırılması
2. Drum makinelerinin etrafında üretim süreci için gereken diğer istasyonlardan ortak şekilde yararlanılmayıp, her kapı üretim hattında bu makinelerin var olması ve tam kapasiteli kullanılmıyor olmasıdır.

3.4 Literatür taraması

Bu konuyu kapsayan iki ana başlığımız yerleşim planı ve drum atamalarıdır. Drum makinelerinde gerçekleşen kalıp değişim sürelerinin uzun olması, çevrim zamanlarının farklı olması verimsizliğe neden olmaktadır. Tesiste yer alan kapı yerleşim planında ise drum alanında çalışan işçilerin ve istasyonların kapasitesinin altında çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu iki sorunu çözümlemek için başvurduğumuz kaynaklardan biri Boysen v.d. (2009) tarafından kaleme alınan “Production planning of mixed-model assembly lines: overview and extension” makalesidir. Bu makalede ele alınan ürün ve makine eşleştirmelerde kullanılan matematiksel modeller, çözüm yöntemlerimizden biri olan sezgisel çözümlerinin alt yapısını oluşturmuştur. Makalede ele alınan çözüm yöntemlerinin hepsinin kullanılmaması ve sezgisel yöntem geliştirilmesinin temel sebebi makalede geçen sorunun çözüm metodunun Arçelik Buzdolabı Üretim Tesisindeki durumla örtüşmemesidir. Bu yaklaşım ile drum makinelerinin üretim çizelgeleri güncellenmiştir.

4. Önerilen Yöntembilim

4.1 Uygun yöntembilimin seçilmesi

Mevcut durumdan çok uzaklaşmadan, her bir kapı için gerekli ortalama çevrim süresinin azaltılması böylelikle son montaj hattında bekleyen gövde sayısının azaltılması bu projenin ana hedefidir. Literatürde en uygun sonuç elde edilmesini sağlayan çözüm yöntemleri tarandığında genel kanının problemin hedef programlama algoritması ve simpleks yöntemi kullanılarak bir doğrusal programlama yazılımına çözdürülmesini gerektirir. Sistemde atanacak drum, üretilecek model ve üretilecek zaman olarak 3 farklı indeks olması ve yaklaşık 140 farklı modelin varlığından dolayı doğrusal programlama ile en iyi sonucun bulunması çok zaman alacaktır. Modelin büyüklüğü ve her gün üretilecek modellerin değişmesinin getirdiği dinamiklik sebebiyle matematiksel programlamanın günlük hayatta uygulanabilecek bir yöntem olmayacağı gözlenmiştir. Ayrıca herhangi bir materyal takip sistemi ihtiyacı doğmaması için şimdiki çizelgeleme ve kaynak paylaşılmasından çok uzaklaşmayan bir yeniden çizelgeleme sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, kapı üretim sistemini daha hızlı ve verimli hale getirebilecek bir sezgisel algoritma geliştirilmiş, kodlanmış ve başparmak kuralına göre yerleşim planı değişiklikleri önerilmiştir.

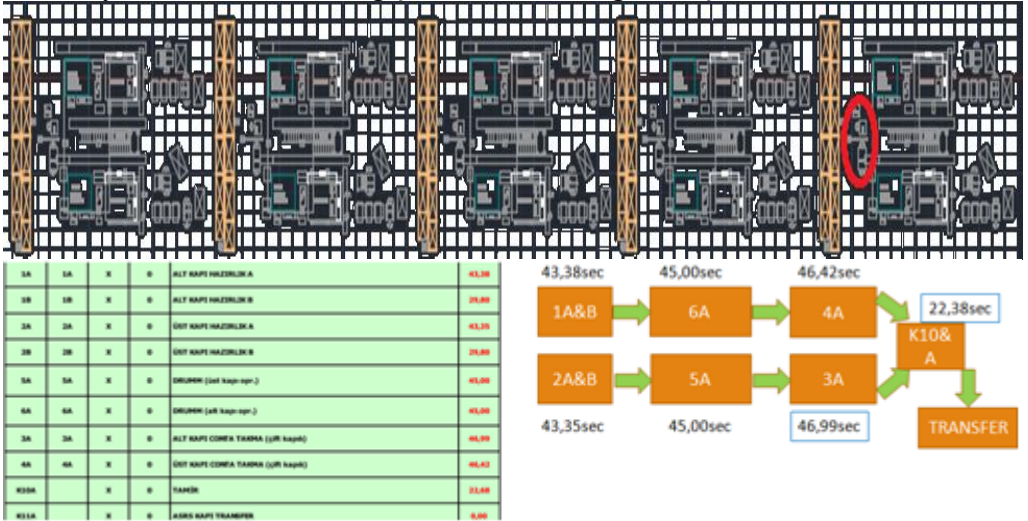
4.2.1 Sezgisel algoritma

Önerilen sistem, her bir drum için günlük üretim yüklerinin dengelenmesi böylelikle gövde üretim hattından geride kalan drum 2'li setlerinin ortadan kaldırılmasını hedeflemektedir. Sezgisel algoritma bilgisayar tabanlı olup dengesiz yüklemeleri dengelemek amacıyla çizelgede belirli değişiklikler önerir. Sezgisel algoritmanın ilham kaynağı geçmiş verilerden elde edilen kurulum zamanları ve günlük yük miktarlarındaki farktır. 2016 boyunca her aya göre her bir üretim hattındaki kurulum sayısı ve üretim yükü analizi Ek-2'de verilmiştir.

Programın işleyişi, aynı üretim hattına atanan ikili drum setlerinin günlük üretim yükünü süre bazında hesaplayarak başlar. Bu hesaplamadaki parametreler ürün modellerine göre değişen çevrim süreleri ve kurulum süreleridir. Üretim yükleri hesaplandıktan sonra en çok ve en az üretim yüküne sahip setler seçilir ve belirli setler arasında üretim yükü kaydırılarak, bu iki setin üretim yükleri eşitlenmeye çalışılır. Algoritma en az sayıda model kaydırma yapacak şekilde, uygun modeli üretim yükü en fazla olan setten en az olana kaydırmayı önerir. Güncellenen üretim yükleriyle beraber, her bir setin üretim yükünü tekrar hesaplar ve tekrar üretim yükleri en fazla ve en az olan setleri seçer. Aynı şekilde üretim yükü kaydırma işlemini önerir. Bu işlem drum setlerinin üretim açıklığı 20 dakika veya daha az olana kadar devam eder. Bu rakam elimizdeki Haziran ve Temmuz üretim planlarının bu algoritma ile denenmesi ile belirlenmiştir.

4.2.2. Yerleşke iyileştirmesi

Projemizde yerleşke planının iyileştirilmesi uygulaması, Arçelik Buzdolabı fabrikasında şu anda uygulanan yerleşke sistemindeki çalışanların, her bir drum makinesi etrafında yer alan istasyonların ve kullanılan süreç aletlerinin tam kapasiteli çalışmaması sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durum şirket çalışanları tarafından devamlı ifade edilmekle beraber proje üyelerimiz tarafından yapılan zaman etüdüyle de doğrulanmıştır. Yaptığımız çalışmalar sonucunda birçok noktada istasyonların %50 verimin bile altında kaldığının fark edilmesi bahsi geçen yerleşke iyileştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu durumun temel sebebinin şu anki sistemde her kapı üretim hattının tüm yardımcı istasyonları barındıran hücresel sistemde çalışması olması yeni yerleşke düzenini oluşturmamızda belirleyici rol oynamıştır. Bu amaçta ilk olarak her biri birebir aynı olan bir drum hücresinde birçok kez detaylı zaman etüdü yapıp buradaki istasyonların ortalama iş bitirim süreleri hesaplanmıştır. Daha sonra fabrika çalışanları tarafından aylık olarak uygulanan operasyonel çalışma çizelgeleri ile de bu bulgular doğrulanmıştır. Bundan sonraki adımda ise bu hücresel yerleşke planının istasyonların ortak kullanımına izin vererek akışsal bir yerleşke planına dönüştürülmesi için sezgisel yerleşke çalışmalarına geçilmiştir. Bu sezgisel çalışmalar istasyonel yerleşke düzeni iyileştirmesi ve genel yerleşke iyileştirmesi olarak iki planda ele alınması kararlaştırılmıştır. İstasyonel yerleşke düzenlemesi iyileştirmesinde genel yerleşke planının büyük bir değişikliğe gidilmeden sadece daha öncede belirlenen ve Şekil 1'de gösterilen 6 ana istasyonun tek tek verimliliğine bakılmış ve bu istasyonlarda yapılabilecek ve genel sisteme olumlu yönde etki edecek değişiklikler üzerine gidilmiştir.



Şekil 1. Altı ana istasyon ve bu istasyonlar arasındaki akış

Genel yerleşke iyileştirmesi kısmında ise daha önce belirtilen istasyonel çalışmaların bir araya getirilip ortaya tüm kapı üretim hatlarını içeren genel bir plan oluşturulması amaçlanmıştır. Bu iyileştirmeler dışında yerleşke iyileştirme olarak makine ataması sezgisel yöntemi sonucu oluşan çözümlenmeye uygun olarak da istasyonel iyileştirmelerden bağımsız olan bir yerleşim planı oluşturulması amaçlanmıştır. Bu çalışmalardaki yerleşkelerin alan ve uzunluk hesaplamaları, görsel sunum aracı olarak AutoCAD programından faydalanılmıştır.

5. Yöntembilimin Uygulanması

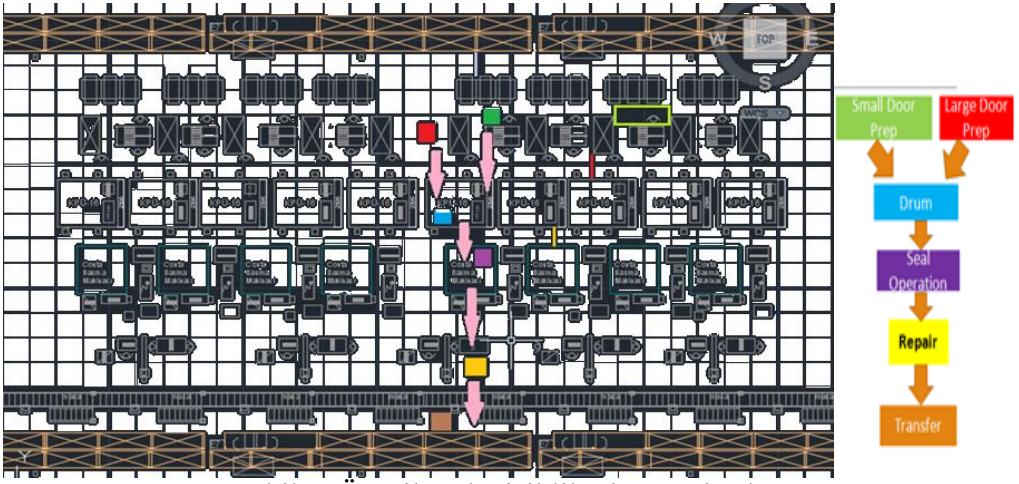
5.1 Sezgisel algoritmanın uygulanması

Sezgisel algoritma Excel VBA kodlama dilinde oluşturulmuş olup ilk girdi olarak aylık üretim planını alır. İkinci girdi ise hangi günün yeniden çizelgeleneyeceğidir. Bu bilgileri alan algoritma, mevcut duruma göre her bir drum setinin günlük üretim yükünü hesaplar ve önerilen değişikliklerin hangi modeller olduğunu aydınlatır ve bir mesaj kutusunda sergiler. Sistemin ara yüzü Ek-3'te gösterilmiştir.

Geçmiş verideki yaklaşık 60 gün ve rastgele oluşturulan 30 üretim planlarına uygulanan sezgisel algoritma sonuçlarına göre kapı üretim hattının vardiya başına ortalama %12,3 hızlandırılması başarılmıştır. Bu rakamın final montaj işleminin yapılacağı alanda kapı için bekleyen gövde sayısını da düşürmesi böylece fabrikadaki üretimin daha akışkan hale getirmesi bekleniyor.

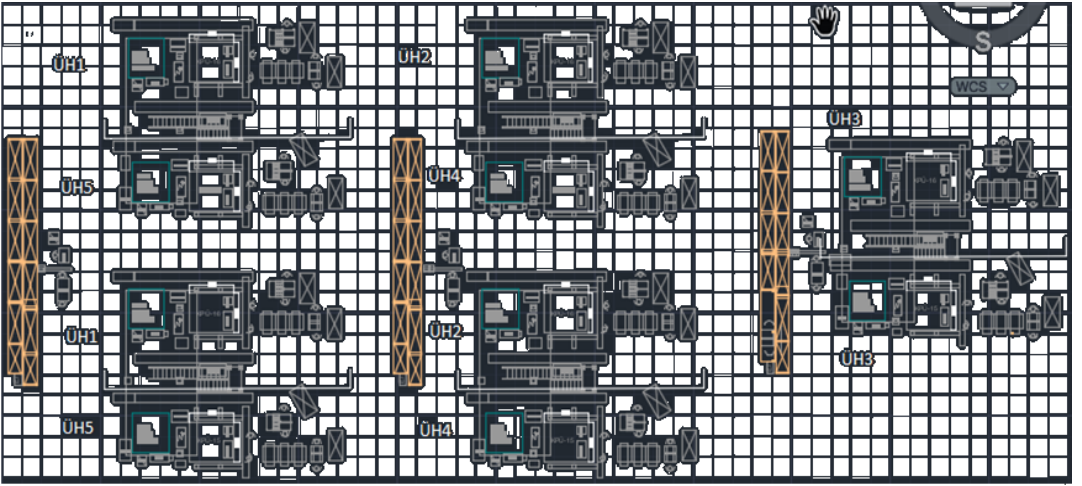
5.2.2. Yerleşke iyileştirmesi uygulaması

Önerilen istasyonel iyileştirme hususunda üç istasyonda belirgin iyileştirme kaydedilmiştir. Bu istasyonlar onarım, conta monte ve küçük kapı hazırlama noktalarıdır. Bu noktalarda on adet olan onarım istasyonu beşe, on adet olan conta monte bölgesi dokuza ve on adet olan küçük kapı onarım bölgesi dokuza süreç tamamlama süresinde bir kayba uğramadan düşürülebilmüş ve bu da genel yerleşke önergesindeki sunum ögesinden belirtilen şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 2. Önerilen değişiklik planı ve iş akışı

Bu düzenlemeler sonucu ortaya çıkan istasyon dağılımı ve paylaşımı ve süreçler arası tutarlılık önerge yöntem biliminde belirtilen operasyonel çizelgeler kullanılarak kontrol edilmiştir. Genel yerleşke iyileştirmesi önerisindeki istasyon dizilimleri yapılırken, şirket tarafından belirlenen fabrika kısıtlamaları da plana yansıtılmıştır. Bu kısıtlamalara örnek olarak forklift aracına ayrılması gereken yol geçiş alanı ve işçiler için belirlenen minimum çalışma alanı örnek olarak verilebilir. Şekil 2’de gösterilen uygulama sonucu elde edilen iyileştirme ölçütleri iki başlık altından incelenebilir. Birinci olarak, yapılan yerleşke değişikliğinin sistemde çalışan 83 işçiden dokuzunun istasyonlarının sistemden kaldırılması sonucu başka operasyonlara kaydırılmasına olanak sağladığı görülmüştür. İkinci olarak ise toplamda 2893 m² olan kapı üretim hattı alanı 1575 m²’ye kadar indirilip alan kazanımı sağlanmıştır. Genel yerleşke iyileştirmesinin son ve en önemli avantajı ise birçok istasyonel yerleşke iyileştirmesinin toplamından meydana gelmesidir. Buda, firmaya istek doğrultusunda bu iyileştirmeleri genel sistemi bozmadan tek başlarına ekleme esnekliğini kazandırmıştır. Son olarak firmaya sezgisel makine ataması yöntemiyle elde edilen bulgulara bağlantılı olarak üretim hatlarının yerlerini tekrar düzenleyen bir yerleşke önergesi de sunulmuştur. Bu önergede başlıca gözetilen faktör sezgisel yöntem sonucu fark edilen ve aralarında belli iş yükü farkı bulunan hatların bu farklarının dengelenmesi olmuştur. Önerilen yerleşim planı Şekil 3’te görülebilir.



Şekil 3. Sezgisel algoritmanın sonuçlarına paralel önerilen yerleşim planı

6. Uygulama Planı

Yapılan projedeki sezgisel algoritmaya göre uygulama planı şu şekildedir:

- Öncelikle tarafımızdan belirlenen örnek günlük üretim planları üzerinde testler alınmıştır.
- Sonra elimizde bulunan Temmuz ve Haziran üretim planlarındaki her bir gün için uygulama çalıştırılmış ve çıkan çizelgeler kontrol edilmiştir.
- Son olarak şirket değişiklikler ve testlerin ardından, şirket yetkililerin onayı alınarak şirkette uygulamalara başlanılacaktır.

Yapılan projedeki yerleşim planı için önerilen değişikliklerin uygulama planı şu şekildedir:

- Önerilen üç farklı yerleşim planı değişikliği için de maliyet hesaplanmıştır. Bu maliyet hesaplandırılması sonucu iki önerinin yatırım gerektirdiği bir tanesinin ise neredeyse maliyetsiz olarak gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Maliyetsiz olan değişikliğin çok kısa zamanda fabrikada deneneceği söylenmiştir.

7.Genel Değerlendirme

Projenin ilk aşamasından itibaren yapılan fabrika ziyaretleri, görüşmeler, incelemeler ve analizlerde istenilen ve beklenenlerin aşağıdaki gibi olduğu anlaşılmıştır.

- Bir arayüz oluşturularak üretim hatlarındaki yük dengelemesi yaparak kapı ve gövdenin eş zamanlı üretilip montaj edilmesi ve birikimin en aza indirgenmesi.
- Yerleşke planlamasındaki ara ürünlerin taşınmasında ve montajlarındaki zaman kaybını yerleşke planı yaparak en aza indirmek.

Bu kriterler göz önüne alınarak geliştirilen arayüz programının test aşamasına Mart ayının sonlarında başlanmış ve eski aylardaki veriler kullanılarak sezgisel yöntem doğrulanmıştır. Yapılan test uygulamaları ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Atamalar için gerekli olan üretim adedi ve günlük kapasite verileri arayüze girilerek üretim hatlarında orantılı bir dağılım yapılmıştır.
- Yerleşke planındaki değişiklikler sayesinde, alandaki fazla iş yükü farklı birimlere aktarılıp, taşınması zaman alan üretim parçalarının yerleri değiştirilerek uygun bir plan hazırlanmıştır. Böylelikle üretim kapasitesi ve verim artırılmıştır.

Oluşturulan iki çözümün sürdürülebilirliği göze alınarak çözümlere ekleme yapma olanağı mümkündür. Uygulanan programın yıllık verilere dayandırılması programın işleyişi açısından daha verimli olacaktır.

KAYNAKÇA

Winston, W. L., Venkataramanan, M. A., Goldberg, J. B. (2003). "Introduction to mathematical programming", 4th ed. Pacific Grove, Thomson/Brooks/Cole. Boysen, Nils, Malte Fliedner, and Armin Scholl. "Production planning of mixed-model assembly lines: overview and extensions." *Production Planning and Control* 20.5 (2009): 455-471.

Arçelik A.Ş., accessed at http://www.arcelikas.com/UserFiles/file/Arcelik_2017%203%C3%87%20Sonu%C3%A7lar.pdf as May 2, 2018

EKLER

Ek 1. Dakika Cinsinden Üretim Hatlarına Göre Değişen Kurulum ve Çevrim Süreleri

	Kurulum	Çevrim
UH1	48	0,52
UH2	51	0,72
UH3	56	0,65
UH4	57	0,72
UH5	62	0,83

Ek 2. Kurulumla Harcanan Süre ve Net Çalışma Saati Oranının Üretim Hatlarına Göre Farkı

Üretim Hattı	Kurulum Süreleri	Çevrim Süreleri	Ortalama Günlük Kurulum Sayıları	Günlük Ortalama Talep Miktarları	Ortalama Vardiya Sayısı	Vardiya Başına Ortalama Talep	Kurulum İçin Harcanan Süre	Net Üretim Saati	I/J
UH 1	48	0,52	2,8	2919	2,7	1099	134,4	960	0,140016
UH 2	51	0,72	2,96	1835	2,9	637	150,96	1.041	0,144958
UH 3	56	0,65	3,9	1961	2,8	689	218,4	1.029	0,212348
UH 4	57	0,72	2,4	1336	1,9	696	136,8	693	0,197344
UH 5	62	0,83	3,56	1650	2,8	580	220,72	1.029	0,214604

Ek 3. Sezgisel Algoritmanın Arayüzü

The screenshot displays the user interface for the heuristic algorithm. It consists of three main parts:

- Data Table (Left):** A table with columns A through V, containing production line details and scheduling data.
- User Date Dialog (Center):** A window titled "User date" with the instruction "Insert date in format dd.mm.yy". The date "01.06.2017" is entered in the text field. Buttons for "OK" and "Cancel" are present.
- Gantt Chart (Right):** A detailed production schedule with columns for days of the week (10-19) and rows for production lines (UH1 to UH5). It includes labels for "Setup", "Cycle time", and "Machin Layer". A "GLT İHL SCHEDULE" box and an "EXIT" button are also visible.

Hayat Sigortalarında Müşteri Tutundurma Oranının Eniyilenmesi

AvivaSA Hayat ve Emeklilik A.Ş.



Proje Ekibi

Recep Yusuf Bekci, Nazif Utku Demiröz, Ahmet Faruk Güler, Ekin Gülüm,
Osman Kadir Köşker, Betül Buket Özdemir

Şirket Danışmanı

Zeynep Aslı Dinç

Stratejik Portföy Yönetimi Birim
Yöneticisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Ülkü Gürler

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

AvivaSA kredili yıllık hayat ve ferdi kaza sigortaları poliçelerinde yüksek çıkış oranlarından dolayı şirketin kârlılığı olumsuz yönden etkilenmektedir. Projenin amacı müşterilerin poliçe bazlı çıkış oranlarının tahmin edilip gerekli aksiyonların belirlenmesidir. Şirketin veri tabanı kullanılarak kümeleme metodu üzerinde çalışılmış, sınıflandırılmış müşteriler için lineer regresyon, karar ağacı ve sinir ağları yöntemleri uygulanarak müşteri çıkış oranları tahmin edilmiştir. Bunun yanı sıra, çıkış oranları belirlenen müşteri kümeleri için poliçe bazlı tutundurma aksiyonları kullanılmış ve matematiksel model kullanılarak her küme için en iyi aksiyon belirleyen bir kullanıcı dostu ara yüz tasarlanmıştır. Projenin sonucu olarak, firmanın sigorta poliçelerinde müşteri tutundurma oranını artıran bir karar destek sistemi sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: data analizi, hayat sigortası, tutundurma

1. Şirket Tanıtımı

AvivaSA 2007 yılında Hacı Ömer Sabancı Holding A.Ş. ve sigortacılıkta üç yüzyıldan fazla deneyimi olan İngiliz sigorta şirketi Aviva'nın eşit ortaklığıyla kurulmuştur. Bugün, AvivaSA sigortacılık sektöründe ve Bireysel Emeklilik Sistemi'nde lider konumdadır.

Yaklaşık 1500 kişiye istidam sağlayan şirket BES fon büyüklüğünde sektör lideri olup pazar payı 19,3% civarındadır. Toplamda 118 milyon lira ödenmiş sermayesi bulunan şirket 2,1 milyondan fazla müşteriye sahiptir.

2. Problem Tanımı ve Sistem Analizi

2.1. Problem Tanımı

AvivaSA bahsedildiği üzere sigortacılık sektöründe lider olmasına rağmen, şirket hayat sigortasında Pazar payı açısından rakiplerinin gerisinde kalmaktadır. Hayat sigortalarının diğer sigortacılık ürünlerine göre daha kârlı bir ürün olması bu ürünü satın alan müşteri sayısını artırmak veya alanları şirkette tutmak büyük önem arz ediyor.

Şirketin hayat sigortaları satışında en önemli müşteri kaynağı bankalar olmakla birlikte hayat sigortalarının yaklaşık 70% i bu yolla şirkete kazandırılmaktadır. Bankadan kredi alabilmek için hayat sigortası alan müşteriler bu poliçelerde uzun süre kalmamakta ve poliçelerini sene sonunda iptal ettirmektedirler.

Bazı poliçelerdeki yaş sınırlamaları, müşterilerin şirketle yaşadığı birtakım sorunlar, müşterinin ekonomik durumu ve sektördeki diğer firmaların rekabetçi poliçeleri müşterilerin çıkış yapmasına sebep olan diğer faktörler olarak gösterilebilir.

Yukarıda açıklanan ve müşterini çıkışına sebep olan faktörler yenileme yapılan poliçe sayısında azalmaya sebep olmaktadır. Sonuç olarak, şirketin toplam gelirleri azalmaktadır.

2.2. Proje Amaçları

AvivaSA müşteri tutundurma oranlarını arttırarak kâr oranlarını arttırmayı hedeflemektedir. Bu sebeple hayat sigortalarında artırılan müşteri tutundurma oranı bu projeyi değerlendirirken en önemli kriterimiz olacaktır. Geçmiş verileri inceleyerek müşterilerin çıkış yapma olasılıklarını bulmak ve bu ihtimallere göre müşterileri şirkette tutmamızı sağlayacak uygun aksiyonlar almak bu projedeki temel amacımız.

2.3. Kaynak Taraması

Rygielski et al. Müşteri sadakatini ve çıkış davranışlarını analiz etmek için nöral ağları ve Chi-kare otomatikleştirilmiş etkileşim bulma tekniklerini kullanmaktadır. Bu iki teknik Vaka araştırması kısmında karşılaştırılmaktadır. Müşteri ilişki yönetiminin arttırılması gerekliliğinden bahsetmektedir. AvivaSA CRm yazılımını yakın zamanda kullanmaya başlamayı planlamaktadır. Ancak, bizim CRM verisini kullanma fırsatımız olmayacaktır.

Rygielski et al.'da müşteri ilişki yönetimi için 3 ana faktör vardır: müşterileri tanımlayan özet tablolar, müşteri anketleri ve webden, kredi kartından vs. toplanan veriler. Dış kaynaklardan gelen veriler anahtar kaynak olarak bahsedilmiştir. Ayrıca bu makalede müşteri skorlamasından bahsedilmiştir ki biz de bu skorlamayı AvivaSA projemizde müşterilerin bazı özelliklerini baz alarak kullanacağız.

Larivière and Poel'de de müşteri ilişki yönetiminin öneminden bahsedilmektedir. Bu makalede Random forest tekniği kullanılmıştır. Belirli rün sahipliği, banka işlemleri verisi ve toplam sahip olunan ürünler gibi geçmiş müşteri davranışlarını incelemiştir. Müşteri demografileri yaş, cinsiyet, jeolojik lokasyon ve geo-demografik datalarından oluşmaktadır. Bu makalede değişkenler satıcı tarafından satılan toplam ürün, satıcının servis verdiği toplam müşteri sayısı ve satış çeşitleri gibi araçlardan oluşmaktadır. Bu özellikler bizim projemizle benzerlikler taşımaktadır. Sorunumuz Akbank kanalından satılan ürünlerle sınırlandırılmıştır. Bu yüzden satıcı ile müşteri arasındaki ilişkiyi analiz etmek önemlidir. Bulunanlar bölümünde, Larivière and Poel random forest tekniğini lojistik regresyonla karşılaştırmıştır.

Rao et al müşteri tutundurmaya sağlık sigorta endüstrisinde incelemiştir. Müşteri davranışlarını sabit, hareketli ve dalgalı olarak üçe ayırmışlardır. Müşteri davranışları bizim projemizle benzerlik göstermese de müşteri segmentasyonunda bize örnek olmuştur. Bu makalede k-en yakın komşu algoritmasını kullanmışlardır.

Keiningham et al müşterilerin sadakat metriklerini ve memnuniyetlerini ve bunların müşteri tutundurmaya ilişkisini incelemiştir. Metodolojileri hipotezlere bağlıdır. Makalede Chi-kare testlerini kullanmışlardır.

2.4. Data Yorumlaması

Poliçelerden çıkacak müşterileri tahmin edecek bir karar destek sistemi sunabilmek için şirketten müşterilerin özelliklerini içeren veri talep edildi. Şirket tarafından sağlanan bu veri müşterilerin yaş, medeni durum, poliçeyi aldığı şehir, şirketten ilk satın aldığı ürün, son 5 yıldaki aksiyonları gibi birçok bilgi içeriyor.

Bu veriler şirketin veri tabanından çekildi. Dolayısıyla, bu veriler farklı tablolar içeriyordu. Bütün tablolar müşteri ID si anahtar değişken olarak kullanılarak tek tabloda birleştirilmeye çalışıldı. Ancak her tablo kendi içinde yaklaşık 20 milyon satır içerdiğinden R programı bunu başaramadı. R programı hepsini tek tabloda birleştiremediğinden dolayı alakasız görünen veri satırları silindi. Dolayısıyla, aynı müşteri için girilen bir den fazla veriyi temizlemek adına veri temizleme işlemleri yapıldı. Ayrıca N/A içeren satırlar bilgi sağlamadığından dolayı silindi.

Aldığımız veri grupları içinde en önemli ve kullanışlı olanları poliçe kontratları ve finansal tahsilatla ilgili olanlardı. Bu veri grupları sırasıyla 34 ve

20 sütun veri içeriyordu. Ancak, bütün verileri projemizde kullanmadık. Çıkış oranlarını tahmin ederken müşterilerin satın aldığı ilk ürünün önemli olduğunu düşündüğümüzden dolayı müşterilerin şirketten satın aldığı ilk ürünler bulundu. Çapraz satış tekniğinin pazarlama açısından önemli olduğunu kabul ettiğimiz için ilk ürün verisinin yanında müşterilerin şirketten satın aldığı ürün sayısı da hesaplandı. Bunun yanında, müşterilerin poliçelerinin başlangıç tarihiyle alakalı bir bilgi bulunamadığından dolayı bu tarih poliçenin satın alındığı tarih olarak kabul edildi. Bunlara ek olarak, poliçenin poliçe sahibi ya da başkası tarafından satın alınıp alınmadığının çıkış oranları üzerinde önemli olduğunu düşündüğümüzden iki elemanlı bir sütun ekleyerek bu sütunda poliçenin ürün sahibi tarafından alınıp alınmadığının verisi bulundu.

Bütün bu veri temizleme ve düzenleme işlemlerinden sonra ileriki aşamalarda kullanılacak sütunlar ve bu sütunların özelliklerini ortaya çıkardık. Bu sütunların bir kısmı eklerde belirtilmiştir.

3. Sistem Tasarımı

3.1. İstatiksel Model

İstatistiksel modellerden birisi lojistik regresyonla R programında diğeryse karar ağacı kullanılarak RapidMinor programında oluşturuldu. İki farklı istatistiksel model oluşturulmasının sebebi bu modellerinin karşılaştırılması ve sonunda daha doğru sonuçlar elde edilme amacıdır. Bunun da ötesinde, farklı ürün türleri için farklı istatistiksel modeller geliştirildi. Bu modeller AvivaSA ile değerlendirilecek ve şirket bu modellerden birini seçerek bize bildirecek. Oluşturulan modellere göre, önemli görülen özellikler bulundu ve bu özelliklere, pazarlama tekniklerine göre, aksiyonlar belirlendi.

İstatistiksel modelin çıktıları bulunduğu, bu sonuçlar matematiksel modelimizin girdileri olarak kullanılacak. Sistemimizin parçaları Ferdi Kaza Sigortası, Kredili Yıllık Hayat Sigortası ve şirketin müşterileri. Sistemi ikiye bölecek olursak ilk kısım istatistiksel modelden ikinci kısım ise matematiksel modelden oluşmaktadır.

Elimizdeki veriyi inceleyerek çıkış oranlarını etkileyen önemli özellikleri bulmamıza rağmen müşterilerin davranışlarını etkileyen ve istatistiksel modelde somut olarak gösterilemeyen birtakım faktörler de bulunmaktadır. Örnek vermek gerekirse, müşterilerin poliçeyi aldığı ya da çıkış yaptığı süreçteki psikolojisi ölçülemeyen ancak bu kararları etkileyen önemli bir faktör. Elimizde müşterilerin psikolojik özellikleriyle alakalı bir bilgi olmadığından bu faktörle alakalı bir istatistik model oluşturamadık.

3.1.1. Lojistik Regresyon

Lojistik regresyon modeli müşterilerin çıkma olasılığını hesaplamak amacıyla kullanıldı. Elimizdeki veri grubu R programında 21.502.127 satırdan oluşuyor. Ferdi kaza sigortası ve hayat sigortası için farklı iki modeller

oluşturuldu. Bunun yapılmasının sebebi ise iki ürün türünün farklı çıkış davranışları barındırabilme ihtimaliydi.

Çıkış kararını etkileyen özellikleri belirledikten sonra LRT testleri uyguladık ve modellerin p-değerlerini kontrol ettik. Bunu yaparak önemli açıklayıcı değişkenler belirlendi ve istatistiksel modeller tamamlandı. Önemli görülen özellikler ödeme türü, ödeme periyodu, ödeme miktarı, müşterinin ilk ürünü ve sahip olunan ürün sayısıdır. Kaza sigortası özelinde ise yenileme sayısı çıkış oranları üzerinde belirleyici etken olarak bulundu. Hayat sigortası özelindeyse müşterinin yaşadığı şehir önemli bir özellik olarak karşımıza çıkıyor.

Kaza Sigortaları için Oluşturulan Lojistik Regresyon Modeli

Kaza sigortasının bağımlı ve açıklayıcı değişkenleri aşağıdadır:

- Çıkış bağımlı bir değişkendir ve değeri sayısal bir ifadedir. Müşterinin çıkış davranışını temsil eder.
- Ödeme türü açıklayıcı bir değişkendir ve değeri tam sayıdır ve müşterinin nasıl ödeme yaptığını ifade eder.
- Ödeme periyodu açıklayıcı değişken olmakla birlikte değeri tam sayıdır. Ödeme sıklığını temsil eder.
- İnternet işlemleri açıklayıcı değişkendir ve 15 seviyeli bir faktöre sahiptir. Müşterinin internet hesabında yaptığı işlemleri gösterir.
- Arama açıklayıcı değişkendir ve 4 seviyeli bir faktöre sahiptir. Müşterinin çağrı merkezini arama sebebini ifade eder.
- İlk Ürün açıklayıcı bir değişken olmakla birlikte 53 faktöre sahiptir. Müşterinin şirketten aldığı ilk ürünü temsil eder.
- Ödeme miktarı açıklayıcı bir değişkendir ve değeri sayısal bir ifadedir. Periyot başına yapılan ödeme miktarını gösterir.
- Yenileme açıklayıcı bir değişkendir ve değeri tam sayıdır. Toplam yenileme sayısını ifade eder.
- Ürün sayısı açıklayıcı değişkendir ve değeri tam sayıdır. Müşterinin sahip olduğu ürün sayısını gösterir.

Tutturulmuş model:

$$\ln \left(\frac{p(X_{exit})}{1-p(X_{exit})} \right) = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \beta_5 E + \beta_6 F$$

Bu model ayrıca şu şekilde de yazılabilir:

$$p(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \beta_5 E + \beta_6 F}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \beta_5 E + \beta_6 F}}$$

$p(x)$: Ödeme tipi A, ödeme periyodu B, ödeme tutarı C, ilk ürünü D, yenileme sayısı E, ürün sayısı F olan müşterinin çıkış yapma olasılığı

β_0 : kesen katsayısı

β_1 : ödeme türü katsayısı

β_2 : ödeme periyodu katsayısı

β_3 : ödeme tutarı katsayısı

β_4 : ilk ürün katsayısı

β_5 : yenileme türü katsayısı

β_6 : ürün sayısı katsayısı

Çapraz geçerlilik ölçütü, tutturulmuş model ile uygulandı ve genelleşmiş hata oranı 11.3% olarak bulundu. Buna ek olarak, kümeleyecinin etkinliğini ölçmek için sensitivite kontrol edildi. Sensitivite tablosu aşağıdaki gibidir:

Tablo 1. Ferdi Kaza Sigortası için Sensitivite Tablosu

Tahmin/Gözlemlenen	Yanlış	Doğru
Yanlış	0.96520619	0.03479381
Doğru	0.36006547	0.63993453

Hayat sigortaları için hazırlanan regresyon modelinde kaza sigortalarında belirtilen katsayılara ek olarak müşterinin yaşadığı şehri belirten katsayı da eklenmiştir.

- Şehir açıklayıcı bir değişkendir ve 81 seviye faktöre sahiptir. Müşterinin poliçeyi satın aldığı şehri plaka numarasıyla temsil eder.

Tutturulmuş model:

$$\ln\left(\frac{p(X_{\text{err}})}{1-p(X_{\text{err}})}\right) = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \beta_5 E + \beta_6 F + \beta_7 G$$

Bu

model ayrıca şu şekilde de yazılabilir:

$$p(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \beta_5 E + \beta_6 F + \beta_7 G}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \beta_5 E + \beta_6 F + \beta_7 G}}$$

$p(x)$: Ödeme tipi A, ödeme periyodu B, ödeme tutarı C, ilk ürünü D, yenileme sayısı E, ürün sayısı F, yaşadığı şehir G olan müşterinin çıkış yapma olasılığı

β_0 : kesen katsayısı

β_1 : ödeme türü katsayısı

β_2 : ödeme periyodu katsayısı

β_3 : ödeme tutarı katsayısı

β_4 : ilk ürün katsayısı

β_5 : yenileme türü katsayısı

β_6 : ürün sayısı katsayısı

β_7 : yaşadığı şehrin katsayısı

Çapraz geçerlilik ölçütü, tutturulmuş model ile uygulandı ve genelleşmiş hata oranı 11.3% olarak bulundu. Buna ek olarak, kümeleyecinin etkinliğini ölçmek için sensitivite kontrol edildi. Sensitivite tablosu aşağıdaki gibidir:

Tablo 2. Hayat Sigortaları için Sensitivite Tablosu

Tahmin/Gözlemlenen	Yanlış	Doğru
Yanlış	0.96907216	0.03092784
Doğru	0.30114566	0.69885434

3.1.2. Karar Ağacı

Şirket karar ağacı kullanmamızı tavsiye etti ve sebep olarak müşterinin poliçesini yenilemeye sevk edecek özelliklerin daha net görülebileceğini gösterdiler.

İlk olarak, kullanışlı olabilecek iki terimli özellikler oluşturuldu. Her özelliğin çıkış oranları üzerindeki etkisi pivot tablo kullanılarak analiz edildi. Bazı özelliklerin iptal etme oranıyla ilgisi olduğu bulundu ve bu özellikler karar ağacı oluşturulurken kullanıldı. Bu özellikler adres türü, müşterinin BES poliçesinin olup olmaması, ek bir sigorta poliçesinin olup olmaması, çağrı merkezi aramaları, ilk ürün, medeni durum, ödeme türü, yenileme, satış kanalı kodu, poliçenin kim tarafından satın alındığı, ürün türü ve yaştır.

Aşağıdaki tablolardaki sensitive ve belirlilik değerleri RapidMiner kullanılarak bulundu:

Tablo 3. Ferdi Kaza Sigortalarında Sensitivite ve Belirlilik Tablosu

	Doğru	Doğru	Sınıf Kesinliği
Doğru Tahmin	1,217,603	21,937	98.23%
Yanlış Tahmin	58,445	129,166	68.85%
Sınıf İptali	95.42%	85.48%	

Doğruluk: 94.37%

Tablo 4. Yıllık Hayat Sigortalarında Sensitivite ve Belirlilik Tablosu

	Doğru	Doğru	Sınıf Kesinliği
Doğru Tahmin	1,207,906	15,011	98.77%
Yanlış Tahmin	59,049	144,511	70.99%
Sınıf İptali	95.34%	90.59%	

Doğruluk: 94.81%

Karar ağacını analiz ettikten sonra poliçelerini yenileyecek müşteriler hakkında bazı çıkarımlarda bulduk. Poliçesini en az 2 yıl yenileyen müşterilerin bir yıl daha yenileme eğiliminde olduğunu gördük. Dolayısıyla, müşterileri yeni ve eski müşteriler olarak sınıflandırmak mantıklı göründü. Başka bir sınıflama yöntemi ise ürün türlerine göre yapılabilir.

Lojistik regresyonu kullandıktan sonra müşterilerin çıkış yapmasını önlemek için birtakım aksiyonlar üzerinde karar kıldık. Bunlardan bazıları:

- Yenileme yapacak müşterilere 10% indirim önermek
- Akrabasını ya da arkadaşını getirene 5% indirim
- Müşterilere doğum günü mesajları, kartları göndermek
- Müşteri eğer 2 yıl poliçede kalma sözü verirse 4 ay yerine 3 ayın ücretini ödemesi
- Müşterilerin çocukları için poliçelerde (Sürekli Eğitim Sigortası) 50% indirim
- 1 yıl daha kalma sözü veren bazı müşterilere uçak bileti
- Yenileme yapacak müşterilere hediye çeki verilmesi

3.2. Olursa Ne Olur Analizi

Farklı senaryolar için olursa ne olur analizi yapıldı. Her senaryoda bütçe değiştirildi ve olası etkileri analiz edildi

Tablo 5. Ferdi Kaza Sigortası Olursa Ne Olur Analizi

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Bütçe	3,000,000	2,000,000	1,000,000	750,000	500,000
Amaç Fonksiyonu	0.0745	0.0719	0.0676	0.0559	0.0436
Kâr	1,944,383	2,793,345	3,536,796	4,021,166	2,946,001

Tablo 6. Kredili Yıllık Hayat Sigortası Olursa Ne Olur Analizi

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7
Bütçe	6,000,000	5,000,000	4,000,000	2,000,000	1,000,000	750,000	500,000
Amaç Fonksiyonu	0.0630	0.0620	0.0598	0.0527	0.4820	0.0471	0.0460
Kâr	551,889	155,917	-695,063	61,532	1,279,870	1,584,454	1,889,039

4. Şirket Kazanımları ve Uygulama Planı

4.1. Şirket Kazanımları

Yıllık Kredili Hayat sigortaları ve Ferdi Kaza Sigortalarındaki müşteri kaybı AvivaSA'nın olası gelir kazançlarını engelliyor. Bu iki ürüne odaklanmamızın sebebi müşteri kaybı oranlarının yüksek ve bu poliçeye sahip müşteri sayısının yüksek olmasıydı. Bu projenin amacı tutundurma oranlarını yükselterek şirkete kazanç sağlamaktır. Çıkma oranları tahmin edilen müşterilere uygulanacak stratejik pazarlama aksiyonlarıyla odaklandığımız iki ürünlerdeki müşteri erime oranları düşecek ve bu şirketin kazançlarını yükseltecektir.

Tutundurma oranlarının yükseltilmesi dışında önerdiğimiz aksiyonlar şirket ve müşteri arasındaki ilişkiyi güçlendirecektir. Bu yolla, aldığı hizmetten memnun olan müşteriler AvivaSA'yı çevresindeki insanlara önerecektir.

Projenin sonunda, şirkete kullanıcı ara yüzü geliştirilmesi planlanmaktadır. Şirket bunu kullanarak müşterinin bilgilerine, çıkış yapma ihtimallerine ve alınabilecek olası aksiyonlara kolaylıkla ulaşacaktır.

4.2. Uygulama Planı

Önerilen sistemin uygulanması üç aşamada olacaktır. Birinci aşamada, AvivaSA oluşturduğumuz istatistiksel ve matematiksel modellerimiz test edecektir. Şirketin onayı alındıktan sonra modeli AvivaSA'nın sağlayacağı test verilerini inceleyeceğiz. Son olarak, saha testi AvivaSA'dan Gencay Yeşil'in yardımıyla yapılacaktır. Yüksek çıkış oranı bulduğumuz müşterilere matematiksel modele göre uygun bulunan birtakım aksiyonlar sunulacak ve müşterilerin davranışları gözlemlenecektir.

Modellerin kesin sonuç verebilmesi için modellerin test edilmesi çok uzun süre alacaktır. Şu anki plana göre şirket saha testi için 5 gün ayırmış durumdadır.

Güncel sistemle önerilen çözüm yollarını karşılaştırmanın en iyi yolu şu an 30% civarında olan tutundurma oranıdır. Çözümler uygulandıktan sonraki tutundurma oranı saha testinin sonuçlarına göre belirlenecektir. Ayrıca, istatistiksel modelin hata oranı da performans ölçümü olarak kullanılacaktır.

KAYNAKÇA

Keiningham, Timothy L., et al. "The value of different customer satisfaction and loyalty metrics in predicting customer retention, recommendation, and share-of-wallet." *Managing Service Quality: An International Journal* 17.4 (2007): 361-384.

Larivière, Bart, and Dirk Van den Poel. "Predicting customer retention and profitability by using random forests and regression forests techniques." *Expert Systems with Applications* 29.2(2005):472-484.

Rygielski, Chris, Jyun-Cheng Wang, and David C. Yen. "Data mining techniques for customer relationship management." *Technology in society* 24.4 (2002): 483-502.

"Sektör Bülteni Hayat Sigortası." *Aegon*, Aegon Emeklilik ve Hayat, info.aegon.com.tr/aegonbilgiportali/uploadedfiles/2017.11.14.11.11_2017_Eylul_Ayi_Hayat_Sigortalari_Sektor_Bulteni_BP.pdf.

Sree Hari Rao, V., and Murthy V. Jonnalagedda. "Insurance Dynamics—A Data Mining Approach for Customer Retention in Health Care Insurance Industry." *Cybernetics and Information Technologies* 12.1 (2012): 49-60.

“Statistics / OECD Insurance Statistics / Gross claims payments.” *Gross claims payments - OECD Insurance Statistics - OECD iLibrary*, OECD, 1993, www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/data/oecd-insurance-statistics/gross-claims-payments_data-00328-en?isPartOf=%2Fcontent%2Fdatacollection%2Fins-data-en.

“Türkiye'de Sigortacılık.” *TSB*, Türkiye Sigorta Birliği, www.tsb.org.tr/turkiyede-sigortacilik.aspx?pageID=439.

EKLER

Ek 1. Sütunların İsimleri ve Özellikleri

Sütun İsmi	Açıklaması
Unique Policy	Bir müşteriye ait olan poliçe sayısı
ID	Müşteri ID si
Renewal	Müşterinin poliçesini yenileme sayısı
Endorsement	Müşterinin önemli aksiyon alma sayısı
Prefix	Poliçe tipini belirlemek için kullanılan özel bir kod
Issue Date	Müşterinin aksiyon aldığı tarih
Last Status	Son statüyü gösteren sütun
Tur	Müşterinin seçtiği sigorta planı gösteren sütun
OtoKatilim	Müşterinin sisteme otomatik girdiğini gösteren sütun
Iptal	Müşterinin sistemde olup olmadığını gösteren sütun
City	Müşterinin şehri
Number of Products	Müşterinin sahip olduğu ürün sayısı
İlk Urun	Müşterinin satın aldığı ilk ürün
Cins	Müşterinin cinsiyeti
Medeni	Müşterinin medeni durumu
Doğum	Müşterinin doğum tarihi

Ek 2. Matematiksel Model

Görüldüğü üzere müşterilerin çıkışını engelleyebilecek birçok aksiyon var. Oluşturduğumuz matematiksel model bu aksiyonlardan bazılarını içerecek. Modele konulacak aksiyonlar şirket tarafından belirlenecek olmasına rağmen bu işi yapmak üzere matematiksel model tasarlandı:

$N=1, \dots, n$ müşteri sınıfı

$M=1, \dots, m$ aksiyon türü

Parametreler

- Projenin bütçesi, C
- Müşteri sınıfı j için uygulanan aksiyon i 'nin maliyeti, c_{ij}
- Müşteri sınıfı j 'nin şu anki şartlar altında yenileme ihtimali, r_j
- İstatiksel modelin müşteri sınıfı j 'nin iptal edilecek poliçelerini doğru tahmin etme oranı, $b_j=70\%$
- Müşteri sınıfı j 'nin iptal oranı, d_j
- Müşteri sınıf j 'nin tüm müşteriler arasındaki oranı, p_j

Değişkenler

- x_{ij} = aksiyon i 'nin müşteri sınıfı j 'ye uygulanma oranı

Matematiksel Model

max

$$\sum_{j=1}^n \left[\left(\sum_{i=1}^m x_{ij} * r_i \right) * b_j * d_j * p_j \right]$$

s.t.

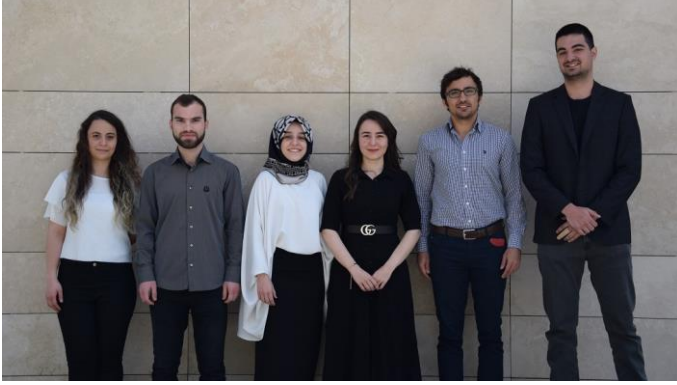
$$\sum_j \sum_{i=1}^m x_{ij} * c_{ij} \leq C$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in N$$

$$0 \leq x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in N, \forall i \in M$$

Lojistik Depo ve Dağıtım Ağlarının Geleceğinin Tasarlanması

BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.



Proje Ekibi

Kerim Kaan Bayramoğlu, Mehmet Çakmak, Çağla Fatma Dursunoğlu,
Mustafa Kaçan, Zeynep Kürekci, Zeynep Unutulmaz

Şirket Danışmanı

Cemil Çınar
Lojistik Servis Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Bahar Yetiş Kara
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Projenin amacı Türkiye’deki platformların yerlerini, atamaları ve kapasitelerini belirleyerek toplam maliyeti azaltmaktır. Ayrıca, BSH’nin 2019 yılında hayata geçirmeyi planladığı “Master Plan Projesi” kapsamında Çerkezköy’de Ana Dağıtım Merkezi ve yeni bir Bölgesel Dağıtım Merkezi bulunması tasarlanmaktadır. Proje kapsamında hem “Master Plan Projesi” hem de mevcut sistem için etkili bir dağıtım sisteminin kurulması planlanmaktadır. Bu amaçla matematiksel model, sezgisel model ve benzetim modeli geliştirilmiştir. Projenin ana çıktısı olan Karar Destek Sistemi; modelin girdilerinin kullanıcı tarafından değiştirilmesine olanak veren, kullanıcıyla uyumlu, esnek bir ara yüz olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: lojistik, konum atama, müşteri atama, dağıtım ağı

Şirket Tanıtımı

BSH Ev Aletleri Grubu Avrupa'nın birinci, dünyanın ikinci büyük ev aletleri şirketidir. 48 ülkede satış, üretim ve servis ağı bulunmaktadır. Çeşitli ev aletleri üreten, dünya genelinde 41 fabrikası vardır. Ürün yelpazesi; bulaşık makinası, fırın, dondurucu, buzdolabı, ocak, aspiratör, elektrik süpürgesi ve kahve makinası gibi ev aletlerinden oluşmaktadır. Üretim yerleri Avrupa, Asya, Amerika ve Latin Amerika'da bulunup en büyüğü Tekirdağ Çerkezköy'de yer almaktadır. Çerkezköy'deki fabrikaların 6 milyon ürün kapasitesi vardır ve fabrikalar 550000 m² alana sahiptir. BSH Türkiye, içinde Orta Doğu, Doğu Afrika, Orta Asya, Bağımsız Devletler Topluluğu ve Türkiye'yi kapsayan bölgenin ana merkezi konumundadır.

Mevcut dağıtım sistemi ana depo, platformlar ve müşterilerden oluşmaktadır. Ürünler ana depodan platformlara dağıtılır. Platformlara gelen ürünler daha küçük hacimli araçlarla müşterilere iletilir. 2019 yılında BSH'nin hayata geçirmeyi planladığı Master Plan Projesi bulunmaktadır. Bu proje kapsamında Çerkezköy'de ana dağıtım merkezi ve yeni bir bölgesel dağıtım merkezinin bulunması tasarlanmıştır. Mevcut sistemde tüm platformlar Çerkezköy'deki fabrikadan ürünleri temin etmektedir. Öte yandan Master Plan Projesi'nde ise her bir platform açılacak olan ana dağıtım merkezi ya da bölgesel dağıtım merkezinin birinden ürünlerini temin edecektir.

1. Mevcut Sistem Analizi

Mevcut sistemin analizinde kullanılmak üzere sistem bileşenleri ve dağıtım türleri incelenmiştir. Sistem bileşenleri başlıca ana depo ve platform olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ana depo Çerkezköy'de bulunup müşteri ve bayilere gitmeden önce ürünlerin depolanmasında kullanılmaktadır. Platform tipleri yapılmakta olan dağıtım türüne göre değişiklik göstermektedir. Normal dağıtım türünde Crossdock Platform kullanırken, ev teslimatı dağıtım türünde Home Delivery Platform'dan yararlanılmaktadır. Normal teslimat türünde büyük hacimli araçlarla Çerkezköy'den çıkan ürünler Crossdock Platforma gelmektedir. Crossdock Platformlar depolama amaçlı kullanılmayıp, ürünlerin küçük hacimli araçlarla müşterilere transferini sağlamaktadır. Ev teslimatı türünde ise ürünler Çerkezköy'den Home Delivery Platformlara getirilir ve Home Delivery Platformlarda ürün son müşteriye satılana kadar tutulur. BSH bu olanağı uygun depolama alanı olmayan bayilerine sağlamaktadır.

2.1 Problem Tanımı

Şirketin ana problemi dağıtım depolarının yerlerinin uygunluğunun test edilmesi ve Masterplan projesinin başlamasıyla beraber yeni dağıtım ağına uyarlanmasıdır. Projede kapsamında verilmek istenen kararların toplam maliyeti azaltması ve servis süresinde azalma hedeflenmektedir. Projede ele alınacak dağıtım türü normal dağıtımdır. Mevcut sistem için alınacak tüm kararlar aynı şekilde Master Plan Projesi içinde yapılacaktır.

2.2 *Semptomlar ve Proje Amacı*

2017 yılında gerçekleşen ÖTV indirimi sonucunda fiyatlardaki düşüş yoğun talep artışına sebep olmuştur. Proje kapsamında dağıtım ağının verimliliğinin test edilmesi ve en uygun sonucun şirkete sunulması hedeflenmektedir.

Projenin amacı Türkiye'deki platformların yerlerini, atamaları ve kapasitelerini belirleyerek birincil ve ikincil taşıma maliyetleri ile birlikte işletme, kiralama ve yürütme şeklinde alt gruplara ayrılan platform açma maliyetlerini de azaltmaktır.

2.3 *Kısıtlamalar ve Varsayımlar*

Proje kapsamında şirketin yönlendirmesi sonucunda bir takım kısıtlar ortaya konulup bazı varsayımlarda bulunulmuştur.

Projede kullanılan varsayımlar:

- Platform açılan ildeki bayilerin kendi illerindeki platformlarından besleneceği varsayılmıştır.
- Bir şehirdeki bayi talepleri tek bir bayi talebi gibi ele alınacaktır.
- Taşınan ürünler tek tip olarak varsayılacaktır.

Projede kullanılan kısıtlar:

- Çerkezköy'de ana depo ve yeni bölgesel depo sadece Master Plan Projesi için konulan kısıtlardır.
- Mevcut sistem ve Master Plan Projesi'nde sadece karayolu dağıtım ağı ele alınacaktır.
- Mevcut sistem ve Master Plan Projesi'nde platformlar arasında ürün akışı olmayacaktır.

2. **Literatür Taraması**

Proje kapsamında probleme uygun çözüm metotları geliştirebilmek için literatür taraması yapıp en uygun konunun tesis yer seçim problemleri olduğuna karar verilmiştir. Literatür taraması sırasında kullanılması gereken tesis yer seçim probleminin sınıflandırmaları yapılmıştır ve en uygun kriterler belirlenerek model için kullanılmıştır. Çözüm etki alanı olarak ağ sistemi kullanılmıştır. Olası platform yerleri ağ sisteminde yer alan tüm platform yerlerinden oluşmaktadır. Amaç fonksiyonu olarak platform yerleri ve müşteri atamaları ile oluşan en düşük toplam maliyet kullanılmıştır. Platformlara yapılan müşteri atamaları cinsinden ise her şehrin yalnızca bir platformdan beslenmesi koşulu öne sürülmüştür.

1986 yılında Morton O'Kelly tek tesisli ağ sistemini incelemiştir. En düşük maliyetli etkileşimi bulabilmek için tesislerin yerlerini gözden geçirmiştir. Aynı zamanda iki tesisli yer seçim problemlerine bakmıştır. Bu sistemde rotalama seçimlerinin de incelenmesi gerektiği için iki tesisli sistem tek tesisli sistemden daha karmaşıktır. James F. Campbell 1994 yılında ayrık tesis yer seçimi problemleri adı altında p-medyan, p-merkez ve kapasitesiz tesis yer

seçim problemleri için tam sayı programlama formülleri yazmıştır. Aynı zamanda Campbell 1996 yılında p-medyan problemi için matematiksel formül ve tek tahsisli tesis yer seçim problemleri içinde iki sezgisel yöntem önermiştir.

3. İzlenen Yöntem ve Uygulamaları

Proje tanımı yapıldıktan sonra proje kapsamında öncelikle matematiksel model tasarlanması ve sonra ise asıl çıktısı olacak Karar Destek Sistemi için sezgisel yöntem tasarlanmasına karar verilmiştir. Bu aşamalarda sorunsuz ilerleyebilmek için öncelikle BSH tarafından verilen veriler incelenmiştir. Bu veriler dağıtım türlerine göre ayrıştırılmış ve projede kullanılacak olan normal dağıtım sistemi üzerinde inceleme yapılmıştır. Ev teslimatı dağıtım türünün projemizdeki etkisi ise ev dağıtım teslimatında kullanılan Home-Delivery platformlarının aynı zamanda normal dağıtım da yapmasından kaynaklıdır. Ayrıca Home-Delivery Platformlar şirketin bayilere verdiği bir alternatif olduğu içinde zaten var olan Home-Delivery platformları kapatma seçeneği hala tartışmalı bir konudur.

4.1 Matematiksel Model

Proje kapsamında iki ana matematiksel model ele alınmıştır ve bunlar mevcut sistem modeli ve Master Plan Projesi modeli olarak adlandırılmıştır. Mevcut sistem modeli şirketin şu an kullanmakta olduğu sistemi yansıtır, ürünler Çerkezköy'den platformlara dağılıp sonrasında müşterilere teslim edilmektedir. Modelde birincil ve ikincil taşıma maliyeti olarak adlandırılan ulaşım maliyetleri bulunmaktadır. Birincil ulaşım maliyeti ürünlerin Çerkezköy'den platformlara taşıma maliyeti iken, ikincil ulaşım maliyeti ürünlerin platformlardan müşterilere taşıma maliyetini göstermektedir. Her iki ulaşım maliyeti m^3 cinsinden talep ile çarpılarak hesaplanmıştır. Ulaşım maliyeti dışında hesaplanan bir diğer maliyet ise sabit maliyettir. Sabit maliyet içinde elleçleme, işletme ve kiralama maliyetlerini barındırmaktadır. Elleçleme maliyeti m^3 cinsinden talep ile kullanılırken kiralama ve işletme maliyetleri m^2 cinsinden talep ile kullanılmıştır. Kiralama maliyetleri her il için emlak sitelerinden şirketin kriterlerine uygun depo kiralari incelenerek ve Türkiye İstatistik Kurumu'ndan muhtelif parametrelerin kullanılması ile hesaplanmıştır. Modelin amacı müşteri talebini karşılarken birincil, ikincil taşıma maliyetlerini ve sabit maliyeti enazlamadır.

İkinci ana model ise Master Plan Projesi için tasarlanmıştır. Bu modelde ise Çerkezköy'de ana dağıtım merkezi ve yeni kurulacak bölgesel dağıtım merkezi olup müşteriler bu iki dağıtım merkezinden birine bağlanmak zorundadır. Mevcut sistem modelinde müşteri ve platform olmak üzere iki tür takım bulunurken, Master Plan Projesi modelinde müşteri, platform ve merkez olmak üzere üç takım bulunmaktadır. Takımlar Türkiye'deki 81 ili gösterirken, Çanakkale ve İstanbul'un Avrupa ve Asya olarak ikiye ayrılması sonucu

takımlarda 83 eleman bulunmaktadır. Master Plan Projesi modelinde de amaç fonksiyonu mevcut sistem modeli ile aynı olup maliyeti enazlarken müşteri talebini karşılamaktır.

Her iki modeli oluştururken modele bazı kısıtlar eklenmiştir. Bunların ilki kilometre kısıtıdır. Kilometre kısıtında bir platform sadece kendinden belirli uzaklıktaki müşterilere hizmet verebilmektedir. Kilometre kısıtı 200 km ve 500 km arasında 50'şer kilometre arttırılarak denenmiş ve 300 km en uygun sonucu vermektedir. Sonrasında modele kesin bir kilometre kısıtı koymamak adına ve şirketin Türkiye'nin doğusunda daha az platform açma eğiliminde iken batısına daha fazla platform açma durumu göz önünde bulundurularak komşu kısıtı eklendi. Komşu kısıtında bir platform ancak komşusunun komşusu olan ildeki müşterilere hizmet verebilecek. Komşu kısıtı için Türkiye'deki illerin komşuluk matrisi çıkarıldı ve modelde kullanıldı.

Her iki ana matematiksel model komşu ve kilometre kısıtları eklenerek iki farklı şekilde kurulu CPLEX çözücüsünde çalıştırılmıştır. Matematiksel modeller Ek-1'de sunulmuştur.

4.2 Sezgisel Model

Matematiksel modelin çözülmesi için kullanılan CPLEX programı profesyonel bir çözücüdür ve şirket tarafından kullanılmamaktadır. Bu sebeple şirketin rahatlıkla kullanabilmesi için sezgisel model Excel VBA'de yazılmıştır. Geliştirilen Sezgisel Model Matematiksel modeldeki tüm kısıtları ve talep kırımlarına, türlerine sahiptir. Sezgisel modeldeki ana amaç matematiksel modeldeki gibi ulaşım ve açma maliyetlerinden oluşan toplam maliyeti azaltmaya çalışmaktır.

Sezgisel model iki aşamadan oluşur: başlangıç çözümü ve geliştirme bölümü. Başlangıç çözümü kısmı adından da anlaşılacağı gibi kullanıcıya en iyi olmayabilen bir başlangıç çözümü sunar. Başlangıç çözümü olarak atamalar, her şehrin kendi toplam maliyetini mümkün olduğunca enazlayacak şekilde oluşturulmuştur. Geliştirme bölümünde bu çözüm 2-OPT algoritmaları ile iyileştirilmiştir. Bu bölümde platform yeri değiştirme ve atama değiştirme olmak üzere iki farklı algoritma vardır. Müşteri ataması değiştirme algoritmasında bir platformdan beslenen şehirler değiştirilerek maliyet karşılaştırması yapıp daha ucuz olan atama bulunduğu takdirde yeni çözüm olarak o seçilmektedir. Platform yer değiştirme ataması ise müşteri atamaları kümesi oluşturulduktan sonra kümeleri sabit tutarak platformların açıldığı şehirleri değiştirmek için yazılmıştır.

4.3 Karar Destek Sistemi

Karar Destek Sistemi Projenin ana çıktısı olacaktır ve şirketin talep değişimleri ile başa çıkabilmesini sağlamasına yardımcı olacaktır. Sistem maliyete ve taleplere bağlı olarak platformların yerlerine, kapasitelerine ve müşteri atamalarına karar verecektir. Bu şekilde BSH'ın lojistik şirketleri ile

yıllık kontratlarını yapmasına olanak sağlayacaktır. Karar Destek Sistemi'nin arka planında matematiksel model ile ayı amaca hizmet eden sezgisel model çalışmaktadır. Sistem Excel'de oluşturulmuştur ve parametrenin değişmesi durumunda kullanıcının sonuçları gözlemlemesine olanak sağlamaktadır. KDS kullanıcının sistem girdilerini de değiştirmesine olanak sağlaması ile hem uyumlu hem de kullanımı rahat bir ara yüzdür. Karar Destek Sistemi platformların yerlerini ve müşteri atamalarını kullanıcıya Türkiye haritası üzerinde sonuç olarak sunmaktadır. Ek-2'de Karar Destek Sistemine ait görseller yer almaktadır.

4. Sonuç

Şirketin güncel olarak kullanmakta olduğu dağıtım ağı tarafımızca kurulmuş matematiksel modelde çalıştırılıp çıktıları alındı. Böylelikle şirkete sunulan matematiksel model ve sezgisel yöntem çıktıları, şirketin sonuçları ile karşılaştırıldı ve iyileştirme oranları analiz edildi. Matematiksel model ve şirketin sonuçları arasında toplam maliyette % 2.56 oranında bir iyileştirme bulunurken, sezgisel yöntem sonucu ile arasında 1.57 yüzdelik bir iyileştirme elde edilmiştir. Bu analize dayanarak sezgisel yöntem çıktısı ve matematiksel model sonucu arasında da % 0.99'luk bir aralık bulunmaktadır. Matematiksel model sonuçları, sezgisel yöntem çıktıları ve yüzde iyileştirme kırımları Ek-3'te sunulmaktadır.

KAYNAKÇA

Campbell, James F. "Integer Programming Formulations of Discrete Hub Location Problems." *European Journal of Operational Research*, vol. 72, no. 2, 1994, pp. 387–405., doi:10.1016/0377-2217(94)90318-2.

Campbell, James F. "Hub Location and Thep-Hub Median Problem." *Operations Research*, vol. 44, no. 6, 1996, pp. 923–935.

O'Kelly, Morton E. "The Location of Interacting Hub Facilities." *Transportation Science*, vol. 20, no. 2, 1986, pp. 92–106.

EKLER

Ek.1 Matematiksel Model

Mevcut Sistem Modeli

Takımlar

I: Olası platform şehirleri takımı (83)

J: Müşteri takımı (83)

Parametreler

C_i = Çerkezköy'den *i* platformuna ulaşım maliyeti (m^3)

F_i = *I* şehrinde platform kiralama maliyeti

H = Platform elleçleme maliyeti

R = Platform işletme maliyeti

c_{ij} = I şehirden j müşteriisine normal teslimat maliyeti (m^3)

$d2_j$ = m^2 cinsinden j müşterisinin normal teslimat talebi (3 günlük)

$d3_j$ = m^3 cinsinden j müşterisinin normal teslimat talebi

$dist_{ij}$ = I platformu ve j müşterisi arasındaki mesafe

Karar Değişkenleri

$Z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ müşterisi } i \text{ platformundan besleniyorsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ şehirde platform var ise} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

Model

Enazla

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_i * Z_{ij} * d3_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Z_{ij} * d3_j * c_{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (F_i * 12 * Z_{ij} * d2_j) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (R * Z_{ij} * d2_j) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (H * Z_{ij} * d3_j)$$

Öyle ki

$$Z_{ij} \leq X_i \quad \forall i \in I, j \in J \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} Z_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$Z_{ij} = X_i \quad \forall i = j \in I, j \in J \quad (3)$$

$$X_1 = 1 \quad (4)$$

$$X_6 = 1 \quad (5)$$

$$X_7 = 1 \quad (6)$$

$$X_{16} = 1 \quad (7)$$

$$X_{25} + X_{36} \geq 1 \quad (8)$$

$$X_{37} = 1 \quad (9)$$

$$X_{40} = 1 \quad (10)$$

$$X_{43} = 1 \quad (11)$$

$$X_{44} = 1 \quad (12)$$

$$Z_{ij}, X_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (13)$$

Mesafe Kısıtı

$$Z_{ij} * dist_{ij} \leq D \quad \forall i \in I, j \in J \quad (14)$$

D, 200 ile 500 km arasında değiştirilmiştir.

Komşu Kısıtı

$$Z_{ij} \leq m_{ij} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (14')$$

m_{ij} , 83x83'lük binary matrix olarak tanımlandı.

Master Plan Projesi Modeli

Takımlar

I: Olası platform şehirleri takımı (83)

J: Müşteri takımı (83)

K: Dağıtım merkezleri takımı (2); 1 merkezi dağıtım merkezi, 2 bölgesel dağıtım merkezi

CDC

İlave Parametreler

C_{ki} = K merkezinden i platformuna ulaşım maliyeti (m^3)

Karar Değişkenleri

$Z_{kij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer k merkezinden beslenen ve j müşterisini besleyen i platformu var ise} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

$X_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{eğer k merkezinden beslenen i platformu var ise} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

Model

Enazla

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{1i} * Z_{1ij} * d3_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{2i} * Z_{2ij} * d3_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Z_{1ij} * d3_j * c_{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Z_{2ij} * d3_j * c_{ij} +$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} (F_i * 12 * Z_{kij} * d2_j) + (R * Z_{kij} * d2_j) + (H * 12 * Z_{kij} * d3_j)$$

Öyle ki

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I} Z_{kij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (1)$$

$$Z_{1ij} \leq X_{i1} \quad \forall i = j \in I, j \in J \quad (2)$$

$$Z_{2ij} \leq X_{i2} \quad \forall i = j \in I, j \in J \quad (3)$$

$$X_{i1} + X_{i2} \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$Z_{kij} = X_{ik} \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K \quad i = j \text{ koşulunda} \quad (5)$$

$$Z_{kij}, X_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (6)$$

$$X_{1,1} + X_{1,2} = 1 \quad (7)$$

$$X_{6,1} + X_{6,2} = 1 \quad (8)$$

$$X_{15,1} + X_{15,2} = 1 \quad (9)$$

$$X_{35,1} + X_{35,2} + X_{36,1} + X_{36,2} = 1 \quad (10)$$

$$X_{37,1} + X_{37,2} = 1 \quad (11)$$

$$X_{40,1} + X_{40,2} = 1 \quad (12)$$

$$X_{43,1} + X_{43,2} = 1 \quad (13)$$

$$X_{44,1} + X_{44,2} = 1 \quad (14)$$

Mesafe Kısıtı

$$\sum_{k \in K} Z_{kij} * \text{dist}_{ij} \leq D \quad \forall i \in I, j \in J \quad (15)$$

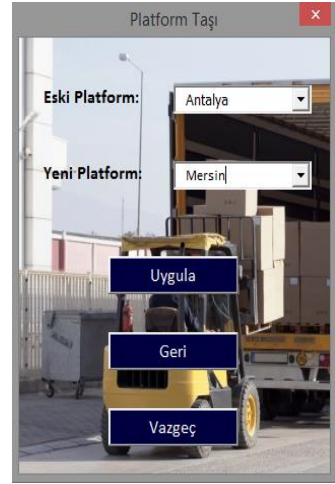
D, 200 ile 500 km arasında değiştirilmiştir.

Komşu Kısıtı

$$\sum_{k \in K} Z_{kij} \leq nn_{ij} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (15')$$

nn_{ij} , 83x83'lük binary matrix olarak tanımlandı.

Ek.2 Karar Destek Sistemi Kullanıcı Arayüzü



Ek.3

Model	İyileştirme Yüzdeleri
Toplam	2,56%
Ulaşım Maliyeti	64%
Kira Maliyeti	1%
İşletme Maliyeti	1%
Elleçleme Maliyeti	13%
Açılan Platform Sayısı	29
Sezgisel	İyileştirme Yüzdeleri
Toplam	1,57%
Ulaşım Maliyeti	66%
Kira Maliyeti	1%
İşletme Maliyeti	1%
Elleçleme Maliyeti	14%
Açılan Platform Sayısı	28

Ürünlerin Kümeleme Analizi ile Gruplandırılması ve Depolara Atanması

BSH Ev Aletleri Sanayi ve Ticaret A.Ş



Proje Ekibi

Zeynep Ateş, Enes Çınar, Farida Huseynova, Kaan Keskin, Gültekin Sarıöz, Pervin Taşbaş

Şirket Danışmanı

İlknur Merve Arıoğlu
Alan Yöneticisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Bahar Yetiş Kara
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Sistematik depolama ve ürün gruplandırmasına -ürünlerin yakınsaklığa göre stoklanması amacıyla ek olarak- ürün çıkışı sırasında zaman, maliyet kazancı, müşteriye ürünü doğru zamanda ulaştırmak ve iş gücünün verimli kullanılması amacıyla ihtiyaç duyulmaktadır. Projede, BSH Çerkezköy yerleşkesinde depo atama ve ürün grupları gözlem altına alınarak ürünlerin depolara dağıtımını incelenmiştir. Bu incelemenin yanında ürün çıkış süreçleri de analiz edilmiştir. Atama ve gruplandırma sistemi, kümeleme analizi başta olmak üzere farklı yaklaşımlarla ele alınmıştır. Temel amaçlar depolar arası yapılan ek sefer sayısının azaltılması ve ürünlerin depolardan çıkışlarının zamanında yapılmasıdır. Bu amaçlar doğrultusunda, güncel atama ve ürün gruplandırması matematiksel model ve sezgisel yaklaşımlarla çözülmüş, sefer sayısında %10 iyileştirme elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ürünleri Depolara Atama Problemleri, Kümeleme Analizi, Ürünler Arası Yakınsaklık

1. Şirket Tanımı

BSH Grubu 1967'de kurulmuş olup Avrupa'da beyaz eşya üretimi konusunda en büyük şirketler arasında yer almaktadır. Grubun yer aldığı ülkelerde üretimini üstlendiği yurtiçi firmalarıyla da ülkeler bazında sektörde lider pozisyonunu güçlendirmektedir. BSH Grubu Türkiye'de 1992 yılından beri operasyonlarını devam ettirmekte ve 2005 yılından bu yana yaptığı yatırımlarla Türkiye'nin yurtdışı tabanlı en büyük beyaz eşya şirketi konumundadır. Tekirdağ Çerkezköy Yerleşkesinde 550.000 m2 lik alanda 6 milyon birim kapasitesiyle Avrupa başta olmak üzere tüm dünyaya ürünlerini ihraç etmektedir. BSH Türkiye temelde Bosch ve Siemens markalarına ek olarak özel markası Gaggenau ve yurtiçi markası Profilo ile beyaz eşya pazarında yer almaktadır. BSH Türkiye Grubu, Türkiye genelinde 4 Bölge Müdürlüğü, 8 Fabrika Merkez Servisi ve 2500 üzerindeki çalışanı ile 89 ülke ve 5 fabrikanın sorumluluğunu üstlenmektedir.

2. Sistem Analizi ve Problem Kapsamı

2.1. Güncel Sistemin Analizi

Proje kapsamında, şirketin Çerkezköy yerleşkesindeki depolama sisteminde bir ana depo ve kiralama usulüyle şirket bünyesine katılmış sözleşmeli yedi tane ürün deposu bulunmaktadır, ancak bu depo sayısı sezonsallığa bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu depolar yerleşkede bulunan beş tane fabrikadan, yurtdışı ve yurtiçi fason ürünlerden ve yurtdışından ithal edilen ürünlerden beslenmektedir. Sipariş noktalarına çıkışlarda, sipariş için gerekli ürünlerin bir araya getirilmesi amacıyla depolar arası sefer yapılmaktadır. Sipariş noktalarına çıkışta mutlak bir ürün grubunun (net kriterlerle sınırlandırılmış ürün grubu) bulunmaması hem sefer sayısını arttırmakta hem de depolardaki ürün gruplarının takibini zorlaştırmaktadır.

2.2. Proje Çalışmasına Yol Açan Nedenler

Şirket tarafından iletilen ve yapılan analiz, gözlemler sonucu saptanan problemler ve projenin gerçekleşme sebeplerinden ilki ürün gruplandırmasıdır. Şirketin güncel olarak kullanmış olduğu marka ve ürün bazında gruplandırma sistemi ürünlerin aralarındaki sipariş bazında yakınsaklığı (ürünlerin aynı sipariş içerisinde yer alma sıklığını) göz önünde bulundurmadığı için ürün çıkışlarında daha fazla operasyonel zaman harcanmasına ve ek seferlere sebep olmaktadır. Diğer bir şikâyet güncel atama sistemindeki farklılıklardan ve yakınsaklık gözetilen bir ürün grubunun bulunmaması depolarda kapasite kullanımında birtakım sorunlara yol açmaktadır. Üretimin maksimum seviyesine çıktığında bu faktörler altında ana depo kapasite kullanımı yüzde yüzün üzerine çıkmakta ve ürün çıkışları yapılırken ek sefer sayısı artmaktadır. Son olarak ise sezonsal değişimlere cevap vermek konusunda zorluk yaşandığına rastlanmıştır. Şirketten alınan bilgiye göre, talebin tepe noktasına

ulaşması mayıs ayında başlayıp eylül ayına kadar devam etmekte, bu zaman zarfında ürün çıkış oranları diğer çeyreklere oranla artmaktadır. Tepe noktası zamanında çıkış oranını göz önünde bulundurduğumuzda ürün yakınsaklığı gözetilerek depolara atama sisteminin ürün çıkışlarında güncelden daha rahat bir sistem sunacağı düşünülmektedir.

2.3. Proje Kapsamı

Projede temel olarak iki hedef bulunmaktadır. Bu amaçlar güncel sistemin sipariş noktalarına olan ürün çıkışlarındaki performansını arttırmak ve gelecek yıllarda depolama sistemindeki olası değişimlere karşı esnek bir sistem sunmaktır. Proje kapsamı kümeleme analizi ile ürünlerin aralarındaki yakınsaklık seviyesini gözeterek gruplandırmak ve gruplandırılmış ürünleri depolara atamaktır. Bu kapsamda matematiksel model ürünlerin yakınsaklığına göre gruplandırma yaparken depo kapasite kısıtlarını gözetmekte ve uygun grup-stok eşleşmesine göre atama yapmaktadır. Matematiksel model yüksek kapasitedeki veriyi çalıştıramadığı için modelin mantığı temel alınarak oluşturulan sezgisel yaklaşımlarla çözüme ulaşılmaktadır.

3. Kaynak Taraması

Şirketin güncel olarak kullandığı ürün gruplandırması ve atama sistemi geliştirilmeye açıktır. Güncel sistemi çevik hale getirmek ve geliştirmek adına proje kapsamına uygun literatür (makale) taraması yapılmıştır. Taramanın ilk aşamasında ürün gruplandırılması ele alınmıştır. T.-F.Chuang tarafından ortaya konulmuş iki aşamalı kümeleme-atama modeliyle depo yerleşimi çözülmüştür. Bu model diğer atama modellerinden farklı olarak birden fazla ürün içeren siparişlerin yakınsaklık ile atanmalarını gözetmektedir. Projede kapsamında oluşturulan matematiksel modelde ilk değerlendirme ürünler arası benzerlik indisi oluşturmaktır. Hiyerarşik şekilde gruplama yapan bu modelde gruplar depo kapasitelerine göre oluşturulmaktadır. Günün sonunda her depo bir ürün grubunu temsil etmektedir. Proje kapsamında yakınsaklık indisi S_{ij} ile gösteriliyor olup, i ve j ürünlerinin yakınsaklığı, bu ürünlerin aynı siparişte olma sıklıklarına göre hesaplanır. Model S_{ij} değerini ençoklamaya çalışarak depolardan aynı siparişlere çıkış yapan ürünlerin aynı depolara atanması sağlanmaktadır.

İkinci olarak atama problemleri ele alınmış olup, belirli kısıtlar altında n tane ürünün m tane depolama alanına en uygun şekilde atanması araştırılmıştır. Tarama esnasında bilinen atama problemlerinden olan Genelleştirilmiş Atama Problemi (Generalized Assignment Problem) ele alınmıştır. Bu problemde n iş m çalışana atanarak yapılmak zorundadır. Her çalışanın bir iş yapma kapasitesi olup her çalışana bir işi atanmaktadır. Modeldeki amaç minimum atama maliyetine ulaşmaktır. Projedeki çalışan iş kapasitesi depo kapasitesi gibi düşünülmekte ve maliyet kümeleme analizi ile ürünleri aynı depoya atayarak dolaylı yoldan azaltılmaktadır.

4. Proje Neticeleri ve Teslimi Mümkmn Bulgular

4.1. Projedeki Kritik Hedefler

Kümeleme analizi ile ürünlerin yakınsaklıklarına göre gruplandırılması yardımıyla depolar arası sefer sayısını azaltmak, dolaylı olarak karbon emilimi seviyesini düşürmek ve depolarda belirli ürün gruplarını atayarak ürün-depo bilgisine ulaşmayı kolaylaştırmak proje hedefleridir.

4.2. Matematiksel Model

Projede ürün gruplandırması ve ürün ataması olmak üzere iki farklı konu bir modelde birleştirilerek ele alınmıştır. Gruplandırma kısmında i ve j ürünleri arasındaki yakınsaklığa göre gruplandırma yapılır ve bu yakınsaklık indisi S_{ij} ile gösterilir. S_{ij} ürünlerin bir sene içerisinde ne sıklıkla aynı sipariş içerisinde gittiklerini gösteren bir ölçüttür. Modeldeki ana amaç yakınsaklığı en büyük olan iki ürünü aynı depoya atamaktır. Modeldeki temel kısıtlar arasında adresleme kısıtı bulunmaktadır; depolarda boylarına göre üçe ayrılan adreslere ek olarak karma (MIX) adres diye adlandırılan adreslerle beraber dört adet adres çeşidi bulunmaktadır. Karma adres dışındaki adreslerde sadece tek bir tip ürün çeşidinden bulunması gerekmektedir. Karma adreslerde ise her çeşit ürün bulunabilmesinin yanında hareketsiz olarak tanımlanan ürünler başlıca olarak yer almaktadır. Ürünlerin adreslere yerleşimi yapılırken ürünlerin uzunlukları, istifleme uzunlukları, istifleme limitleri ve miktarları göz önünde bulundurulmaktadır. Yapılan örnek gruplu denemelerde model sonuçlarında birbiriyle yakınsaklığı büyük olan ürünler aynı depoya atanmıştır. Matematiksel model CPLEX programı üzerinden kurulmuştur. Model elemanları aşağıda verildiği gibidir.

Kümeler:

Depo dizisi = $\{1..n\}$

Ürün(VIB) dizisi = $\{1...m\}$

Adres dizisi = $\{1...q\}$

Parametreler:

S_{il} : Ürün i ve ürün l arasındaki benzerlik ilişkisi

P_i : Ürün i 'nin miktarı

B_i : Ürün i 'nin uzunluğu

H_i : Ürün i 'nin istifleme yüksekliği

K_i : Ürün i 'nin istifleme limiti

L_k : Adres k 'nin uzunluğu

W_{jk} : Depo j 'de bulunan adres k miktarı

Değişkenler:

X_{ij} : Ürün i 'nin, depo j 'ye atanıp atanmadığını gösteren iki değerli (0-1) değişken

Y_{ikj} : Ürün i 'nin, depo j 'deki adres k 'ya atanıp atanmadığını gösteren iki değerli (0-1) değişken

V_{ilj} : Ürün i ve ürün l 'nin depo j 'ye atanıp atanmadığını gösteren iki değerli (0-1) değişken

Amaç Fonksiyonu:

$$Maks. \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^m S_{il} V_{ilj}$$

Kısıtlar:

$$V_{ilj} \geq X_{ij} + X_{lj} - 1 \quad \forall i, \forall j, \forall l$$

$$V_{ilj} * 2 \leq X_{ij} + X_{lj} \quad \forall i, \forall j, \forall l$$

$$\sum_{k=1}^q \sum_{j=1}^n Y_{ikj} \leq 1 \quad \forall i$$

$$\sum_{i=1}^m \left(Y_{ikj} * \left[\left(\frac{B_i}{L_k} \right) * \left[\left(\frac{P_i}{K_i * H_i} \right) \right] \right] \right) \leq W_{jk} \quad \forall j, \forall k$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1 \quad \forall i$$

$$\sum_{k=1}^q Y_{ikj} = X_{ij} \quad \forall i, \forall j$$

4.3. Matematiksel Modelin Doğrulanması

Matematiksel model parametreleri, değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtları hakkında gerekli doğrulamalar ve onaylamalar alındıktan sonra model CPLEX üzerinden örnek veriler ile çalıştırılmıştır. Ek 1'de de verildiği gibi model ile elde edilen en uygun sonuç, olurlu çözüm (feasible solution) ile karşılaştırılmıştır. Olurlu çözüm 25 ürün çeşidi ile 15000 deneme üzerinden elde edilmiş ve yüzde 1,59 sapma ile ortalama 25,39 olarak bulunmuştur. Olurlu çözümde ürünler depolara sığacak şekilde yakınsaklık dikkate alınmadan rastgele yerleştirilmiştir. Yerleştirme sırasında yakınsaklığı maksimize etmek üzerine oluşturulan model 39,99 olarak sonuçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda matematiksel modelin olurlu çözüme ve yakınsaklık verilerine uygun olarak çalıştığı kararına varılmıştır.

4.4. Sezgisel Yaklaşım ve Algoritmalar

Matematiksel model hem zaman açısından hem de atanacak ürün sayısının ve bilgisinin fazla olmasından dolayı uygulanabilir durumda olmadığı için matematiksel modelin mantığı temel alınarak algoritmalar oluşturulup ve

proje sezgisel yaklaşımlarla çözülmüştür. Ek 1'deki örnek gruplar ile yapılan model, sezgisel ve olurlu çözüm karşılaştırması göz önünde bulundurulduğunda sezgisel atama 36,03 olarak bulunmuştur. Bu sonuç model atamasına göre %9 sapma göstermektedir. Ek 2'de verilen sistemin genel akış şemasında da görüldüğü üzere projede üç ana algoritma mevcuttur; algoritmaların işlem sırası öncelikle ürünlerin ihtiyaç duyduğu adres sayısı, ürünler arası yakınsaklık indisi olan *Sij* hesaplaması ve en son olarak ürünlerin depolara atanması şeklindedir.

Yakınsaklık Matrisi Algoritması: Sezgisel çözümde *Sij* hesaplaması MATLAB programı üzerinden hesaplanmaktadır. Sipariş çıkış numaraları üzerinden hesaplanan ürünler arası *Sij* değerleri bir matrise aktarılmakta ve bu matris atama sezgiselinde kullanılmaktadır.

Adres Algoritması: Atama sezgiselinde ürünlerin adres ihtiyacı EXCEL VBA üzerinden uzunlukları, istifleme uzunlukları, istifleme limitleri ve miktarları göz önünde bulundurularak hazırlanan bir algoritma ile hesaplanmaktadır. Algoritmada yapılan bir hesaplama ile boyutlarına göre küçük, orta, büyük ve karma şeklinde olan adres çeşitleri tek bir çeşide (FIX) indirgenmekte ve ürünlerin adres ihtiyacı bu adres üzerinden gösterilmektedir.

Atama Algoritması: Yüksek veriyi daha hızlı ve modele uygun olarak işleyebilmek için bu sezgisel MATLAB üzerinden hiyerarşik kümeleme fonksiyonu kullanılarak oluşturulmuştur. Atama sırasında yakınsaklık matrisi üzerinden okunan *Sij* bir hiyerarşi oluşturur ve hiyerarşide en üst noktadan en alt noktaya doğru ürünler daha küçük gruplara ayırır. Atama yapılırken işlemler en üstteki tek gruptan başlar; bu grubun kapasitesi seçilen deponun kapasitesine eşleninceye kadar grup daha küçük gruplara ayırır. Atanan grupta yakınsaklığı en büyük olan ürünler bir arada tutulmaya çalışılır; ancak deponun kapasitesi dolduğu anda diğer ürünler grup-stok kapasite eşleşmesi mantığı ile diğer depolara atanmaya başlar. Atama sonunda ise her depo bir grubu temsil eder.

Algoritmalar çalışmadan önce Ek 2'de verilen ürün grupları operasyon gereği manuel olarak atanmaktadır. Paletli ve ihracat ürünleri tren ve palet kısıtlarından dolayı ana depoya atanmaktadır. Bu ürünlere ek olarak depo özelliği gereği paletli ve yurtiçine dağıtılacak ürünler palet kısıtından dolayı sabit bir depoya (Genmar) atanmaktadır. Son olarak sene içinde sevkiyat çeşidi olarak yüzde 20'den fazla olarak trenle yerleşkeye giden veya gelen ürünler de tren yolunun ana depoda olması sebebiyle ana depoya manuel olarak atanmıştır. Aktif olmayan ve çeyrek dilimlerde beş adetten az olarak sipariş noktasına depolardan çıkış yapan ürünlerin karma adreslere manuel ataması gerçekleştirilmektedir.

4.5. Gerçekleşmesi Beklenen Süreçler

Şirketin yapmış olduğu tahminlere göre beyaz eşya talebinin artması beklenmektedir. Bu beklentiye göre lojistik operasyonları gerçekleştirmek artan talebe karşı daha zor olacak ve depo yerleşimlerinden güçlüklerle karşılaşılacaktır. Beyaz eşya marketinin büyümesine karşın üretimin büyümeye cevap verebilirken lojistik anlamda operasyonların bu büyümeye karşı dengede olması gerekmektedir. Daha düzenli bir ürün grubu sistemiyle gelişen atamayla bu dengenin sağlanabileceği öngörülmektedir.

4.6. Proje Performans Ölçütleri

Proje yakınsaklık değeri üzerinden gruplandırma yaparak, beraber sipariş çıkışı olan ürünleri bir arada tutmak üzerine çalışmakta ve böylelikle depolar arası yapılan seferi indirgeyerek buradan kaynaklanan ulaştırma maliyetini düşürmeye çalışmaktadır. Bu sebeple performans ölçütü olarak sefer sayısını dikkate almaktadır. Atama sezgiselinin performansını ölçmek adına 2017 yılının sipariş çıkış numaraları kullanılarak ürünler arası yakınsaklık hesaplanıp 2017 yılının ikinci çeyreğinin ataması yapılmıştır. Yaklaşık 7000 ürün çeşidi, 1700 ve 700'lük yakınsaklık matrisleri ve manuel yaklaşımlar ile atanmıştır. Yapılan atamanın performansını ölçmek için 2017 ikinci çeyrekte yapılan ürün girişleri ve sipariş çıkışları üzerinden depolar arası sefer sayısı hesaplanmıştır. Aynı şekilde ürünlerin hali hazırda 2017 ikinci çeyrekte hangi depolarda bulunduğu bilgisi kullanılarak aynı ürün girişleri ve sipariş çıkışları üzerinden depolar arası sefer sayısı hesaplanmıştır. Ek 3'te de görüldüğü üzere hesaplamalar sonucu yakınsaklık ile yapılan atama güncel sisteme göre günlük ortalama %10 daha az sefer yapmaktadır. Bu neticede, atama sezgiseli hiyerarşik kümele üzerinden yaptığı uygun grup-stok eşleşmesi ile sefer sayısı azaltma hedefine ulaşmıştır.

4.7. Karar Destek Sistemi ve Uygulama Planı

Matematiksel modelden hareketle oluşturulan sezgisel yaklaşım ve algoritmalar şirket tarafından kolayca uygulanabilmesi için MERCURY adı verilen EXCEL-VBA tabanlı ara yüz ile ürünler depolara atanmaktadır. Kullanıcının seçtiği ürün grubu çeşidine göre *Sij* yakınsaklık hesaplaması veya direkt atama çıktısı elde edilir. Trenle giden ürünler, paletli ürünler ve karma adreslere atanacak ürünler direkt atamaya dahil olurken ihracatı yapılacak ürünler ve yurtiçine dağıtılacak ürünlerin *Sij* hesaplanması yapıldıktan sonra atama çıktısına ulaşılır. MATLAB programı üzerinden geliştirilen sezgisel yaklaşım ara yüzde kullanılmak üzere bağımsız ve yeni bir program oluşturuldu. Yeni oluşturulan programın amacı şirketin MATLAB programına gereksinim duymadan EXCEL VBA den daha hızlı ve verimli ara yüze sahip olmasıdır. Ara yüzün çalışması için gerekli dosyalar, dosyaların biçimleri ve kullanım yönergeler de ara yüz içerisinde bulunmaktadır. Ek 4, 5 ve 6'da MERCURY'den kesitler verilmiştir.

Veriler MERCURY'deki yönergelere uygun olarak girildiği sürece, sistem atama yapabilmektir. Bu sayede şirket geliştirdiği ya da geliştirmeyi düşündüğü stratejileri geçmiş veriler ya da tahmin verileri ile MERCURY üzerinden deneyebilecektir. Şirket ile yapılan görüşmeler ve analizler neticesinde daha verimli ve uygulanabilir sonuçlar alabilmek adına, MERCURY'nin yıllık *Sij* ile yılın çeyreklerinde atama yapmasının uygun görülmesi bu stratejilere örnek olarak gösterilebilir. Eğer şirket bütün yılı temsil edecek bir başlangıç ataması yapma isterse talebin tepe noktası harici zamanlarında bu atamayı uygulamaya geçmek isteyebilir; çünkü depoların kapasite kullanımının düşmesi ile operasyonel yer değişikliklerinin daha kolay olmasının şirket için daha kolay olduğunu belirttiler.

5. Projenin Şirkete Katkıları ve Sonuç

Önerilen sistem şirkete çevik bir depolama sistemi sunmaktadır. Sistemin sunduğu mutlak ürün gruplandırması, depolar arası yapılan ek sefer sayısını günlük ortalama %10 azaltarak sefer maliyet toplamında düşüş meydana getirecektir. Ayrıca şirketin ürün çıkışlarını zamanında gerçekleştirmesini, ürünün elleçleme sayısı azalacağı için ürünün hasarlanma oranında iyileştirmeyi ve müşteri memnuniyetinin artmasını sağlayacaktır. Ürün grupları depo kapasitelerini aşmayacak şekilde atanacağı için uygun depo-stok eşleşmeleri ile depo kapasite kullanımı dengeli ve yüzde yüzü aşmayacak şekilde olacaktır. Mutlak ürün gruplandırması sayesinde hangi ürünlerin hangi depolarda olduğu bilineceği için depolardaki ürünlerin dağılımı hakkında daha kolay yorum yapılacak olup depolar arası ürün bilgilerinin paylaşımı kolaylaşacaktır. Örneğin; 2017 ikinci çeyrek atamasında aralarında yakınsaklık olmayan yurtiçine ve yurtdışına dağılan ürünler farklı depolara atanmıştır, bu gelişme operasyon yönünden ürün çıkışlarında kolaylık ve fayda sağlamıştır. Bu faktörlere ek olarak, depolama sisteminin sezonsal talep değişimleriyle beraber ani gelişen durum değişikliklerine -2017 yılında beyaz eşya ürünleri için meydana gelen Özel Tüketim Vergisi indirimi- adapte olması daha kolay hale gelecektir.

KAYNAKÇA

Arabani, Alireza Bolori, and Reza Zanjirani Farahani. "Facility Location Dynamics: An Overview of Classifications and Applications." *Computers & Industrial Engineering*, vol. 62, no. 1, 2012, pp. 408–420., doi:10.1016/j.cie.2011.09.018.

BSH-Kurumsal-Kurumsal Tanıtım, www.bsh-group.com.tr/page.aspx?id=7.

Chuang, Yi-Fei, et al. "Item-Associated Cluster Assignment Model on Storage Allocation Problems." *Computers & Industrial Engineering*, vol. 63, no. 4, 2012, pp. 1171–1177., doi:10.1016/j.cie.2012.06.021.

Merkezi, F. (2017). *ÖTV İndirimi Eylül Ayı Beyaz Eşya Satışlarını Zirveye Taşdı*, <https://www.finans365.com/otv-indirimi-eylul-ayi-beyaz-esya-satislarini-zirveye-tasidi/8431/>

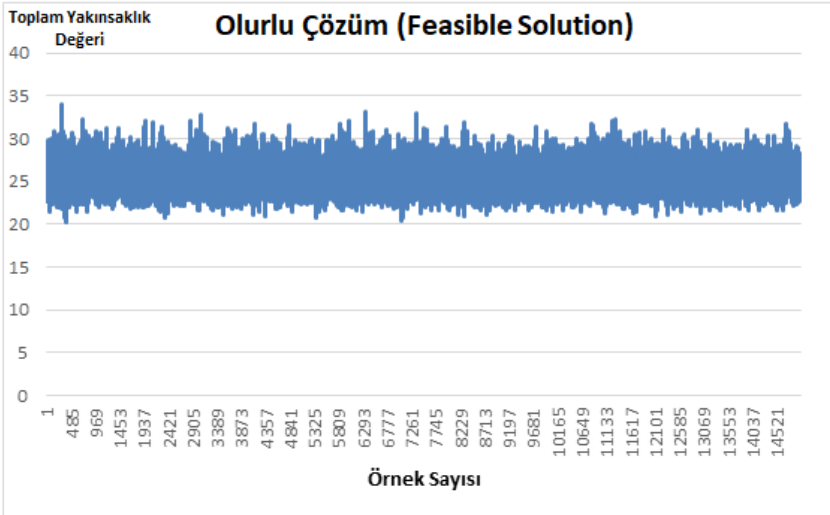
SINGH, S. (2012). “A Comparative Analysis of Assignment Problem”. *IOSR Journal of Engineering*, 02(08), pp.01-15.

Silver, Edward A., et al. *Inventory and Production Management in Supply Chains*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

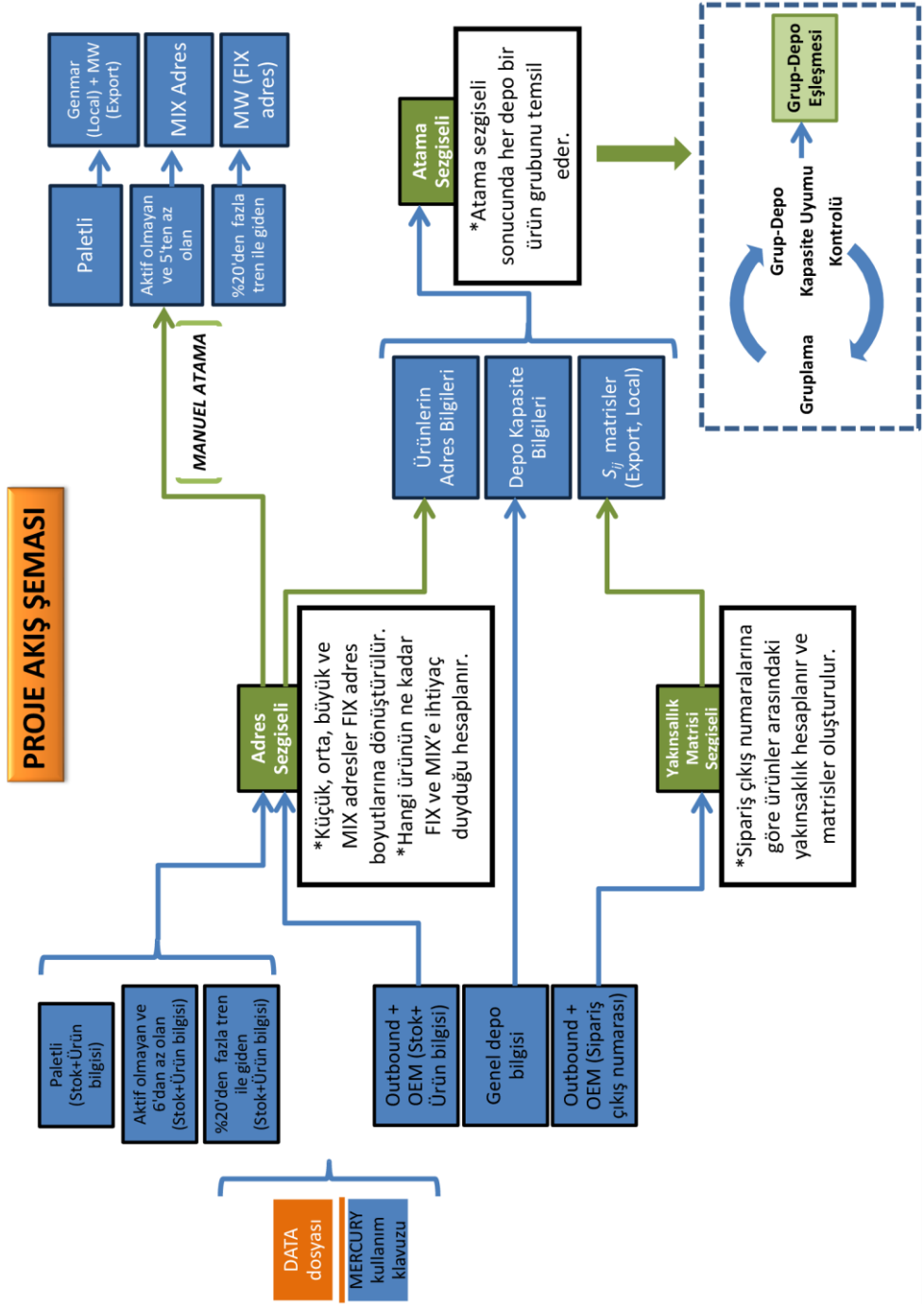
Yayincilik, Esm. *BSH'den Lojistiğe 2018 Kurgusu*, www.lojistikhatti.com/haber/2015/07/bshden-lojistige-2018-kurgusu.

EKLER

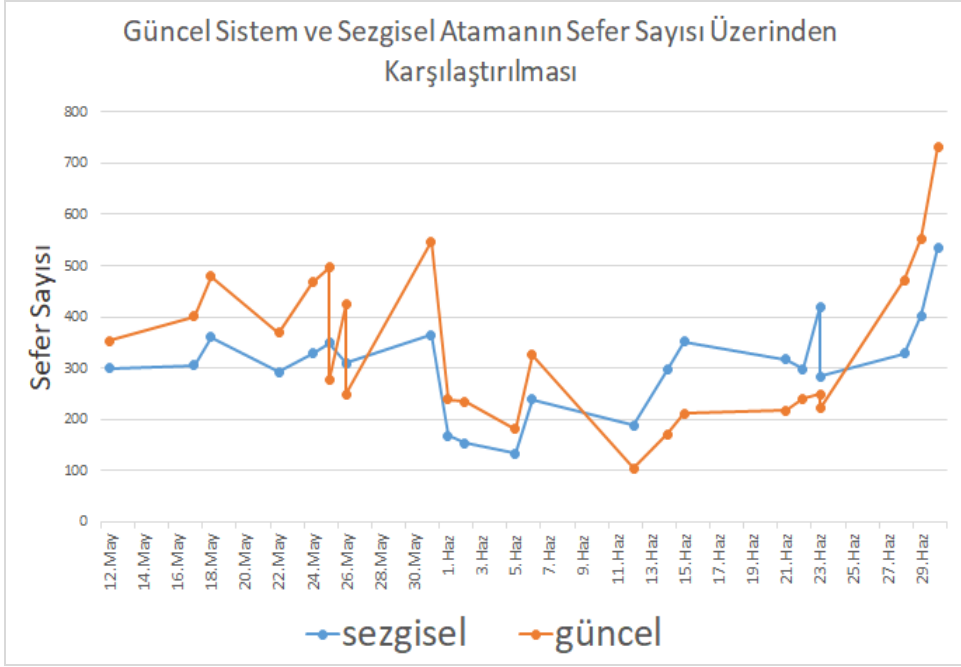
Ek 1: Atama Modeli Optimalinin, Atama Sezgiseli ve Olurlu Çözüm ile Karşılaştırılması (25 Ürün Çeşidi:15000 Deneme)



Ek 2: Proje Akış Şeması



Ek 3: Sezgisel ve Güncel Sistem Karşılaştırması



Ek 4: MERCURY Giriş Sayfası



Ek 5: MERCURY Kılavuzu

×Instructions

Main Menu



MERCURY

INSTRUCTION

B/S/H/

***Before starting any assignment task, please check the uploaded data from Data collection for mix, train and pallet.

***For export and local product info can be found in SijConstructor's Data sheet.

***Then check the Master Data to assign according to the current product info from Capacity Calculator's Master Data Sheet.

***Also the stock quantities of the products must be updated in the Capacity Calculator's Stock sheet.

***Info of address size can be found in Capacity Calculator's Address Size sheet.

***Capacity of the warehouses can be found in Assignder Attachment's warehouse sheet.

***For mix assignments MixAssignTool is the source of the whole data; Address Size, Master Data, Stock and capacity can be found over here.

Train

Export

Local

Mix

Pallet Local

Pallet Export

Data Based



Bilkent University

Ek 6: MERCURY Atama Sayfası (Veri Çağırma Kısmı)

×Assignment Yearly Destination

ExitMain Menu

B/S/H/

Assign Train

Assign Export

Assign Local

Assign Mix

Assign Pallet

Modern Kanal Müşterilerine Sunulan Servis Seviyesinin İyileştirilmesi

Coca-Cola İçecek A.Ş.



Proje Ekibi

Arda Bala, Kutay Kalafat, Aysu Özel, Yavuz Turabik, Muhammed Altuğ
Turgay, Görkem Ünlü

Şirket Danışmanı

Ece Atıla

Talep Pln. ve Müşteri Hzm. Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Oya Ekin Karaşan

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Gün geçtikçe büyüyen ve sayıları artan modern kanal müşterileri ile kurulan iş ilişkilerinin belirlenen standartlarda sürdürülmesi ve geliştirilmesi, Coca Cola İçecek'in önemli hedeflerindedir. Coca Cola İçecek'in var olan talep planlama süreci ve dağıtım ağı ile modern kanal müşterilerinin sipariş karşılama oranları istenenden daha düşük seviyededir. Bu proje mevcut sisteme entegre edilecek iki yeni bileşen sunmaktadır. Bunlardan ilki talep planlama sürecinde kullanılan kaynak matrisi üzerinde değişiklikler önererek bayilerin stok günlerini düzenleyen bir algoritma, diğeri ise Coca Cola İçecek'in dağıtım operasyonlarını iyileştirme amacıyla açılacak ara depodur. Proje kapsamında yürütülen benzetim çalışmaları sonucunda, önerilen bileşenlerin karşılama oranlarını iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: hızlı tüketim ürünleri, modern kanal, karşılama oranı, dağıtım ağı, talep planlama

1. Şirket Tanımı

Coca-Cola Company'nin en büyük beşinci şişeleme ortağı olan Coca Cola İçecek (CCI), 10 ülkede faaliyet göstermektedir. Coca-Cola Company'nin tüm şişeleme ortakları gibi CCI da şurup ithal ederek içecek üretmekten ve ürünleri müşterilere dağıtmaktan sorumludur. Markanın, pazarlama ve tüketici girişimleri gibi diğer faaliyetleri ise Coca-Cola Company tarafından kontrol edilmektedir.

CCI, Türkiye'deki 10 fabrikasında gazlı içecek, meyve suyu, su, soğuk çay ve enerji içeceği olmak üzere 5 kategoride 25 marka üretmektedir. CCI bu ürünleri, fabrikalar, depolar ve 240 bayi aracılığıyla tüm Türkiye'ye dağıtmaktadır (CCI, 2017).

CCI'nın müşterileri, içecekleri nihai müşterilere satan perakende ve yerinde tüketim işletmeleridir. CCI, ürünlerini fabrikalardan, depolardan ve bayilerden müşteri depolarına veya mağazalarına teslim eder. Dağıtımın %71'i bayiler aracılığıyla gerçekleştirildiği için bayiler, CCI'nın dağıtım ağında önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebepten dolayı bayiler, CCI'dan bağımsız olduğu halde bayilerin faaliyetleri CCI tarafından denetlenir.

2. Sistem Analizi ve Problem Tanımı

2.1. Sistem Analizi, Belirtiler ve Şikâyetler

CCI, geleneksel kanal ve modern kanal olmak üzere iki ana dağıtım kanalına sahiptir. Zincir olmayan yerel marketlere geleneksel kanal tarafından hizmet sunulmaktadır. Modern kanal müşterileri ise organize zincir mağazalardan oluşmaktadır. Modern kanal müşterileri büyümeye devam ettikleri için CCI, çift taraflı iş ilişkilerini sürdürmek ve raflardaki ürünlerin bulunabilirlik oranlarını arttırmak amacıyla modern kanal müşterileri ile ilgili faaliyetlerini geliştirmeyi hedeflemektedir.

CCI, modern kanal müşterileri için iki farklı dağıtım modeline sahiptir. İlk model, modern kanal müşterilerinin siparişlerinin doğrudan CCI depolarından gönderildiği, İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya'da uygulanmakta olan direkt dağıtımdır. Direkt dağıtım yoluyla yapılan siparişlerin karşılama oranları, Eylül ve Ekim 2017 döneminde %85,24 olarak hesaplanmıştır. Bu projenin ana konusu olan diğer dağıtım modeli ise bu şehirler dışındaki, bayiler aracılığıyla yapılan dağıtımdır. Bu dağıtım modelinde, bayiler mağazalardan sipariş toplamaktan ve bunları mağazalara teslim etmekten sorumludurlar. Bu modelle yapılan siparişlerin karşılama oranları ise, Eylül ve Ekim 2017 döneminde %66,3 olarak hesaplanmıştır ve CCI bu oranı yükseltmeyi hedeflemektedir.

Bayiler, satış hacimlerine göre sırasıyla A, B ve C olmak üzere 3 kategoride incelenmektedir. Bu bayilerin sipariş karşılama oranları Ek-1'de mevcuttur. Gözlemlenebileceği gibi, tüm bayilerin sipariş karşılama oranları direkt dağıtım oranlarından düşüktür.

Mevcut sistemde CCI'dan bayilere yapılan teslimatlar, her bir bayi ve her bir stok kalemi için minimum ve maksimum stok günlerinden oluşan bir kaynak matrisi temel alınarak yapılır. Bir bayinin stok düzeyi minimum stok gününe ulaştığı zaman mevsimsel ortalama günlük talebi ile çarpılır ve CCI dağıtım işlemlerini başlatır. Böylelikle, bayinin stok düzeyi bayinin maksimum stok gününe karşılık gelen miktara tamamlanır. Minimum ve maksimum günlerden oluşan kaynak matris, bayilerin tutmaya istekli olacakları ideal bir stok miktarı bulmak için tasarlanmıştır. Ancak, bayilerin tuttuğu stok miktarının çoğu durumda yetersiz olduğu görülmektedir.

2.2. Problem Tanımı ve Amaçlar

Veri analizlerine ve şirket ziyaretlerine dayanarak problem, bayiler tarafından modern kanal müşterilerine sunulan hizmet seviyesinin istenilen ölçüde yüksek olmaması olarak belirlendi. Problemin temel nedenleri ise dağıtım ve talep planlama modellerindeki sorunlarla ilişkilendirildi.

Dağıtım modeliyle ilgili problem, artan teslimat noktalarının ve stok kalemlerinin ve azalan sipariş boyutlarının dağıtım ağını karmaşık hâle getirmesidir. Modern kanal müşterilerinin küçük miktarlardaki siparişleri bayiler için sıkıntı oluşturmaktadır. Bayilere gelen küçük miktarlardaki siparişler, bayilerden de CCI'a aynı şekilde yansımaktadır. Bu küçük siparişler, fabrikalardan çıkan tırların taşınması gereken minimum stok kalemi miktarını sağlayamamakta ve tırlaştırma işlemini geciktirmektedir. Birkaç küçük siparişin birleştirilmesiyle ancak dağıtıma çıkabilen tırlar, bayilerin müşterilerden gelen talebi geç karşılamasına veya hiç karşılayamamasına sebep olmakta ve CCI'ın karşılama oranlarını düşürmektedir. Yapılan veri analizlerinin de desteklediği gibi bayilere yapılan teslimatların iyileştirilmesinin, bayilerin müşterilere yaptığı teslimatların iyileştirilmesini sağlaması ve bu sayede karşılama oranlarının artması beklenmektedir.

Talep planlama modelinde ise problem kaynak matrisin sık sık stok tükenmelerine sebep olmasıdır. Bu durumun temel sebebi taleplerdeki değişkenlikler olarak görülebilir. Miktarları beklenenden daha büyük olan taleplerin çoğunda bayiler stok tükenmesi yaşamaktadır. Bu nedenle kaynak matrisinin talepteki farklılıklara rağmen siparişleri karşılayabilemesi için değiştirilmesi gerekmektedir. Önerilen sistemle stok tükenmesi olasılığının azaltılması ve karşılama oranlarının artırılması beklenmektedir.

3. Önerilen Sistem

Önerilen sistem biri dağıtımla ve diğeri talep planlama ile ilgili iki kısımdan oluşmakta olup dağıtım ve talep planlama modellerini geliştirerek karşılama oranlarını arttırmayı amaçlamaktadır.

Sistemin ilk kısmı, CCI'ın dağıtım ağına yeni bir katman eklemek olup bu kısım, modern kanal müşterileri için stok kalemlerini stoklayacak ve bunları bayilere ulaştıracak ara depolar açmayı önermektedir. Problem tanımında da

belirtildiği gibi modern kanal müşterileri tarafından küçük miktarlarda sipariş edilen bu stok kalemlerinin dağıtımı, diğer stok kalemlerine kıyasla daha zordur. Önerilen sistemde ara depolar fabrikalardan tırlarla teslim edilebilecek kadar büyük siparişler verecek ve görece küçük kamyonlar kullanılarak bayilere küçük miktarlarda teslimat yapılabilir. Mevcut dağıtım modeline eklenen bu yeni katmanın mümkün kıldığı daha küçük ve daha sık teslimatlarla bayilerde yaşanan stok tükenmesi probleminin önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Yeni sistem önerimizin talep planlama kısmında ise amaç, bayilerin maksimum ve minimum stok günlerini içeren mevcut kaynak matrisinin sorun yaratan parametrelerini tespit ederek, bu parametreleri bayilerin daha az stok tükenmesi yaşayacağı şekilde düzenlemek olarak belirlenmiştir. CCI ve bayiler, belirli bir stok kalemini bayilere iletmek için geçen gün sayısı, bayinin ortalama talebi ve bayinin stok kapasitesi gibi birçok faktörü göz önüne alarak bahsedilen kaynak matrisi oluşturmak için birlikte çalışmışlardır. İdeal koşullar altında kaynak matris, bir stok kaleminin stok seviyesinin minimum stok gün seviyesine ulaşması durumunda, CCI'nın bu stok kalemini bayi için maksimum stok gün seviyesine getirmesini garanti etmelidir. Matris, CCI'nın stok kalemlerini teslim etmesi için gereken süreyi dikkate alarak tasarlandığından, yeniden stoklama gerçekleşene kadar minimum stok gününe karşılık gelen miktar yeterli olmalıdır. Ancak, mevcut modelin en büyük yetersizliği talep miktarlarındaki varyasyona gereken refleksi gösterememesidir. Tarafımızdan yeniden tasarlanan kaynak matris, büyük değişkenlik gösteren talepleri karşılayabilmeyi vaat etmektedir.

3.1. Dağıtım Ağı

Müşteri taleplerinin zamanında karşılanması açısından, dağıtım modeli ve teslimat operasyonları büyük önem taşımaktadır. Literatürde teslimat operasyonlarını iyileştirmeye yönelik yöneylem araştırması uygulamaları mevcuttur. Örneğin, López-Pérez vd. (2013) Coca Cola'nın Latin Amerika'daki en büyük ikinci şişeleycisi olan Embotelladoras Arca için müşterileri segmentlere ayırarak teslimatı daha etkin hale getirecek bir bölge tasarım problemi tanımlamış ve çözüm yöntemlerini belirtmiştir.

Önerilen sistemin ilk kısmı, açılacak ara depoların konumlarına ve bunların hangi bayilere hizmet vereceğine karar vermeyi gerektirmektedir. Bu kararlardan ve maliyet enazlaması, servis edilmesi gereken noktaların belirli bir mesafe içerisinde kapsanması gibi problem dinamiklerinden dolayı, mevcut dağıtım ağına ara depoların eklenmesi, yöneylem araştırması literatüründeki yer seçimi problemiyle benzerdir. Bu sebeple, önerilen sistemin dağıtım ağıyla ilgili kısmı modellenirken yer seçimi probleminin p-merkez (Tansel vd.,1983) ve küme kapsama (Farahani vd., 2012) gibi bazı temel modellerinden yararlanılmıştır.

3.1.1. Çözüm Yaklaşımı ve Matematiksel Model

Mevcut dağıtım ağına ek olarak ara depoların açılması stratejik bir karar olduğundan bu depoların sayılarına ve konumlarına karar verirken çeşitli amaçlar ve kısıtlar göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, ara depo açılmasındaki temel amaç, servis sağlanacak bayilere hızlı ulaşılması için onlara olabildiğince yakın olmaktır. Ancak ara depo açmak finansal yatırım gerektirdiğinden, açılacak depo sayısı olabildiğince az tutulmalıdır. Ayrıca ara depolar açıldığında fabrikalarla bayiler arasında yeni duraklar olacağından, kamyon ve tırların güzergâhları değişebilir ve bu da taşıma maliyetinde değişime sebep olabilir. Bunlardan dolayı açılacak ara depoların sayısı ve konumları belirlenirken açılacak ara depoları işletme ve oluşacak taşıma maliyetlerinden oluşan toplam maliyet göz önüne alınmalıdır. Ara depo açma problemine eşlik eden amaçlar ve kısıtlar göz önünde bulundurulurken bir matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin amaç fonksiyonu, fabrikalardan ara depolara, ara depolardan bayilere taşıma maliyetlerinden ve ara depoların işletme maliyetlerinden oluşan toplam maliyeti enazlamaktır. Modelin parametreleri, karar değişkenleri ve formülasyonu Ek-2 ve Ek-3'te verilmiştir.

Uzaklık parametreleri için CCI'dan bayi adresleri alınmış ve bayilerin koordinatları enlem ve boylam olarak belirlenmiştir. Sonrasında bu koordinatlar ve bir MATLAB kodu ile bayiler ve aday depo konumları arası uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Ayrıca, fabrika ve aday depo konumları arasındaki uzaklıkları ifade eden parametreler de kullanılmıştır. Talep parametresi için açılan ara depoların stoklarının günlük olarak yenileneceği varsayılarak bayilerin modern kanala özgü ürünlerinin ortalama günlük taleplerinin toplamı kullanılmıştır. Açıldığı konuma göre ara depoların işletme maliyeti değişkenlik gösterebileceğinden, farklı aday konumlar için farklı işletme maliyetleri belirlenmiştir. Bu maliyetler belirlenirken, iki ayrı veri seti kullanılmıştır. Bunlardan ilki CCI'dan alınmış olup, İstanbul'da üçüncü parti tarafından işletilen bir direkt dağıtım deposunun maliyet kalemlerini göstermektedir. İkincisi ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yürütülen, 81 ilin çeşitli kriterlere göre değerlendirip sıralandığı İllerde Yaşam Endeksi (TÜİK, 2015) çalışmasıdır. Farklı illerde açılacak olan ara depoların işletme maliyetlerinin, TÜİK'in bahsedilen çalışmasında kullanılan, illerin gelir ve servet kriteri açısından sıralamasıyla paralellik göstereceği varsayılmıştır. Bu sebeple, İstanbul'daki deponun maliyetleri temel alınıp, diğer illerde açılacak ara depoların işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

Ara depo açma önerisinin temel amacı, bayilere yaklaşarak onlara daha hızlı servis sağlamak olduğundan, oluşturulacak sistemde tüm bayilerin belirlenen bir eşik değerinden daha kısa mesafedeki bir ara depodan hizmet alması gerektiği kararlaştırılmıştır. Bu sebeple, ara depoların en uzak hangi

mesafeye (eşik değeri) hizmet verebileceği ve hangi bayilerin aday konumlarında açılacak ara depoların kapsama alanında kaldığını gösteren matris parametre olarak tanımlanmıştır.

Modelde kullanılan bir diğer parametre, her il için belirlenen, 1'in en iyiyi ve 81'in en kötüyü temsil ettiği sıralamadır. Farklı iller güvenlik koşulları ve iş kurma imkânları gibi açılardan farklılık gösterebilir, bu durumda her il ara depo açmak için tercih edilmeyebilir. Bu yüzden sıralama parametresi, aday ara depo kümesini belirlemek için kullanılmıştır. İllerin sıralamaları belirlenirken, maliyet parametresinde de olduğu gibi TÜİK'in İllerde Yaşam Endeksi'nden (2015) yararlanılmıştır. Bu kez TÜİK'in çalışmada kullandığı 11 kriterin tümü, farklı kriterlere farklı ağırlıklar verilip normalize edilerek kullanılmış ve 81 ilin sıralaması belirlenmiştir. Yapılan bu ağırlıklı sıralama literatürde analitik hiyerarşi süreci olarak adlandırılmaktadır. Aday depo kümesi küçültülmek istendiğinde, oluşturulan sıralama matrisi ve ara depo açılacak il için istenen en büyük sıralama parametresi kullanılmıştır. Ara depolara atanan iş yüklerinin dengeli olmasını sağlamak amacıyla, bir ara depoya atanması gereken minimum fiziksel kasa miktarı da model parametreleri arasında yer almaktadır.

Modelde, karar değişkenlerinden y_i açılacak ara depoların konumlarını, x_{ij} ise açılan depoların hangi bayilere hizmet sağlayacağını göstermektedir ve ara depolara atanan talep miktarı da bir karar değişkeni olarak belirlenmiştir. Modelde, mevcut fabrika konumlarında birer ara depo olduğu varsayılmıştır. Bunun sebebi, mevcut sistemde her fabrikanın kendi depo alanı olması, fabrikaların bu alanlarda kendi stoklarını tutmalarının yanı sıra diğer fabrikalardan gelen ürünleri de tutup kendilerine atanan bayilere bunları ulaştırıyor olmasıdır. Bu bağlamda mevcut fabrikalar da önerilen ara depolar gibi çalışmaktadır. Model amaç fonksiyonu enazlarken ara depo açılması gereken konumları ve bu depoların hizmet vereceği bayileri belirler. Bunu yaparken her bayinin, kendinden en fazla belirlenen eşik değeri kadar uzaklıkta bir ara depoya atanmasını sağlarken, bir aday konumda ara depo açılabilmesi için o depoya atanan talebin belirlenen minimum miktardan fazla olmasını gerektirir.

3.1.2. Sonuçlar

Matematiksel model oluşturulduktan sonra CPLEX'te kodlanmış ve çözülmüştür. Modelde çözüm elde etmek için kullanılması gereken kümeler ve belirlenmesi gereken parametreler mevcuttur. Bu kümelerden biri aday ara depo konumlarını temsil etmektedir. Depo açma kararı stratejik, dolayısıyla maliyetli bir karar olduğundan, yeni bir depo açmak yerine, A tipi bayiler ile anlaşmaya varılarak onların mevcut depolarının bir kısmının oluşturulan ara depo konsepti dahilinde kullanılması, CCI ile yapılan görüşme sonucunda kararlaştırılmıştır. Dolayısıyla model çözümü sırasında aday ara depo

konumları, A tipi bayilerin bulunduğu 54 il ile sınırlandırılmıştır. Modeldeki parametreler kontrollü şekilde değiştirilerek, bu değişimlerin elde edilen çözümü nasıl etkilediği gözlemlenmiştir. Örneğin senaryo 2’de ara depo konumunun sıralaması en fazla 81 olabilirken senaryo 3’te bu sayı 70’tir, dolayısıyla deponun açılacağı konum değişmektedir. Senaryo 4’te bir bayinin hizmet alması gereken deponun ona maksimum uzaklığı önceki senaryolara göre azaldığından, daha fazla ara depo açma gerekliliği doğmuştur. Duyarlılık analizi çalışması için oluşturulan bir dizi örnek senaryo, Ek-4’te bulunabilir.

Önerilen sistemin sağladığı iyileştirilmiş karşılama oranlarını hesaplayabilmek ve sistemi doğrulamak amacıyla, mevcut dağıtım sistemi ARENA simülasyon programı kullanılarak modellenmiştir. Simülasyon modelinin genel tasarımı Ek-5’te bulunabilir. Simülasyon modelinden elde edilen karşılama oranı (%64), yapılan veri analizlerinden elde edilen karşılama oranına (%66,3) makul derecede yakın olduğundan, bu durum simülasyon modelinin mevcut sistemi yansıtabildiğini ve önerilen sistemin sağlayacağı geliştirmeleri göstermek için kullanılabileceğini göstermektedir.

Simülasyonda takip edilen yol haritası, ilk olarak mevcut dağıtım ağının modellenmesi, elde edilen istatistiklerin veri analizi sonuçlarıyla karşılaştırılması ve yeni dağıtım ağının iyileştirilmiş karşılama oranlarını farklı parametrelerle ölçülmesidir. Simülasyon modeli ile elde edilen ve senaryolara karşılık gelen beklenen karşılama oranları da Ek-4’teki tabloda bulunabilir.

3.2. Talep Planlama

3.2.1. Çözüm Yaklaşımı

Olasılık dağılımlarının birtakım özelliklerinden faydalanabilmek için, sipariş miktarlarına uyan bir dağılım belirlenmiştir. Bunu yapmak için, öncelikle rastgele ürün tipleri seçilmiş ve seçilen ürün tipleri üzerinde çeşitli dağılım belirleme yöntemleri kullanılmıştır. Bu işlemlerin tüm ürün tipleri için yapılmamasının amacı, zamanı etkili kullanmanın yanı sıra, 200’den fazla stok kalemi için dağılım belirlemenin gerçek veriye fazla yakın bir modele yol açabileceği ihtimali olmuştur. Rastgele ürün tipleri seçilerek, veriye fazla yakın bir model oluşması engellenmiş ve modelde hata ve değişkenliğe pay bırakılmıştır. Seçilen ürün tiplerinin histogramları incelendiğinde, geometrik dağılımın genel olarak sipariş miktarlarını yansıtan bir dağılım olarak kullanılabileceği görülmektedir.

Geometrik dağılımın uygun olduğu fikrini doğrulamak için, şirket tarafından sağlanan sipariş miktarları verisinden hesaplanan parametre kullanılarak dağılımın olasılık fonksiyonu hesaplanmıştır. Geometrik dağılımın olasılık fonksiyonu $P_i(X_i = k) = p_i (1 - p_i)^{k-1}$ olarak tanımlanır. Fonksiyonda k pozitif tamsayı, p_i ise sırası i olan stok kaleminden sipariş gelmesi olayının gerçekleşme olasılığıdır. Geometrik dağılımın ortalaması $1/p_i$ fonksiyonu ile hesaplanır. Örneklemin ortalaması, bir dağılımın

ortalamasının yansız tahmin değerini verdiğiinden, belirlenecek dağılımların p_i parametreleri, örneklemelerin ortalamaları, yani $(\hat{p}_i = 1/\hat{\mu}_i)$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Belirlenen dağılımın uygunluğunu sergilemek amacı ile, açıklanan hesaplamaların sonucu olan olasılık fonksiyonu, ürün tipleri histogramlarının üstünde çizilmiştir, bu grafikler Ek-6'da bulunmaktadır. Bu grafiklerde rastgele seçilen ürün tipleri yer almaktadır. Sütunlar, sipariş miktarlarının sıklığını; kırmızı eğriler ise hesaplamaların sonucu olan geometrik dağılımı göstermektedir. Bu şekillerden de görülebilir ki geometrik dağılım sipariş miktarları için uygundur.

Geometrik dağılımın uygunluğunu göstermenin bir başka yolu olarak dağılım dilimleri grafikleri kullanılmıştır. Dağılım dilimleri grafikleri, iki verinin aynı dağılım tipinden gelip gelmediğini test etmek için kullanılmaktadır. Bu grafik tipini kullanmak için gerçek sipariş veri setinin yanında, geometrik dağılımdan gelen rastgele oluşturulmuş bir veri seti kullanılmıştır. Daha sonra, bu iki veri seti yatay ve dikey ekseninde birbirine karşı olacak şekilde, MATLAB'ın *qqplot* fonksiyonu kullanılarak grafiklenmiştir. Dağılım dilimleri grafiği oldukça doğrusal görüldüğünden, bu iki veri setinin aynı dağılımdan geldiği sonucuna varılabilir. Başka bir deyişle, sipariş miktarları verisi, geometrik dağılım verisi ile aynı dağılımdan gelmektedir.

Bulguların istatistiksel olarak kanıtlanması için Chi-Square uyum iyiliği testi uygulanmıştır. Bu test için hâlihazırda kodlanmış olan R ve MATLAB fonksiyonları sürekli olasılık dağılım fonksiyonları için daha doğru çalıştığından ve geometrik dağılım ayrı bir fonksiyon olduğundan, eldeki duruma uygun bir Chi-Square testi kodlanmıştır. Test edilecek hipotez " $H_0 =$ Sipariş miktarları, parametresi $p = 1/\hat{\mu}$ olan bir geometrik dağılımdan gelmektedir" olarak tanımlanmıştır.

Genellenebilir bir örnek olarak, seçilen bir stok kalemi için Chi-square değeri $\chi_0^2 = 12,17$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, yanılıgı düzeyi 0,05 olan Chi-square değerinden, yani $\chi_{0,05,8}^2 = 15,51$ 'den oldukça düşüktür. Böylece, sipariş miktarlarının parametresi $p = 1/\hat{\mu}$ olan bir geometrik dağılımdan geldiği hipotezi reddedilemez.

Geometrik dağılımın uygunluğu anlaşıldıktan sonra, talep planlama problemi için önemli olan kısım, yani miktarı genelde gözlemlenenin üstünde olan siparişler göz önünde bulundurulmuştur. Beklenenin üstünde miktarda gelen siparişlerin karşılanmasının daha zor olacağı düşüncesi şu şekilde doğrulanmıştır: Geometrik dağılımın üçüncül çeyrekliği bütün bayilerin bütün ürün tipleri için hesaplanmıştır. Daha sonra, miktarı bu hesaplanan miktarın üstünde olan siparişlerin karşılanma oranları hesaplanmıştır. Bu siparişlerin

karşılanma oranlarının, miktarı üçüncül çeyreklikten küçük olan siparişlerin karşılanma oranlarından çok daha düşük olduğu saptanmıştır.

Bu bilgiler ışığında, beklenenin üstünde gelen siparişlerinin karşılanma oranları düşük olan ürün tiplerinde daha fazla stok tutmaları için bayilerle görüşmenin ve anlaşmanın makul bir çözüm yolu olacağı anlaşılmıştır. Belirtilen ürün tiplerinin saptanması için, talep planlama karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Talep planlama karar destek sistemi, bütün bayilerin bütün ürün tipleri için çalışan bir algoritmadan oluşmaktadır. Seçilen bir bayi ve bir stok kalemi için, parametresi $p = 1/\hat{\mu}$ olan geometrik dağılım hesaplanmaktadır. Sonrasında, “beklenenin üstünde” olarak tanımlanabilecek siparişleri saptamak adına, belirlenen dağılım için q dağılım dilimi değeri hesaplanmaktadır, hesaplanan değer, “beklenen miktar” olarak tanımlanacaktır. Sonrasında, miktarı beklenen miktardan büyük olan ve karşılanma oranı %50’den küçük olan siparişler filtrelenmektedir. Bayilerin bu ürün tipleri için daha fazla stok tutacağı düşünülerek, bu ürün tiplerinin stok-günleri n gün artırılmaktadır. Bu algoritmadaki q ve n parametreleri duyarlılık analizleri ve şirket geri bildirimleri sonucu belirlenmektedir.

Algoritma geliştirildikten sonra, karşılanma oranlarında beklenecek iyileştirmenin tahminlenmesi için, bayilerin $n * (\text{günlük ortalama sipariş})$ kadar daha fazla stok tutacağı varsayılmıştır. Bu varsayım, CCI’nın hâlihazırda yaptığı stok-gün hesaplamasıyla tutarlıdır: Minimum stok miktarı, minimum stok gününün günlük ortalama sipariş ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Bu varsayımla, bayilerin ek olarak $n * (\text{günlük ortalama sipariş})$ ve sipariş miktarından büyük olan miktar kadar daha siparişi karşılayabileceği önerilmektedir.

3.2.2 Sonuçlar

Çeşitli q ve n parametreleri ile duyarlılık analizleri yürütülmüştür. Dağılım dilimleri için q , 0,6 ve 0,9 arasında 0,05 ile artan bir dizi olarak belirlenmiştir. Minimum stok-gündeki artış miktarı, n ise 1 ve 10 arası artan sayılardan oluşmaktadır. Karşılanma oranlarındaki beklenen artış, belirlenen bütün ürün tipleri için bu parametre kümelerindeki her bir ikili kombinasyon için hesaplanmıştır. Baz alınan karşılama oranı %66,3’tür. Duyarlılık analizi sonuçları Ek-7’de bulunabilir. Görülmektedir ki q küçüldükçe ve n büyüdükçe ulaşılabilecek maksimum karşılama oranı büyümektedir, ancak küçük q ve büyük n seçmek daha fazla sayıda stok kaleminden daha fazla günlük stok tutmak anlamına geldiğinden mümkün olmayabilir. Bu noktada, q ve n için daha orta değerler seçilmelidir.

Karar destek sistemi, q değeri sabitlenerek n üzerindeki değişikliğin bayiler ve ürün tipleri çapında kullanıcıya ayrı ayrı yansıtılacağı bir kullanıcı arayüzü olarak tasarlanmıştır. Arayüzün girdileri bayi adı, stok kalemi ve n ’dir.

Çıktıları ise mevcut karşılama oranı ve stok-gün n artırıldıktan sonra beklenen karşılama oranıdır. Bu noktada q , 0,8 olarak sabitlenmiştir. Bu arayüz, bayilerin, beklenenden yüksek miktarda gelen ürün tiplerinin stok günlerini ne oranda artıracakları konusunda kullanıcıya destek sağlayacaktır. Arayüzün görünümü Ek-8’da bulunabilir.

4. Genel Değerlendirme ve Öneriler

Projenin amacı, CCI’ın modern kanal müşterileri için karşılama oranını yukarıya çekmektir. Mevcut sistemi ve problemleri anlamak için yapılan analizler doğrultusunda önerilen, dağıtım ağı ve talep planlama kısımlarından oluşan sistem, yapılan simülasyon çalışmalarının da gösterdiği gibi, karşılama oranını arttırmaktadır.

Dağıtım ağı çözümünde, CPLEX ve ARENA programlarıyla yapılan çözümleme ve simülasyon modellerinde ortaya çıkan senaryolar ve çıktıları Ek-4’teki gibidir. Amaç fonksiyonu ve olası karşılama oranları göz önüne alındığında tek ara depo açılması halinde senaryo 2, iki ara depo açılması halinde ise senaryo 4 ve 6 ön plana çıkmaktadır. CCI’a önerilen bu üç senaryo, gerekli bütçe ve yatırım analizleri yapıldıktan sonra hayata geçirilmeye hazırdır. Bu noktada, CCI’ın halihazırdaki A tipi bayilerinin depolarının kiralanması, maliyet ve hazırlık açısından uygulama sürecini kolaylaştıracaktır. Hayata geçirildiği takdirde karşılama oranlarında, senaryo 2’nin yaklaşık %6, senaryo 4’ün yaklaşık %11, senaryo 6’nın yaklaşık %13 iyileştirme sağladığı görülmektedir.

Talep planlama çözümünde, R ve MATLAB programlarıyla yapılan değerlendirmede her bayi için düşük karşılama oranına sahip ürünler tespit edilmiş ve minimum stok günlerinin yeniden belirlenmesi önerilmiştir. CCI’ın yapılacak değişikliğin olası karşılama oranı çıktılarını takip edebilmesi için bir kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Ürün ve bayi bazında yapılacak olan minimum stok günü değişimleri, bayilerle anlaşma ve detaylı maliyet analizi gerektirdiği için CCI’a bırakılmıştır.

Gelecekte ortaya çıkabilecek olası değişiklikler göz önüne alındığında önerilen çözüm ve sistemlerin devamlılığı için tarafımızdan yapılan analizler, gelecekte periyodik olarak CCI tarafından yapılmalıdır. Tasarlanan kullanıcı arayüzü, matematiksel modeller ve simülasyon çalışmaları bu konuda CCI’a yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

Coca Cola İçecek. *Cci.Com.Tr*, 2018, <http://www.cci.com.tr/>. 4 Kasım 2017.

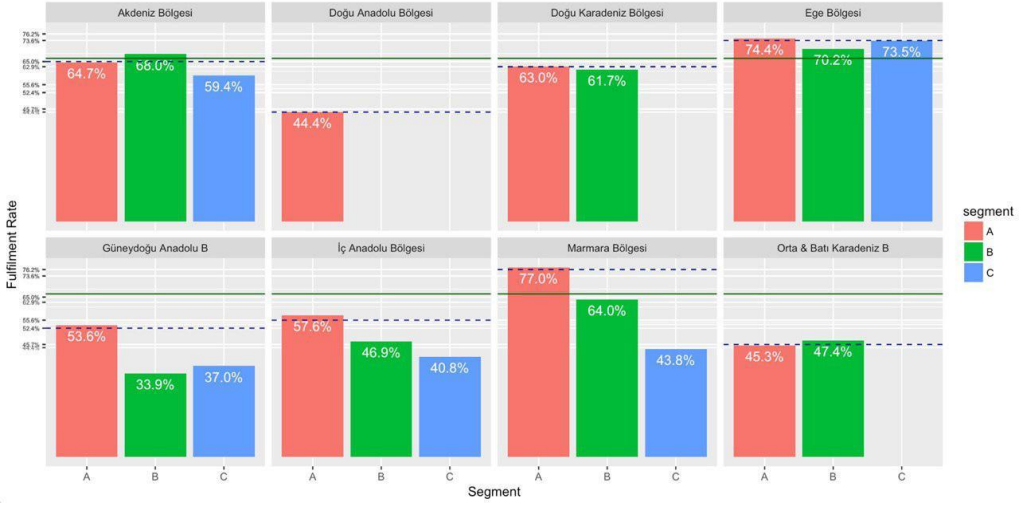
Farahani, Reza Zanjirani vd. "Covering Problems In Facility Location: A Review." *Computers & Industrial Engineering* 62.1 (2012): 368-407.

López-Pérez, J. Fabián, ve Roger Z. Ríos-Mercado. "Embotelladoras ARCA Uses Operations Research To Improve Territory Design Plans." *Interfaces* 43.3 (2013): 209-220.

Tansel, Barbaros C., Richard L. Francis, ve Timothy J. Lowe. "State Of The Art—Location On Networks: A Survey. Part I: The p-Center and p-Median Problems." *Management Science* 29.4 (1983): 482-497.

EKLER

Ek-1 Bölge ve Bayi Tipine Göre Karşılama Oranları



Ek-2 Toplam Maliyeti Enazlama Modeli Parametre ve Karar Değişkenleri

Kümeler:

P : fabrika konumu kümesi

H : aday ara depo konumu kümesi

D : bayi konumu kümesi

Parametreler:

d_{ij} : depo $i \in H$ ve bayi $j \in D$ arasındaki uzaklık

l_{ij} : fabrika $i \in P$ ve depo $j \in H$ arasındaki uzaklık

m_j : bayi $j \in D$ 'nin toplam talebi

c_i : $i \in H$ noktasında açılacak deponun günlük işletim maliyeti

T : deponun servis sağlayabileceği maksimum uzaklık

$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer depo } i \in H \text{ ve bayi } j \in D \text{ arasındaki uzaklık } T \text{ 'den azsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

r_i : $i \in H$ noktasının sıralaması

max_rank : depo açılacak lokasyonun maksimum sıralaması

min_phc : bir depoya atanacak minimum phc sayısı

$t1$: bir phc'yi fabrikadan depoya kilometre başına taşıma maliyeti

$t2$: bir phc'yi depodan bayiye kilometre başına taşıma maliyeti

Karar Değişkenleri:

$y_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \in H \text{ noktasında depo açıldıysa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \in D \text{ noktasındaki bayi } i \in H \\ & \text{noktasındaki depodan servis aldıysa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

q_i : $i \in H$ noktasında açılan depoya atanan toplam talep

Ek-3 Toplam Maliyeti Enazlama Modeli

$$\min \sum_{k \in P} \sum_{i \in H} \sum_{j \in D} l_{ki} x_{ij} m_j t1 + \sum_{i \in H} \sum_{j \in D} d_{ij} x_{ij} m_j t2 + \sum_{i \in H} y_i c_i$$

$$\text{s.t. } x_{ij} \leq y_i \quad \forall i \in H, j \in D \quad (1)$$

$$y_i = 1 \quad \forall i \in P \quad (2)$$

$$\sum_{i \in H} a_{ij} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in D \quad (3)$$

$$a_{ij} \geq x_{ij} \quad \forall i \in H, j \in D \quad (4)$$

$$\sum_{j \in D} x_{ij} m_j = q_i \quad \forall i \in H \quad (5)$$

$$q_i \geq y_i \min_phc \quad \forall i \in H \quad (6)$$

$$r_i y_i \leq max_rank \quad \forall i \in H \quad (7)$$

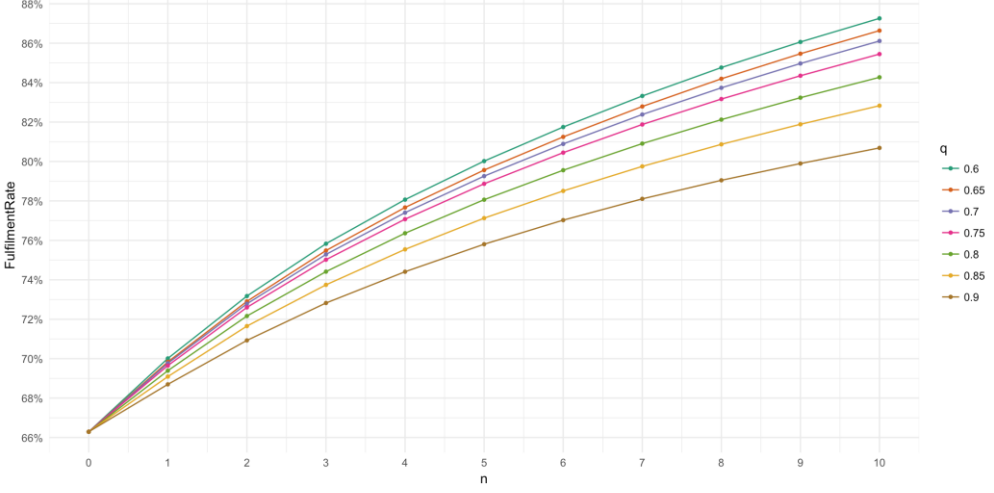
$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in H \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in H, j \in D \quad (9)$$

$$q_i \geq 0 \quad \forall i \in H \quad (10)$$

Ek-7 Talep Planlama Duyarlılık Analizi

Improved Fulfillment Rates



Ek-8 Kullanıcı Arayüzü Görünümü

Tahmini SLA Oranı

Modern Kanal Müşteri Hizmeti İyileştirilmesi

Minimum Stok Günü Artırımına Göre Tahmini SLA Oranı

Listeden bir bayi seçiniz

Listeden bir SKU seçiniz

Bayinin minimum stok gününü kaç gün artıracığınızı belirleyiniz

Mevcut SLA Oranı

Tahmini SLA Oranı

CCI'm

Planlama - Analiz - Raporlama - Uygulama

Kentsel Teslimat İhtiyaçlarına Yanıt Verecek Proaktif ve Sürdürülebilir Lojistik Sistemi Tasarımı

Coca-Cola İçecek A.Ş.



Proje Ekibi

Esma Akgün, İrem Bağdatlı, Zehranaz Dönmez, Burak Kaan Gökğöz, Aylın Mumcular, Muhammed Emin Özyörük, Gülin Tuzcuoğlu

Şirket Danışmanları

Serkan Somer

Satış Sist. ve İş Geliştirme Direktörü

Serhat Çelik

Saha Satış Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Oya Ekin Karaşan

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu projenin amacı Coca-Cola İçecek A.Ş. için ileride belediyeler tarafından uygulamaya konulabilecek düzenlemelere karşı sürdürülebilir bir dağıtım modeli oluşturmaktır. Önerilen model, düzenlemelerden kaynaklanan dağıtım kısıtlarına hazırlıklı olmalı ve Coca-Cola İçecek A.Ş.'nin kolayca bu yeniliklere uyum sağlamasına imkan tanımalıdır. İstanbul Avrupa yakası dağıtımın en sorunlu olduğu bölge olduğu için projenin kapsamı bu bölgeye daraltılmıştır. Yapılan kaynak taraması sonucunda elektrikli kargo bisikletleri ve mobil depo açılması fikirleri önerilmiştir. Önerilen fikirlerin uygulamaya konulması için stratejik kararları vermeyi sağlayan bir matematiksel model ve günlük dağıtımın nasıl olacağını gösteren bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Algoritma MS Excel ile hazırlanan bir karar destek sistemiyle kullanıma hazır hale getirilmiştir.

1. Şirket Tanımı

Coca-Cola İçecek A.Ş. (CCI) 1964 yılında kurulmuş olup Türkiye ve dokuz diğer ülkedeki şişeleme ve dağıtım operasyonlarını gerçekleştirmektedir. CCI, Türkiye çapında on fabrikada üretim yapmaktadır ve pek çok ürününün dağıtımından sorumludur. Bunlar arasında Coca-Cola, Fanta, Sprite, Cappy, Damla su ve soda, Burn, Powerade, Schweppes, Doğadan ve Monster markalarının ürünleri mevcuttur. Şirket hızlı tüketim sektöründedir ve toplu üretim ile stoğa üretim yapmaktadır.

2. Mevcut Sistem Analizi

CCI, ürün dağıtımını iki farklı kanal aracılığıyla gerçekleştirir. Bunlar direkt kanal ve geleneksel kanaldır. Direkt kanalda CCI ürünleri kendi deposundan müşterilere ulaştırır ve toplam müşterilerin %25'inin ürünleri bu kanal aracılığıyla dağıtılır. Geleneksel kanalda, CCI ürünleri distribütörler aracılığıyla dağıtır ve toplam müşterilerin %75'inin ürünleri bu model aracılığıyla dağıtılır. Projede İstanbul Avrupa yakasındaki en büyük distribütörlerden olan Ergün Kaya Meşrubat Bayii'nin İstanbul Beyoğlu bölgesindeki operasyonları hedef olarak seçilmiştir ancak bulduğumuz çözümler diğer distribütörlere de uygulanabilir. Distribütör operasyonlarında siparişler satış öncesi temsilcileri tarafından bir gün önce alınır ve kurumsal kaynak planlama sistemi olan Voyage sistemine yüklenir. Voyage sistemi siparişleri kamyonlara eşler ve gidilecek müşterilerin sırasını belirler. Ürünler siparişlerin alındığı gece kamyonlara depo görevlileri tarafından yüklenir. Araçlar depodan sabah 5.30'da çıkar ve saat 10'da Beyoğlu bölgesinden ayrılmak zorundadır çünkü bölgedeki trafik kısıtlamaları bunu gerektirmektedir. Her bir kamyonunda bir sürücü ve bir yardımcı bulunmaktadır. Sürücülerin elinde o gün içerisinde gidecekleri müşterilerin listesi ve faturalar bulunur. Beyoğlu bölgesinde diğer bölgelerden farklı olarak bir adet yardımcı depo bulunmaktadır.

3. Problem Tanımı

Bu proje geleneksel dağıtım kanalındaki trafik kısıtlamalarından kaynaklanan problemlere odaklanmıştır. Proje hemen uygulamaya konulduğu takdirde mevcut sorunları çözebileceği gibi ileride gelebilecek kısıtlamalara karşı da bir tedbir niteliğindedir. CCI'nın 2017 yılına ait ara dönem faaliyet raporuna göre, toplam taşıma maliyetinin %13.5 artarken satışların %3 artması projenin önemini vurgulamaktadır. Şirketin belirttiği üzere, toplam taşıma maliyetlerinin önemli bir bölümü trafikteki kısıtlamalardan kaynaklanmaktadır. Örneğin, talebin yoğun olduğu yaz dönemlerinde tonaj aşım maliyetlerinin de yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Beyoğlu bölgesinde kamyonlar sadece 6:00-10:00 ve 16:00-22:00 arasında dağıtım yapabilmektedir. Bu kısıtlama normalden daha fazla sayıda kamyonun bölgede kullanılmasına sebep olmaktadır. Mevcut trafik kurallarının daha da

katılacağı ve Beyoğlu bölgesine kamyon girişinin tamamen yasaklanması senaryoları gelecekte ihtimal dahilindedir. Bu gibi katı uygulamaların hayata geçmesi durumunda şirketin müşterilere ulaşacak bir dağıtım modeli bulunmamaktadır. Trafik uygulamalarının dışında sokakların darlığı ve park yerlerinin azlığı da kamyonların Beyoğlu'na girişini engellemektedir. Bu gibi yerlerde ürünler müşterilere el arabaları aracılığıyla dağıtılmaktadır.

Maliyetlerdeki artışlar arasında distribütörlerin dağıtım yaptıkları bölgelerdeki kira maliyetinin artışları da bulunmaktadır. İstanbul Avrupa yakasında kira maliyetleri hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu durumdan ötürü distribütörler yoğun talep bölgelerinde depo kiralamak yerine şehrin dış bölgelerinde kiralamayı tercih etmektedir. Bu durum da CCI'nın ürünlerini müşterilere zamanında ulaştırmasını zorlaştırmaktadır. Eğer müşteri talebi bir gün içerisinde karşılanamazsa ertesi güne kalmakta ve bu durum müşteri memnuniyetsizliğine sebep olmaktadır. Özellikle yaz aylarında bu memnuniyetsizlik durumu daha da artmaktadır. Siparişleri zamanında yetiştirmek için normalden daha hızlı çalışması gereken kamyon sürücüleri ve yardımcıları da bu durumdan şikayetçidir. Mevcut dağıtım modelinde kullanılan Voyage sistemi, günlük rotalama ve araçlara yük dağılımı kararlarında kullanılmaktadır fakat yükler araçlara dengesiz bir şekilde atanmaktadır. Bu durumu çözmek için CCI içerisindeki operatörler algoritma sonucuna elle müdahale etmekte ve kamyonlara ürünlerin dengeli dağılımı için ekstra zaman harcamaktadır.

4. Kaynak Taraması

Problemimiz literatürde şehir lojistiği adıyla geçmektedir. Şehir lojistiğinde depo yeri seçimi, filo yönetimi ve rotalama kararları verilmelidir (Benjelloun vd., 2009; Benjelloun ve Crainic, 2008; Savelsbergh ve Woensel, 2016). Kararlarda tek aşamalı ve iki aşamalı sistemler bulunmaktadır. İki aşamalı sistemlerde ürünler ilk olarak şehrin dışındaki depolara sonra da şehrin yakınlarındaki uydu noktalarına veya mobil depolara aktarılır. Uydu noktaları büyük araçlardan küçük araçlara yük aktarımı yapmak için kullanılan otoparklar, garajlar veya benzer yapılardır (Benjelloun ve Crainic, 2009). Mobil depolar ise park halinde bekleyen büyük araçların depo olarak kullanılmasıdır (Kunter, 2015). Rotalama problemlerinin en temeli olan Gezgin Satıcı Problemi NP-zordur. Bu projedeki problem ise Gezgin Satıcı Problemi'nin geliştirilmiş halidir. Kabul edilebilir zaman içerisinde çözüm elde edebilmek için sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir. Literatürde iki tip sezgisel yöntem mevcuttur, çözüm oluşturma sezgiseli ve çözüm geliştirme sezgiseli. Çözüm oluşturma sezgisellerinden biri olan yerleştirme yöntemi, mevcut rotaya ziyaret edilmemiş müşterileri en az masrafla ekler ve rota makul kalmaya devam ettiği sürece devam eder (Hosny, 2011). Diğer önemli çözüm oluşturma sezgiselleri ise En Yakın Komşu Yöntemi, Asgari Tarama Ağacı

Yöntemi, Aç Gözlü Yöntemi ve Christofides Yöntemidir (Nilsson, 2003). Çözüm geliştirme sezgisel algoritmaları ise ilk başta geçerli bir çözümü alır ve amaç fonksiyonunu geliştirmek için çalışır. Komşu hareketleri kullanılan çözüm geliştirme sezgisellerinde kullanılır. Köşe değişimleri, 2-optimal takas, 3-optimal takas, tabu arama ve genetik algoritma önemli yöntemlerdir.

Problemimiz tesis yeri belirleme ve araç rotalama problemlerini kapsayıp kapasiteli araçlar, çoklu ve ayrışık araçlar, çoklu rotalama, çoklu depo ve zaman penceresi özelliklerini de içermektedir. Projede kullanılan araçlar elektrikli üçtekerlekli kargo bisikleti ve kamyon cinsinden olup farklı kapasitelere sahiptir. Araçlar müşterilere dağıtım yaparken birden fazla tur yapabilir ve Beyoğlu bölgesindeki farklı depolardan dağıtım yapabilir. Ek olarak, müşteriler belirli zaman aralıklarında ürünlerin kabulünü gerçekleştirmektedir.

5. Önerilen Çözüm Yöntemleri

Verilmesi gereken stratejik ve operasyonel kararlar için iki farklı matematiksel model geliştirilmiştir. Stratejik model araç filosunu oluşturmaya, mobil depo konumlarını belirlemeye ve müşteri kümelerini depolara atamaya yardımcı olmaktadır. Stratejik model kaynak taramasında zaman ve kapasite kısıtlı araç ataması ve kapasite kısıtlı tesis yerleştirme problemi olarak konumlandırılabilir. Operasyonel model müşterilerin araçlara günlük olarak atanmasına ve müşterilerin dağıtım sıralarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Stratejik model sonucunda belirlenen depolar ve o depolardan hizmet alacak olan müşteri kümeleri için operasyonel model ayrı ayrı çalıştırılmalıdır. Operasyonel model kaynak taramasında birden fazla tur yapabilen, kapasite ve zaman kısıtlı heterojen filo rotalaması problemi olarak sınıflandırılabilir.

5.1. Stratejik Model

Stratejik kararların alınması için oluşturulan matematiksel model Ek 1'de bulunmaktadır. Stratejik model araç ve depoların atama ve sabit giderlerini enazlamayı amaçlamaktadır. Kısıt (2) her müşterinin yalnızca bir araca ve bir depoya atanmasını sağlar. Kısıt (3) bir depoya atanmış müşterilerin toplam talebinin deponun kapasitesini aşmamasını garantiler. Benzer şekilde kısıt (4) araçlara atanmış müşterilerin toplam talebinin araç kapasitesini aşmamasını sağlar. Kısıt (5) araçların toplam servis sürelerinin günlük zaman kısıtını aşmamasını amaçlar. Kısıt (6) her aracın yalnızca bir depoya atanmasını garantiler. Kısıt (7) modeldeki X ve Y karar değişkenlerini bağlamak için eklenmiştir. Bu kısıt, eğer bir araç belirli bir depoya atanmamış ise hiçbir müşterinin o araç ve depo kümesine birlikte atanmamasını sağlar. Kısıt (8) bir aracın bir müşteriyi kaç kere ziyaret edeceğini sınırlar. Kısıt (9)'a göre eğer bir depo açılmamışsa hiçbir araç o depoya atanmamalıdır. Kısıt (10) hiçbir depoya atanmamış araçların tur sayısını sifıra indirger. Kısıt (11) ve (12)

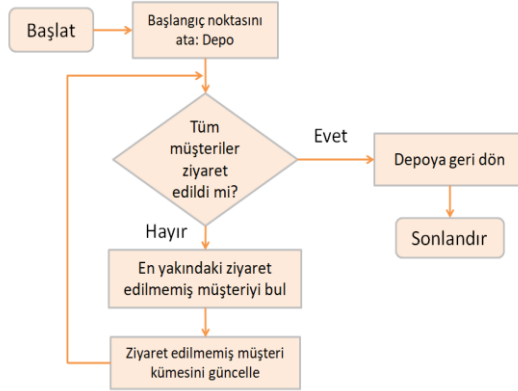
ise değişkenlerin ikili değer ve tam sayı olma durumlarını sağlar. Modeli çalıştırmak için gerekli olan bilgiler arasında müşteriler arası uzaklıklar, müşterilerin depolara olan uzaklıkları, müşterilerin sipariş miktarları ve servis süreleri, depoların ve araçların maliyetleri ve kapasiteleri bulunmaktadır. Müşterilerin koordinatları, talepleri ve servis süreleri şirketten alınmıştır. Stratejik modelin gerçekçiliğini arttırmak için bölgedeki toplam müşteri sayısı bir güne indirgenmiştir. Bu amaçla talebin en yoğun olduğu gün baz alınarak müşteriler kümelenmiştir. Beyoğlu bölgesindeki müşteriler, müşterilerin kümelenme şeması ve kümelenmiş müşteriler Ek 3'teki gibidir. Bu aşamadan sonra mobil depo lokasyonlarını belirlemek amacıyla Beyoğlu bölgesinde bulunan otoparklar aranmış ve mobil depo olarak kullanılacak kamyonların gün boyunca park edip edemeyeceği sorulmuştur. Otoparkların aylık abonelik fiyatları alınmış ve bu fiyatlar mobil depo açma maliyeti olarak belirlenmiştir. Ardından, RStudio ve JCreator LE programları kullanılarak Google API üzerinden müşterilerin birbirlerine ve depolara olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Stratejik modelin karar alım sürecinde bir kez çalıştırılması yeterlidir, bu modeli çalıştırmak için CPLEX programı çözücü olarak kullanılabilir. Bu projede Ergün Kaya Bayii'nin Beyoğlu bölgesi pilot olarak seçildiğinden stratejik model bu bölge için çalıştırılmıştır. Modelin sonucuna göre ana depoya ilave olarak dört mobil depo açılmıştır ve bölgedeki yardımcı depo kapatılmıştır. Stratejik modele göre seçilen mobil depo lokasyonları Ek 4'te gösterilmiştir. Toplamda ana depoya iki kamyon ve mobil depolara beş elektrikli kargo bisikleti atanmıştır. Stratejik modelden elde edilen sonuçlar operasyonel modele girdi olarak eklenmiştir.

5.2. Operasyonel Model

Operasyonel model, her deponun araçları için günlük talebin dağıtımını yaparken takip edilecek rotayı belirlemektedir. Modelin matematiksel gösterimi Ek 2'de bulunmaktadır. Modelin amaç fonksiyonu (1) araçların müşteriler arası gidiş masrafını ve araçları kullanmanın sabit masrafını enazlamaktadır. Kısıt (2) ve (3) bir aracın o günkü müşterileri ziyaret etmesini sağlar. Kısıt (4) ve (5) tüm araçların modelin çalıştırıldığı depoya girmesini ve o depodan ayrılmasını garantiler. Kısıt (6) eğer bir araç bir müşteriyi ziyaret etmişse o araç o müşteriden ayrılmalıdır koşulunu sağlar. Kısıt (7) alt turları eler ve bir aracın bir müşteriyi ziyaret etme zamanını gösterir. Kısıt (8) araçların kapasite kısıtını aşmamasını sağlar. Kısıt (9) araçların müşterileri ziyaret edebileceği zaman aralığını ifade eder. Kısıt (10) bir araç bir müşteriyi ziyaret edecekse zaman kısıtını aşmadan o müşteriye gitmesi gereken zamanı belirtir. Kısıt (11) bir araç ilk turunu yapmamışsa o aracın iki veya daha fazla tur yapmasını engeller. Kısıt (12) bir araç birden fazla tur yapıyorsa o aracın depoya gelip gitme zamanını mevcut müşterisindeki işini bitirme zamanı üstüne ekleyerek bir sonraki müşteriye gidiş zamanı olarak sistemde tutar.

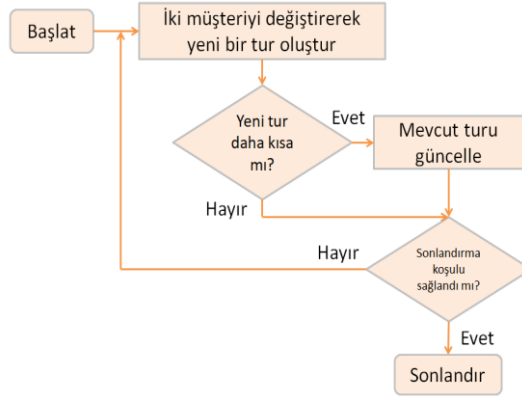
Kısıt (13) eğer bir araç kullanılmadıysa o aracın tur yapmayacağını garantiler. Kısıt (14) ve (15) ise değişkenlerin ikili değer ve tam sayı olma durumlarını sağlar.

Operasyonel modelin boyutları değişkenlerinden ötürü çok büyüktür. Bu sebeple bir çözücü tarafından çözülmesi saatler almaktadır ve modelin günlük kullanımını imkansız hale getirmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için MS Excel üzerinden operasyonel modelin yaptığı günlük rotalamayı gerçekleştiren sezgisel bir algoritma tasarlanmıştır. İlk olarak, en yakın komşu algoritmasından faydalanılarak bir çözüm oluşturma sezgisel algoritması geliştirilmiştir. En yakın komşu algoritmasına çoklu tur, çoklu araç tipi, müşteri talebi, servis süresi, zaman kısıtı ve araç kapasite kısıtı özellikleri eklenmiştir. Ayrıca ürünlerin araçlara ağırlık olarak dengeli bir şekilde dağılımı amaçlanmıştır. Geliştirilen sezgisel algoritma MS Excel'in VBA programlama dili kullanılarak kodlanmıştır. Çözüm oluşturma sezgisel algoritmasının akış diyagramı Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Çözüm oluşturma sezgisel algoritmasının akış diyagramı

Çözüm oluşturma sezgisel algoritmasını daha verimli hale getirmek için bir çözüm geliştirme sezgisel algoritması tasarlanmıştır. Algoritmayı oluşturmak için 2-optimal takas metodu kullanılmıştır. Bu metodu MS Excel programında uygulayabilmek için bir rotanın kapsadığı müşteriler bir sütuna yazılmıştır. İki müşteri seçilmiş ve aralarında kalan müşterilerin oluşturduğu alt kümenin sıralaması ters çevrilmiştir. Bu sayede yeni rota oluşturulmuştur. Bu değişim bir rotadaki müşterilerin bütün ikili kombinasyonları için yapılmıştır ve en kısa mesafeyi veren rota mevcut rota olarak güncellenmiştir. Geliştirilen çözüm geliştirme sezgisel algoritması, çözüm oluşturma sezgisel algoritmasının devamı niteliğindedir ve benzer şekilde MS Excel'in VBA programlama dili kullanılarak kodlanmıştır. Çözüm geliştirme sezgisel algoritmasının akış diyagramı Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Çözüm geliştirme sezgisel algoritmasının akış diyagramı

Algoritmaların günlük olarak kolayca kullanılabilmesi için MS Excel üzerinden bir kullanıcı arayüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen kullanıcı arayüzü, şirketin müşteri verilerini başka dosyalardan modele aktarabileceği ya da isteğe bağlı olarak manuel olarak girebileceği şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda araç sayıları, araç ve depo kapasiteleri, zaman kısıtlamaları gibi parametreler de arayüzden kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Kullanıcı arayüzünün giriş ve sonuç sayfaları Ek 5’te gösterilmiştir.

6. Modellerin Doğrulaması

Operasyonel modelin geçerliliğini test etmek için şirketin kullandığı Voyage programı ile sezgisel algoritmanın sonucu farklı günlerden örnekler için karşılaştırılmıştır. İlk olarak, bir aracın farklı günlerdeki dağıtım rotası ve bu günlerdeki müşteri talepleri alınmıştır. Alınan müşteri listesi ve müşterilerin talepleri, sezgisel algoritmaya girilerek yeni bir rota elde edilmiştir. İki farklı rotada gidilen toplam uzaklıklar hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. On bir farklı gün için elde edilen sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Voyage programı ve sezgisel algoritma karşılaştırması

Farklı Günlerden Örnekler	Voyage Programının Sonucu	Sezgisel Algoritmanın Sonucu
Örnek 1	20.532 m	17.403 m
Örnek 2	27.930 m	17.027 m
Örnek 3	21.820 m	16.431 m
Örnek 4	20.380 m	17.588 m
Örnek 5	30.928 m	20.453 m
Örnek 6	22.931 m	17.781 m
Örnek 7	24.045 m	20.482 m
Örnek 8	20.657 m	18.611 m
Örnek 9	20.518 m	18.534 m
Örnek 10	23.645 m	21.073 m
Örnek 11	22.899 m	18.004 m

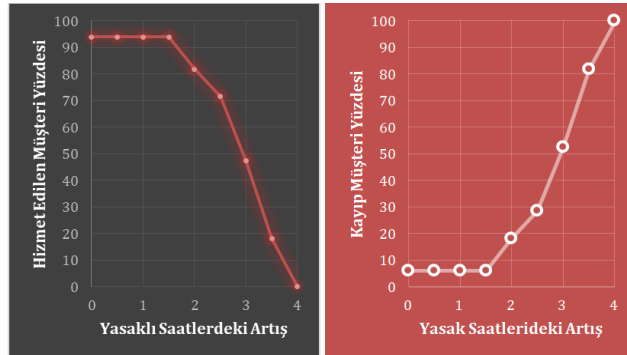
Bu tablodaki sonuçlara göre toplam uzaklıkta mevcut sisteme göre ortalama %20'lik bir azalma elde edilmiştir. Her bir gün için elde edilen iyileştirme oranı Şekil 3'teki gibidir.



Şekil 3. Farklı örnekler için iyileştirme oranları

7. Duyarlılık Analizi

Belediyenin düzenlemelerine bağlı olarak, Beyoğlu bölgesindeki zaman kısıtları arttığında dağıtım sisteminin sürdürülemez olduğunu gösterebilmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu analizde bölgedeki mevcut zaman kısıtlaması olan dört saatten başlayarak, sıfıra kadar yarım saatlik azaltmalarla dağıtım süresi sınırlandırılmıştır. Analiz yapılırken taleplerin yoğun olduğu bir gün seçilmiştir. Bu gündeki müşteri ve talep bilgileri kullanılarak her bir zaman aralığı için mevcut sistem girdileriyle sezgisel algoritma çalıştırılmıştır. Farklı zaman aralıkları için araç sayısı sabit kabul edilerek talebi karşılanamayan müşteri sayıları ve talep miktarları belirlenmiştir. Bu analizin sonucunda, zaman kısıtlamaları arttığında talebi karşılanamayan müşteri sayısının artmasıyla beraber, mevcut sistemin çalışamaz bir hale geldiği görülmüştür. Zaman kısıtlamalarına bağlı olarak değişen, hizmet edilen ve talebi karşılanamayan müşteri yüzdelerini gösteren grafikler Şekil 4'teki gibidir.



Şekil 4. Zaman kısıtlamalarına göre değişen hizmet seviyesi

8. Projenin Elde Edilecek Faydaları

Bu proje esas olarak trafik düzenlemelerinin yoğunlaştığı ve dolayısıyla mevcut sistemin dağıtımını tamamlamasının imkansızlaştığı koşullarda, şirketin dağıtım faaliyetlerini sürdürebilmesi için yapılmıştır. Ancak, mevcut sistemde gözlemlenen birtakım sorunlar da önerilen çözüm yöntemlerinde ele alınmıştır. Örneğin, mevcut sistemdeki yüklerin araçlara dengesiz atanması sorunu önerilen sistemde ortadan kaldırılmıştır. Dengeli dağılmamış yüklerin araç rotalarına olan etkisi Ek 6'da gösterilmiştir. Mevcut sistemde operatörlerin gerçekleştirdiği dengeleme faaliyeti önerilen sistemde otomatik olarak yapılmaktadır. Beyoğlu bölgesindeki park sorununa ise, kamyonların otoparklarda tutulup dağıtımın elektrikli kargo bisikletleri tarafından yapılması ile çözüm bulunmuştur. Bu çözüm önerisi aynı zamanda dar sokaklara ulaşımın el arabaları ile sağlanması sorununu da ortadan kaldıracaktır. Mevcut sistemde müşteriler haftanın bazı günlerinde sipariş verebilirken, önerilen sistemde her gün sipariş verebilecektir. Ayrıca, önerilen sistem ile özellikle yaz aylarında gözlemlenen tonaj aşım maliyetlerinde azalma olması beklenmektedir. Zaman kısıtlarından ötürü ertesi güne sarkan teslimatlar, bu kısıtların ortadan kalkmasıyla gün içinde teslim edilebilecektir. Beyoğlu bölgesinde bulunan yardımcı deponun kapatılmasıyla, bu yardımcı deponun masrafları da ortadan kalkacaktır. Stratejik model sayesinde stratejik kararlar kolaylıkla verilebilecektir. Son olarak, projede kamyon kullanımı azaltılıp elektrikli üçtekerlekli bisiklet kullanımı teşvik edildiğinden proje uygulandığı takdirde şirketin sürdürülebilirlik hedeflerine de katkıda bulunacaktır.

9. Uygulama Planı

Proje uygulamaya konulana kadar şirket bazı hazırlıkları tamamlamalıdır. Örneğin, mobil depolar için belirlenen otoparklarla uygulama koşullarıyla ilgili görüşmeler yapılmalıdır. Daha sonra hem otoparklarda şarj edilmeye elverişli hem de dağıtım koşullarına uygun, elektrikli kargo bisikletlerinin alınması için tedarikçilerle görüşülmelidir. Bu araçların kullanımı konusunda ise sürücülere eğitim verilmelidir. Ardından, oluşturulan karar destek sistemi Voyage'a entegre edilebilir ve alışma sürecinde tarafımızdan hazırlanan kullanma kılavuzundan faydalanılabilir. Bu aşamadan sonra şirket dilerse bölgedeki yardımcı depoyu kapatabilir. Projeyi tüm dağıtım sistemine uygulamadan önce küçük bir bölgede, bir hafta boyunca, tek bir depo ve birkaç elektrikli araçla bir pilot proje yürütülmesi de önerilmektedir. Bu süreçte müşteri memnuniyeti, dağıtım süresi, masraflar, çalışma şartları ve olası problemler gözlenmelidir. Memnun kalındığı takdirde proje diğer bölgelere ve bayilere uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- Benjelloun, Abderrahim ve Teodor Gabriel Crainic. "Trends, challenges, and perspectives in city logistics." *Transportation and land use interaction, proceedings TRANSLU 8* (2008): 269-284.
- Benjelloun, Abderrahim, Teodor Gabriel Crainic ve Yvon Bigras. "Towards a taxonomy of City Logistics projects." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 2.3 (2010): 6217-6228.
- Coca Cola İçecek. *II-14.1 Sayılı Tebliğe İstinaden Hazırlanmış 30 Haziran 2017 Tarihli Ara Dönem Yönetim Kurulu Faaliyet Raporu*. (2017, 7 Ağustos).
- Erişim Adresi:http://www.cci.com.tr/Portals/0/Documents/PDF/Annual_Report/tr/2017/CCI%201Y17%20Ara%20Donem%20Faaliyet%20Raporu.pdf
- Hosny, Manar. "Heuristic techniques for solving the vehicle routing problem with time windows." *2011 international conference on future information technology*. 2011.
- Kunter, U. C., "City Logistics System Design Under Cost Uncertainty", (2015) METU.
- Nilsson, Christian. "Heuristics for the traveling salesman problem." *Linköping University* (2003): 1-6.
- Savelsbergh, Martin ve Tom Van Woensel. "50th anniversary invited article—city logistics: Challenges and opportunities." *Transportation Science* 50.2 (2016): 579-590.

EKLER

Ek 1. Stratejik model

Kümeler

$\{1..I\}$ = Müşteri Kümesi

$\{1..M\}$ = Depo Kümesi

$\{1..K\}$ = Araç Kümesi

Parametreler

$c_{i,m,k}$	Müşteri i 'yi araç k ve depo m 'e atamanın maliyeti.	$i \in \{1..I\}, k \in K, m \in M$
q_i	Müşteri i 'nin sipariş miktarı	$i \in \{1..I\}$
s_i	Müşteri i 'nin servis süresi	$i \in \{1..I\}$
f_m	Depo m 'in açmanın sabit maliyeti	$m \in \{1..M\}$
Q_m	Depo m 'in kapasitesi	$m \in \{1..M\}$
g_k	Araç k 'yı kullanmanın sabit maliyeti	$k \in \{1..K\}$
Cap_k	Araç k 'nın kapasitesi	$k \in \{1..K\}$
T_k	Araç k 'nın servisi bitirme süresi	$k \in \{1..K\}$
t	Grafikteki iki noktanın arasındaki olası en yüksek mesafe	

BigM

Karar değişkenleri

$$X_{i,m,k} = \begin{cases} 1, & \text{Müşteri } i \text{ depo } m \text{ 'den araç } k \text{ aracılığıyla servis alıyorsa} \\ 0, & \text{Aksi takdirde.} \end{cases} \quad i \in \{1..I\}, m \in \{1..M\}, k \in \{1..K\}$$

$$Y_{m,k} = \begin{cases} 1, & \text{Araç } k \text{ depo } m \text{ 'e atanmışsa} \\ 0, & \text{Aksi takdirde.} \end{cases} \quad m \in \{1..M\}, k \in \{1..K\}$$

$$Z_m = \begin{cases} 1, & \text{Depo } m \text{ açılmışsa.} \\ 0, & \text{Aksi takdirde.} \end{cases} \quad m \in \{1..M\}$$

$$L_k = \text{Araç } k \text{ 'nın yaptığı tur sayısı } k \in \{1..K\}$$

$$\text{enazla } \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K c_{i,m,k} X_{i,m,k} + \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K g_k Y_{m,k} + \sum_{m=1}^M f_m Z_m \quad (1)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K X_{i,m,k} = 1 \quad i \in \{1..I\}$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K X_{i,m,k} q_i \leq Q_m \quad m \in \{1..M\} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{i,m,k} q_i \leq Cap_k L_k \quad k \in \{1..K\} \quad (3)$$

$$2tL_k + \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{i,m,k} s_i \leq T_k \quad k \in \{1..K\} \quad (4)$$

$$\sum_{m=1}^M Y_{m,k} \leq 1 \quad k \in \{1..K\} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i,m,k} \leq Y_{m,k} I \quad m \in \{1..M\}, k \in \{1..K\} \quad (6)$$

$$X_{i,m,k} q_i \leq 2 Cap_k \quad i \in \{1..I\}, m \in \{1..M\}, k \in \{1..K\} \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^K Y_{m,k} \leq Z_m K \quad m \in \{1..M\} \quad (8)$$

$$L_k \leq BigM \sum_{m=1}^M Y_{m,k} \quad k \in \{1..K\} \quad (9)$$

$$X_{i,m,k}, Z_m, Y_{m,k} \in \{0, 1\} \quad i \in \{1..I\}, m \in \{1..M\}, k \in \{1..K\} \quad (10)$$

$$L_k \geq 0 \& \text{ integer} \quad k \in \{1..K\} \quad (11)$$

Ek 2. Operasyonel model

Kümeler

$\{1..I\}$ = Müşteri Kümesi

$\{1..L\}$ = Tur Kümesi

$\{1..K\}$ = Araç Kümesi

Parametreler

$c_{i,j,k}$ = k aracı ile i müşterinden j müşterisine gitme maliyeti

Q_k = k aracının kapasitesi

g_k = k aracını kullanma maliyeti

q_i = i müşterisinin talebi

$a_{i,k}$ = i müşterisinin k aracı tarafından ziyaret edilebileceği en erken zaman

$b_{i,k}$ = i müşterisinin k aracı tarafından ziyaret edilebileceği en geç zaman

$t_{i,j}$ = i müşterisinden j müşterisine ulaşım süresi

T_k = k aracının hizmet tamamlama zamanı

p_i = i müşterisine servis edilme süresi

$i, j \in \{1..I\}, k \in \{1..K\}$

$k \in \{1..K\}$

$k \in \{1..K\}$

$i \in \{1..I\}$

$k \in \{1..K\}, i \in \{1..I\}$

$k \in \{1..K\}, i \in \{1..I\}$

$i, j \in \{1..I\}$

$k \in \{1..K\}$

$i \in \{1..I\}$

BigM

Karar Değişkenleri

$X_{i,j,k,l} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } k \text{ aracı } l \text{ turunda } i \text{ müşterisinden sonra } j \text{ müşterisine gidiyorsa} \\ 0, & \text{diğer } i, j \in \{1..I\}, k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\} \end{cases}$

$Y_{k,l} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } k \text{ aracı } l \text{ turunda kullanılıyorsa} \\ 0, & \text{diğer } k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\} \end{cases}$

$S_{i,k,l} = k \text{ aracının } l \text{ turunda } i \text{ iken } i \text{ müşterisine girme zamanı}$

$i \in \{1..I\}, k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\}$

$$\text{enazla } \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L [c_{i,j,k} X_{i,j,k,l} + Y_{k,l} g_k] \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{i,j,k,l} = 1 \quad j \in \{2..I\}$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{j,i,k,l} = 1 \quad j \in \{2..I\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=2}^I X_{1,j,k,l} \leq 1 \quad k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\} \quad (3)$$

$$\sum_{j=2}^I X_{j,1,k,l} \leq 1 \quad k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^I [X_{i,j,k,l} - X_{j,i,k,l}] = 0 \quad i \in \{1..I\}, k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\} \quad (5)$$

$$S_{i,k,l} - S_{j,k,l} + t_{i,j} \leq \text{BigM}(1 - X_{i,j,k,l}) \quad k \in \{1..K\}, i, j \in \{2..I\}, l \in \{1..L\} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I q_i X_{i,j,k,l} \leq Q_k \quad k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\} \quad (7)$$

$$a_{i,k} \leq S_{i,k,l} \leq b_{i,k} \quad k \in \{1..K\}, i \in \{2..I\}, l \in \{1..L\} \quad (8)$$

$$S_{i,k,l} \leq T_k - p_i \quad k \in \{1..K\}, i \in \{2..I\}, l \in \{1..L\} \quad (9)$$

$$Y_{k,l+1} \leq Y_{k,l} \quad k \in \{1..K\}, l \in \{1..L-1\} \quad (10)$$

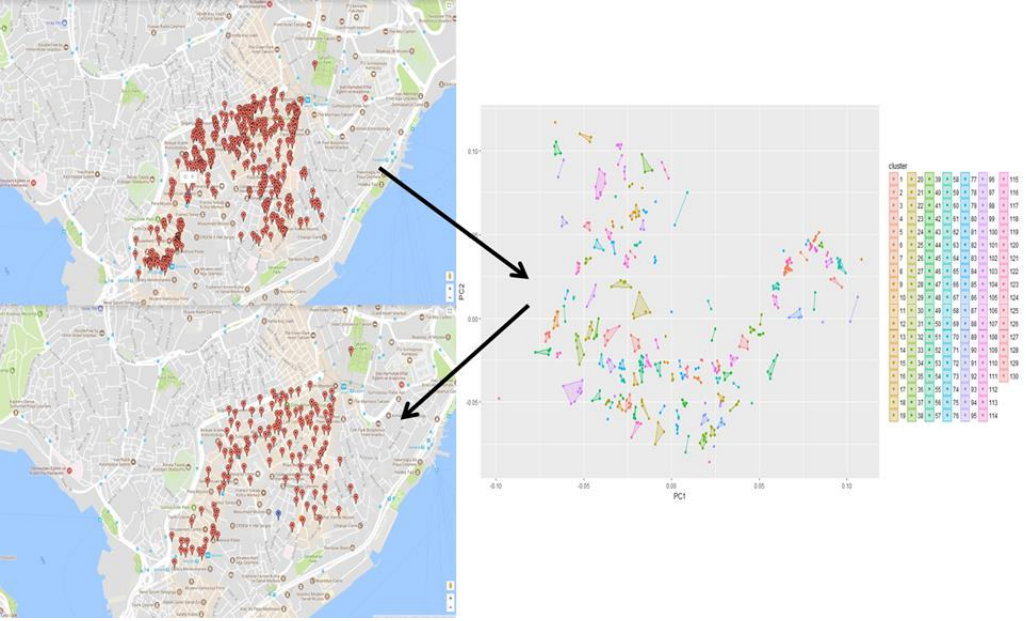
$$S_{i,k,l+1} \geq S_{j,k,l} + p_j + t_{j,1} + t_{1,i} \quad k \in \{1..K\}, i, j \in \{2..I\}, l \in \{1..L-1\} \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I X_{i,j,k,l} \leq \text{BigM} Y_{k,l} \quad k \in \{1..K\}, l \in \{1..L\} \quad (12)$$

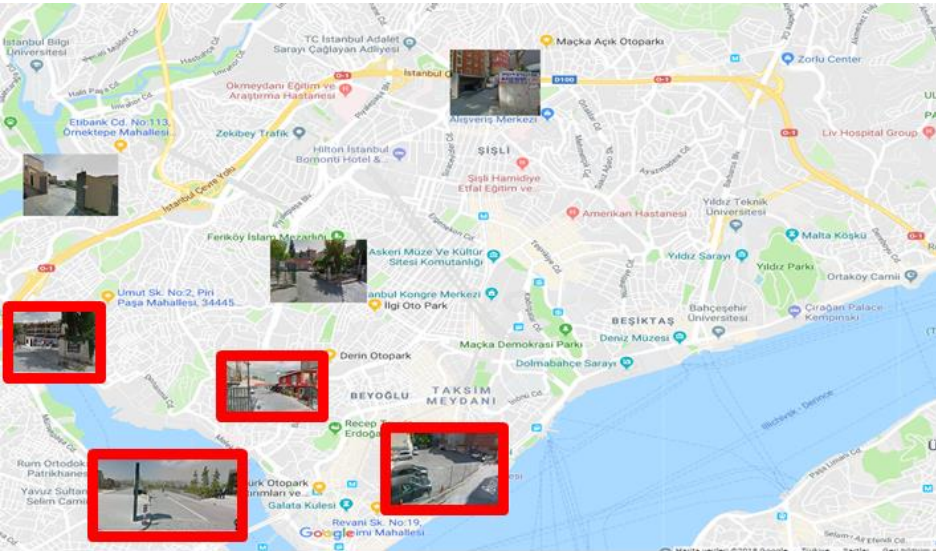
$$X_{i,j,k,l}, Y_{k,l} \in \{0,1\} \quad k \in \{1..K\}, i, j \in \{1..I\}, l \in \{1..L\} \quad (13)$$

$$S_{k,i,l} \geq 0 \quad k \in \{1..K\}, i \in \{1..I\}, l \in \{1..L\} \quad (14)$$

Ek 3. Müşterilerin kümelmesi



Ek 4. Mobil depo lokasyonları



Ek 5. Kullanıcı arayüzü giriş ve sonuç sayfaları

Rotalama Operasyonları İçin Karar Destek Sistemi

Dosya Okuyucu

Müşteri Talebi Ekle/Değiştir

Rota Oluştur

SIFIRLA

Müşteri Ekle

Müşteri Numarası

Talep

Dağıtım Sırası	1. Aracın Rotası	Müşteri Adı	Talep Miktarı	2. Aracın Rotası	Müşteri Adı	Talep Miktarı
1	1 Ana Depo			1 Ana Depo		
2	9160195 AYFERİN MUTFAĞI		16	8004183 KARDESLER TEKEL SARKUTERİ&BUFE		14
3	9236218 TREN		45	9309731 YESILCAM OTELCİLİK		22
4	9334867 ONİX		16	9146935 MINT RESIDENCE TAKSİM		29
5	9235747 KELLER TUR. VE İŞL. TIC.LTD. STİ		23	9128418 MEHMET GONEN		34
6	9230638 DURUM ART		15	9215515 MEHMET AKIF MH GZLLST.DER.LOKAL İKTSD.İŞLT.		15
7	6004323 PEDA LIZA		5	8945245 HAYAL KAHVESİ		16
8	9120400 ME GUSTA		29	9215165 KARAKAS KANTİN		4
9	8855152 REYHUN IRANIAN RESTAURANT		14	9275398 NAUMPASA KONAGI		25
10	9079436 CORNER IRISH PUB		52	9203554 HAUTE DOĞ BAR		14
11	9249809 ROSSO CAFE MARGİLE		7	10703152 GOZDE MARKET		9
12	9229288 NEMRUT ET LOKANTASI		11	10635877 FIRUZ CAFE(CHANGIR)		26
13	8942401 CİNEMAPINK (DEMİROREN AVİM)		1	4502840 DİLEK KURUYEMİS		3
14	6006075 TAKSİM PARK		25	9168463 MAJDR TUR EĞL.TIC LTD STİ		17
15	9324458 Ali Cetinkaya		12	4502775 MARBLE HOTEL YAKUT İNSAAT TURZ		8
16	9186023 KESKESOR CAFE		7	6007253 CITY CENTER OTEL		14
17	9108498 ASKIN BUFE		14	6004747 CAFE MILLS		10

Ek 6. Yüklerin dengelenmesi

ÖNCE

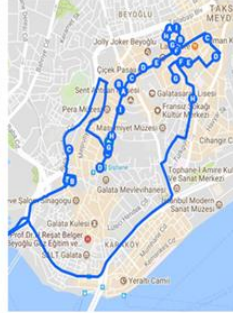
SONRA

1. Kamyon - % 61

2. Kamyon - % 39

1. Kamyon - % 52

2. Kamyon - % 48



Tedarik Zincirindeki Sapmaların Lojistik Maliyet Üzerindeki Etkilerinin Saptanması ve Eniyilenmesi

DHL



Proje Ekibi

Gözde Duru Aksoy, İrem Anter, Başak Günver, Seben Özkan, Ata Şenkon, Ege Tezerişener

Şirket Danışmanı

Yasin Kaya
Bölgesel Tedarik Zinciri
Projeleri Uzmanı

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Özlem Çavuş
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Tedarik zincirindeki aksaklıklar sistemdeki ürünlerin tahmin tutarlılıkları, tedarik ve sevkiyat süreleri, sipariş sıklıkları ve miktarlarındaki değişimler olarak tanımlanabilir. Bu değişimler, şirket açısından depo, stok, demuraj ve envanter maliyetlerinden oluşan lojistik maliyetin artmasının en büyük nedenidir. Bu kapsamda sistemdeki sapmaların lojistik maliyet üzerindeki etkilerini saptamak ve en aza indirmek tedarik zincirinin verimliliğini önemli ölçüde artıracaktır. Amaç, Karar Destek Sistemi (KDS) geliştirilmesiyle lojistik maliyete neden olan unsurların saptanması ve sisteme en uygun envanter politikasının önerilmesi olarak belirlenmiştir. Kaynak araştırmasından sonra sistemdeki ürünlerin kullanım miktarlarını belirlemek için verilerin dağılımı incelenmiş, envanter politikaları modellenmiş ve KDS'nin önerisini güçlendirecek dinamik simülasyon modelleri tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Envanter Politikası, Lojistik Maliyet, Tedarik Zinciri Yönetimi, Dinamik Simülasyon, Karar Destek Sistemi

1 Şirket Tanıtımı

DHL, Adrian Dalsey, Larry Hillblom ve Robert Lynn tarafından 1969 yılında San Francisco'da kurulmuştur. İlk kurulduğunda kargo dokümanlarını San Francisco'dan Honolulu'ya uçak ile gönderen DHL, bu nakliye yöntemi ile, gerekli dokümanların gümrük kontrolüne asıl varış zamanından daha erken varmasını sağlamış, dolayısıyla limanlardaki gümrük kontrollerinin bekleme süresini azaltarak yeni bir nakliyat sisteminin öncüsü olmuştur. Bu sayede DHL, uluslararası hızlı servis adı verilen, dokümanların ve kargo kağıtlarının daha hızlı gönderilmesini sağlayan yeni bir endüstri yaratmıştır. Ağını dünya çapında genişlettikten ve paket teslim gibi ek hizmetler sunmaya başladıktan sonra Deutsche Post DHL'nin hisselerinin yaklaşık yüzde 25'ini satın almıştır. Bu satın alma da Deutsche Post'un DHL'yi 2002 yılında tamamen satın alması için temel oluşturmuştur. 2003 yılında Deutsche Post, ekspres, parsel ve lojistik alanlarındaki işlerini DHL adı altında bir araya getirmiştir. Bu, DHL'nin eski kurye ve ekspres işletmelerine ek olarak parseller ve lojistik için de tek bir kaynak olarak çalışması ile sonuçlanmıştır.

Bu projenin kapsamı, DHL Lider Lojistik Partneri (LLP) Avrupa'nın tedarik zinciri yönetimi ile ilgilidir. DHL, ilk danışmanlık ve tasarım aşamalarından başlayarak, özelleştirilmiş tedarik zinciri çözümleri sağlamakla birlikte müşterilerinin tedarik zincirlerini geliştirmeyi ve sürdürmeyi amaçlamaktadır. Bu tedarik zinciri yönetiminin planlama aşamasında DHL, Lider Lojistik Partneri rolünde işlemlerini gerçekleştirir. İşletmelerdeki ve müşteri taleplerindeki sık ve hızlı değişimleri LLP bütün tedarik zinciri kapsamında yönetmeyi amaçlar. DHL, bu amaç doğrultusunda, tedarik zincirinde değer yaratımını sağlayan sürekli iyileştirme ve yalın lojistik süreçlerinin tanıtımı ve lojistik süreçlerinin optimizasyonu gibi maliyet azaltma teknikleri kullanmaktadır. LLP, artan esneklik ve ölçeklenebilirlik, gelişmiş tedarik zinciri yetkinlikleri, paylaşılan riskler ve ödüller ve doğrudan harcamalarda azalma gibi çeşitli avantajlar sağlamaktadır. LLP Avrupa 15 ülkede 500'den fazla çalışanı ile otomotiv, tüketici, teknoloji ve E&M sektörlerinde 2 milyar Euro'nun üzerinde navlun harcamaları idaresini yürütmektedir.

2. Sistem Tanımı

DHL LLP, beraber çalıştığı müşterisinin siparişlerini belirlenen süre içerisinde istenilen alana taşıma faaliyetlerini yürütmektedir. Bu proje kapsamında DHL LLP'nin tek bir müşterisinin sistem akışına odaklanılmıştır ve analiz edilen bu sistem akışı ilk olarak müşterinin siparişi tedarikçiye bildirmesi ile başlar. Tedarikçi, verilen siparişin (purchase order – PO) sisteme girişini yapar. Daha sonra çıkış limanında (origin port) gemiye yüklenen siparişler varış limanına (destination port) gitmek üzere yola çıkar. Varış limanına gelen siparişler, gümrük işlemlerine tabi tutulduktan sonra bu

limanda bulunan açık alana (open area) indirilir. Bu siparişler, eğer bu limanda bulunan liman deposunda (port warehouse) yer var ise oraya transfer edilir. Yok ise, siparişler liman deposunda yer açılana kadar açık alanda bekletilir. Limanda bulunan siparişler fabrika deposunda (factory warehouse) yer açıldığı takdirde aynı gün içinde üretim hattında kullanılmak üzere fabrika deposuna çekilir.

Bu sistem sürecinde çeşitli taşıma maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Bu maliyetler şunlardır: demuraj (demurrage), envanter (inventory), stok (storage) ve depo (warehouse). Demuraj maliyeti, gelen siparişlerin açık alanda geçirdiği süre önceden belirlenen serbest/ücretsiz süreyi (free time) aşması sonucu, geçirdiği ekstra gün bazında ortaya çıkan bir maliyet kalemidir. Stok maliyeti, demuraj maliyetine benzer şekilde limana gelen siparişlerin konteynerlerden boşaltılana kadar geçen sürenin serbest/ücretsiz süreyi aşması sonucu yine geçirdiği ekstra gün bazında ortaya çıkan maliyet kalemidir. Envanter maliyeti ise fırsat maliyeti (opportunity cost) olarak tanımlanmıştır. Son olarak depo maliyeti, siparişlerin liman ve fabrika depolarında beklediği süre boyunca kg ve ay başına bu siparişler için ödenen depolama maliyetidir. Açık alanda oluşan maliyet stok ve demuraj maliyetlerinden, liman deposundaki maliyet envanter ve liman deposu maliyetlerinden ve fabrika deposundaki maliyet de envanter maliyeti ve fabrika deposu maliyetlerinden oluşmaktadır. Bunun sonucunda açık alandaki maliyet liman deposunda oluşan maliyetten ve liman deposunda oluşan maliyet de fabrika deposunda oluşan maliyetten daha fazladır. Bu nedenle, proje kapsamında yapılacak sistem iyileştirmelerinde, stoklar en az maliyete sebep olan fabrika deposunda tutulmaya çalışılacaktır.

3. Problem Tanımı

DHL LLP, müşterilerine lojistik planlama, sevkiyat takibi ve performans raporlama gibi konularda hizmet sağlamaktadır. Mevcut durumda tedarik süresi (lead time), parti büyüklüğü (lot size), minimum sipariş miktarı (minimum order quantity), güvenlik stoğu (safety stock), sevkiyat sıklığı (shipment frequency), fazla sevkiyat (overshipment), tahmin tutarlılığı (forecast compliance) ve sevkiyat süresi tutarlılığı (transit time compliance) gibi tedarik zinciri parametreleri tecrübesel yöntemlerle belirlenmektedir. Fakat bu tecrübesel yöntem ile parametre belirlemeleri yukarıda tanımlanan demuraj, envanter, stok ve depo maliyetleri gibi yüksek taşıma maliyetlerine sebep olmaktadır. Şirket tarafından en büyük şikayet bu yüksek taşıma maliyetleri olarak ifade edilmiştir. DHL LLP şirket danışmanları bu problemin semptomu olarak ideal bir sistemde var olmaması gereken demuraj maliyetlerini belirtmiştir. Ek olarak, bu tarz maliyetlerin neden ve hangi parametreler yüzünden oluştuğunu raporlayan bir Karar Destek Sistemi (KDS)'nin bulunmaması da belirtilen şikayetler arasındadır. Böyle bir

KDS'nin yokluğu da DHL LLP müşterilerinin kendi taşıma maliyetlerini minimize edememesine neden olarak karlılığı azaltmaktadır.

4. Sistem Tasarımı

Şirket tarafından belirtilen probleme yönelik çözüm yaklaşımı üç ana başlık altında toplanabilir. Öncelikle Microsoft Excel Visual Basic for Applications (VBA) Programlama Dili kullanılarak oluşturulan KDS önceden tanımı yapılan taşıma maliyetlerine sebep olan problemlili siparişleri (PO'ları) belirlerken mevcut durumdaki toplam taşıma maliyetini hesaplamaktadır. Sonrasında şirket tarafından tecrübesel yöntemlerle belirlenen tedarik zinciri parametrelerinin en iyi değerlerinin bulunması ve dolayısıyla taşıma maliyetlerini en aza indirmeye çalışılması doğrultusunda yeni envanter politikalarının optimizasyonu ve simülasyonu yapılmıştır. Envanter politikalarının optimizasyon modelleri Excel OpenSolver ile çözdürülmüş ve bu politikaları kendi aralarında ve mevcut sistemle karşılaştırılması adına dinamik simülasyon modelleri kurmayı sağlayan Yet Another Simulation Add-In (YASAI) Excel eklentisi kullanılmıştır.

4.1. Microsoft Excel VBA Programlaması

Şirket tarafından sağlanan veriler ve bilgilendirmeler analiz edilerek taşıma maliyetlerine sebep olan faktörler tedarikçi performansı, envanter kontrol politikası, tahminleme tutarlılığı ve transit tutarlılığı olarak sınıflandırılmıştır. Tahminleme tutarlılığı, verilen siparişin tahmini ve gerçekte kullanımı arasında karşılaştırma yaparken bu tahminlerin gerçek kullanımlardan sapma miktarlarını göstermektedir. Bu proje kapsamında tahminleme tutarlılığı sonuçları gösterilirken, sapma gösteren tahminleri düzeltmek adına bir işlem yapılmamaktadır. Transit tutarlılığı kapsamındaki faktörler, kontrol edilemeyen ve öngörülemeyen faktörler (hava koşulları, teknik arızalar, vb.) olarak tanımlanmıştır. Tedarikçi performansı faktörü kapsamına giren ölçümler, tedarikçi kaynaklı ortaya çıkan çıkış limanında erken, zamanında ya da geç yüklemeleri kapsamaktadır. Envanter kontrol politikası faktörü altında yapılan analizlere göre asıl sıkıntının parti büyüklüğü, sipariş sıklığı ve güvenlik stoğu seviyesi olduğu belirlenmiştir ve bu parametreleri eniyilmeye yönelik envanter politikaları KDS'ye eklenmiştir. Microsoft Excel VBA ile hangi siparişin (PO) hangi faktör nedeniyle problemlili olduğu, bu problemin toplam taşıma maliyetine etkisi ve bu maliyetin demuraj, envanter, stok ve depolama maliyeti şeklinde kırılımları analiz edilebilmektedir.

Kurulan KDS, Microsoft Excel üzerinden çalışan ve farklı veri tiplerine adapte edilebilen esnek bir sistemdir. Kullanıcı KDS'nin bulunduğu Excel dosyasını açtığında karşısına kullanıcı formu (user form) çıkmaktadır. Kullanıcı formunun görseli Ek 1'dedir. KDS'yi kullanmak için kullanıcı ilk olarak bu formda görülen "Browse" butonu ile hammadde sipariş verilerinin

bulunduğu Excel dosyasını sisteme yükler. Kullanıcı formunda yer alan işaret kutucuklarından analiz edilmesi istenilen parametre başlıkları seçilerek birçok farklı hesaplama yapmak mümkündür. Bu noktadan sonra kullanıcı gereken hesaplamaları, sorunlu siparişleri, önerilen envanter politikalarının optimizasyon ve simülasyon modellerini ve iyileşme miktarını seçerek KDS'nin rapor kısmında görebilmektedir. Bu rapor kısmına ek olarak, KDS'yi içeren Microsoft Excel dosyasının ilk sayfasına sistem hakkında detaylı bilgiye sahip olmayan kişi/kişilerin bile sistemi yorumlayabilmesi adına istatistiki kırılımları gösteren şemaları içeren özet rapor sayfası eklenmiştir.

Şirketin ilk aşamadaki talebi problemlili siparişlerin işaretlenmesi (flagging) ve bu problemlerin yukarıda bahsedilen faktörlerin hangilerinden kaynaklandığının saptanması olarak belirtilmiştir. Bu kapsamda, çeşitli karşılaştırmalar, ölçümler ve hesaplamalar sonucunda her sipariş belirlenen renklendirmelerle işaretlenmektedir. Örneğin, demuraja sebep olan siparişlerin satırı sarı ile renklendirilirken, tedarikçinin siparişleri gemiye yükleme tarihi planlanan tarihten daha geç ise o siparişin satırı turuncu ile renklendirilmektedir. Bu işaretlemeler sonucunda kullanıcı hangi siparişlerde nasıl bir problem olduğunu görebilmektedir. Bu işaretlemelere ek olarak, KDS'nin sunduğu raporda hangi siparişin, limanda kalma süresine ücret tabii tutulmayan gün sayısı olan demuraj serbest zamanını kaç gün geçtiği, stok, envanter, demuraj ve depo maliyetleri ve bunların sonucunda oluşan toplam taşıma maliyeti bulunmaktadır. Raporun ve işaretlemenin örnek görselleri Ek 2'dedir.

KDS'nin esnek olabilmesi açısından, kullanıcı formundaki parametreler kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Bununla beraber, yüklenen veri içindeki ürünün kullanım miktarlarının istatistiksel dağılımları çıkarılıp, kullanıcı formundaki optimizasyon ve simülasyon modelleri içerisine entegre edilmektedir.

4.2. Envanter Kontrol Politikaları

Daha önce de belirtildiği gibi, DHL müşterisinin iki sıvı maddesinin ham verilerinin ilk analizi yapıldığında, yüksek taşıma maliyetlerine sebep olan en önemli nedenlerin gerekenden sık sipariş verilmesi ve güvenlik stok seviyelerinin gerekenden yüksek tutulması olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, şirketin mevcut sistemde kullanmadığı (s, S), (r, Q) ve Lot-For-Lot (L4L) olmak üzere üç farklı envanter kontrol politikasının modellenmesine karar verilmiştir.

(s, S) envanter politikasında, stok düzeyi belirlenen minimum seviyenin, s noktasının, altına indiğinde sipariş verilir. Verilen sipariş miktarı eldeki stok miktarını hedef düzeye, S noktasına, çıkaracak kadardır. Bu politikada, yeniden sipariş verme noktası (reorder point), s, sipariş verme

durumunu başlatıcı bir seviye iken, S noktası verilecek sipariş miktarının maksimum değerini belirlemektedir (Zheng ve Federgruen, 1991).

(r , Q) envanter politikası kapsamında, envanter düzeyi yeniden sipariş verme noktası olan r seviyesinin altına düştüğünde Q miktarı kadar sipariş verilir. Bu politikada r , sipariş verme durumunu başlatıcı bir seviye, önceden belirlenen Q ise sipariş verilmesi gereken miktardır (Hopp, 1997).

Lot-for-Lot (L4L) envanter politikasında verilecek sipariş miktarları tedarik süresi boyunca sisteme gelen talep miktarları kadardır. Yani, t periyodunda verilecek sipariş miktarı, ($t +$ tedarik süresi) periyodundaki talep miktarı kadardır. Sonuç olarak, ($t +$ tedarik süresi) periyodunda talep olduğu sürece t periyodunda bu miktarı karşılayacak kadar sipariş verilir (Taş, 2007).

4.2.1. Envanter Kontrol Politikalarının Optimizasyonu

OpenSolver ücretsiz bir Microsoft Excel eklentisidir. Bu proje kapsamında Microsoft Excel Solver aracı yerine OpenSolver'ın kullanılmasının nedeni bu eklentinin daha fazla sayıda karar değişkeni ve kısıt ile çalışabilmesidir.

Envanter politikalarında kullanılacak talep miktarları, KDS'e yüklenen Excel dosyası içerisindeki siparişlerin geçmiş kullanım verilerinden alınmaktadır. Bu dosya içerisindeki geçmiş kullanım verileri günlük, politikaların modellerde baz aldığı periyot ise haftalıktır. Modeller çözdürülürken analizi yapılan sürenin aynı cinsten olması amacıyla KDS, ham veriden aldığı günlük geçmiş kullanım miktarlarını haftalık kullanım miktarlarına çevirmektedir.

Matematiksel modelleri kurulan envanter politikaları OpenSolver ile çözdürülürken, kullanıcı tarafından kullanıcı formuna girilen parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler, sabit sipariş maliyeti, birim başına sipariş maliyeti, depo kapasiteleri ve başlangıç zamanında depolarda bulunan envanter seviyeleri gibi parametrelerdir. Kullanıcı bu parametreleri sisteme girerken aynı zamanda optimizasyon çözümünü istediği envanter politikasını da kendisi seçebilmektedir. Envanter politikası seçildikten sonra kullanıcı, KDS içerisinde bulunan bir Excel çalışma sayfasına yönlendirilir. Bu sayfa seçilen envanter politikası için optimizasyon modelini çözdürecek hazır bir çalışma sayfasıdır. Kullanıcı tarafından girilen parametreler bu sayfayı otomatik olarak doldurur ve OpenSolver için gerekli karar değişkenleri (s , S , r ve Q), kısıtlar ve amaç fonksiyonu oluşturulur. OpenSolver sonucunda toplam taşıma maliyeti en aza indirilirken, optimal değerleri bulunan karar değişkenleri YASAI simülasyonunda kullanılır.

4.2.2. Envanter Kontrol Politikalarının YASAI Dinamik Simülasyonu

YASAI, Microsoft Excel içerisinde kullanılabilen dinamik ve statik sistem simülasyonu yapan bir eklenti programdır (Eckstein ve Riedmueller, 2001). Bu eklentinin bu projede kullanılma amacı YASAI'nin ücretsiz ve

kolay erişilebilen bir program olmasıdır. Kullanıcının YASAI eklentisini ayrıca açmasına gerek olmaması için YASAI'yi çağırma butonu KDS'nin içine entegre edilmiştir. YASAI, (s, S) ve (r, Q) politikalarının optimizasyonu çözdürülmeden bu iki politika için başlatılamaz. L4L için ise simülasyon modeli optimizasyon modeli çözdürülmeden başlatılabilir. Bunun nedeni L4L politikası için gerekli karar değişkenlerinin sadece geçmiş kullanım miktarlarına bağlı olmasıdır.

OpenSolver ile çözdürülen optimizasyon modelleri sonucunda bulunan karar değişkenleri, KDS tarafından otomatik olarak YASAI çalışma sayfasına yönlendirilir. YASAI çalışma sayfaları, seçilen envanter politikalarına göre Values L4L, Values rQ ve Values sS olarak adlandırılmıştır. YASAI çalışma sayfasına yönlendirilen karar değişkenleri ile beraber YASAI'de %1'lik artışlar kullanılarak 48 senaryo oluşturulmuştur. Senaryo sayıları ve artış miktarı kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir.

Proje kapsamında YASAI'nin kullanılma sebebi, optimizasyon çözümlerinde deterministik olarak kullanılan taleplerin YASAI'de stokastik taleplere çevrilmesidir. Bu şekilde YASAI'de dinamik bir envanter simülasyon modeli kurulmaktadır. Talep verilerinin istatistiksel dağılımları kullanıcı formunda bulunan dağılım fonksiyonu ile belirlendikten sonra, bu dağılıma ait parametreler YASAI çalışma sayfasına gönderilerek YASAI tarafından random talep değerleri oluşturulmaktadır. YASAI simülasyonu sonucunda bulunan ortalama stock-out sayıları, yıllık taşıma maliyetlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri *Simulation Output #* isimli çalışma sayfasına gönderilir. Bu çalışma sayfasında her senaryo sonrasında oluşan yıllık taşıma maliyetlerinden en az olanının denk geldiği senaryo *Show Simulation Results* butonuna basıldığında gösterilmektedir. DHL tarafından belirtildiği üzere sistemde stock-out durumuna izin verilmemektedir. Bu nedenle, yıllık taşıma maliyetinin en az olduğu senaryoda stock-out sayısının sıfır olmasına da dikkat edilmektedir.

4.3. Model Doğrulama

Mevcut sistemdeki ilk incelemelere göre verilen sipariş miktarları ve sıklıklarına bakıldığında belirli bir envanter politikası saptanamamıştır. Şirket yetkilileriyle yapılan görüşmelerde bu durum doğrulanmıştır.

İlk üç yılın veri seti incelendiğinde her yıl için hesaplanan ortalama demuraj oluşan gün sayısı, şirketin gerçekte yaşadığı ortalama demuraj oluşan gün sayısı ile bağdaşık olduğu saptanmıştır ve aynı doğrulama konteynerlerin liman deposunda geçirdiği ortalama gün sayısı için de geçerlidir. Yine aynı şekilde bu veri seti üzerinde yapılan analizler sonucu hiçbir stok maliyeti oluşmadığı hesaplanmıştır ve bu durum şirket yetkilileri tarafından doğrulanmıştır.

KDS'yi ilk olarak oluşturmak için iki farklı sıvı materyalin veri setleri (data set) kullanılmıştır. Bu iki sıvı materyal şirket tarafından en problemleri iki ham madde olarak belirtilmiştir. KDS'nin son halini doğrulamak amacı ile şirket yetkililerinden farklı materyallerin de veri setleri elde edilmiştir. Bu veri setleri üzerinden de KDS çalıştırıldığında kurulan sistemin esnek (flexible) olduğu doğrulanmıştır.

Şirketin operasyonlarıyla neredeyse bire bir uyuşan simülasyon modeli sonrası çıkartılan sonuçlar, şirket danışmanı tarafından doğru/uygulanabilir olduğuna ve mevcut durumun iyileştirildiğine yönelik olumlu yorumlar almıştır.

Şirketle yapılan toplantılar sonucunda APG'lerin (Anahtar Performans Göstergesi / Key Performance Indicator) sonuçları gerçekçi bulunmuş ve şirket danışmanlarının bu verileri toplantılarda daha net bir biçimde kullanacağı bilgisi öğrenilmiştir.

5. Geliştirilen Sistemin Başarısı

5.1. Şirketin Beklentilerini Karşılama

Projenin şirkete sağlayacağı yararlar Microsoft Excel VBA aracılığıyla yapılan işaretleme sonucu problemleri siparişlerin (PO'ların) tespit edilmesi, problemleri PO'lara neden olan unsurların belirlenmesi, önerilen envanter politikası ile ne zaman ve ne kadar sipariş verilmesi gerektiğinin saptanması, bu politika ile hatalı zaman ve miktarda verilen siparişlerin ve envanterde birikme durumunun ortadan kalkması ve envanter, stok, depo ve demuraj maliyetlerinin en aza indirilmesi olarak sıralanabilir. KDS içinde kullanılan YASAI ve OpenSolver eklentileri ücretsiz Microsoft Excel ek paketleri olduğu için proje başında şirketin talep ettiği problem çözümü hiçbir ek maliyet oluşturmadan geliştirilmiş ve tamamlanmıştır.

5.2. Uygulama ve Mevcut Sisteme Uyarlama

Microsoft Excel VBA programlama dili ile oluşturulan kullanıcı formu, sistem üzerinden sipariş analizini ve raporlamayı görmek isteyen herkes tarafından kullanılabilir. Doğrultuda kullanıcı dostu bir şekilde tasarlanmıştır. Kullanıcı formunda, hesaplanması istenen ve kullanıcının kendisi tarafından girilecek değerlerin başlıklarının, optimizasyon ve simülasyon modelleri için seçeneklerin detaylı açıklamasını içeren bilgilendirme kutucukları bulunmaktadır. Bu kutucuklar sayesinde formu ilk defa kullanacak kişiler bile işaretlecekleri ya da hesaplayacakları değerleri ve envanter kontrol politikalarının optimizasyonunu ya da simülasyonunu görmek isteyecekleri seçeneklerin açıklamalarını basit başlıklar ve bilgilendirmelerle görebilmektedir. Bununla beraber, hazırlanan kullanım kılavuzu (user manual) sayesinde kurulan KDS'nin aşama aşama nasıl çalıştığı ve kullanıcı tarafından istenilen doğrultuda nasıl çalıştırılacağı bilgilerine ulaşılabilir. Hesaplanması istenilen değerler, görülmek istenen

optimizasyon ve simülasyon modelleri kullanıcıdan kullanıcıya geçişi için kullanıcı bu kılavuzu kendi amacı doğrultusunda takip ederek sistem analizini gerçekleştirebilmektedir.

Kullanıcı formunda işaretlenen her başlık ve fonksiyonun detaylı analiz ve hesaplaması aynı Excel dosyasındaki raporlama kısmında görülebilmektedir. Bu raporlama sayfasının yanı sıra yapılan hesaplamalar ve analizler Microsoft Excel dosyasının ilk sayfasına şema ve grafikler üzerinde aktarılmaktadır. Bu özet sayfası kullanıcının tedarik zincirinde sapmalara neden olan özellikle tedarikçi performansı, sevkiyat ve tahmin tutarlılığı gibi faktörlerin dağılımlarını ve sistem üzerindeki etki ağırlıklarını gözlemlemeye olanak sağlamaktadır. Özet sayfasının örnek gösterimi Ek 3'tedir.

Kurulan KDS daha önce de belirtildiği üzere öncelikle siparişler için gerekli verilerin bulunduğu Excel dosyasını yükleme işlemi ile başlatılmaktadır. Ancak, yüklenen dosyalar içerisindeki başlıklar her zaman istenilen satır ya da sütun isimlerini içermemektedir. Microsoft Excel VBA kodu içerisindeki kodlar dizin tahsisi (index allocation) sayesinde farklı veri yapılarını KDS'ye adapte edebilmekte ve böylece esnek bir sistem yürütülebilmektedir.

5.3. Yeni Sistemden Beklenen İyileştirmeler

Kurulan KDS, şirketin ödemek zorunda kaldığı ve istenmeyen yüksek tedarik zinciri maliyetlerini en aza indirgeyerek şirkete mali açıdan önemli bir iyileştirme sağlayacaktır. Örnek olarak, iki sıvı materyalden ilkinin mevcut sistem ile ortaya çıkardığı maliyet yaklaşık olarak haftalık 11000 Amerikan Doları'dır. Kurulan sistemin YASAI simülasyon modeli bu materyal için çalıştırıldığında haftalık maliyetin (r, Q) politikası ile 11500, (s, S) politikası ile ise yaklaşık 9700 Amerikan Doları olduğu gözlemlenmiştir. İkinci materyalin ise mevcut durumda ortaya çıkardığı maliyet yaklaşık olarak haftalık 8300 Amerikan Doları'dır. Bu maliyet YASAI simülasyon modeli çalıştırıldığında ise yaklaşık olarak haftalık 7800 Amerikan Doları'na düşürülmüştür. Sonuç olarak, mevcut materyaller ve önerilen envanter kontrol politikaları için maliyet azalmasının yıllık yaklaşık %5 ile %15 arasında olması ön görülmüştür. Buradaki önemli bir nokta ise bu iyileştirme miktarlarının her materyal için aynı olmadığıdır. Farklı materyallerin farklı tedarik zinciri maliyet kalemleri ve farklı envanter kontrol politikalarına göre belirtilen iyileştirme miktarları farklılık gösterecektir.

KAYNAKÇA

Eckstein, Jonathan and Steven Riedmueller. "About Yasai", *Yasai*. Rutgers Business School, Department of Management Science and Information Systems, 3 Apr. 2001. Web. 16 Feb. 2018. www.yasai.rutgers.edu/.

Hopp, Wallace J., et al. "Easily Implementable Inventory Control Policies." *Operations Research*, vol. 45, no. 3, 1997, pp. 327–340.

Taş, Ayşegül. "Deterministik Ve Stokastik Talep Varsayımları Altında Envanter Parti Büyüklüğü Belirleme Problemi İçin Modeller." *H.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 25, no. 1, 2007, pp. 215–237.

Zheng, Yu-Sheng, and Awi Federgruen. "Finding Optimal (s,S) Policies Is About as Simple as Evaluating a Single Policy." *Operations Research*, vol. 39, no. 4, Aug. 1991, pp. 192–192.

EKLER

Ek 1 – DHL Karar Destek Sistemi'nin Kullanıcı Formu

DHL, LLP. Decision Support System Final Version

DHL, LLP. Decision Support

Demand Profile
1) Find Demand Dist.

Parameters
2) Enter Parameters
Fixed Order Cost:
Unit Order Cost:
Leadtime:
Holding Cost at Open Area:
Holding Cost at Port W/H:
Holding Cost at Factory W/H:
Port W/H Capacity:
Factory W/H Capacity:
Beginning Inventory at Open Area:
Beginning Inventory at Port W/H:
Beginning Inventory at Factory W/H:

Optimization Model
3) Select Inventory Model

Solve Optimization Model

Simulation Model
4) Select Inventory Policy

Run Simulation
Show Simulation Results

Improvement Level
 Expected Improvement in Total Transportation Cost

Browse

Clear Import
Clear Report
Clear Charts

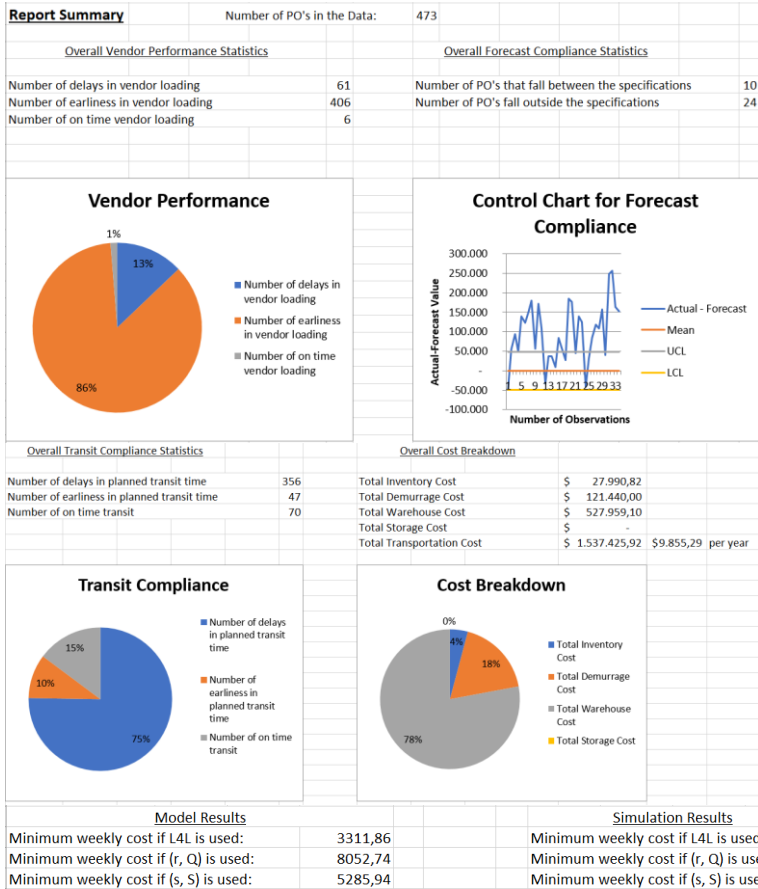
Calculate
 Vendor Performance
 Forecast Compliance
 Transit Compliance
 Inventory Cost
 Demurrage Cost
 Storage Cost
 Warehouse Cost
 Total Transportation Cost

Show
 Flagged POs

OK Clear Cancel

DHL DSS Final Version

Ek 3 – Özet Sayfası Örnek Gösterimi



Hammadde ve Yedek Parça Envanter Yönetim Sisteminin İyileştirilmesi

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



Proje Ekibi

Mustafa Kerem Babacan, Elifnaz Doğan, Begüm Korkmaz, Gülçin Ece
Özkahya, Robert Süme, Türker Yaşın

Şirket Danışmanı

Seniha Uyar
Planlama ve Lojistik Yöneticisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Emre Nadar
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Projemiz, Doğadan'nın yedek parça ve hammadde üzerinden envanter yönetimini iyileştirmeyi hedeflemektedir. Projenin ilk kısmında yedek parça tekrar sipariş seviyelerini Excel OpenSolver ve VBA yazılım araçları ile en iyileyen matematiksel modeller geliştirilmiştir. İkinci kısmında Arena programı kullanılarak hammaddelerin talep verilerinin olasılık dağılımına uygun olduğu bulunmuş, dağılımları bulunmuş, bu dağılımlara göre sipariş seviyeleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Envanter modelleri, güvenlik stoğu, karar destek sistemi

Şirket Tanıtımı

1975 yılında Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş.'nin kurucusu Eczacı Nevzat Karpuzcu ilk çay poşetleme makinasını ithal etmiş ve 1985 yılında Doğadan markası ilk kez kullanılmıştır. Şirketin ilk poşet çayları "Demle" markası altında eczanelerde satışa sunulmuştur. Ardından sırasıyla medikal çaylar, form çayları ve çocuk çayları Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş. altında eczaneler aracılığıyla pazara girmiştir. 2007 yılında Coca-Cola Company'nin bünyesi altına girmiş ve 2008 yılından itibaren Türkiye'nin en büyük siyah çay üreticisidir. Poşet çay üretiminde dünya çapında bir başarıya sahip olan Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş. yurtdışına da ürün ihracatı yapmaktadır.

1. Proje Kapsamı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1 Proje Kapsamı

Proje, Doğadan'ın yedek parça ve hammadde envanter yönetiminin verimini arttırmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda yedek parça yönetiminde hedef üretimin sürekliliğine zarar vermeden devir hızını azaltmaktır. Hammadde envanter yönetiminde ise temel hedef, stokta tutulması gereken envanter seviyelerini fire verme risklerini azaltacak şekilde belirlemektir.

2.2 Yedek Parça Envanter Yönetiminin Mevcut Sistem Analizi

Doğadan üretimin devamlılığını sağlamaya dikkat etmektedir. Bu doğrultuda her yedek parçadan en az bir tane stokta bulundurulur. Her yedek parçanın envanter seviyesinin belirlenmesi için iki parametre kullanılır: Devir hızları ve risk analizleri. Devir hızı şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Devir hızı} = \frac{\text{1 yılda kullanılan toplam yedek parça sayısı}}{\text{1 yıl boyunca envanterde kalan parça sayısı}}$$

Doğadan'ın temel hedefi devir hızlarını yükseltmektir. Yüksek devir hızının parçanın stokta çok fazla beklediği anlamına gelmektedir. İkinci parametre olan risk analizi ise yedek parçaların öncelik sıralarının belirlenmesinde önemlidir. Genellikle, yüksek risk seviyesine sahip yedek parçaların envanter seviyeleri daha yüksektir.

2.3 Hammadde Envanter Yönetiminin Mevcut Sistem Analizi

Hammadde envanter yönetiminde MRP sistemi kullanılmaktadır. Ürün reçete bilgilerini kullanarak sistem ne kadar sipariş verilmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu sistem aynı zamanda ürünlerin termin sürelerini ve minimum sipariş miktarını da göze önünde bulundurmaktadır.

3. Problem Tanımı

Proje kapsamında yedek parça ve hammaddelerin güncel envanter planlaması incelenerek mevcut problem belirtileri belirlenmiştir. Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş.'de her yılın başında Coca-Cola Company Finans Bölümü'nün ürün talep tahminlerine göre üretim planlaması yapılmaktadır. Fakat öngörülen taleplerle gerçek satışlar arasında %70'e varan bir sapma gözlenmiştir. Bu tutarsızlık aşırı hammadde depolamasına yol açmış

ve şirketin stok maliyetinin artmasına neden olmuştur. Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş. her hammadde için emniyet stoklarını sezgisel yöntemlerle hesaplamaktadır. Minimum sipariş miktarlarının hesaplanmasında tedarikçilerle yapılan anlaşmalar da etkili olduğundan şirket kimi zaman yüksek minimum sipariş miktarları yüzünden gereğinden fazla hammadde depolamaktadır. Şirketin deposu en fazla 25.000 paleti barındırabilmektedir. Buna ilaveten, 5.000 palet koridorların zeminlerinde bulundurulabilmekte fakat koridorlardaki depolar hammaddelere hızlı erişimi engellemekle birlikte depodaki faaliyetlerin yavaşlamasına neden olmaktadır. Bu nedenle Doğadan Gıda Ürünleri San. ve Paz. A.Ş. için optimal seviyede hammadde depolamak oldukça önem taşımaktadır.

Firma yedek parçaları risk analizlerine göre gruplandırmaktadır. Puanlama 0-125 arasında olup 0 en risksiz, 125 ise en riskli yedek parçayı temsil etmektedir. Tedarikçilerle yapılan yedek parça anlaşmalarından ötürü kimi zaman aşırı stok tutulmaktadır. Yedek parça envanter planlaması parçanın tedarik süresi ve risk analizine göre yapılmalıdır.

4.Önerilen Sistem

4.1 Yedek Parça Envanter Modeli

Yedek parça envanter sistemi için Markov Zinciri modeli geliştirilmiştir. Modeldeki varsayımlar şu şekildedir: Yedek parçanın kullanıldığı makineler özdeştir. Her parça için Markov Zinciri modelinde gereken periyot, parçanın tedarik süresine eşittir. parça değişimi sadece periyot başlarında ve sonlarında olabilir. Ayrıca Markov Zinciri modelinin çalışabilmesi için, siparişler belirlenen sabit sipariş miktarı kadar verilecektir. Model, bir yedek parça için girilen parametrelere göre, parçanın Markov zinciri matrisini çıkarmaktadır. Çıkarılan matristen, stokta bulunan parça sayısının denge durumu olasılıklarını bulmaktadır. Bulunan ihtimaller kullanılarak belirlenen minimum stok miktarının şirket için maliyeti hesaplanır. Maliyet hesaplanırken, parçanın fiyatı, parçayı envantere tutmanın tutarı, sabit sipariş tutarı ve parça yokluğuna düşüldüğünde şirketin eksik kalacak üretiminden dolayı oluşacak maliyet kullanılır. Modelin amacı, toplam maliyeti en düşük olacak şekilde bir minimum stok miktarı bulmaktır. Markov zinciri olasılık matrisi ve maliyet hesabı Ek 1'dedir.

Markov zincirindeki basamaklar, parçanın şirketteki miktarını temsil etmektedir. Matristeki olasılıklar ise, parçanın bir basamaktan başka bir basamağa geçme olasılığıdır. Matristeki Pij olasılığı, parça sayısının i basamağından j basamağına geçme olasılığıdır. Markov matrisi çözülerek bulunan denge durumu olasılıklar ise gelecekte parça seviyesinin o basamakta olma olasılığıdır. \prod_i gelecekte belirlenen herhangi bir anda, şirkette i adet parça olma olasılığıdır.

4.2 Hammadde Envanter Yönetimi için Önerilen Sistem

Hammadde envanter sisteminde iki modelin birleşimi bulunmaktadır. Modelin en önemli amacı hammadde envanterindeki varyasyonu göz önüne alan bir model yaratmaktır. Bu nedenle, şirket tarafından verilen hammaddelerin dağılımları “Input Analyzer” programı ile bulunmaktadır. Dağılım göz önüne alınarak taban stok yöntemi ile belirlenmektedir. Buna ek olarak, ürün için bir sipariş aralığı verilmektedir. İlk olarak, modelde bir periyot bir aya denk gelmektedir. Ayrıca, son 3 yılın üretim planları ile gerçekleşen üretim planı kullanılmaktadır. Modelin ilk kısmında, sezgisel bir model olan “Silver Meal Heuristic” yöntemi ile ekonomik sipariş miktarı algoritmalarından biri kullanılmaktadır. Bu iki algoritma da içinde bulunan yılın üretim planına göre hesaplama yapmaktadır ve hesaplamalarda hangisinin kullanılacağı belirlenen varyasyon katsayısına göre karar verilmektedir. Varyasyon katsayısı şu formül ile bulunmaktadır:

$$\text{Varyasyon Katsayısı} = \frac{\text{Bir periyottaki ürün kullanımdaki varyasyon}}{\text{Bir periyotta kullanılan miktarın karesi}}$$

Yukarıda bahsedilen katsayı 0,2’den büyük olduğu durumlarda sipariş miktarı “Silver Meal Heuristic” yöntemine göre varyasyon katsayısı 0,2’den küçük ise ekonomik sipariş miktarı algoritmasına göre sipariş miktarı belirlenmektedir. Ayrıca, son üç yılın gerçek ve planlanan üretim planlarının aylar arasındaki varyasyona bakılmaktadır. O ay içinde 3 yıldaki en yüksek varyasyon, o ürün için maksimum olabilecek sipariş miktarını gösterir. En düşük varyasyon ise minimum sipariş miktarını gösterecektir. Son 3 yıl karşılaştırılmasının nedeni iste şirketin bu öneride bulunmasıdır. Mevcut model ayrıca yeniden sipariş noktası da belirtmektedir. Bu modelin vereceği sonuç Ek 2’teki gibidir.

Buna ek olarak hammadde envanter yönetimi için temel stok politikası önerilmiştir. Bu yöntemde her hammadde için temel stok seviyesi hesaplanır. Son ürünlerin geçmiş talep bilgilerinden yola çıkılarak her hammadde için talep bilgisi hesaplanmıştır. Bu doğrultuda ARENA yardımıyla talep bilgileri olasılık dağılımlarına çevrilmiştir. Her hammadde için; 3 yıllık geçmiş talepteki değişimler, hedeflenen hizmet seviyesi ve temin süreleri dikkate alınarak taban stok seviyeleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar hedeflenen farklı hizmet seviyeleri için yapılır. Periyot başında, envanter seviyesi belirlenen taban seviyesinin altına düşen hammaddeler için bu seviyeye ulaşılacak miktarda sipariş verilecektir. Taban stok seviyeleri hesaplaması normal dağılımı olan ürünler için şu şekilde yapılmaktadır:

$$\text{Taban stok seviyesi} = \mu + (1 - P(x \leq \text{Hedeflenen hizmet seviyesi})) * \sigma$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonunun tersi alınır, talep verisinin standart sapmasıyla çarpılır ve verinin ortalamasıyla toplanır. Bu işlemin sonucunda hammadde için taban stok belirlenir.

5.Önerilen Sistemin Doğrulması

5.1. Hammadde Envanter Modelinin Doğrulması

Model ve karar destek sistemi oluşturulurken kullanımlarının kolay olmasına dikkat edilmiştir. Hammadde envanter yönetimi için uygulanacak taban stok politikasının hesaplanması için Excel kullanılmıştır. Böylece Doğadan gelecek yıllarda değişecek talepler için de aynı yöntemle taban stok politikası yapabilecektir. Taban stok politikası olasılık değişimlerini dikkate aldığı için talepteki beklenmedik değişimlere uygun temel stok önerir. Taban stok politikası için gerekli hammadde talep dağılımları ARENA yardımıyla bulunur. Diğer hesapların tamamı EXCEL ile yapılmaktadır.

5.2. Yedek Parça Envanter Modelinin Doğrulması

Yedek parça envanter yöntemi için Excel'de hazırlanan ara yüzde, kullanıcı istenilen yedek parçanın parametrelerini girer. Bu parametreler bunlardır: parça adı, kullanıldığı makine sayısı, minimum sipariş miktarı, tedarik süresi, son yıldaki parça değişim sayısı ve parçanın fiyatı. Programın ara yüzü Ek 3'dedir. Program, modeli farklı minimum stok seviyeleri için maliyet hesabı yapar ve şirket için toplam maliyeti en düşük olanı seçer. Program çalıştıktan sonra, sonuç ekranında şirket için en uygun minimum stok miktarı, fire ihtimali ve maliyeti sunulur. Alternatif stok miktarlarındaki sonuçlar da kullanıcıya sunulur. Sonuç ekranı Ek 4'tedir.

6.Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

Whitin'in de belirttiği gibi günümüzde kullanılan envanter modellerinin çoğu fiyatların belli olduğu yapılar üzerinedir ve analizler maliyet azaltmayla sınırlıdır. Bu yaklaşım stokların bitmesi, fırsat maliyetini kaçırma gibi riskleri göz ardı edebilir. Bu doğrultuda, temel hedefimiz stokların bitmesi riskini ortadan kaldırmaktır. Çay endüstrisi gibi değişken talep yapısına sahip endüstrilerde olasılık riskleri göz önüne alan yöntemler kullanılmalıdır. Biz, bu nedenle, taban stok yöntemini kullandık.

Yedek parça envanter modeli şirket tarafından verilen geçmiş değerler ile karşılaştırılmıştır. Yapılan simülasyona göre şirketin mevcut sistemi %93 verimlilikle çalışmaktadır. Yapılan iyileştirmeler ve model sonucunda ise verim %96'ya çıkarılmıştır.

KAYNAKÇA

E. A. Silver, D. F. Pyke, E. A. Silver, and E. A. Silver, Inventory and production management in supply chains. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

P. H. Zipkin, Foundations of Inventory Management.

World tea production and trade Current and future development." [Http://Www.fao.org/3/a-i4480e.Pdf](http://Www.fao.org/3/a-i4480e.Pdf).

Jaarsveld, Willem Leendert van. Maintenance centered service parts inventory control. Erasmus Universiteit, 2013.
Inventory and Production Management in Supply Chains ,5069.1.

EKLER

Ek.1

Re-order point (s) = 7 and Order-Up-To point (S) = 12:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,97
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0009	0,0582	0,9409
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000027	0,02619	0,084681	0,889102
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919
8	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00000081	0,0001	0,0051	0,1095	0,88529919

The steady state probabilities of this transition matrix:

π_0	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9	π_{10}	π_{11}	π_{12}
0	0	0	0	1,60554E-07	1,9982E-05	0,001031	0,022735	0,198215	0,198214	0,198219	0,197975	0,183591

Cost: $\pi_0(4s + k + 12c) + \pi_1(3s + k + 11c) + \pi_2(2s + k + 10c) + \pi_3(s + k + 9c) + \pi_4(k + 8c) + \pi_5(k + 7c + h) + \pi_6(k + 6c + 2h) + \pi_7(k + 5c + 3h) + \pi_8(4h) + \pi_9(5h) + \pi_{10}(6h) + \pi_{11}(7h) + \pi_{12}(8h) = 86,37194$

Ek.2



VAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ORT
2015	0	1,359362	0,325362	0	0,037046	0	0,250813	0,607496	0	0,606001	0	0,591511	0,314799
2016	0,203159	0,604488	0	0	0	0,80346573	0	1,198292	0,738409	0,116995	0,306608	0,528325	0,374979
2017	1,195104	0,083069	0,346131	0,867429	0,253209	0,67163885	0,112569	1,554905	0,881586	0,622001	0,399709	0	0,582279
MIN	0	0,083069	0	0	0	0	0	0,607496	0	0,116995	0	0	0,314799
ORT	0,466088	0,682307	0,223831	0,289143	0,096752	0,49170153	0,121128	1,120231	0,539998	0,448332	0,235439	0,373279	0,424019
MAX	1,195104	1,359362	0,346131	0,867429	0,253209	0,80346573	0,250813	1,554905	0,881586	0,622001	0,399709	0,591511	0,582279

2018	RE-O-P	143200	Q	133800								
BP	118970	182691	185203	166643	151043	145948	91988	136594	100330	127420	193630	189578
MIN	118970	197866	185203	166643	151043	145948	91988	219574	100330	142327	193630	189578
ORT	174420	307342	226657	214826	165656	217710	103130	289610	154508	184546	239218	260343
MAX	261151	431034	249307	311193	189288	263212	115059	348984	188779	206675	271025	301715

RE-O-P	152248	Q	203614,9
RE-O-P	203037	Q	235137,4
RE-O-P	250994	Q	261435,9

Ek.3

UserForm1
×

Enter the variables

part id =

number of machines =

min order quantity =

lead time =

number of break-downs =

fixed cost =

unit price =

Ek.4

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Şirket için en uygun min. stok miktarı:</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Shortage'a düşme ihtimali (%):</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">7,90074E-05</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Hesaplanan envanter tutarı:</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1225,3029</td> </tr> </table>	Şirket için en uygun min. stok miktarı:	5	Shortage'a düşme ihtimali (%):	7,90074E-05	Hesaplanan envanter tutarı:	1225,3029	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Alternatif min. stok miktarı:</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">6</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Shortage'a düşme ihtimali:</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">3,8E-06</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Yüzde farkı: % -95,218</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Hesaplanan envanter tutarı:</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1227,83</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Yüzde farkı: % 0,206259</td> </tr> </table>	Alternatif min. stok miktarı:	6		Shortage'a düşme ihtimali:	3,8E-06	Yüzde farkı: % -95,218	Hesaplanan envanter tutarı:	1227,83	Yüzde farkı: % 0,206259																															
Şirket için en uygun min. stok miktarı:	5																																														
Shortage'a düşme ihtimali (%):	7,90074E-05																																														
Hesaplanan envanter tutarı:	1225,3029																																														
Alternatif min. stok miktarı:	6																																														
Shortage'a düşme ihtimali:	3,8E-06	Yüzde farkı: % -95,218																																													
Hesaplanan envanter tutarı:	1227,83	Yüzde farkı: % 0,206259																																													
<p>Hesaplanan diğer olasılıklar:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Stok seviyesi:</td> <td style="padding: 2px;">0</td> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;">2</td> <td style="padding: 2px;">3</td> <td style="padding: 2px;">4</td> <td style="padding: 2px;">5</td> <td style="padding: 2px;">6</td> <td style="padding: 2px;">7</td> <td style="padding: 2px;">8</td> <td style="padding: 2px;">9</td> <td style="padding: 2px;">10</td> <td style="padding: 2px;">11</td> <td style="padding: 2px;">12</td> <td style="padding: 2px;">13</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Tutar:</td> <td style="padding: 2px;">6990,381</td> <td style="padding: 2px;">2766,033</td> <td style="padding: 2px;">1532,901</td> <td style="padding: 2px;">1267,786</td> <td style="padding: 2px;">1227,532</td> <td style="padding: 2px;">1225,303</td> <td style="padding: 2px;">1227,83</td> <td style="padding: 2px;">1230,799</td> <td style="padding: 2px;">1233,797</td> <td style="padding: 2px;">1236,797</td> <td style="padding: 2px;">1239,797</td> <td style="padding: 2px;">1242,797</td> <td style="padding: 2px;">1245,797</td> <td style="padding: 2px;">1248,797</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Shortage ihtimali (%):</td> <td style="padding: 2px;">3,073433</td> <td style="padding: 2px;">0,670291</td> <td style="padding: 2px;">0,108339</td> <td style="padding: 2px;">0,013104</td> <td style="padding: 2px;">0,001185</td> <td style="padding: 2px;">7,9E-05</td> <td style="padding: 2px;">3,78E-06</td> <td style="padding: 2px;">1,23E-07</td> <td style="padding: 2px;">2,43E-09</td> <td style="padding: 2px;">2,2E-11</td> <td style="padding: 2px;">0</td> <td style="padding: 2px;">0</td> <td style="padding: 2px;">0</td> <td style="padding: 2px;">0</td> </tr> </table>			Stok seviyesi:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Tutar:	6990,381	2766,033	1532,901	1267,786	1227,532	1225,303	1227,83	1230,799	1233,797	1236,797	1239,797	1242,797	1245,797	1248,797	Shortage ihtimali (%):	3,073433	0,670291	0,108339	0,013104	0,001185	7,9E-05	3,78E-06	1,23E-07	2,43E-09	2,2E-11	0	0	0	0
Stok seviyesi:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																																	
Tutar:	6990,381	2766,033	1532,901	1267,786	1227,532	1225,303	1227,83	1230,799	1233,797	1236,797	1239,797	1242,797	1245,797	1248,797																																	
Shortage ihtimali (%):	3,073433	0,670291	0,108339	0,013104	0,001185	7,9E-05	3,78E-06	1,23E-07	2,43E-09	2,2E-11	0	0	0	0																																	

Vardiya Atamaları ve İşgücü Eniyilemesi İçin Karar Destek Sistemi Tasarımı

Ekol Lojistik



Proje Ekibi

Nisan Yağmur Akkuş, İrem Cansu Bozkaya, Ahmetcan Demirel, Gülce Güler,
Şafak Sayın, Ekin Tanır, Nil Deniz Üngörmüş

Şirket Danışmanı

Yasemin Erol
Sürekli İyileştirme Uzmanı

Akademik Danışman

Arş. Gör. Kamyar Kargar
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ekol Lojistik personel performansını eniyilemek ve maliyeti enazlamak için vardiya ve işgücü atamalarını eniyilemeyi hedeflemektedir. Çalışanların iş atamaları yapılırken ve taşeron ihtiyacı yönetilirken daha güvenilir kararlar alınması için kendi sistemlerine entegre edebilecekleri bir araç geliştirilmiştir. Projede, işgücü çizelgeme algoritması temel alınarak üç farklı model oluşturulmuş ve şirketin ihtiyaçlarıyla en çok örtüşen model uygulamaya geçirilmek üzere seçilmiştir. Proje sonucunda firmaya personel sayısı, sipariş hacmi, çalışan maliyetleri gibi operasyonel kısıt ve parametreler göz önüne alınarak oluşturulan bir karar destek sistemi sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: işgücü çizelgeleme, vardiya planlama, karar destek sistemi, maliyet enazlama

1. Şirket Tanımı

Ekol Lojistik firması, Türkiye, Bosna, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Polonya, Romanya, Slovenya, İspanya, İsveç ve Ukrayna'da 1.000.000 m²'yi bulan tesisleriyle hizmet vermektedir. 6 Ro-Ro, 2 liman, 5.500'ü aşan araç filosu ve 23 milletten 7000'in üzerinde çalışanıyla, öncü entegre lojistik hizmet sağlayıcıları arasında yer almaktadır. Ekol Lojistik tedarik zinciri yönetiminde gelişmiş teknolojileri kullanarak müşterilerine çevre dostu filo hizmetleri sunmaktadır.

2. Proje Kapsamı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1 Proje Kapsamı

Proje, Ekol Lojistik depolarında en iyi çalışanın en iyi olduğu işe atanmasını sağlayarak iş verimliliğinin artırılmasını ve maliyetin azaltılmasını amaçlamıştır. Şirket tarafından uygulama için Sakura Boyner deposundaki iş tanımları ve çalışanlar seçilmiştir; ancak oluşturulan karar destek sistemi farklı depolarda ve işlerde uygulanabilir.

2.2 Mevcut Sistemin Tanımı

Ekol lojistik, Türkiyenin en etkili lojistik şirketlerinden biridir. Hızlı Taşınma, Tüketim Malları, sağlık hizmetleri, e-ticaret vb. gibi çok çeşitli sektörlerde birçok farklı müşteri ile çalışmaktadır. "Lojistik" dendiği zaman genellikle bir noktadan diğerine mal taşıyan büyük filolar düşünülmektedir. Ancak Ekol Lojistik müşterilerine kontrat lojistiği hizmeti de sunmaktadır. Ekol Lojistik müşterilerinin yerine ürünlerini kendi depolarında saklar ve gerektiğinde nakliye işlerini düzenler. Ekol Lojistik aynı anda birden fazla müşterinin depolama işlemlerini gerçekleştirdiği için şirketlere uygun fiyat sunmaktadır bu yüzden de şirketler tarafından tercih edilmektedir. Ekol Lojistik depolamaya ek olarak şirketlerin nakliye işlerini de sürdürmektedir.

2.3 Mevcut Sistem Analizi

Operasyon süreci Ekol Lojistik'in kendi iç yazılımı olan WMS ile yürütülmektedir. Sistemde operasyona ait tüm süreçler; mal kabulden mal çıkışa kadar adım adım takip edilmektedir. Personel performanslarının takip edildiği ve süreçlerin en ince detayına kadar incelenerek standart sürelerinin kaydedildiği sistem ise WMS yazılımı içerisinde yer alan BeePro modülüdür. Birbiri ile entegre çalışan iki yapı ile iş hacimlerine göre, personellerin yaptıkları işler sonucunda performansları hesaplanmakta ve dip toplamda operasyona ait verimlilik raporlamaları yapılmaktadır. Personellerin işlere atanma işlemi ise projedeki takım liderleri tarafından rastgele yapılmaktadır. Taşeron ihtiyaç sayısı iş yüküne göre proje liderlerinin insiyatifi ve tecrübesi ile belirlenmektedir.

2.4 Bugünkü Durum Analizleri ve Belirtiler

Mevcut sistem çalışanların becerilerine göre iş ataması yapan bir düzene sahip değildir. Bu durum, çalışanların görece daha başarılı oldukları

işlerde çalışarak daha verimli sonuç almalarını engellemekte ve şirketin genel verimliliğini düşürmektedir. [1] Bundan dolayı toplanan verimlilik değerlerinin daha sonraki işlerde, atama yapma konusunda, kullanılması ve bu şekilde verimliliğin sistematik bir şekilde artırılması gerekmektedir.

3.Problem Tanımı ve İlgili Literatür

3.1.Problem Tanımı

Mevcut sistem analizinde de belirtildiği gibi Ekol Lojistik'in güncel bilgi sistemi, devam etmekte olan mevcut süreçler ve geçmiş verimlilik değerleri hakkında bilgi veren Rainbow ve BeePro programlarından oluşmaktadır. Sistemdeki problem, işlerin çalışanlara rastgele atanmasından kaynaklanmaktadır. Örnek olarak, çalışanlar işlere o işteki verimlilikleri doğrultusunda atanmamaktadır. Buna bağlı olarak iş gücü atamaları ve vardiyaları uygun şekilde yapılmadığından sistemde verimsizliğe ve şirket açısından yüksek maliyete neden olmaktadır.

3.2.Literatür Araştırması

Çizelgeleme alanında yapılan araştırmalar incelenerek literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu konudaki araştırmalarımıza yön veren temel kavramlar vardiya çizelgelemesi, iş gücü yönetimi ve çoklu etkinlik kayması olarak özetlenebilir. İki Fazlı Metot[2], Şube ve Bağlı Algoritma, Hibrit Buluşsal Modeli [3] ve benzer metotlar, iş gücü ataması ve vardiya çizelgelemesi problemleri için uygulanan yöntemler arasındadır. Bu yöntemlerden ve benzer çalışmalardan faydalanılarak temel bir model oluşturulmuştur.

4. Önerilen Sistem

4.1 Matematiksel Model

Matematiksel model şirketin temel kadrosunu baz alınarak kurulduktan sonra taşeronların eklenmesi ile geliştirmiştir (Ek 1). Çalışanlar model içinde üç gruba ayrılmıştır, bunlar standart vardiya çalışanları, dönen vardiya çalışanları ve taşeron çalışanlardır. Standart vardiya her zaman 08:30-18:00 saatleri arasında çalışanları, dönen vardiya ise değişken olarak 00:00-08:00, 08:00-16:00 ve 16:00-00:00 arasında çalışanları göstermektedir. Standart vardiya çalışanları setler ile tanımlanırken, taşeron seçiminin rastgele yapıldığı varsayılarak taşeron verimliliği sabit olarak alınmış ancak atamaları standart vardiya çalışanları baz alınarak tasarlanmıştır. İlk tasarlanan model günlük atama yapmaktayken şirketin geri bildirim sonucunda modelin saatlik bazda yapılmasına karar verilmiştir ve yeni bir model geliştirilmiştir. [4][5] Bu model içindeki tüm işler j indisi ile ve tüm çalışanlar i indisi ile gösterilmektedir. Standart ve dönen vardiya çalışanlarının belirlenen saatte çalışıp çalışmadıklarına ve belirlenen saatte herhangi bir işte çalışıp çalışmadıklarına dair iki set şeklinde karar değişkeni oluşturulmuştur. Bunlara ek olarak standart ve dönen vardiya çalışanlarının atanacağı fazla mesai saatlerinin

miktarları ve işe alınması gereken taşeron çalışanlar için de ayrıca karar değişkenleri bulunmaktadır.

Mevcut model tüm temel kadronun (standart vardiya ve dönen vardiya çalışanlarının) işlere atanmasından sonra eğer ihtiyaç duyulursa taşeron çağrılmasını amaçlamaktadır. Bu şekilde şirketin taşeron kadroya harcadığı ücretin enazlanması hedeflenmiştir. Model maliyeti enazlarken, bunu çalışanların en iyi çalıştıkları işe atanmasını sağlayarak yapmaktadır böylece modelin sonucunda verimsiz iş atamaları enazlanarak iş verimlilikleri istenen seviyeye çekilmiştir.

5. İzlenen Yöntem ve Modelin Çalıştırılması

5.1 Önerilen Sistemin Doğrulanması

Geliştirilen model Nisan ayının ilk haftasının iş yükleri baz alınarak denenmiştir. Modelin, şirketin şu anda bu projeye atanmış çalışanları ile iş yükünün karşılayabildiği gözlemlenmiştir.

5.2 Duyarlılık ve Senaryo Analizi

Geliştirilen modelde iş yükü ve verimlilik oranları değiştirilerek çeşitli senaryolar yaratılmış ve bunlar üzerinden maliyet incelemesi yapılmıştır. İş yükü 10-10000 arasında değiştirilmiştir. Değiştirilen verilere göre iş yükü arttıkça kullanılan taşeron işçi sayısı ve fazla mesai yapan dönen ve standart vardiyada çalışan işçi sayısında artış gözlemlenmiştir. Dolayısıyla işçi maliyeti artmıştır. Verimlilik değeri 0.1 - 0.9 arasında değiştirildiğinde ise modelin çözümüne göre verimlilik talebi artışı sonucu iş ataması yapılmamış çalışan kalmamış ve işçi maliyetinde çok az bir miktar artış gözlemlenmiştir.

6. Geliştirilen Sistemin Başarısı

6.1 Projenin Şirkete Katkıları

Mevcut sistemde çalışan işçiler işlere rastgele atanırken geliştirilen model ile işçiler verimli oldukları işlere atanmış ve taşeron işçi sayısı sifıra indirilerek işler tamamlanmıştır. Taşeron işçi sayısının azaltılması ile mevcut sistemdeki işçi maliyeti 16.20% oranında azalmıştır. İşçilerin işlerdeki verimlilikleri mevcut sistemde 36% ile 83% arasında değişirken geliştirilen model ile bu oran en az 80% olacak şekilde atama yapılmıştır.

6.2 Projenin Uygulama Planı

Oluşturulan modelin Ekol Lojistik'de Temmuz 2018 itibariyle en az iki projede kullanılmaya başlanmasını hedeflenmektedir. Şirket, WMS sistemi (*Warehouse Management System*) üzerinden modele girdi olarak verilmek üzere parametreleri çekecek, WMS'den eniyileme sistemlerine veri aktarımını mümkün kılacak, modelin çözülmesi sonucunda elde edilen çıktıları tekrar WMS sistemine gönderecekleri bir yapı kuracaktır.

Proje ekibi, matematiksel modele, modeli Cplex'te çözdüren bir Java koduna ve tasarlanan kullanıcı arayüzüne ek olarak Ekol Lojistik çalışanlarına bir rapor sunacaktır. Bu rapor, Ekol Lojistik çalışanları için hazırlanan yazılım

prototipinin bir kılavuzu niteliğinde olacak ve nasıl kullanılması gerektiğini detaylı bir şekilde anlatacaktır. Ayrıca, vardiya atamaları ve işgücü eniyilemesi için tasarlanan karar destek sistemi arayüzü Ek 3'te bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Bellenguez, O., Néron, E. "Methods for solving the multi-skill project scheduling problem." *Proc. 9th International Workshop on Project Management and Scheduling (PMS)*, 2004, pp. 66-69.
- [2] Prot, D., et al. "A Two-Phase Method for the Shift Design and Personnel Task Scheduling Problem with Equity Objective." *International Journal of Production Research*, vol. 53, no. 24, 15 Dec. 2015, pp. 7286-7298. EBSCOhost, doi:10.1080/00207543.2015.1037023.
- [3] Smet, Pieter, et al. "The Shift Minimisation Personnel Task Scheduling Problem: A New Hybrid Approach and Computational Insights." *Omega*, vol. 46, 01 July 2014, pp. 64-73. EBSCOhost, doi:10.1016/j.omega.2014.02.003.
- [4] Hertz, Alain, et al. "Innovative Applications of O.R.: A Flexible MILP Model for Multiple-Shift Workforce Planning under Annualized Hours." *European Journal of Operational Research*, vol. 200, 01 Jan. 2010, pp. 860-873. EBSCOhost, doi:10.1016/j.ejor.2009.01.045.
- [5] Kovalyov, M., Ng, C., Cheng, T.: Fixed Interval scheduling: Models, applications, computational complexity and algorithms. *European Journal of Operational Research (EJOR)* 178, 331-342 (2007)

EKLER

Ek 1: Vardiya Atamaları ve İşgücü Eniyilemesi Modeli

Setler:

- I: Standart vardiyada çalışan işçi seti
İ: Dönen vardiyada çalışan işçi seti
J: İş seti
P: Periyot seti
T: Taşeron işçi seti

Parametreler:

- L_j^p : j işinin p periyodundaki periyodik iş yükü (adam/saat)
 V_{ij} : Standart vardiyada çalışan i işçisinin j işindeki verimlilik değeri
 \hat{V}_{ij} : Dönen vardiyada çalışan i işçisinin j işindeki verimlilik değeri
 \bar{V}_j : Taşeron işçilerin j işindeki ortalama verimlilik değeri
 C_s : Standart vardiyada çalışan bir işçinin toplam günlük maliyeti
 C_p : Dönen vardiyada çalışan bir işçinin toplam günlük maliyeti
 C_T : Taşeron bir işçinin toplam günlük maliyeti
 C_e : Bir çalışanın toplam fazla mesai maliyeti
 VR_j : j işinin p periyodunda istenilen verimlilik değeri
 N_s : Standart vardiyada çalışan azami işçi sayısı
 N_p : Dönen vardiyada çalışan azami işçi sayısı
h: Periyodik çalışma saati

Karar Değişkenleri:

- $x_{ij}^p = \begin{cases} 1 & \text{1 standart vardiyadaki i işçisi p periyodunda j işince çalışırsa} \\ 0 & \text{çalışmazsa} \end{cases}$
 $\hat{x}_{ij}^p = \begin{cases} 1 & \text{1 dönen vardiyadaki i işçisi p periyodunda j işince çalışırsa} \\ 0 & \text{çalışmazsa} \end{cases}$
 $T_{tj}^p = \begin{cases} 1 & \text{1 taşeron i işçisi p periyodunda j işinde çalışırsa} \\ 0 & \text{çalışmazsa} \end{cases}$
 $T_t = \begin{cases} 1 & \text{1 taşeron i işçisi çalışırsa} \\ 0 & \text{çalışmazsa} \end{cases}$
 $x_i = \begin{cases} 1 & \text{1 standart vardiyadaki i işçisi çalışırsa} \\ 0 & \text{çalışmazsa} \end{cases}$
 $\hat{x}_i = \begin{cases} 1 & \text{1 dönen vardiyadaki i işçisi çalışırsa} \\ 0 & \text{çalışmazsa} \end{cases}$
 Y_{ij} = Standart vardiyadaki i işçisinin j işi için yaptığı fazla mesai saati
 \hat{Y}_{ij} = Dönen vardiyadaki i işçisinin j işi için yaptığı fazla mesai saati
 $w_i = \begin{cases} 1 & \text{1 standart vardiyadaki i işçisi fazla mesai yapabiliyorsa} \\ 0 & \text{yapamıyorsa} \end{cases}$
 $\hat{w}_i = \begin{cases} 1 & \text{1 dönen vardiyadaki i işçisi fazla mesai yapabiliyorsa} \\ 0 & \text{yapamıyorsa} \end{cases}$

Amaç Fonksiyonu:

$$\sum_{ieI} x_{ij}^p C_s + \sum_{ie\hat{I}} \hat{x}_{ij}^p C_e + \sum_{ieI} \sum_{jeJ} Y_{ij} C_e + \sum_{ie\hat{I}} \sum_{jeJ} \hat{Y}_{ij} C_e + \sum_{teT} T_t C_T$$

Kısıtlar:

$$\sum_{ieI} V_{ij} x_{ij}^p + \sum_{ie\hat{I}} \widehat{V}_{ij} \hat{x}_{ij}^p + \sum_{ieI} Y_{ij} V_{ij} + \sum_{ie\hat{I}} \hat{Y}_{ij} \widehat{V}_{ij} + \sum_{teT} \hat{Y}_{ij} T_{ij}^p \geq L_j^p \quad \forall jeJ, deD, peP \quad (2)$$

$$\sum_{peP} x_{ij}^p \leq x_i \quad \forall ieI, jeJ \quad (3)$$

$$\sum_{peP} \hat{x}_{ij}^p \leq \hat{x}_i \quad \forall ie\hat{I}, jeJ \quad (4)$$

$$\sum_{peP} T_{ij}^p \leq T_t \quad \forall teT, jeJ \quad (5)$$

$$\sum_{ieI} \sum_{jeJ} x_{ij}^p \leq N_s \quad \forall peP \quad (6)$$

$$\sum_{ie\hat{I}} \widehat{\sum_{ie\hat{I}}} \hat{x}_{ij}^p \leq N_p \quad \forall peP \quad (7)$$

$$\sum_{peP} \sum_{jeJ} x_{ij}^p \geq 8 \cdot 8 \cdot w_i \quad \forall ieI \quad (8)$$

$$\sum_{peP} \sum_{jeJ} \hat{x}_{ij}^p \geq 8 \cdot 8 \cdot \hat{w}_i \quad \forall ie\hat{I} \quad (9)$$

$$\sum_{jeJ} Y_{ij} + 3 \cdot w_i \leq 3 \quad \forall ieI \quad (10)$$

$$\sum_{jeJ} \hat{Y}_{ij} + 3 \cdot \hat{w}_i \leq 3 \quad \forall ie\hat{I} \quad (11)$$

$$\frac{\sum_{ieI} V_{ij} x_{ij}^p + \sum_{ie\hat{I}} \widehat{V}_{ij} \hat{x}_{ij}^p}{\sum_{ieI} x_{ij}^p + \sum_{ie\hat{I}} \hat{x}_{ij}^p} \geq VR_j \quad \forall jeJ, peP \quad (12)$$

$$\sum_{ieI} x_{ij}^p + \sum_{ie\hat{I}} \hat{x}_{ij}^p \geq \sum_{teT} T_t \quad (13)$$

$$x_{ij}^p, \hat{x}_{ij}^p, x_i, \hat{x}_i, w_i, \hat{w}_i, T_{ij}^p, T_t \in \{0,1\} \quad (14)$$

$$\forall jeJ, ie\hat{I}, ieI, teT, peP \quad (15)$$

$$Y_{ij}, \hat{Y}_{ij} \geq 0 \quad \forall jeJ, ie\hat{I}, ieI \quad (16)$$

Ek 2: Doğrulama

Şirket Tarafından Uygulanan Sistem

Çalışan Sayısı :

Standart Vardiya: 44

Dönen Vardiya: 21

Taşeron: 72

Toplam Çalışan Maliyeti : $44*81 + 21*81 + 72*77 + 48*1.5*14 = 11817$ ₺

(Fazla mesai ücreti dahildir)

Ortalama Verimlilik: %36 - %80 arası değişkenlik göstermektedir.

Önerilen Sistem

Çalışan Sayısı: Standart Vardiya: 34

Değişken Vardiya: 17

Taşeron:51

Toplam Çalışan Maliyeti = 9902 ₺

Verimlilikler şirket tarafından %80 olarak belirlenmiştir.

Öngörülen Maliyet İyileştirme Yüzdesi= %16,20 [(11817 - 9902) / 11817]

Ek 3: Kullanıcı Arayüzü

Ekol Logistics

ekol | LOGISTICS 4.0

Inputs

Please choose an input file

Please choose the template file

Please select the output directory

Required Efficiency

Standart Shift Capacity

Changing Shift Capacity

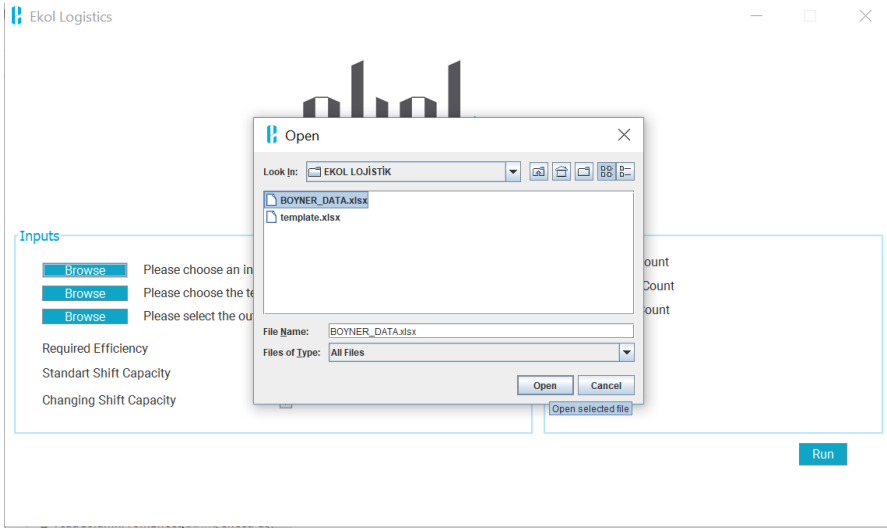
Results

Standart Shift Count

Changing Shift Count

Subcontractor Count

Total Cost



Bütünleşik Envanter ve Rotalama Sistemi Tasarımı

Ersil Mağazacılık Gıda İnşaat Ticaret ve Sanayi A.Ş.



Proje Ekibi

Murat Ateş İnanç, Mammad Mammadli, Bartu Mumcuoğlu, Çetin Özer,
Huseyn Piriyev, Kuntay Bartu Şen

Şirket Danışmanı

Mert Çınar
Endüstri Mühendisi
Mehmet Coşkun
Bilgi İşlem Müdürü

Akademik Danışman

Arş. Gör. Okan Dükkancı
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Proje raporu, şirket hakkında genel bilgileri, şirketin perakende sistemini ve envanter sistemini içerir. Şu anki sistemin analizi yapılarak, şirketin karşılaştığı sorunlar, önemli parametreler ve kısıtlamalar tanımlanmıştır. Bulgular açıklandıktan sonra, tanımlanan problemi modellemek ve var olan çözüm yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmak için literatür araştırması yapıldı. Öngörülen sistemin girdileri, çıktıları, kısıtları, amacı ve varsayımları tanımlandı. Geliştirilen sistemin şirkete katkıları anlatılmıştır ve rapor, sonuç ve değerlendirme kısmıyla tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Envanter rotalama problemi, karar destek mekanizması, sezgisel yöntem, iki aşamalı algoritma, envanter kontrol sistemi.

1. Şirket Tanıtımı

3 şirketten oluşan Ersil Group, 1985'te kurulmuştur. Bu şirketler, Emre Konserve, 4 Dünya ve Ersil'dir. 4 Dünya, 2017'nin Mart ayında kurulmuştur. 4 Dünya şu anda 34 mağazada hizmet vermekte olup, mağazacılık zincirini her geçen ay genişletmektedir. Ürün portfolyusu 9 ana gruptan oluşmaktadır. Bu gruplar bakliyat, baharat, kuruyemiş, şekerleme, çay ve kahve, kahvaltılık kurutulmuş ürünler, yerel ürünler ve içeceklerdir. İçecek grubu şu anda bütün mağazalarda bulunmaktadır. Şirket, operasyonlarını Ankara içerisinde yürütmektedir. Mağazaların boyutları 90 m²'den 150 m²'ye kadar değişmektedir.

2. Mevcut Sistem Tanımı ve Analizi

Şirketin perakende sistemi ana merkez ve Ankara'nın çeşitli bölgelerindeki mağazalardan oluşmaktadır. Firmanın iki deposu vardır. Sadece bir depo kullanılmaktadır. İkincisinin, gelecekte açılacak olan mağazalar için kullanılması amaçlanmaktadır. Envanter hareket süreçleri depo ve mağazalar arasında oluşmaktadır. Sipariş miktarları her bir mağaza tarafından ayrı ayrı oluşturulmaktadır ve bu mağazaların talep planlamaları, ana merkez tarafından geçmiş verilerin analizi sonucunda hesaplanmaktadır. Sevkiyatlar haftanın 6 günü, farklı kapasitelere sahip iki kamyon tarafından yapılır ve sevkiyat günleri, mağazaların bölgelerine göre belirlenir. Sevkiyatlar, Pazartesi-Çarşamba-Cuma ve Salı-Perşembe-Cumartesi günleri olmak üzere mağazaların talepleri doğrultusunda farklı bölgelere yapılır. Depo, Pazar günü kapalı olduğundan o gün sevkiyat gerçekleşmez. Sevkiyat planı depoya, sevkiyat gününün bir önceki günü saat 12:00'a kadar ulaştırılır. Şirket personelleri, plana göre ürünleri paletlere koyar ve paketler. Ürünler, forklift yardımıyla kamyonla yüklenir. Ürünler mühürlü bir şekilde mağazalara taşınır. Sevkiyatlar yapılmadan önce, gereklilikler şirketin satış departmanı tarafından depo yönetimine iletilir. Sevkiyat rotaları kamyon sürücüsünün inisiyatifindedir. Mağazalarda ürün eksikliği olduğu durumlarda, depodan mağazalara ilave sevkiyat yapılmaktadır.

3. Problem Tanımı

Şirket ile yapılan görüşmeler neticesinde genel şikayetler ve sorunlar belirlenmiş ve mevcut sistemin analizi oluşturularak, iki ana problem tanımlanmıştır. Bunların ilki sistematik olmayan rotalama ve ürünlerin kamyonlara yüklenişindeki sistematik hatalar, ikincisi ise envanter kararlarının hatalı verilmesi sonucunda oluşan stok kıtlığı ya da stok fazlalığıdır. Stok kıtlığı veya stok fazlalığı, her mağazanın birbirinden bağımsız olarak ürün sipariş etmesi sonucunda ya da mağazalardan merkeze gelen yanlış envanter kararları sonucu oluşmaktadır. Her mağaza sipariş miktarını önceki satış verilerine dayanarak karar verir. Mağazadan verilen siparişler insan faktöründen doğrudan etkilendiği için, az veya çok verilen siparişler, stok

kıtlığı veya stok fazlalığına neden olmaktadır. Stok kıtlığının sonucu olarak, şirket olası satış kazancını kaybetmektedir. Öte yandan stok fazlalığı ise şirkete fazladan maliyet olarak yansımaktadır. Bunların dışında mağazalara gönderilecek ürünlerin kamyonlara etkili bir şekilde yüklenmemesi ve araç kapasitelerinin verimli kullanılmaması da sevkiyat sayısını artıran bir diğer etmendir ve şirkete maliyet olarak yansımaktadır. Bununla birlikte sistematik bir rotalamanın olmaması ve güzergahın kamyon sürücüsünün inisiyatifinde olması ise yukarıda belirtildiği gibi problem tanımının ikinci kısmını oluşturmaktadır. Sürücülerin önceden belirlenmiş bir rota üzerinde hareket etmemesi ve güzergah olarak mağazalar arası en kısa mesafelerin kullanılmaması, şirketin taşıma ve ulaşım maliyetlerinin artışına sebep olmaktadır. Tüm bu bilgiler doğrultusunda şirket, sevkiyatların sistematik olarak rotalamasının yapıldığı, stok kıtlığı ve fazlalığını önleyecek ve gelecekte açılacak mağazalarla uyumlu bir karar destek mekanizması eksikliğinden şikayet etmektedir.

4. Literatür Taraması

Problem tanımı doğrultusunda sevkiyat rotalamasını düzenlemek ve stok kıtlığını önlemek için, birinci çözüm yolu olarak Yöneylem Araştırması literatüründe bulunan envanter rotalama probleminden yararlanılmıştır. Envanteri azaltmanın sisteme büyük fayda sağladığı ve çeşitliliği artırdığı kanıtlanmıştır. (Menberu, 1987) Envanterdeki stok kıtlığını önleyen verimli envanter politikası, maliyeti en azlamaktadır. Amaç, dağıtım maliyetlerini, gereksiz envanter tutmadan ve aynı zamanda stok kıtlığı yaşamadan minimize etmektir. (Campbell vd. 1997) Bu ifadeler doğrultusunda envanter rotalama problemi, hem rotalamayı hem de envanter kontrolünü tek bir matematiksel modelde sağlamayı amaçladığından dolayı çözüm kapsamı açısından şirketin yaşadığı problemlere uygundur. Şirket, ürünü ne zaman göndereceğini, ne kadar göndereceğini ve göndereceği rotayı bilmesi gerekir. Bu nedenle envanter ve rotalama sisteminin kullanılabilmesi bir karar destek mekanizması, perakende sektöründe hızlı bir biçimde büyümeyi amaçlayan şirketler için büyük öneme sahiptir. Yöneylem Araştırması literatüründe karar destek mekanizmasının öneminden ve kurumsal şirketlere yansıttığı katkılardan bahsedilmiştir. Karar destek mekanizması sayesinde toparlanması güç olan şirket verileri, matematiksel modellerle hızlı bir şekilde işleme alınıp şirket adına önemli kararların verilmesinde büyük rol oynamaktadır. (Rouse, 2010). Bunların dışında probleme daha geniş bir bakış açısıyla yaklaşabilmek için şirketin yaşadığı iki ana sorunu ayrı ayrı çözebilecek modeller de incelenmiştir. Literatürde isimleri envanter kontrol problemi ve gezgin satıcı problemi olarak geçen iki ayrı model araştırılmıştır.

5. İzlenen Yöntem ve Uygulamaları

Öngörülen sistem, envanter maliyeti ve taşıma maliyetlerini en azlamayı

amaçlar. Taşıma maliyetini azaltmak için depo ve mağazalar arasındaki en verimli rota hesaplanmıştır. Satış verileri, stok kıtlığı maliyeti ve envanter tutma maliyetinin deterministik olduğu kabul edilerek bu bilgiler, şirket verileri doğrultusunda model girdisi olarak alınmıştır. Sevkiyat yapılması gereken mağazaların envanter kontrolü hesaplamalarının yapılması sonucunda gönderilecek en uygun ürün miktarı belirlenmiştir. Bu miktar kamyonlara, ürünlerin paket hacimleri ve kamyon hacim kapasiteleri hesaba katılarak yerleştirilmiştir ve yapılacak sevkiyatların en kısa rota hesaplamaları yapılmıştır. Bu kararlar neticesinde, ilk aşama olarak envanter rotalama modeli uygulanmış, daha sonrasında ise bu modelin şirket kısıtlarına uyumluluk açısından yeterli olmaması nedeniyle çözülebilirlik, uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik açısından iki aşamalı sezgisel yaklaşım kullanılmıştır.

5.1. İki Aşamalı Sezgisel Yaklaşım

Envanter rotalama modelinin karmaşık yapısı, çözüm süresinin uzaması ve ilerde açılacak mağazalara sürdürülebilirlik sağlamamasından dolayı iki aşamalı bir sezgisel yaklaşım oluşturuldu. Sezgisel yaklaşım modeli iki parçaya ayırarak, ayrı ayrı çözmektedir

5.1.1. Birinci Aşama: Envanter Modeli

İlk aşamada, envanter modeli her bir mağazaya merkez depodan yapılacak sevkiyat miktarına karar verir. Bu aşamada kullandığımız sezgisel algoritma yeni açılacak mağazalara da uyumludur ve yeni açılan mağazaların envanter kararlarının elle ayrı ayrı girilmesi yerine otomatik oluşturulması sağlanmıştır. Bu açıdan uygulanan sezgisel algoritma, modele sürdürülebilirlik ve esneklik kazandırmıştır. Burada anlatılmak istenen yeni mağaza ya da ürün eklendiği zaman eklenen mağazalar ve ürünler otomatik olarak sistem tarafından hesaplanmaktadır. Model, bütün mağazaların ve ürünlerin verilerini otomatik olarak hesaplayıp ikinci aşamada kullanılabilirlik üzere sisteme entegre etmektedir. Ayrıca sistemde kullanılan veriler sürecin her aşamasında görülebilir ve isteğe göre değiştirilebilir. Örneğin, hafta başında yanlış hesaplanan talep öngörülerini (tahminleri) yanlış envanter kararları vermemek adına değiştirilebilir veya düzenlenebilir. Kullanılabilirlik açısından sistem, kullanıcının birçok işlemi aynı komut düğmesiyle yapabilmesine olanak sağlar. Buna ek olarak, mevcut haftada karşılanamayan talepler ayrı bir dosyada tutulmakta ve gelecek haftalara entegre edilmektedir.

Modelin aralıkları aşağıdaki gibidir:

T: periotların grubu 0'dan t'ye kadar

V: mağazaların grubu (*i* mağazayı gösterir) ve depo (*i*=0 depoyu gösterir)

V' : mağaza grubu *i*

Modelin parametreleri aşağıdaki gibidir:

h_i : envanter tutma maliyeti *i*'nci mağaza ve depo için

C_i : kapasite i 'nci mağaza ve depo için

r^t : t 'inci periyotta depoda mevcut olan ürün

I_i^0 : mevcut envanter miktarı i 'nci mağaza için 0'inci periyotta

I_0^0 depodaki mevcut envanter miktarı 0'inci periyotta

p_i : rezerv maliyeti(karşılanmayan taleplerin maliyeti) i 'nci store için

Modelin karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

I_i^t : envanter miktarı periyot t ve i 'nci store için

I_0^t : depodaki envanter miktarı periyot t için

q_i^t : teslim edilen miktar i 'nci mağaza ve periyot t için

B_i^t : rezerv miktarı(karşılanmayan taleplerin miktarı) mağaza i ve periyot t için

5.1.1.1. Amaç

Modelin en temel amacı toplam maliyeti en azlamaktır. Amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\text{Minimize } \sum_{i \in V} \sum_{t \in T} h_i I_i^t + \sum_{i \in V} \sum_{t \in T} B_i^t p_i$$

5.1.1.2. Kısıtlar

Modelin kısıtları Ek 1'de bulunabilir. (2) numaralı kısıt, depodaki envanter pozisyonunu gösterir. (3) numaralı kısıt envanter denge kısıtıdır. (4) ve (5) numaralı kısıtlar sırasıyla depodaki ve mağazalardaki stok kıtlığını önler. (6), (7) ve (8) depo ve mağazalar için kapasite kısıtıdır. (9) ve (10) negatifliği önlemeyi sağlar. (Coelho vd. 2012)

5.1.2. İkinci Aşama: Sevkiyat ve Rotalama

İkinci aşamada ise ilk olarak mağazalar arası mesafe matrisi oluşturulmuştur. Hesaplama yapılırken mağazalar arası mesafeler "Google Maps'den" visual basic koduyla otomatik olarak alınmıştır ve bu hesaplamalar tüm mağazalar arası kombinasyonlar için yapılmıştır. Buna ek olarak sezgisel yaklaşımının ilk aşamasında hesaplanan mağazalara gönderilecek envanter miktarları, ikinci aşamada model girdisi olarak kullanılmıştır. Girdiler her ürünün paketlenme hacimlerine bölünmüştür. Sonrasında çıkan sonuçlar her mağaza için toplanmış ve sevkiyat sayılarına karar verilmiştir. Bu toplamdan çıkan rakamların ondalık kısımları, diğer ürünlerin ondalık kısımlarıyla birleştirilmiş ve artık hacimler bir sevkiyat oluşturana kadar toplanmıştır ve modelde kolay bir şekilde yorumlanabilmesi için EXCEL de farklı renklere boyanmıştır. Burada amaçlanan, ürün ve mağaza bazlı optimal sevkiyat sayılarının belirlenmesi ve ürünlerin kamyonlara sistematik bir şekilde yüklenmesidir. Aynı işlem ürün bazında da yapılmış olup bir sevkiyatta yollanacak ürün gruplarının belirlenmesi ve yine artık hacimlerin bir sevkiyatta yollanması amaçlanmıştır. Bu aşamada artık ürünlerin sevkiyatları ve normal sevkiyatlar (artık hacim hesabı yapılmadan önce çıkan sevkiyat rakamı) oluşturulurken mesafe matrisi kullanılmış ve rotalama işlemi mağazalar arası en kısa uzaklıklara göre yapılmıştır. Rotalama için, gezgin satıcı modeli

kullanılmıştır. Bu aşamada sevkiyatı yapılacak ürünler mağazalar arası mesafe matrisi kullanılarak bir mağazadan en yakın mağazaya gidecek şekilde rota gruplaması yapılmıştır.

5.2. Karar Destek Mekanizması

Projenin gerçek hayata uygulanabilirliği açısından ise yukarıda bahsedilen iki aşamalı sezgisel yaklaşım kullanılarak EXCEL ve OpenSolver yardımıyla bir karar destek mekanizması oluşturulmuştur. Bu mekanizma sayesinde mağazalara gönderilecek ürün miktarı, kamyon yüklemeleri, sevkiyat sayıları ve optimal rota otomatik olarak oluşturulabilmektedir. Sezgisel yaklaşımın her iki aşaması ve kullanıcı için oluşturulan arayüzler Ek 2’de gösterilmiştir.

5.3. Duyarlılık ve Senaryo Analizi

Modelin doğrulanması ve onaylanması için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Model farklı girdilerle ve farklı durumlar için çalıştırılmıştır ve bu sayede modelin gerçek hayatta karşılaşılabilecek durumlara karşı vereceği sonuçların doğruluğu ve güvenilir olması amaçlanmıştır. Duyarlılık analizi yapılırken şirketin karşılaşılabileceği normal günlük durumlar ve aynı zamanda karşılaşıma ihtimali düşük olan durumlar da göz önüne alınmış ve olası bir beklenmeyen durumda modelin vereceği sonuçlar test edilmiştir. Şirketten alınan bu veriler ile modelin doğruluğu ve güvenilirliği test edilmiştir. Karşılaşıma ihtimali düşük durumlarda modelin verdiği sonuçların doğruluğu hakkında bir analiz gerçekleştirilmiş olup bu sayede modelin, olağan dışı durumlar için de doğru sonuçlar verdiği doğrulanmış ve onaylanmıştır.

6. Geliştirilen Sistemin Başarısı

6.1. Projenin Şirkete Sağlayacağı Katkı

Öngörülen sistem, şirketin optimal envanter kararları almasına, mağazalara yapılacak sevkiyatlarda kamyonla yapılacak yüklemelerin daha sistematik yapılmasına ve şirketin sistematik bir rotalama planı oluşturmasına olanak sağlayacaktır. Bu vesileyle, mağazalarda yaşanan stok kıtlığının ya da stok fazlalığının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca rotalamalar ve kamyon yüklemeleri karar destek mekanizmasına bağlı olarak oluşturulacaktır. Bu rotalama planı sayesinde, depodan mağazalara olan sevkiyatlar sistematik bir şekilde en kısa yoldan hesaplanarak bir plan haline getirilecektir. Karar destek mekanizmasının varlığı sayesinde, envanter ve rotalama planları otomatik bir şekilde yapılmış olacaktır. Projenin sağlayacağı diğer bir katkı ise ileride açılacak mağazalara ve alınacak kamyonlara göre sürdürülebilir olmasıdır. Burada anlatılmak istenen şirket mağaza sayısını ve kamyon sayısını artırdıkça oluşturulan sistem, bu mağaza ve kamyonlara da uyumlu olacaktır. Bununla birlikte yeni mağaza ve kamyon eklemeleri otomatik olarak sisteme girilebilecektir ve gerekli olan yeni veriler şirket sisteminden otomatik olarak

alınır modelde çözülebilecektir. Şirket kendi sektöründe büyümeyi amaçladığı ve müşterilerinin ihtiyaçlarına cevap vermek istediği için, model yeni mağazalara olduğu gibi yeni ürünler için de entegre edilebilecektir. Böylelikle, önerilen sistem, şirkete sürdürülebilir bir karar destek mekanizması sağlamış olacaktır.

6.2. Projenin Uygulama Planı

Projenin uygulanabilmesi için, şirket içinde projenin mevcut duruma entegrasyonu üzerine eğitimler düzenlenecektir. Eğitimde modelin girdileri ve çıktıları tanıtılacaktır. Modelin girdilerinin sisteme yazılması ve çıkan sonuçların yorumlanması anlatılacaktır. Karar destek mekanizmasının önemi, şirkete sağladığı fayda ve kullanımı hakkında eğitim verildikten sonra şirket projeyi hayata geçirebilecektir. Karar destek mekanizması, EXCEL tabanlı oluşturulduğundan, şirket tarafından kullanılması daha kolay olacaktır.

6.3. Sonuç ve Genel Değerlendirme

Mağazalarda oluşan stok kıtlığı ve fazlalığını azaltmayı sevkiyat sırasında ürünlerin kamyonlara en doğru şekilde yüklenmesini ve sevkiyat rotalarını sistematikleştirmeyi amaçlayan projenin çıktıları probleme etkin çözümler sunmaktadır. EXCEL arayüzü ve OpenSolver kullanılarak bulunan çözüm, herhangi bir ücret olmaksızın kullanılabilir ve yeni açılacak mağazalara ve alınacak kamyonlara da uygulanabilir halde faaliyet göstermektedir.

KAYNAKÇA

Ann Campbell, Lloyd Clarke, Anton Kleywegt, and Martin Savelsbergh. *The Inventory Routing Problem*. Atlanta: The Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology, May & June 1997. PDF.

Coelho, Leandro C., and Gilbert Laporte. "The exact solution of several classes of inventory-Routing problems." *Computers & Operations Research*, vol. 40, no. 2, 2013, pp. 558–565., doi:10.1016/j.cor.2012.08.012.

Goyal, S. K. "A Comment on "Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments": Response." *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 39, no. 3, 1988, p. 323., doi:10.2307/2582621.

Goyal, "Determination of economic production–shipment policy for a single-Vendor–single-Buyer system." *European Journal of Operational Research*, North-Holland, 10Jan.2000, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221799000132.

Leopoldo, Wee, "Solving the vendor-buyer integrated inventory system with arithmetic-geometric inequality." *Mathematical and Computer Modelling*, Pergamon, 13 Nov. 2010,

Li F., Golden B.L. & Wasil E.A. "A record-to-record travel algorithm for solving the heterogeneous fleet vehicle routing problem." *Computers & Operations Research*, 2007, 34, 2734–2742.

Menberu, Lulu, J.T.Black, *Just In Time Production and Process Time Variability*, Published in 1987 by IEEE Computer Society Press. ISBN:0-8186-0766-1

Orchestra, Supply Chain 24/7. "The Problem with Traditional Inventory Management." *The Problem with Traditional Inventory Management - Supply Chain 24/7*

Staff, Investopedia. "The Industry Handbook: The Retailing Industry." Investopedia, 30 March 2017, www.investopedia.com/features/industryhandbook/retail.asp.

Rouse, Margaret. "What is decision support system (DSS)? - Definition from WhatIs.Com." *SearchCIO*, 2010

EKLER

Ek 1: Envanter Modeli Kısıtları

$$\text{minimize } \sum_{i \in V} \sum_{t \in T} h_i I_i^t + \sum_{i \in V} \sum_{t \in T} B_i^t p_i \quad (1)$$

Subject to,

$$I_0^t = I_0^{t-1} + r^t - \sum_{i \in V'} q_i^t \quad t \in T \quad (2)$$

$$I_i^t = I_i^{t-1} + q_i^t - d_i^t - B_i^{t-1} + B_i^t \quad i \in V' t \in T \quad (3)$$

$$I_0^t \geq 0 \quad t \in T \quad (4)$$

$$I_i^t \geq 0 \quad i \in V' t \in T \quad (5)$$

$$I_i^t \leq C_i \quad i \in V' t \in T \quad (6)$$

$$q_i^t \leq C_i - I_i^{t-1} \quad i \in V' t \in T \quad (7)$$

$$q_i^t \leq C_i \quad i \in V' t \in T \quad (8)$$

$$q_i^t \geq 0 \quad i \in V' t \in T \quad (9)$$

$$B_i^t \geq 0 \quad i \in V' t \in T \quad (10)$$

Ek 2: Envanter, Rotalama, Sevkiyat Modelleri ve Kullanıcı Arayüzleri

Threshold	0,2				
Vehicle Capacity	1000				
Arrange Volume if there something in liters		Sort to increase accuracy		TSP ROUTE (Still on repair)	
Fill the Table (divided by volume and vehicle capacity)		column 1st stage		Products allocation to TRUCK	
Determine number tours to specified store (e.g. sun)				Reset all colors	
				Clear cells	

	Volume	(39°57'47.0" 32°47'29.5") DEMET-1 MAĞAZASI	(39°57'40.5" 32°52'51.4") ÇEVRELI MAĞAZASI	(40°01'15.4" 32°51'32.1") OSMANGAZI MAĞAZASI	(40°02'30.3" 32°54'05.9") PTT MAĞAZASI	(39°53'58.4" 32°55'12.8") ÇEVRELIHAN MAĞA
1TOM IHLAMUR & ZENCEFİL	80	0,00235	0,0113375	0,011025	0,005175	(
1TOM KIŞ ÇAYI	80	0,016625	0,00885	0,0126	0,010375	0,0
1TOM NANE LIMON ZENCEFİL	80	0,0117	0,0138075	0,018275	0,02275	0,0
1TOM OKALİPTUS & ZENCEFİL	80	0,014675	0,0118075	0,004125	0,006325	0,0
3ADEM ÇİĞ 5 KG	22	0,00854545	0,0508636	0,0584545	0,02010338	0,061
3ADEM İÇİ KAVRULMUŞ 5 KG	100	0,00966	0,00791	0,01338	0,0122	(
3AKILA İÇ 25 KG	40	0,008975	0,028575	0,0184	0,036175	0,
3EYHAZAR KURUSU TEREYAGLI 400 GR 12 LU	80	0,0091125	0,014575	0,0099075	0,009875	(
3EYHAZARI MADEN SÜPÜ 200 ML	60	0,01286667	0,00296667	0,01061667	0,00486667	(
3EZEVE 25 KG	60	0,01251667	0,00933333	0,0123	0,01203333	(
3İBER KIRMIZI TATLI TOZ 5 KG	40	0,0307	0,033975	0,03485	0,035425	(

PİRİNÇ LUNA BALDO 25 KG



HESAPLA

MAGAZA EKLE

DATA AKTARMA

BACKLOG AKTARMA

Enventar Maliyeti	Kapasite	Talep	Depo	Baslangic	Envanter	Backlog
H0	0.1	0	15000000	0	16775	0
H1	0.1	1	1500000	105.7651	1	132.713
H2	0.1	2	1500000	60.8902	2	74.943
H3	0.1	3	1500000	218.3461	3	274.869
H4	0.1	4	1500000	122.7611	4	183.718
H5	0.1	5	1500000	107.8161	5	201.254
H6	0.1	6	1500000	139.0431	6	22.682
H7	0.1	7	1500000	123.788	7	78.294
H8	0.1	8	1500000	104.6066	8	104.947
H9	0.1	9	1500000	94.7975	9	118.258
H10	0.1	10	1500000	82.8321	10	44.195
H11	0.1	11	1500000	95.5724	11	179.436
H12	0.1	12	1500000	124.3263	12	80.858
H13	0.1	13	1500000	196.6895	13	172.093
H14	0.1	14	1500000	0	14	0
H15	0.1	15	1500000	227.2837	15	169.732
H16	0.1	16	1500000	141.8004	16	58.935
H17	0.1	17	1500000	208.9465	17	218.061
H18	0.1	18	1500000	215.5279	18	214.35
H19	0.1	19	1500000	46.7208	19	97.935
H20	0.1	20	1500000	86.9085	20	172.613
H21	0.1	21	1500000	100.9785	21	245.589
H22	0.1	22	1500000	113.8288	22	225.318
H23	0.1	23	1500000	195.6234	23	182.141
H24	0.1	24	1500000	55.0557	24	108.463
H25	0.1	25	1500000	154.2352	25	20.009
H26	0.1	26	1500000	88.1524	26	148.977
H27	0.1	27	1500000	146.5506	27	125.855
H28	0.1	28	1500000	160.7991	28	128.916
H29	0.1	29	1500000	35.3269	29	97.142
H30	0.1	30	1500000	227.367	30	257.935
H31	0.1	31	1500000	70.2506	31	214.221
H32	0.1	32	1500000	86.6544	32	197.688
H33	0.1	33	1500000	112.3535	33	299.511
H34	0.1	34	1500000	266.254	34	276.78
H35	0.1	35	1500000	258.7116	35	255.412

Modern Kanal Tanzim Teşhir Personeli İçin Çizelgeleme ve Rotalama Sistemi Geliştirilmesi

ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.



Proje Ekibi

Melek Arslan, İpek Erdil, Gülten Büşra Karkılı, Berk Meriç, Seyfi Emre Sarıgedik, Göksu Üreten

Şirket Danışmanı

Elçin Kocaman

Satış Uygulaması ve Perf. Takip Müh.

Akademik Danışman

Prof. Dr. Hande Yaman

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

ETİ şirketinde tanzim teşhir elemanlarının günlük ve haftalık çizelgeleri sezgisel olarak yapılmaktadır. Bu durumda tanzim teşhir elemanları günlük çalışma saatlerinin bir kısmını bir müşteriden diğer müşteriye ulaşmak için yolda harcamaktadır. Bunun sonucunda tanzim teşhir elemanlarının müşterilerde harcayabileceği zaman kısıtlanmaktadır. Bu projenin amacı tanzim teşhir elemanlarının yolda harcadıkları süreyi en aza indirgeyecek bir model geliştirmektir. Bu bağlamda her müşteride geçirilen zaman ve ziyaret sıklığı veri analizi yöntemleri ile kararlaştırılmıştır. Aynı zamanda her tanzim teşhir elemanının günlük ziyaret edeceği müşteriler birbirine en yakın olacak şekilde gruplama yöntemi ile belirlenmiştir. Tanzim teşhir eleman sayısını ve müşterilerin konumlarını parametre olarak alan, her tanzim teşhir elemanı için günlük ve haftalık çizelgelerin ve rotaların elde edilmesini sağlayacak arayüz oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Tanzim Teşhir Elemanı, modern kanal, gruplama, rotalama, çizelgeleme

1.Şirket Tanımı

ETİ Bisküvi Fabrikası, 1961 yılında Firuz KANATLI tarafından Eskişehir’de kurulmuştur. Şirket ilk yıllarında sadece bisküvi üretimi yaparken 1972 yılında ürün yelpazesini büyük çapta genişletmiş ve bugünkü ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. adını almıştır. Kuruluşundan bu yana çıkardığı yenilikçi ürünlerle ilklere imza atarak tüketicilerini mutlu etmeyi başaran ETİ; bugün 45 marka ve sunduğu 300’den fazla ürünle bir gıda devi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllık toplam 250.000 ton üretim kapasitesine sahip yedi modern fabrikasıyla 7000’den fazla kişiye istihdam sağlayan şirket; kraker, gofret, kek gibi ürünlerde pazar lideri konumunda olup 2 milyar TL üzerinde bir ciroya sahiptir. Ülke içinde 150 distribütör ve 2500 dağıtım aracı ile 200.000’den fazla satış noktasında faaliyet gösteren şirket, beş kıtada 40 ülkeye yaptığı ihracatla da ülkemizi dünyada başarıyla temsil etmektedir. İstanbul Sanayi Odası’nın (2015) hazırladığı listeye göre Türkiye’nin en büyük 25. şirketi olan ETİ, kurucusu Firuz KANATLI’nın çizdiği yolda ilerlemeye devam etmektedir.

2. Proje Tanımı ve Sistem Analizi

2.1. Proje Tanımı

ETİ satış işlemlerini distribütörler üzerinden ya da direkt olarak gerçekleştirmektedir. Distribütörler üzerinden bir çok farklı kanala hizmet verilmektedir. Direkt olarak ise ulusal ve kurumsal müşterilere hizmet verilmektedir. Direkt satış yapılan Ulusal ve kurumsal müşteriler kapsamında Migros ve Carrefour gibi zincir marketler örnek verilebilir. Distribütörler üzerinden satış yapılan ulusal ve kurumsal müşteriler kapsamında proje konusu olan yerel organize kanal müşterileri ise Çağdaş, Yunus ve Soykanlar gibi yerel marketleri içerir. Satış, sıcak satış ve soğuk satış olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilir. Sıcak satışta faturalandırma ve teslimat satışın yapıldığı noktada gerçekleşir. Soğuk satış ise belli bir rut planına göre müşteri odaklı çalışan satış temsilcilerinin yaptığı bir satış yöntemidir. Teslim edilecek ürün miktarı müşterinin stok miktarına veya müşteri siparişine göre belirlenir. Soğuk satışta ürün müşteriye hemen teslim edilmez.

Satış işlemleri, satış temsilcilerinin müşterileri ziyaret edip müşterilerin stok oranlarına göre sipariş vermeleriyle başlar. Sipariş anında sisteme girilir ve fatura hazırlanır. Daha sonra, siparişler distribütör depolarından ya da ETİ’nin kendi depolarından müşterilere dağıtılır. Dağıtım elemanları siparişleri önceden kendileri için belirlenmiş olan rotalara uyarak gerçekleştirirler. Ulusal ve Kurumsal müşterilere hizmet veren tanzim teşhir elemanları (TTE’ler) müşterileri toplu taşıma aracı ya da yaya olarak ziyaret ederek, ürünleri raflara yerleştirip rafları düzenleyerek satış sürecini sona erdirirler. TTE’lerin rafları düzenlerken öncelikli hedefi, ürünlerin ulaşılabilirliğini arttırmaktır. Bu yüzden, TTE’lerin müşterilere en çok faydayı sağlayabilmeleri için yolda

geçirdikleri sürenin olabildiğince azaltılması ve müşterilerde geçirebilecekleri sürenin artırılması önemli bir gerekliliktir. Şu anda, TTE'lerin günlük ve haftalık rotaları, satış temsilcileri tarafından sezgisel olarak belirlenmektedir. Projemizin amacı, izlediğimiz matematiksel yöntemle ile TTE'lerin haftalık rota ve çizelgelerini, yolda geçirilen süreyi en aza indirgeyerek belirlemektir. Projenin kapsamı, Ankara Kamar Distribütörü'nün yerel dağıtım kanalının soğuk satış ayağındaki 130 müşterinin TTE faaliyetlerinin planlanmasıdır. Bu örnek üzerinde çözüm yöntemimizi uyguladıktan sonra, amacımız Türkiye'nin dört bir yanında 600 müşteri ile uygulanabilecek bir model ortaya koymaktır.

2.2. Sistem ve Veri Analizi

Satış temsilcileri her ayın başında TTE'lerin izleyecekleri rotaları, müşterilerde geçirecekleri servis sürelerini ve ziyaret sıklıklarını belirlemekte ve çizelge oluşturmaktadırlar. Oluşturulan programa uyarak müşterileri ziyaret eden TTE'ler, müşterilere giriş ve çıkış saatlerini ETİ'nin geliştirdiği saha uygulamasına girmektedirler. Bu uygulamadan aldığımız verileri incelediğimizde ve saha gözlemlerimiz sonucunda

- Bir TTE'nin aynı gün içinde şehrin iki farklı ucundaki müşterileri ziyaret etmek zorunda kaldığını ve yolda geçen sürenin uzadığı
- Bir aksaklık ve ya gecikme yaşandığında TTE'lerin programlarını aksatıp rotalarını tamamlamayıp bazı müşteri ziyaretlerini iptal etmek zorunda kaldıkları
- TTE'lerin günlük rotalarını tamamlamak için bazı müşterilerde planlanan servis süresinin çok altında zaman harcadıkları

saptanmıştır. Bu sorunlar, ETİ ürünlerine sahip rafların boş kalmasına ve ürünlerin depolarda gereksiz yere beklemesine sebep olmaktadır. Bu sorunlardan vardığımız sonuç, müşteri-TTE atamasının standart ve matematiksel yöntemler kullanılmadığı için optimal olmadığıdır. Yer ve zaman kısıtlamaları altında TTE'ler tecrübeye dayalı sezgisel bir şekilde atanan müşterilere ulaşmak için günlük çalışma saatlerini verimsiz bir şekilde harcamaktadırlar.

TTE'in müşterilere atanma şekilleri ve müşteriler arasında izledikleri rotalar, müşterilerin konumları göz önünde bulundurulduğunda iyileştirilip geliştirilebilir durumdadır. Bu nedenle, TTE'ler rotalarında iki müşteri arasında olması gerektiğinden daha fazla zaman harcamaktadırlar. Böylece, her müşterinin hizmet süresi azalmakta ve TTE hizmeti verimli bir şekilde kullanılamamaktadır. Bu proje ile müşteriler arasında TTE atamalarını, rotaları ve çizelgeleri sağlayan standart bir matematiksel yöntem tasarlamak amaçlanmıştır.

3. Sistem Tasarımı

3.1. Model Geliştirme

Elimizdeki problemin çok sayıda değişkene ve parametreye bağlı olmasından ötürü çözüm önerisi olarak matematiksel bir yöntem geliştirme yolunda ilerledik. Bu bağlamda iki aşamalı bir çözüm mantığını benimsemenin projemize en uygun seçenek olduğuna karar verdik. İlk olarak, müşterileri gruplayıp sonra her grup için rotalama yapmayı planladık. Ancak servis süresi ve ziyaret sıklıklarının model dışında kararlaştırılmasının gerekliliği bizi iki aşamalı çözüm mantığımızı veri analizine dayalı üçüncü bir aşama eklemeye itti. Tüm bunların sonucunda problemimize getirdiğimiz çözüm önerisi üç başlık altında yürütüldü:

1. Müşterilerin kümelmesi
2. Müşterilerdeki servis zamanlarına ve müşteriye yapılacak ziyaret sıklığına karar verilmesi
3. Her grup için uygun rotalama ve çizelgeleme yapılması

İlk aşamada “K-means” algoritması temel alınarak müşterilerin konumlarına göre kümeleme yapıldı. Bu algoritmayı uygulayabilmek adına başlangıçta her küme için K adet küme merkezi seçildi. Sonrasında her küme merkezi ve müşteri arasındaki mesafe hesaplanıp müşteriler aşağıdaki modele göre uygun küme merkezine atandı ve müşteri grupları oluşturuldu:

Kümelere

K: küme seti

N: müşteri seti

Parametreler

W_i : müşteri i nin cirosu $i \in N$

Max_{ciro} : bir grup için maksimum ciro limiti

Min_{ciro} : bir grup için minimum ciro limiti

$dist_{ij}$: i ve j noktaları arasındaki mesafe $i, j \in N$

Karar Değişkenleri

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{eğer müşteri } i \text{ } k \text{ kümesinde ise} \\ 0, & \text{diğer tüm seçeneklerde} \end{cases} \quad i \in N, k \in K$$

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N dist_{ij} * X_{ik} * W_i$$

s. t.

$$\sum_{k=1}^K X_{ik} = 1$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ik} * W_i \leq \text{Max}_{\text{ciro}} \quad \forall k \in K$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ik} * W_i \geq \text{Min}_{\text{ciro}} \quad \forall k \in K$$

$$X_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i, k$$

ETİ'nin şu an kullandığı atama sisteminde, her TTE'nin hizmet verdiği müşterilerin toplam aylık cirosu belli bir alt ve üst limit arasında olacak şekilde düzenlenmektedir. Biz de bu sınırlamayı kendi gruplama algoritmamıza yansıttık. Ancak şirketten gelen talepler ve aldığımız sonuçlar doğrultusunda, ciro limitine alternatif olarak toplam servis süresi sınırlamasını da eklemeyi uygun bulduk. Bunu da sistemimizi kullanan kullanıcının isteğine bağlı bir seçenek olarak bıraktık.

Bu sınırlamaları kullandığımız “K-means” algoritmasına yansıtırken algoritmanın güncellenmiş bir versiyonunu kullandık. Bu versiyonda, müşteriler ile küme merkezleri arasındaki uzaklık ile müşterinin “önemini” belirten ciro ya da servis süresi bilgisi yani ağırlığı çarpılmaktadır. Bu sayede ağırlığı daha fazla olan müşterilere öncelik verilmektedir. Algoritmada küme merkezleri güncellenirken müşteri koordinatları bu sefer müşterinin ağırlığıyla çarpılıp toplam ağırlığa bölünmektedir. Bu sayede eğer bir müşteri grubun geri kalanından daha uzak bir yere yerleştirilecekse, bu ağırlığı ve dolayısıyla da önceliği daha düşük olan müşterilerden seçilmektedir. Algoritmada yaptığımız bu güncelleme dışında algoritmanın geri kalanı aynı şekilde kullanılmıştır. Kullanılan algoritmanın bir özelliği de kendini tekrar döndürme sayısı (iteration) arttıkça daha iyi gruplama yapması ancak daha çok zaman almasıdır. Farklı maksimum döndürme sayılarıyla yaptığımız çalışmalar sonucu bu sayı şu an 10'da sabit kılınmıştır. Algoritma kendini tekrar döndürdüğünde küme merkezleri sabit kalmaya devam ediyorsa kendini durdurmaktadır. 10 döndürmeden öne sonuca ulaşılmaz ise, 10. döndürmede ulaşılan hali sonuç olarak kabul edilmektedir. İlk seçilen küme merkezleri gruplamanın süresini ve sonuçlarını doğrudan etkilediği için ilk atamalar da oldukça önem taşımaktadır. Yaptığımız çalışmalar sonucu ilk küme merkezini rastgele atayıp sonraki her küme merkezini bir öncekine en uzak olacak şekilde atamanın, en hızlı ve tutarlı sonuçları verdiği kanaat getirdik ve bu çözüm yolunu benimsedik.

Gruplama tamamlandığında sonuçlar müşteri bilgileriyle yazdırılmakta ve her müşteri arasındaki yolda harcanacak zamanı gösteren bir matris oluşturulmaktadır. Bu süreyi hesaplarken TTE'lerin toplu taşıma kullanması sebebiyle *Trafi* isimli uygulamayı kullandık. Bu uygulama, iki konum arasında yolda geçirilecek zamanı seçilen ulaşım aracına göre hesaplayıp kullanıcıya

sunmaktadır. Biz de ulaşım aracını otobüs olarak seçip bu süre bilgisini matriste kullandık.

İkinci aşamada, ETİ'nin saha uygulamasından aldığımız verileri kullandık. Bu uygulama yeni olduğundan ortaya çıkması beklenmedik olan aykırı değerleri veriden ayıklayarak işe başladık. Sonrasında, hangi faktörlerin servis süresini etkilediğini bulmak için servis zamanları ve müşterilerin aylık cirosu, mağazadaki raf sayısı, bir ayda kaç ETİ kolisi açıldığı, mağazanın metrekare büyüklüğü gibi karakteristik özellikleri üzerinde bir korelasyon incelemesi yaptık. Bu analize göre en tutarlı korelasyonun servis süreleri, açılan koli sayısı ve mağaza cirosu arasında olduğunu gözlemledik. Bu bağlamda, ciro ve koli sayısını bağımsız değişken olarak alıp servis süresi ve ziyaret sıklığını bağımlı değişken olarak kullandık. Sonrasında da elimizdeki orijinal veriye çok terimli regresyon uyguladık.

Üçüncü ve son aşamada, karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli oluşturup önceki aşamalarda elde ettiğimiz müşteri kümelerini, servis sürelerini ve ziyaret sıklıklarını modelin girdileri olarak belirledik. Her kümeye bir TTE atandı ve model her bir küme için yeniden yürütüldü.

Karışık tam sayılı doğrusal programlama modelinin inşa sürecinde birtakım varsayımlarımız oldu. Bunlardan ilki, sistemimizde girdi olarak kullanılacak verinin tutarlılığından emin olmamızdır. Kullanılan temel şirket verisi ne ölçüde tutarlı olursa sonuçlar da o derecede tatmin edici olacaktır. İkinci varsayımımız, müşteriler arasında yolda geçen sürenin *Trafi* uygulamasından elde edilen veriye eşit olduğudur. *Trafi* kendini yeni açılan yollara, trafiğe ve benzeri koşullara göre güncellediğinden ötürü bu varsayım yapılabilmektedir. Üçüncü varsayımımız, dağıtım sistemi ile TTE sistemini ayırtmakla ilgilidir. Sistemimizde TTE her müşteriye vardığında açılacak kolilerin hazır beklediği varsayılmıştır. Yani TTE'lerin müşteriye varması ve yeni ürünlerin teslimatını beklemesi gibi bir durum gözlenmeyecektir. Son olarak, günlük bir saatlik öğle arasının başlangıç ve bitişi kesin kurallar çerçevesinde belirlenmemiştir. Modelimiz 7.5 saatlik çalışma süresi üzerinden yürütülmüş, buna ek olarak bir saatlik öğle arasının TTE tarafından kullanılacağı varsayılmıştır.

Kümeler

$N = \{1,2,3 \dots n\}$: müşteri kümesi

$W = N \cup \{0, n + 1\}$: başlangıç ve bitiş noktalarının dahil edildiği müşteri kümesi

$A = \{(i, j); i, j \in W\}$: W deki tüm noktaları bağlayan ark kümesi

H : periyod kümesi 1' den $P = 6$ 'ya kadar

K_i : i müşterisinin ziyaret şablonları kümesi

Parametreler

c_{ij} : çapraz geçişli ark süreleri ; $(i, j) \in A$

G_i : i müşterisinin servis süresi ; $i \in W$

Karar Değişkenleri

$$X_{ijp} = \begin{cases} 1, & \text{eğer ark } (i,j) \text{ p periyodunda kullanılıyorsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} ; (i,j) \in A$$

S_{ip} : p periyodunda müşteri i' de servis zamanının başlangıcı ; $i \in W, p \in H$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{eğer şablon k müşteri i için kullanılıyorsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} ; i \in N, k \in K_i$$

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{n+1} \sum_{p=1}^P c_{ij} * X_{ijp}$$

s. t.

$$\sum_{k \in K_i} y_{ik} = 1 ; \forall i \in N$$

$$\sum_{j=1}^{n+1} X_{ijp} = \sum_{\substack{k \in K_i; p \text{ is in} \\ \text{pattern k}}} y_{ik} ; \forall i \in N$$

$$\sum_{i=0}^n X_{ijp} - \sum_{j=1}^{n+1} X_{ijp} = 0 ; \forall p, \forall j \in [0, n]$$

$$\sum_{j=1}^n X_{0jp} = 1 ; \forall p$$

$$\sum_{j=1}^n X_{j0p} = 0 ; \forall p$$

$$\sum_{j=1}^n X_{jn+1p} = 1 ; \forall p$$

$$S_{0p} = 0 ; \forall p$$

$$S_{n+1p} \leq 450 ; \forall p$$

$$S_{ip} + c_{ij} + G_i - 450 * (1 - X_{ijp}) \leq S_{jp} ; \forall p, \forall i \in [0, n], \forall j \in [1, n+1], i \neq j$$

$$S_{ip} \geq 0 ; \forall p, \forall i$$

$$X_{ijp} \in \{0,1\} ; \forall p, \forall i \in N, \forall j \in [1, n+1]$$

$$y_{ik} \in \{0,1\} ; \forall i \in N, \forall k \in K_i$$

3.2. Model Doğrulama

Önerdiğimiz çözüm sisteminin başlangıç aşaması gruplama olduğundan, bu adımın sağlıklı çalışması bütün sistemimizin verimini etkileyecektir. Gruplama modelimizi doğrulamak için aşağıda verilen skorları hesapladık:

$$Cluster\ Score_c = \frac{\sum_{i \in K(c)} \sum_{\substack{j \in K(c) \\ j \neq i}} d(i,j)^2}{N(c)}$$

$$Overall\ Score = \sum_{c \in C} Cluster\ Score_c$$

Formülde geçen c , C setindeki gruplardan birini temsil etmektedir. $N(c)$, c grubundaki noktaların sayısı, $K(c)$, c grubundaki müşteri seti ve $d(i,j)$ de i ve j müşterileri arasındaki mesafedir.

Tanımladığımız bu gruplama puanı düştükçe gruplama kalitesinin artması beklenmektedir; çünkü düşük gruplama puanı paydaki toplam mesafenin de düşük olduğunu, böylece de birbirine daha yakın müşterilerin tek grupta toplanabildiğini temsil eder. ETİ'nin şu anki atama sisteminin toplam gruplama puanı hesaplandığında 30 grup için toplamda 4888.12 sayısına ulaşılmıştır. Bizim kullandığımız gruplama algoritmasında ise bu sayı mevcut sistem parametreleriyle 20 dakikalık çalıştırma ile 2412'ye, 180 dakikalık uzun çalıştırma ile 912'ye kadar inebilmektedir. Bu da hızlı çözüm için yaklaşık %50'lik bir azalışa karşılık gelmektedir. Gruplama kalitesinin gelişmesi sistemimizin geri kalanının sağlıklı çalışması için büyük önem taşımaktadır. Her gruba bir adet TTE atandığı için, gruplama kalitesinin artması o grupta birbirine daha yakın müşterilerin bir arada bulunduğunu ve böylece de TTE'nin yolda geçireceği zamanın azalacağını gösterir.

Servis süresi ve sıklıklarının uygulama öncesinde doğrulanması ve karşılaştırılması elimizdeki verinin yetersizliği sebebiyle mümkün değildir. Ancak bu faktörler kullanılabilirlikleri açısından değerlendirilmiştir. Eğer bir grup için yürütülen model makul, elverişli ve uygulanabilir bir sonuç veriyorsa o grupta kullanılan servis süreleri ve sıklıklarını çalışmalarımızda kullanılabilir olarak tanımladık.

Gruplardan birine ait haftalık program EK-1'de, bu programın haritadaki yansıması ise EK-2'de verilmiştir. Bu sonuçlar sunduğumuz çözüm sisteminin aşağıda belirtilen özelliklerini örneklemek amacıyla sunulmuştur:

- Her günün iş yükünün hafta geneline bakıldığında eşit dağılmasına özen gösterilmiştir.
- Şirketin de talebi doğrultusunda müşterilere yapılan ziyaretler haftanın ardışık günlerine yığılmamıştır. Örneğin, Ek-1'deki tabloda örnek bir müşterinin ziyaret sıklığı haftada iki olarak verilmiştir ve görüldüğü üzere

bu ziyaretler ard arda günlerde yapılmamıştır. Aynı sistem haftalık ziyaret sıklığı üç olan müşteriler için de geçerli olacaktır.

- Elde edilen haftalık programın optimal senaryo olmayabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Zira herhangi bir zaman limiti konulmadığında tek bir programın yapılması 2 saati geçebilmektedir. Tablolardaki sonuç ise 120 saniyelik bir zaman sınırlaması konularak elde edilmiştir.

4. Geliştirilen Sistemin Başarısı

4.1. Şirkete Sağlanan Katkılar

Şirkete sağladığımız katkıları ölçebilmek için gruplama puanını performans ölçütü olarak tanımladık. Bu ölçüt üzerinden sistemimizi şu anda güncel olarak kullanılmakta olan gruplamalarla karşılaştırdığımızda çözüm önerimizin aynı sayıda TTE ile %40 oranında başarı elde ettiğini görmekteyiz. Bu aynı zamanda müşterilerde harcanacak olan vaktin artması anlamına gelmektedir. Aynı şekilde kendi geliştirmiş olduğumuz modelin çıktılarında TTE'lerin gün içerisinde önemli ölçüde boş zamanı kalabildiğini de gözlemlemekteyiz. Bu da istenildiği takdirde iş gücünde bir azalmaya gidilebileceğini göstermektedir. Önerdiğimiz sistemde %19 oranının bir iş gücü azaltılmasıyla 130 marketin rotalanmasının ve çizelgelenmesinin mümkün olduğunu gözlemledik.

Proje aynı zamanda şirket beklentisi doğrultusunda, TTE rotalama ve çizelgelemesinin oluşturulması konusunda analitik ve sistematik bir bakış açısı kazandırılmasını ve mevcut sistemde oluşan gecikme ve iptallerin önüne geçilmesini sağlamaktadır. Geliştirilen sistem, şirketin hedeflediği üzere diğer metropollere entegre edilmeye uygun olarak tasarlanmıştır. Ziyaret sürelerinin artması ile genel tüketici memnuniyetinin de iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

4.2. Uygulama Planı

Projenin gerektirdiği gruplama, rotalama ve arayüz oluşturma adımları açık kaynaklı *Python* ve kütüphaneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Müşteriler arasındaki toplu taşıma sürelerinin hesaplanması için *Trafi* uygulamasının sunduğu ücretsiz geliştirici servisleri kullanılmıştır. Program, rotalama modellerinin çözümü için açık kaynaklı *GLPK Solver*; müşterilerde geçirilecek sürenin hesaplanması ve veri analizi için ise *pandas* ve *scikit-learn* kütüphanelerini kullanır. Programda ücretli herhangi bir servis veya modül kullanılmamıştır. Program, kullanım kolaylığı sağlanması için. exe uzantılı tek bir uygulama dosyası olarak paketlenmiştir. Sade bir tasarım kullanılarak ve kullanıcıya çözüm süreci üzerinde kontrol verilerek, işlevsel ve kullanıcı dostu bir program oluşturulması hedeflenmiştir. Programı çalıştırmadan önce yönergelerde belirtilen veriler bir Excel dosyası içerisinde kullanıcı tarafından sağlanmalıdır. Program çalıştırdıktan sonra, Ek-3'de görüldüğü üzere ilk aşamada kullanıcı, mevcut iş gücünü belirtir ve gruplamanın ciro limitine mi yoksa süre limitine göre mi oluşturulacağını seçer. Kullanıcı dilediği

parametrelerle programı çalıştırır. Önerilen parametreler kullanıcıya bildirilecektir. Ek olarak, parametrelere nasıl karar verilebileceği ile ilgili bir rehber de program yönergelerinde sağlanmaktadır. Yaklaşık 2 saatlik bir sürenin ardından gruptandırılmış müşteriler kullanıcıya bir harita üzerinde gösterilir ve müşterinin dilediği takdirde bu grupta değişiklik yapmasına olanak sağlanır. Grupların son halini onaylandıktan sonra arka planda rotalama modelleri oluşturulur ve çözülür. Modelin çözümü, programın bir modülü tarafından düzenlenip bir Excel dosyası hazırlanır. Excel dosyasının her bir sayfası, bir tanzim teşhir elemanına ait olacak şekilde örneği Ek-4'de görüldüğü gibi çizelgeler oluşturulur.

Programın kullanılabilmesi için herhangi bir ücret ödenmesi veya ek bir veri toplanması gerekmemektedir fakat elde bulunan veri program ile birlikte iletilen yönergede belirtildiği şekilde sağlanmalıdır. Sistemde veya müşteri durumunda ciddi değişiklikler olmadığı programın çıktısı uzun bir süre kullanılabilir. Program herhangi bir teknik eğitime sahip olmayan bir kullanıcı tarafından uygulanabilecek kadar sade ve kolaydır. Ekibimiz ilk uygulama için gereken teknik desteği sağlamaktadır.

5. Sonuç

Şirketin projenin başından beri vurguladığı en önemli talebi müşteriye daha fazla fayda sağlamak olmuştur. Bunun da ancak müşteride geçen servis süresinin verimli bir şekilde artırılmasıyla mümkün olacağı fark edilmiştir. Müşteride geçirilen zamanın artmasının en öne çıkan yolu yolda geçen süreyi azaltmak olmuştur. Bu bağlamda grupta kalitesinin yüksek olmasına dikkat edilmiştir. Bu yönde öne sürülen üç aşamalı çözüm sistemi, şirketin ileriki uygulamalarda farklı veriyle tekrar kullanabilmesi adına birçok yönü tekrar ayarlanabilir bir şekilde oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda güncel olarak kullanılan sisteme kıyasla müşteriye daha fazla servis süresi ayıran ve bunu daha az iş gücüyle mümkün kılabilen bir sistem geliştirilmiştir. Tüm bu iyileştirmeler şirket tarafından oldukça olumlu karşılanmış, beklentilerin karşılandığı dile getirilmiştir. Talep edildiği üzere müşteriye ayrılan vakit artırılmış, tecrübeye dayalı yöntemlerden ziyade analitik bir değerlendirme ile çalışan sistemimiz, kullanıcının üzerinde isteğine göre değişiklik yapabileceği bir formda şirkete sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Clarke, Geoff, and John W. Wright. "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points." *Operations research* 12.4 (1964): 568-581.
- Gillett, Billy E., and Leland R. Miller. "A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem." *Operations research* 22.2 (1974): 340-349.

Laporte, Gilbert. "The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms." *European journal of operational research* 59.3 (1992): 345-358.

Mazzarella, Roseanne. "Merchandise Analysis: A Critical Measurement for Success (Made Easy)." *25th Annual ACCM* (2008).

Solomon, Marius M. "Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints." *Operations research* 35.2 (1987):254-265.

Sweeney, Daniel J. "Improving the profitability of retail merchandising decisions." *The Journal of Marketing* (1973): 60-68.

Tracey, Aidan D., and Robert L. Rae. "System and Method for Optimizing Allocation of Merchandising Resources and Pricing." U.S. Patent Application No. 13/079,230.

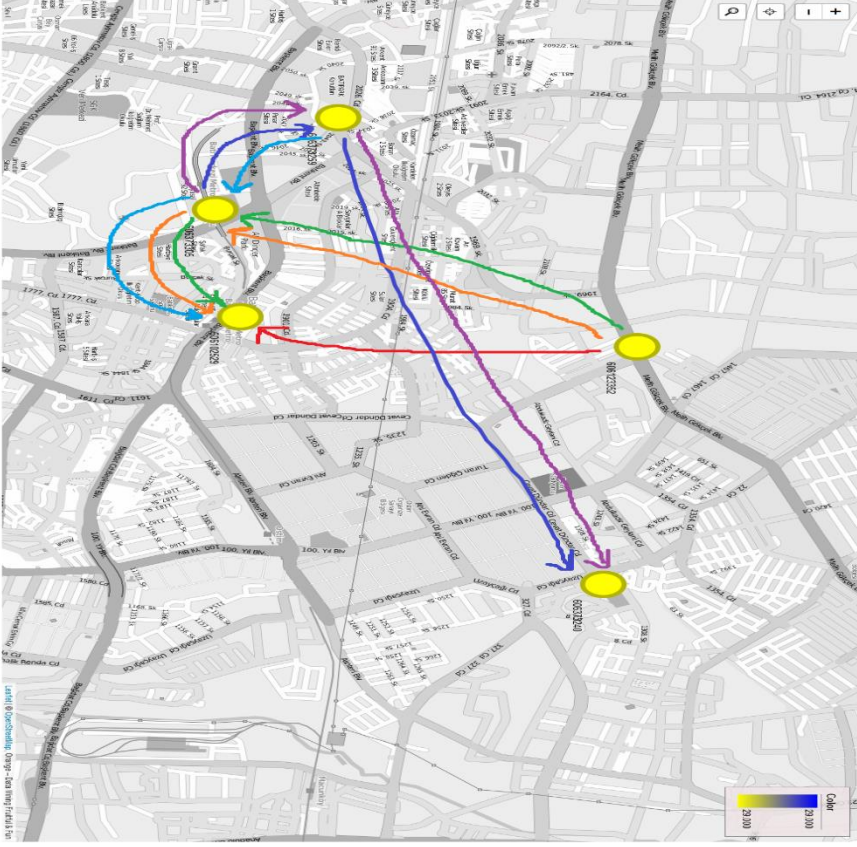
Van Breedam, Alex. *An Analysis of the Behavior of Heuristics for the Vehicle Routing Problem for a Selection of Problems with Vehicle-related, Customer-related, and Time-related Constraints*. RUCA, 1994

EKLER

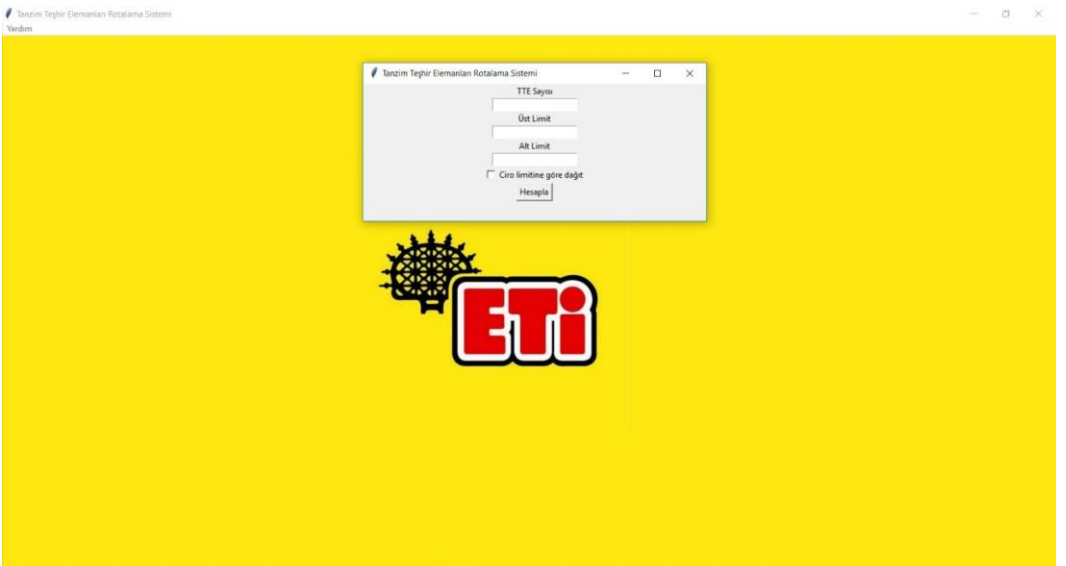
Ek 1: Haftalık rota örneği

Müşteri Numarası	1	2	3	4	5
Ziyaret Günleri	Pazartesi Salı Perşembe	Çarşamba Cuma Cumartesi	Salı Çarşamba Perşembe Cuma Cumartesi	Pazartesi Salı Perşembe Cumartesi	Çarşamba Cumartesi

Ek 2: Rota örneğinin haritada gösterimi



Ek 3: Sistem ara yüz görüntüsü



Ek 4: Örnek çizelge ve rota

Müşteri Kodu	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi
1	10:52 - 12:27		08:00 - 09:35			08:00 - 09:35
2		08:00 - 10:35		08:00 - 10:35	08:00 - 10:35	
3			11:05 - 12:55	10:52 - 12:42		11:05 - 12:55
4	09:38 - 10:48		09:39 - 10:49			09:39 - 10:49
5	13:10 - 14:15	12:29 - 13:34			12:29 - 13:34	
6	08:00 - 09:00	11:10 - 12:10			11:10 - 12:10	

Dağıtım Araçları Rotalarının Eniyilemesi

ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.



Proje Ekibi

Mehmet Yusuf Çakmak, Satı Büşra Erdal, İlay Güvenç, Ebru Kamış, Zülal Şarlıoğlu, Caner Tokman

Şirket Danışmanı

Ece Oruç

Satış Sis. ve İş Çözümleri Geliş. Müh.

Akademik Danışman

Prof. Dr. Hande Yaman

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin mevcut dağıtım sisteminde müşteri siparişlerinin dağıtım araçlarına atanması ve dağıtım araçlarının müşteri ziyaret sırasının belirlenmesi herhangi bir araç yardımı olmaksızın manuel olarak yapıldığından; iş gücü ve kaynakların verimsiz kullanılmasına, dağıtım masraflarının artmasına ve bazı nakliyatların zamanında tamamlanamamasına yol açmaktadır. Projenin amacı, dağıtım ve iş gücü maliyetlerini en aza indirmek, zamanında teslimat oranını ve dağıtım araçlarının doluluk oranlarını arttırmak olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda; girdi olarak müşteri mal kabul zamanlarını, müşteri siparişlerini, müşteri ve depo konumlarını, dağıtım aracı sayısı ve kapasitelerini, çalışma saatlerini alan ve çıktı olarak da dağıtım araçları için rota belirleyen bir sistem oluşturulmuştur. Oluşturulan kullanıcı ara yüzü ile birlikte, sistemin kullanıcı dostu bir şekilde çalışması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler rotalama, sezgisel algoritma, tabu arama, yerel arama, en yakın komşu

1. Şirket Tanıtımı

ETİ Bisküvi Fabrikası, 1961 yılında Firuz KANATLI tarafından Eskişehir’de kurulmuştur. Şirket ilk yıllarında sadece bisküvi üretimi yaparken 1972 yılında ürün yelpazesini büyük çapta genişletmiş ve bugünkü ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. adını almıştır. Kuruluşundan bu yana çıkardığı yenilikçi ürünlerle ilklere imza atarak tüketicilerini mutlu etmeyi başaran ETİ; bugün 45 marka ve sunduğu 300’den fazla ürünle bir gıda devi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllık toplam 250.000 ton üretim kapasitesine sahip yedi modern fabrikasıyla 7000’den fazla kişiye istihdam sağlayan şirket; kraker, gofret, kek gibi ürünlerde pazar lideri konumunda olup 2 milyar TL üzerinde bir ciroya sahiptir. Ülke içinde 150 distribütör ve 2500 dağıtım aracı ile 200.000’den fazla satış noktasında faaliyet gösteren şirket, beş kıtada 40 ülkeye yaptığı ihracatla da ülkemizi dünyada başarıyla temsil etmektedir. İstanbul Sanayi Odası’nın (2015) hazırladığı listeye göre Türkiye’nin en büyük 25. şirketi olan ETİ, kurucusu Firuz KANATLI’nın çizdiği yolda ilerlemeye devam etmektedir.

2. Proje Tanımı ve Sistem Analizi

ETİ’nin mevcut dağıtım sisteminde Ankara’da 5 adet dağıtım elemanı ve 5 adet satış temsilcisi bulunmaktadır. Her dağıtım elemanı bir satış temsilcisine atanmış durumdadır. Dağıtım elemanları, iki gün önce ilgili satış temsilcisi tarafından ziyaret edilen müşterileri ziyaret etmektedir. Müşterilerin satış temsilcileri arasındaki dağılımı, satış temsilcileri tarafından bölgelere ve müşterilerin cirolarına göre belirlenmektedir. Her satış temsilcisi, haftanın her günü hangi müşteriyi ziyaret edeceğini belirlemektedir. Müşterileri günlere dağıttıktan sonra, satış temsilcisi günlük rotasını manuel olarak belirlemektedir. Her müşteri haftada en az bir kez ziyaret edilmekte ve bu ziyaretler sırasında müşterilerin siparişleri alınmaktadır. Ertesi gün siparişler dağıtım araçlarına yüklenmekte ve sonraki gün müşterilere dağıtılmaktadır. Dağıtım elemanları, siparişleri üç şeyi dikkate alarak dağıtmaktadır: müşterilerin mal kabul zamanları, siparişlerin hacmi ve müşteriler arasındaki mesafe. Rotalar manuel olarak belirlenmektedir, çünkü bunu yapmak için otomatik bir sistem bulunmamaktadır.

2.1. Problem Tanımı

Rotaların oluşturulması ve belirlenen rotalara araçların atanması elle yapıldığından, kaynakların kullanımı ve zamanında teslimat oranı düşmektedir. Bu sorunu çözmek adına, “Zaman Pencereleri ile Araç Yönlendirme Problemi” için bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Algoritmanın detayları aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

2.2. Mevcut Sistem Analizi

Beş dağıtım aracının güzergahı gözlemlenmiş ve saha ziyareti sırasında her bir müşteri için koordinatlar alınmıştır. Sonrasında, Google Haritalar Mesafe Matrisi API kullanılarak mesafe matrisleri oluşturulmuştur. En iyi rotalar, her bir dağıtım aracının toplam mesafesini en aza indirmeye amacı ile Excel Çözücü kullanılarak hesaplanmıştır. Dağıtım personelinin izlediği rota ve Excel Çözücü'nün hesapladığı en iyi rotaların aynı olmadığı görülmüştür ve bu altı rota için iyileştirme yüzdesi ortalama %12,75 olarak bulunmuştur; bu da sistemin iyileştirme için önemli bir potansiyele sahip olduğu anlamına gelmektedir. Burada önemli nokta, güzergahların farklı günlerde gözlemlendiği ve bu nedenle rotaların birlikte düşünülmemesi gerektiğidir. Aynı günde gözlemlenebildiği durumda, iyileştirme yüzdesinin aynı ya da daha fazla olması beklenmektedir.

2.3. Projenin Amacı ve Kapsamı

Oluşturulan sezgisel algoritmanın dağıtım ve işçilik maliyetlerini azaltması, zamanında teslimat oranının artırılması ve dağıtım araçlarının doluluk oranını artırması beklenmektedir. Ayrıca, her dağıtım aracı için günlük olarak bir rota oluşturan bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Dolayısıyla, insan iş gücüne olan bağımlılığın ve rota planlama konusunda hata yapma şansının da azalması beklenmektedir.

3. Kaynak Taraması

Araç Rotalama Problemi (ARP) hakkında biraz bilgi edinmek ve sorunun hangi varyantı ile ilgili olduğunu belirlemek için, ARP ile ilgili bazı makaleleri incelenmiştir.

Kumar ve Panneerselvam, zaman pencereleri ile araç rotalama problemini incelemiş ve şu parametreleri kullanmışlardır: varış zamanı, teslimat noktasında bekleme süresi, toplam araç sayısı, toplam müşteri sayısı, seyahat maliyeti ve iki müşteri arasındaki seyahat süresi, müşteri talepleri, her bir aracın kapasitesi, müşteriye en erken varış zamanı, müşteriye en son varış zamanı, müşteride geçirilen servis süresi, her araç için izin verilen maksimum seyahat süresi. Bölüm 4.4'te yer alan modelimiz, bu parametrelere göre hazırlanmıştır. Fakat problemimiz NP-zor bir problem olduğu için, sezgisel bir algoritmaya ihtiyaç duyulmuştur. Makalede önerilen birkaç sezgisel yaklaşım vardır: Tabu arama algoritması, genetik algoritmalar, evrimsel algoritmalar ve karınca kolonisi optimizasyon algoritması.

Tabu arama algoritmasında, bir başlangıç çözümünden başlayarak, belirli bir çözüm komşuluğu oluşturulur. Sonuçta, en iyi çözüm seçilir. Tabu arama algoritması genellikle en uygun çözümü vermek için uzun zaman alan karmaşık problemlerde kullanılmaktadır.

Sezgisel algoritmalar üzerine araştırmalar geliştirildikten sonra, Russell (1995), Ioannou ve ark. (2001) ve Bräysy (2003) tarafından yazılan üç

makaleye odaklanmaya karar verilmiştir. Bräysy ve Gendreau'ya göre, bu üç algoritma çalışma süresi ve çözüm kalitesi yönünden etkilidir.

Mevcut sezgisel algoritmamız en yakın komşu algoritması, tabu arama ve yerel arama algoritmalarından esinlenmiştir. Sezgisel algoritmamızın temelini bu algoritmaların oluşturmasına rağmen, müşterilerin önceliği ve stok durumu gibi özel durumlar dikkate alınacaktır. Bunlara ek olarak, bizim durumumuzda araç sayısı sabit değildir.

4. Önerilen Sistem

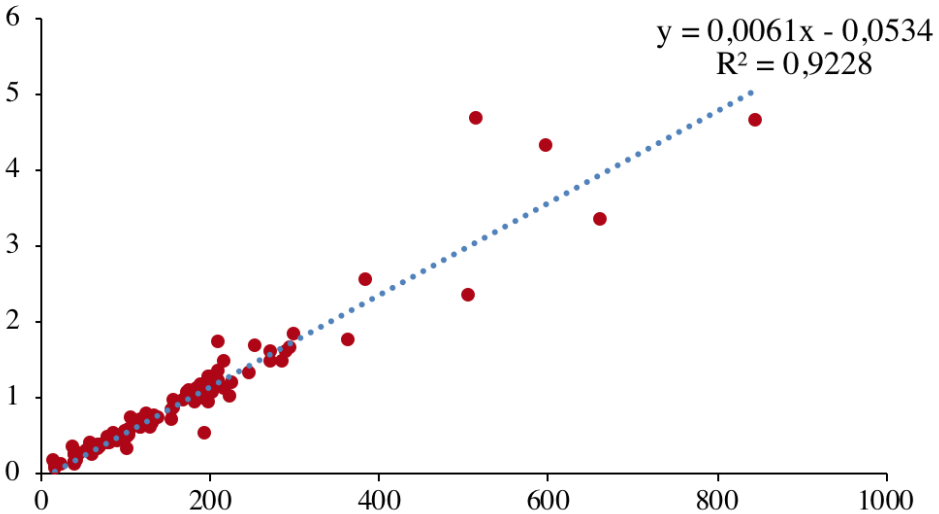
4.1. Önerilen Sistemin Girdi ve Çıktıları

Önerilen sistemde, müşteri zaman pencereleri, müşteri talepleri, müşteri ve depo koordinatları, mevcut araç sayısı, araçların kapasitesi ve dağıtım personelinin çalışma saatleri sistemin girdileri olacaktır. Sistemin çıktısı ise, her bir dağıtım aracı için iyi bir rota oluşturmasıdır.

4.2 Ana bileşenler

Projedeki başlıca sorunlardan biri, müşteride geçirilen servis zamanını tahmin etmektir. Şirket tarafından proje ekibine; 108 müşterinin servis süreleri, m³ ve kg cinsinden müşteri talepleri sunulmuştur. Bu verileri kullanarak, siparişlerin hacmi ve ağırlığı arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda, ağırlık ve sipariş hacminin doğrusal olarak ilişkili olduğu anlaşılmıştır ve R² değeri 0,92 olarak bulunmuştur. Bu nedenle, servis süresini tahmin etmek için hacim veya ağırlık kullanılması fark yaratmamaktadır.

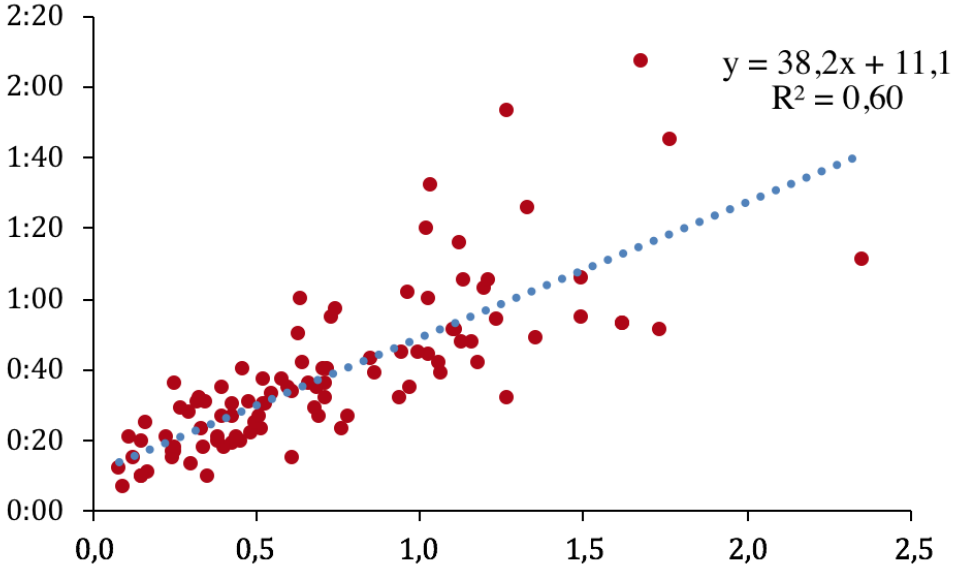
Grafik 1: Hacim (m³) - Kütle (kg)



Grafik 1: Hacim Kütle Dağılım Grafiği

Tüm servis süresi verilerininin dikkate alınmasından sonra, 108 servis süresinden 10'u hariç tutulmuştur ve servis süresi ile sipariş hacmi (m³) arasındaki ilişkiyi gösteren dağılım grafiği elde edilmiştir.

Servis Süresi - Hacim (m³)



Grafik 2: Servis zamanı ve Hacim Dağılım Grafiği

Servis süresini (y), sipariş hacminin (x) fonksiyonu olarak tahmin etmek için lineer bir regresyon uygulanmıştır ve R^2 değeri 0,60 olarak bulunmuştur. Burada lineer regresyonun p değeri 10^{-16} 'dan düşüktür. Bu nedenle, sipariş hacminin hizmet süresi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını söyleyen hipotez reddedilmiştir. Dolayısıyla, hizmet süresini tahmin etmek için hacim verileri kullanılmıştır.

Burada sadece gerçek servisin yapıldığı, başka bir deyişle, beklemenin olmadığı zaman göz önünde bulundurulmuştur. Bunun dışında, müşterinin ortalama bekleme süresi 40 dakika ve ortalama sipariş hacmi 0,9 m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca, bir aracın kapasitesi 11 veya 13 m³'tür.

Diğer ana bileşen ise depo ve müşteriler arasındaki mesafeleri ve seyahat sürelerini bulmaktır. Bu bileşen için, çıktı olarak mesafe ve seyahat süresi matrisleri veren bir Java programı kodlanmış, daha sonra bu kod VBA programlama dili ile tekrar kodlanarak Excel içinde çalışabilecek hale getirilmiştir.

4.4. Modelin Açıklanması

4.4.1 Matematiksel Model

Problem, düğüm kümesi $N = \{0, \dots, n\}$ ve ark kümesi $A = \{(i, j) \in N\}$ ile birlikte yönlendirilmiş grafik $G = (N, A)$ üzerinde tanımlanmıştır. 0. düğüm ile gösterilen bir depo ve n müşteri bulunmaktadır. Arkaların maliyetlerini temsil eden c_{ij} ile arkların seyahat süresini temsil eden t_{ij} negatif değildir. Her müşterinin talebi m_i şeklinde gösterilmektedir ve m_i de negatif değildir.

Deponun talebi 0 olarak alınmaktadır. Araçlar, müşteriye $[a_i, b_i]$ arasında yükleme/boşaltma yapabilmektedir. Ayrıca, malların yüklenmesi/ boşaltılması nedeniyle her müşteri için s_i şeklinde gösterilen bir servis süresi de bulunmaktadır. Araç seti $K = \{1, \dots, k\}$ ile temsil edilmektedir. Kapasitesi q_k olan k araç, her müşteriye servis verebilmektedir. Araçlar kendi rotalarını r olarak tanımlanmış toplam seyahat süresi içerisinde tamamlamalıdır. Temel amaç, depodan başlayan ve depoda biten; zaman kısıtlamalarına uyan rotaları bulmak ve maliyeti en aza indirmektir. b_i 'yi $enaz\{p_i - s_i, b_i\}$ olarak değiştirmek gereksiz olduğundan, bir düğümden son kalkış saati olarak tanımlanan p_i , model dışında tutulmaktadır. Ayrıca, verileri girmeden önce b_i $enaz\{b_i, r - t_{i0} - s_i\}$ olarak yeniden hesaplanır. Matematiksel model Ek 2'de yer almaktadır.

Bu modelde, müşteri taleplerinin stokta mevcut olduğu, her müşterinin sadece bir kez ziyaret edildiği, aynı iki müşteri arasındaki seyahat süresinin her zaman aynı olduğu, herhangi bir müşterinin talebinin araç kapasitesini aşmadığı ve araçlar arasında ürün değişimi olmadığı varsayılmıştır.

Model, farklı sayıdaki müşteri ve araçlarla Xpress Çözücü kullanarak çözdürülmüştür. Bazı durumlarda, en iyi çözümü bulmak çok uzun zaman alacağı için program durdurulmak zorunda kalmıştır. Örneğin, 6 araçla 30 düğüm (depo dahil) ile sorunu çözmeye çalışmış ancak 50 dakika boyunca çalışan program en iyi çözümü bulamamıştır. 50 dakika süren bir çalıştırmanın sonunda en iyi sınırın, %32'lik bir boşlukla, 203,45 km ile 299,00 km arasında olduğu bir çözüme ulaşılmıştır. Yakıt maliyetinin kilometre başına 1 TL olduğu varsayılırsa, elde edilen sonuç 203,45 TL ile 299,00 TL arasında bulunmaktadır. Çalışmanın bazı çıktıları Tablo 2'de yer almaktadır. Boşluğun %0 olması durumunda ilgili çözümün en iyi olduğu unutulmamalıdır.

Matematiksel model, günde 20'den az müşteriye ziyaret eden distribütörler için yeterince hızlı olabilir, ancak araç sayısı ve müşteri sayısının fazla olduğu diğer distribütörlerde sorun yaratabilmektedir. Bu nedenle, sınırlı bir sürede iyi bir çözüm bulabilmek adına sezgisel bir algoritma tercih edilmiştir.

4.4.2 Sezgisel Algoritma

Oluşturulan sezgisel algoritma, Solomon'un yerleştirme sezgisel algoritmasından esinlenilmiştir. Bir rota oluşturulduktan sonra, çözümü geliştirmek için dört yerel arama algoritması çalıştırılmaktadır. Aşağıdaki paragraflarda açıklanacak olan algoritmalarından ikisi, rotalar arası arama algoritmalarıdır ve diğer ikisi ise rota içi arama algoritmalarıdır.

4.4.2.1 Yapı Algoritması

Bu sezgisel algoritma bir araç oluşturmakla başlar ve varış zamanı ve gidilecek mesafeye göre müşterilere değerler atar. Algoritma atadığı bu değerlere göre en uygun müşteriye ziyaret eder. Daha sonra, rotaya hiçbir

müşteri eklenemeyene kadar kalan müşterileri atamaya devam eder. Algoritma, tüm müşteriler herhangi bir araca atanana kadar araçlar yaratmaya devam etmektedir. Bu algoritmanın en iyi çözümü vermesi beklenmediğinden, çözümü iyileştirmek için yapı algoritmasından sonra yerel arama algoritmaları çalıştırılmaktadır.

4.4.2.2 Rotalar Arası Algoritma - Düşümleri (Müşterileri) Kaydırmak

Bu algoritma, yapı algoritmasından sonra yürütülmektedir. Algoritma, bir müşterinin siparişlerini bir araçtan çıkarmakta ve başka bir araca yerleştirmeye çalışmaktadır. Eğer çözüm uygulanabilir ise ve toplam mesafe azalır, değişiklik yapılmaktadır. Ayrıca bu algoritma, araç sayısının azaltılabileceği durumlarda toplam mesafenin belirli bir miktar artırılabilmesine izin verebilmektedir.

4.4.2.3 Rotalar Arası Algoritma - Düşümleri (Müşterileri) Değiştirmek

Bu algoritma, farklı araçlardaki iki müşteri siparişlerinin araçlarını değiştirmeye çalışmaktadır. Çözüm uygulanabilirse ve toplam mesafe azalır, müşteriler değiştirilir.

4.4.2.4 Rota İçi Algoritma - İki Müşteri

Bu algoritma, aynı araçtaki iki müşterinin sırasını değiştirmeye çalışmaktadır. Çözüm uygulanabilirse ve toplam mesafe azalır, müşterilerin sıraları değiştirilir.

4.4.2.4 Rota İçi Algoritma - Üç Müşteri

Bu algoritma, bir önceki algoritmaya benzer bir şekilde çalışmaktadır. İki müşteriyi değiştirmek yerine, üç müşterinin sırasını değiştirmeye çalışmaktadır. Benzer şekilde, çözüm uygulanabilirse ve toplam mesafe azalır, müşteriler değiştirilir.

4.5. Modelin Doğrulaması

Doğrulamayı gerçekleştirmek için, sezgisel algoritmanın ve matematiksel modelin sonuçları karşılaştırılmıştır. Matematiksel model ve sezgisel algoritma, farklı sayıda araç ve müşteri kombinasyonlarıyla 15 kez çalıştırılmıştır. Matematiksel model, her kombinasyon için Xpress Çözücü kullanılarak 10 dakika boyunca çalıştırılmıştır. En iyi sınır, boşluk ve metre cinsinden toplam mesafe gözlenmiştir. Her iki sistemin zaman verimliliği karşılaştırıldığında, sezgisel algoritma matematiksel modelden çok daha hızlı çalışmaktadır. Xpress Çözücü, modeli çözmek için 10 dakika kullanırken (daha iyi sonuçlar elde etmek için daha uzun bir süre boyunca çalıştırılabilir), sezgisel algoritma problemi çözüp, sonuçların çoğunu bir saniyeden daha az sürede vermektedir. Değerlendirme sütunundaki negatif yüzdeler, sezgisel algoritmanın matematiksel modelden daha iyi çalıştığını ve en iyi sınırlara daha yakın olan daha kısa bir rota bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi müşteri sayısı düşük olduğunda matematiksel model en iyi çözümü bulabilmekte ve daha iyi bir sonuç

vermektedir. Matematiksel model, sezgisel algoritmaya göre ortalama %4 daha iyi çalışmaktadır. Ziyaret edilmesi gereken müşteri sayısı arttığındaysa sezgisel algoritma en iyi sınıra daha yakın sonuçlar vermektedir. Tablo 2’de sezgisel algoritma 10 adet çözümün 8’inde modele kıyasla daha iyi bir performans göstermiştir. Değerlendirme yüzdesi ortalama -%10 olarak bulunmuştur, yani sezgisel algoritma 10 dakika çalışan matematiksel modele göre %10 daha iyidir.

No	Müşteri Sayısı	Araç Sayısı	En İyi (km)	Sezgisel (km)	Fark (km)	Değerlendirme
1	12	2	126	133	8	%6
2	12	3	113	116	3	%2
3	13	2	129	130	2	%1
4	13	3	129	129	1	%0
5	14	3	145	149	3	%2
6	14	4	199	208	8	%4
7	15	3	153	164	11	%7
8	15	4	300	308	8	%3
9	16	3	147	154	6	%4
10	16	4	186	200	15	%8
11	16	4	285	304	18	%6

Tablo 1: Xpress Çözücü ve Sezgisel Metot Sonuçları

No	Müşteri Sayısı	Araç Sayısı	Xpress (km)	Sezgisel (km)	En İyi Sınır (km)	Xpress Aralığı	Değerlendirme
1	25	4	307	281	219	28%	-%8
2	26	4	240	226	169	29%	-%6
3	27	4	377	321	244	35%	-%15
4	28	5	388	369	250	36%	-%5
5	29	4	335	251	168	50%	-%25
6	30	5	292	298	260	11%	%2
7	31	5	353	296	207	41%	-%16
8	32	5	-	364	229	100%	-
9	33	5	416	396	263	37%	-%5
10	34	5	277	242	158	43%	-%13

Tablo 2: Xpress Çözücü ve Sezgisel Metot Sonuçları

$$*Değerlendirme = ((Sezgisel/Xpress) - 1)$$

5. Projenin Şirkete Faydaları ve Uygulama Planı

5.1 Projenin Şirkete Faydaları ve Performans Ölçütleri

Sezgisel algoritma ve karar destek sistemiyle işçi gücüne olan bağımlılık ve manuel olarak hazırlanan verimsiz rotaların azaltılması amaçlanmaktadır. Önerilen sistem sayesinde, rota hazırlamaya harcanan zamanın azalması, zamanında karşılanan sipariş miktarını artması ve böylece

şirketin yıllık satış hedeflerinin gerçekleştirilme oranının yükselmesi beklenmektedir.

Mevcut sistemde, siparişler dağıtım araçlarına her dağıtım görevlisi için önceden belirlenmiş bölgelere göre dağıtılmaktadır ve bu yüzden dağıtım aracı sayısı genellikle sabittir. Önerilen sistemde ise sipariş miktarına göre dağıtım aracı sayısı değişebilmektedir, böylece dağıtım araçları daha yüksek fayda sağlamaktadır. Sistemin performans ölçütlerinden biri ulaşım maliyetlerindeki azalma miktarıdır. Örneğin, şirket tarafından iletilen verilere göre mevcut sistemde bir dağıtım aracının aylık ulaşım maliyeti 1100TL'dir. Önerilen sistem sayesinde, rotalarda yapılan iyileştirmeler seyahat edilen mesafeyi ve kullanılan dağıtım aracı sayısını azaltacaktır. Bir diğer performans ölçütü ise rota hazırlamada harcanan süredir. Dağıtım şefi rotaları hazırlamak için her gün yaklaşık bir saatini harcarken önerilen sistem rotaları bir dakikadan kısa bir sürece çıkarmaktadır.

5.2 Uygulama Planı

Projenin uygulanması için şirkete maliyeti olmayan programlar tercih edilmiştir. İlk önce modelleme için Java ve Xpress Çözücü kullanılmıştır, fakat şirkette bu programların lisansları bulunmadığı için şirketin isteği üzerine uygulama aşamasında Microsoft Excel tercih edilmiştir. Kodlar, Microsoft Excel'in bir uzantısı olan Visual Basic for Applications (VBA) dili kullanılarak yazılmıştır.

Kullanıcı ara yüzü, VBA programlama dili kullanılarak kullanıcı dostu bir şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan mevcut karar destek sistemi, Eti'nin Ankara'daki pilot uygulama alanı olan distribütörde uygulanması beklenmektedir.

6. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

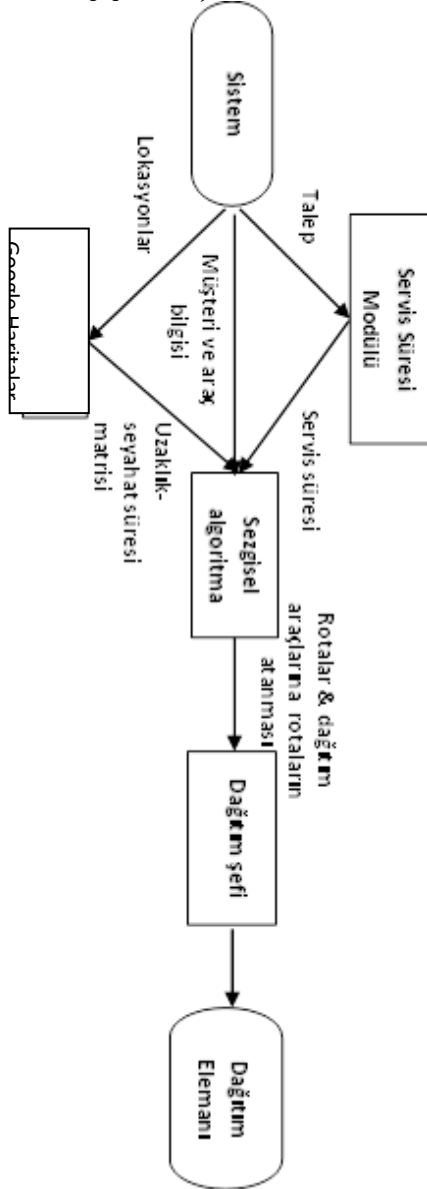
Şirket tarafından, kendi distribütöründe oluşturulan, bir gün içerisinde 6 aracın toplamda 30 müşteriyi ziyaret ettiği bir rota paylaşılmıştır. Bu dağıtım planında, 6 araç toplamda 384 km yol almıştır. Sezgisel algoritmamız ise, aynı müşteriler için 4 araç kullanmış ve toplam kilometreyi 226'ya indirmiştir. Yani kilometre bazında, bir günlük veriler kullanılarak yaklaşık %38'lik bir iyileştirme yapılmıştır. Buna ek olarak, araç sayısı azaldığı için, araçların doluluk oranları da artmıştır. Bu bir günlük veri Xpress Çözücü'de de 4 saat boyunca çözdürülmüş olup en iyi sonuç 226 km, en iyi sınır ise 195 km olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuç umut verici olup kullanım kolaylığı da sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Bräysy, O. “Local search and variable neighborhood search algorithms for the vehicle routing problem with time windows.” *University of Vaasa*. 2001. Finlandiya. Doktora tezi.
- Bräysy, O. ve Gendreau M. “Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms.” *Transportation Science* (2005): 39, 104–118. Makale.
- “ETİ Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.” *ETİ*. y.y. 2015. Web. 2 Mayıs 2018. <http://www.etietieti.com/eti-gida-sanayi-ve-ticaret-as>
- Ioannou, G., M. Kritikos ve G. Prastacos. “A greedy look-ahead heuristic for the vehicle routing problem with time windows.” *J.Oper.Res.Soc.* (2001): 52, 523–537. Makale.
- Kumar, S.N. ve R. Panneerselvam, “A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants.” *Intelligent Information Management* (2012): 4, 3, 66–74. Makale.
- Passos C. ve Aquino, D. “Tabu search and genetic algorithms: a comparative study between pure and hybrid agents in an A-teams approach.” *XII ICIEOM*. 2006. Makale.
- Russell, R. A. “Hybrid heuristics for the vehicle routing problem with time windows.” *Transportation Sci.* (1995): 29, 156–166. Makale.
- Solomon, M.M. “Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints.” *Operations Research* (1987): 35, 254-265.Makale.

EKLER

Ek 1 (Önerilen Sistemin Akış Şeması)



Ek 2 (Matematiksel Model)

$$\text{Enazla } \sum_{i=0}^N \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N \sum_{k=1}^K c_{ij} x_{ijk}$$

öyle ki:

- (1) $\sum_{j=1}^N x_{0jk} = 1$ $k \in K$
- (2) $\sum_{k=1}^K \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N x_{ijk} = 1$ $i \in N \setminus \{0\}$
- (3) $\sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N x_{ijk} = \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N x_{jik}$ $i \in N, k \in K$
- (4) $\sum_{i=0}^N m_i \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N x_{ijk} \leq q_k$ $k \in K$
- (5) $T_i + (t_{ij} + s_j + t_{j0}) \sum_{k=1}^K x_{ijk} \leq r$ $i \in N \setminus \{0\}, j \in N \setminus \{0\}, k \in K, i \neq j$
- (6) $T_0 = 0$
- (7) $s_0 = 0$
- (8) $m_0 = 0$
- (9) $T_i + s_i + t_{ij} - T_j \leq (1 - \sum_{k=1}^K x_{ijk})(b_i + s_i + t_{ij} - a_j)$ $i \in N, j \in N \setminus \{0\}, i \neq j$
- (10) $T_i \geq a_i$ $i \in N \setminus \{0\}$
- (11) $T_i \leq b_i$ $i \in N \setminus \{0\}$
- (12) $T_i \geq 0$ $i \in N \setminus \{0\}$
- (13) $x_{ijk} \in \{0,1\}$ $i, j \in N, i \neq j, k \in K$

Ek 3 (Kullanıcı Ara Yüzü)

Müşteri No	En Erken	En Geç	Variş	Çıkış
Depo				08:00
607373338		16:53	08:22	10:01
607373301		16:53	10:14	11:41
607639623			11:46	13:32
Mola			13:32	14:32
603611771			14:45	16:16
604102006			16:16	17:47
Depo			18:22	

Araç Yüğü: 11

Aracın Tahmini Mesafesi: 63,254 km

Toplam Tahmini Mesafe: 226,154km

Kaydet ve Yazdır

PDF Olarak Kaydet

Word Olarak Aç

Ek 4 (Örnek Çıktı)



Günlük Dağıtım Aracı Rota Çizelgesi

Tarih	06.04.18
Depodan Çıkış	08:00
Depoya Dönüş	17:32

Dağıtım Elemanı	Serhat Hoçanlı
Araç Plakası	06 DT 8468

Araç Yüğü	7,5
Araç Hacmi	12,95
Doluluk Oranı	58%

Müşteri Adı	Adresi	Sipariş Hacmi	Tahmini Varış Saati	Tahmini Çıkış Saati	Bekleme Süresi
Depo				08:00	
606373214		1,1	08:07	10:33	01:33
608373249		2,9	10:53	12:54	
Mola			12:54	13:54	
606373209		1,3	14:07	15:07	
607102699		1,1	15:12	16:05	
606373305		1,1	16:27	17:20	
Depo			17:32		

Yolda Geçen Süre	01:19
Mal Kabulde Geçen Süre	07:13
Bekleme Süresi	01:33
Mola Süresi	01:00

Üretilen Parçaların ve Tedarik Edilen Ham Maddelerin Gecikmesinin Tahminlenmesi

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.



Proje Ekibi

Alaz Doruk Kantaş, Mehmet Sarp Kırçuval, Başak Örmeci, Mustafa Özer, İlayda Almira Tanrıverdi, Batuhan Tezcaner, İrem Ünay

Şirket Danışmanı

Berk Karahan
Üretim Planlama

Akademik Danışman

Doç. Dr. Osman Oğuz
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. kendi üretim envanterinde bulunan bazı parçaların üretim sürecini geciktirebilecek özelliklere sahip olabileceğini belirtti. Bu projenin asıl amacı bu parçaları önceden tahminleyebilmek ve olası gecikmeleri en iyi şekilde yönetebilmek için gerekli veriye sahip olmaktır. Bu amaçla, FSC sistemi tarafından sağlanan veriyi araştırıp, istatistiksel yöntemler kullanarak anlamlı ve tutarlı çıktılar elde edildi. Sonrasında şirketin kullanımı için bir model oluşturuldu. Geliştirilen bu model FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.'nin üretim ve tedarik hattında etkili kararlar almasına yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler Risk Olasılığı, Veri Madenciliği, Tahminleme, İstatistik

1. Firma Tanıtımı

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. 1988 yılında FMC Corporation ve Nuro Holding arasında tasarlanan bir girişimdir. Ankara’da kurulmuştur. FNSS’in ortaklık yapısında zaman içinde değişiklikler yaşanmıştır. Bu değişikliklerle FMC Corporation 1997 yılında savunma alanından çekilmiştir. Aynı yılda Birleşik Arap Emirlikleri’ne 133 adet zırhlı muharebe aracı satılmıştır. 2005 yılında şirket %51 hisse ile Nuro Holding A.Ş. ve %49 hisse ile BAE Systems ortaklığına girmiştir. Şirket, Türk Silahlı Kuvvetleri ile Müttefik Silahlı Kuvvetlerinin kullanımı için paletli ve tekerlekli Zırhlı Muharebe Araç aileleri ile Silah Sistemleri’nin tasarım, üretim ve satışını yapmaktadır.

2. Mevcut Sistem Tanımı

FNSS proje bazlı bir kuruluştur. Kullanılan malzemelerin pahalı olması ve çok fonksiyonlu olmaması nedeniyle FNSS talep olmadan ürün üretmemektedir. Gelişen bir sistem, gerekli değişiklikler ve iyileştirmeler, müşteri talepleri göz önünde bulundurularak şirket tarafından bir takım revizyonlar yapılmaktadır. Bu revizyonlar üretime başlamadan talep edilebileceği gibi, üretim esnasında da talep edilebilmektedir. Yapılan revizyonların ardından gerekli veriler ürün reçetesine gönderilerek ürünün önemli parçaları ortaya çıkarılır. Üretim Planlama ve Envanter Kontrol Birimleri ürün reçetesindeki veriyi kontrol eder ve IFS sistemine aktarır. Satın alma ve üretim planlama birimlerinde ürünün tasarımı ve malzeme ihtiyaç planlaması üzerinde çalışılır. Envanter Kontrol Biriminde ham madde kontrolü yapılır. Son olarak kalite kontrol departmanı ürünün üzerinde kullanıcıya hazır olup olmadığını ortaya çıkaran testler yapar. Bütün bu işlemlerden geçen ürün kullanıcıya teslim edilir.

3. Problem Tanımı

3.1 Belirtiler ve Şikayetler

Şirketin belirttiği üzere üretim sürecinde dört çeşit problemle karşılaşmaktadır. İlk olarak üretim sürecinde değişikliğe uğrayan müşteri talepleri, üründe revizyon ve küçük değişiklikler yapılmasına neden olmaktadır. Proje ileri aşamaya geçene kadar bu revizyonlar devam etmektedir. Bu durum ürünün tedarik süresini artırdığı gibi bu sürenin tahminlenmesini de zorlaştırmaktadır. İkinci problemi tedarik sürecinde gecikmeler oluşturmaktadır. Bu gecikmeler ham madde ve tedarikçi kaynaklıdır. Avrupa ve ABD’den tedarik edilen maddelerin stok dışı kalma durumunda, şirketin siparişi tekrarlaması nedeniyle imalat tedarik süresi artmaktadır. Bir diğer faktör, üretimdeki parçaların tolerans limiti dışında kalmasıdır. FNSS şirket içi üretiminde parçaların düşük tolerans limitleri olmasına özen göstermektedir. Bu durumda kalite problemleri hangi parçaların hangi üretim aşamasında problem yaşadığı incelenerek belirlenmektedir. Son olarak, şirket içi üretim

sürecinde problemler yaşanmaktadır. Aynı ürün farklı tasarım ve özelliklere sahip olabildiği için değişkenlik ortaya çıkmaktadır. Ancak fabrika kapasitesi bu değişkenliğe yeterli gelmemektedir.

3.2 Proje Kapsamı

FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. kendi üretim envanterinde bulunan bazı parçaların üretim sürecini geciktirebilecek özelliklere sahip olabileceği kanısına vardı. Bu parçaları önceden tahmin edebilmek ve olası gecikmeleri en iyi şekilde yönetebilmek için öncelikle şirketten temin edilen veriler anlamlı bir hale getirildi. Veri kümesinde parçaların kalite, tedarikçi gibi incelenebilir nitelikteki karakteristikleri ele alındı. Anlamlı olmayan değişkenler veri kümesinden çıkarılarak R yazılımı kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. Planlama ve Envanter Kontrol Faaliyetlerinde kullanılan parçaların risk performansını objektif ve güvenilir bir şekilde ölçen, kolay kullanılabilir, güncellenebilir bir sistem oluşturulabilmesi için FSC sistemi tarafından sağlanan veriyi araştırıp, istatistiksel yöntemler kullanarak anlamlı ve tutarlı çıktılar elde edildi. Daha sonra şirketin kullanımı için akademik kaynaklardan da yararlanılarak bir model oluşturuldu. Modelin güvenilirliği ve doğruluğu test edildikten sonra uygulanması için şirkete teslim edildi. Geliştirilen bu veri analizi ve sürdürülebilir model FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.'nin üretim ve tedarik hattında etkili kararlar almasına yardımcı olacaktır.

4. İzlenen Yöntemler ve Uygulamaları

Öne sürülen problemler sahip olduğumuz verilerin öz niteliklerine göre analiz edildi. RVE FSC veri öz nitelik bilgilerini içeren 64'ü aşan veri kümesi 7'ye indirildi. Bağlanım aşamasında parça numarası, sipariş miktarı, satıcı numarası, ağırlık, genişlik, yükseklik ve derinlik özellikleri incelendi. (Öz niteliklerin R yazılımında gösterimi Ek 1'de mevcuttur). Elde kalan bütün öz niteliklerin sipariş süresine etkisi istatistiksel yöntemlerle incelenip her parça için atanmış bir sipariş süresi yoğunluğu çıkarıldı. Belirli özelliklere sahip her parça için çıkarılan bu sipariş süresi yoğunluğunda geçmişte gerçekleşen sipariş süreleri baz alındı. Eğer siparişin şu andaki süresi baz alınan süreyi geçmiş ise parça'nın belirlenen yoğunluktaki durumuna göre geç gelme olasılıkları hesaplandı ve karar alındı.

4.1 İstatistiksel Model Geliştirme

Risk olasılıkları güven aralığını belirleme konusunda önemli bir etkiye sahiptir. Bu durum 7 ana aşama ile incelenmiştir (Risk Olasılıkları Hesaplama Metodu Ek 2'te mevcuttur).

1. Her bir hammadde ve parçanın teslim sürelerinin dağılımlarının modellenmesi
2. Zaman dağılımı en az olanları modellerken, parçanın teslim sürelerinin parçanın fiziksel boyutlarına, satıcısına ve sipariş miktarına bağlı olduğunun gözlemlenmesi

3. Modelimize ($p_i(t) = P(L_i > t | x_i)$) göre küçük $p_i(t)$ değerine sahip olanların daha riskli olduğunun görülmesi
4. Beklenen teslim sürelerinin diğer bir model yardımıyla hesaplanması ve hedeflenen değerlerle karşılaştırılması
5. Bu modele ($e_i(t) = E(L_i | L_i > t)$) göre küçük $e_i(t)$ değerlerine sahip olanların daha riskli olduğunun görülmesi
6. Değerlendirme sonuçlarının incelenmesi ve tedarikçi seçimi için girdi olarak ele alınması
7. Tedarikçi performansının devamlı bir şekilde incelenmesi

Proje kapsamında 9 adet model oluşturulmuştur:

- LeadTime
- log LeadTime
- Unit EA
- log LeadTime
- log LeadTime + log qty
- log LeadTime + quadratic Qty
- log LeadTime + log of quantitative variables
- log LeadTime + log of Qty + Vendor
- Özgün parçalara özgün uyarılama metodu (Modellerin R kodları Ek 3'de mevcuttur)

Belirlenen bu özelliklerin risk olasılıkları çerçevesinde kriter belirlenmesi, imalat tedarik süresi, parça numaraları, tedarikçi ele alınarak yapılmaktadır. Sürecin sonunda, seçtiğimiz tüm özellikler göz önüne alınarak son ortak bir olasılık verilmiş olup tedarikçi seçimi de bu değer göz önüne alınarak yapılmıştır. Modeli oluştururken dikkate aldığımız bir diğer etmense, şirket içinde en çok kullanılan parçalar ve en çok sipariş verilen tedarikçiler oldu (En fazla sipariş edilen parçaların gecikme süreleri Ek 4'te mevcuttur).

4.2 Model Kullanımı

Her parça için girilen özelliklerine göre yoğunluk çıkarıldıktan sonra kullanıcının sonuçları en doğru şekilde işlemesi bazı noktalara dikkat etmesi gerekmektedir. R programı verileri modele göre işledikten sonra kullanıcının erişebileceği parça, sipariş gecikme süresi, ve $p_i(t)$ değerlerini gösteren tablolar oluşacaktır (Örnek Tablo Ek 5'te mevcuttur). Bu tablolardan sipariş verildikten sonra geçen süreye ve parçaya bakarak karar verme sürecini başlatabilecektir. Küçük $p_i(t)$ değerlerine sahip olan parçalara öncelik verilmesi gerekmektedir çünkü bu değer kullanıcıya şu andaki siparişin, geçmişte gerçekleşen benzer siparişlerden ne kadar geciktiğini söyleyen bir olasılık değeridir.

5. Uygulama Planı

FNSS'in mevcut bir risk tahmini mekanizması bulunmamaktadır. Şirket danışmanımız Berk Karahan Bey ile yaptığımız görüşmeler sonucu

projenin ilk uygulama bölümünün deneme süreci olacağına karar verilmiştir. Sistem ilk olarak Üretim Planlama ve Envanter Yönetimi Departmanının kullanımı için bütün temiz verilerle ve kodlarla teslim edilecektir. Bu süreçten sonra FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. IT departmanı ile görüşülüp sistemin FSC'ye uyumlu olarak çalışabilmesi için görüşüleceği üzerine karar kılınmıştır. Bu süreçten sonra oluşturduğumuz proje etkili karar alım sürecinde şirkete katkı ve destek sağlayacaktır.

6. Genel Değerlendirme

Projenin gerektirdiği tüm tahmin ve gelişmeler R yazılımı üzerindeki kodlarla gerçekleştirilmiştir. FNSS Savunma Sistemleri A.Ş., oluşturduğumuz bu sistem sayesinde temininde güçlük yaşanabilecek ham madde ve üretiminde gecikme yaşanabilecek parçalar hakkında bilgiye kolayca erişim sağlayıp gecikme nedenlerinden haberdar olabilecektir. Gecikme yaşanan parçaların ortalama ne kadar süre geç kalabileceğini sayısal verilere dökerek bir sonuca varmak için bu programın kullanılması üretim planlama için yararlıdır. Modelimiz, incelenmek istenen parçanın risk tahminini sayısal olarak hesaplayarak kullanıcıya risk olasılığını bildirir. Bu sayede şirket, ihtiyacı olan parçaların üretimi ve ham maddelerin siparişi ile ilgili doğru kararlar verir. Sonuç olarak; projemiz sonunda elde ettiğimiz analizler, hem mali açıdan hem sözü geçen ürünü zamanında müşteriye yetiştirmeye katkıda bulunduğu için zaman tasarrufu açısından, şirket için oldukça faydalıdır.

KAYNAKÇA

- Donderwinkel, S. *Improving the on Time Delivery Performance by the Implementations of a Sale Inventory*. University of Twente, 2015.
- Estep, John. *Managing the Impact of Supplier Lead Time and Quantity Variation.*, estepsoftware.com.
- FNSS Savunma Sistemleri A.Ş., www.fnss.com.tr/en/.
- Jeong, Jae G., et al. "Framework of Manufacturer Retailer Relationship in the Manufactured Housing Construction." *Construction Innovation*, vol. 9, no. 1, 2009, pp. 22–41., doi:10.1108/14714170910931516.
- Lau, H. C. W., et al. "An Intelligent Approach for Optimizing Supply Chain Operations." *Journal of Economics, Business and Management*, vol. 3, no. 6, 2015, pp. 571–575., doi:10.7763/joebm.2015.v3.248.
- Poiger, Martin, et al. "Dependency Between Performance of Production Processes and Variability – an Analysis Based on Empirical Data." *Rapid Modelling and Quick Response*, 2010, pp. 61–75., doi:10.1007/978-1-84996-525-5_5.
- Sveger, Kristofer, and Kristin Svensson. *Classification of Supplied Components*. Lund University, 2014. Web.

EKLER

Ek 1. Öz Nitelikler

LINE_STS	PART_NO	PART_TYPE	ROOT_VEH_INF	QTY	DUE_DT	LT	INST_DESCP	LAST_PO_VND	Y
657792	No5o	160000-0998	M-12	OMAN_APC_19^160000-0998	1	2017-12-30	5 NA	NA	2016-12-30
662693	No5o	160000-0998	M-12	OMAN_APC_20^160000-0998	1	2017-12-30	5 NA	NA	2016-12-30
667597	No5o	160000-0998	M-12	OMAN_APC_21^160000-0998	1	2017-12-30	5 NA	NA	2016-12-30

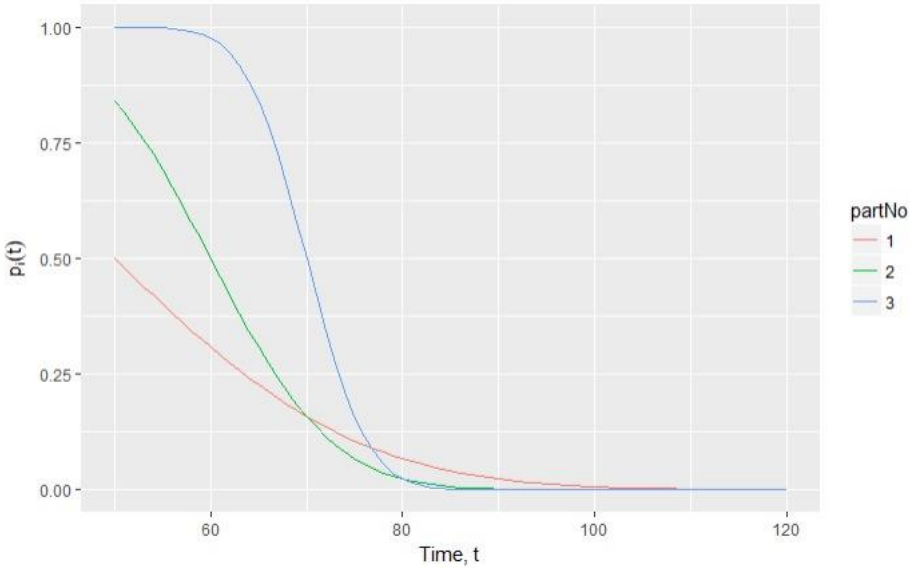
Ek 2. Siparişlerin Gecikme Olasılıkları Hesaplama Formülü

$$p_i(t) = P(L_i > t | x_i) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu_i}{\sigma_i}\right)$$
$$e_i(t) = E[L_i | L_i > t, x_i] = \frac{E[L_i 1_{\{L_i > t\}} | x_i]}{P(L_i > t | x_i)}$$

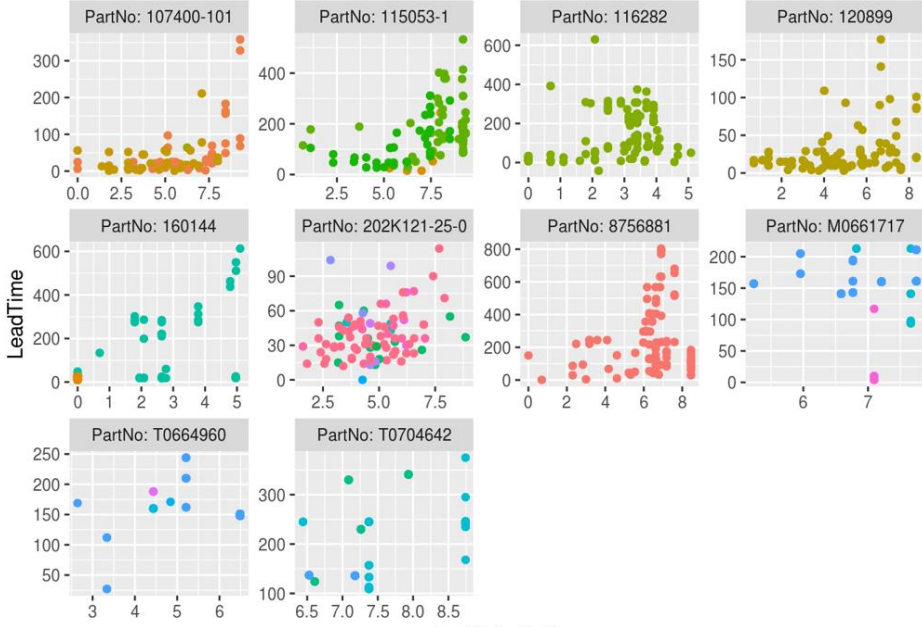
Ek 3. Regresyon Modeli R kodu

```
lmot2EA <- lm(log(LeadTime) ~ orderQty + vendorNo + weight +  
width + Height + Depth, d3, subset=Unit=="EA" & LeadTime>0)
```

Ek 4. Örnek Parçaların $p_i(t)$ Tablosu



Ek 5. En fazla sipariş edilen parçaların gecikme süreleri



Karar Destek Sistemi Tabanlı, Performansa Dayalı Terfi Sisteminin İyileştirilmesi

Özel Ankara Güven Hastanesi



Proje Ekibi

Cemal Mert Bigalı, Hale Cansu Ergeneli, Emre Hangül, Duygu Selin Yeğen

Şirket Danışmanı

Aslı Gülay Noyan
Süreç Yönetimi Uzmanı

Akademik Danışman

Dr. Nil Şahin
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Güven Hastanesi personellerini değerlendirmek için hâlihazırda bir performans sistemi kullanmaktadır. Yapılan incelemeler sonucu, hastanenin çalışanlarının performanslarının objektif olarak değerlendirilmesinde ve buna bağlı olarak işleyen terfi sistemlerinde problemler görülmüştür. Projenin hedefleri; hastane çalışanlarının performans değerlendirme sürecini daha objektif hale getirmek, sistemin tüm çalışanlar tarafından kolayca anlaşılabilmesini sağlamak ve personel terfi sistemini iyileştirmektir. Oluşturulan yeni sistemde hedeflerin ölçülmesi için TOPSIS ve karar analizi yöntemleri uygulanmıştır. Proje sonunda, kullanıcıların kolaylıkla kullanabileceği bir bilgisayar programı oluşturulmuş ve yapılan değişiklikler bu programa aktarılarak yeni bir performans değerlendirme sistemi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Performans Değerlendirme Sistemi, TOPSIS, Karar Analizi, Visual Studio

1.Şirket Tanıtımı

Özel Ankara Güven Hastanesi 1973 yılında küçük bir sağlık birimi olarak kurulmuş, ardından sürekli ilerleyerek ve gelişerek günümüzde ulusal çapta bir üne kavuşmuştur. Güven Sağlık Grubu'nun bir üyesi olan Güven Hastanesi, kurumsal amacı olarak modern tıbbın gereklerini yerine getirip, yılların tecrübesiyle birleştirerek hastalarına hizmet etmeye devam etmek olarak tanımlamıştır. Şu anda Ankara Kavaklıdere mahallinde ikamet eden Güven Hastanesi; 1600 kişilik kadrosuyla, 40,000 m2 alanda, 254 yatak ve 11 ameliyathanesiyle yıllık yaklaşık olarak 200,000 hastaya hizmet vermektedir.

Güven Sağlık Grubu'na bağlı olarak, Güven Hastanesi'nin ayrıca Ankara Çayyolu bölgesinde bulunan Güven Cerrahi Tıp Merkezi ve Güven Sağlıklı Yaşam Kampüsü de bulunmaktadır. Güven Cerrahi Tıp Merkezinde, tam donanımlı ameliyathane, 25 poliklinik ve modern bir laboratuvar ile hasta dostu, düz, geniş yerleşimli, kullanım kolaylığı sağlayan, modern ve ferah mekânları hastaların hizmetine sunulmaktadır. Güven Sağlıklı Yaşam Kampüsü ise hastaların akıl, ruh ve beden sağlığının bütünlüğünün korunması ve sağlıklı olma halini bir üst seviyeye çıkartmak amacıyla kurulan, yeni nesil bir sağlık merkezidir.

2.Proje Tanımı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1 Proje Tanımı

Bir şirkette şirketin çalışanlarının motivasyon ve becerilerini geliştirmek, işe olan aidiyetlerini ve sorumluluk duygusunu geliştirmek ve dolayısıyla şirketin başarısını artırmak için yapılan değerlendirmeler performans değerlendirme sistemi olarak tanımlanmaktadır. Modern dünyada hemen hemen her şirketin, personellerini geliştirmek için uyguladığı bir performans değerlendirme sistemi bulunmaktadır.

Güven Hastanesi de bünyesinde bulunan çalışanlarının performans denetiminde kullandığı bir performans değerlendirme sistemine sahiptir. Bu sistemin amaçları; çalışanların performanslarını doğru şekilde ölçümlemek, ücret standartlarını saptamak, başarıları ödüllendirmek, terfileri belirlemek, bir çalışanın verimli ya da verimsiz çalıştığını tespit edebilmek, çalışanın eğitim ihtiyaçlarını saptamak, yönetici ile çalışan arasındaki iletişimi artırmak, çalışanın yeteneklerinin farkında olmak ve ekip çalışmasını teşvik etmek, çalışanlara geribildirim sağlayarak onları sürece aktif şekilde dahil etmek, yöneticilerin de kendilerini değerlendirmelerini sağlamak ve dolayısıyla genel performansın artması olarak belirlenmiştir. Güven Hastanesinde bu amaçları elde etmek için performans değerlendirme sistemi olarak "Grafik Ölçüm Yöntemi" kullanılmaktadır. Lakin bu yöntemin performans ölçme ve değerlendirme konusunda çok eski ve bilinen bir yöntem olmasına karşın bazı konularda da eksik, yetersiz veya öznel kalabildiği bilinmektedir. Hastane yetkilileri tarafından yapılan araştırmalara göre; genel olarak mevcut

performans sistemi hakkındaki şikâyetler sistemin öznel kalabilmesi, sistemin anlaşılmasını veya bilinmemesi ve bazı önemli görülen parametrelerin sistemde yerinin olmaması olarak özetlenebilir. Bu bilgiler ışığında projemizin temel amaçları çalışanların performanslarının çok yönlü ve nesnel şekilde değerlendirilebilmesi, iş tecrübesi – alınan eğitimler – katıldığı projeler gibi değişik parametrelerin performans sisteminde bir yerinin olması ve puanlama sisteminin farklı iş ailesi gruplarına göre nesnel olarak tanımlanmasıdır. Bu amaçlara ulaşmak için yeni bir model oluşturulmuş, performans puanlarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler değiştirilmiş, eklenmesi gerektiği düşünülen parametreler bu modele eklenerek tüm bu parametrelerin kullanıcı tarafından kullanılabilmesi için bilgisayar ortamında yeni bir ara yüz tasarlanmıştır.

2.2 Mevcut Sistem Analizi

Güven Hastanesi'nin hâlihazırda kullandığı performans sistemine bakılınca yıl içinde 3 tane ayrı dönem göze çarpmaktadır. Bu dönemlerin ilki, genellikle Ocak-Şubat aylarında uygulanan, performans hedeflerinin hastane personellerine dağıtılmasıdır. Her personel, bu dönemde kendisine verilen performans hedeflerini yıl boyunca yerine getirmekle yükümlüdür. İkinci dönem yarı-yıl performans değerlendirmelerinin yapıldığı dönemdir. Genellikle Temmuz-Ağustos aylarında gerçekleşen bu dönemde personellerin kendilerine verilen performans hedeflerinin, istenilen hedef doğrultusunda gidip gitmediği kontrol edilmektedir. En son dönem ise yılsonunda gerçekleşen, performans hedeflerinin değerlendirilmesi dönemidir. Hastane personelleri bu dönem boyunca hem kendi bulunduğu departmandaki yöneticileri tarafından değerlendirilirler hem de kendilerinin performanslarını kendileri değerlendirir. Bu karşılıklı değerlendirme süreci sonucunda her personelin kendi performans sonuçları ve puanı belirlenmiş olur ve tekrardan yeni yılda yeni hedefler verilmek üzere sistem devam eder.

Şu anki sistemde her personele 2 tür performans hedefi verilmektedir. Bunlardan ilki olan 'iş hedefleri'; her personelin kendi departmanına ve o departmandaki pozisyonuna göre verilen, yıl boyu yerine getirmesi gereken işler olarak tanımlanmaktadır. Bir yılda genellikle bir personele en fazla 5-6 civarı iş hedefi verilmektedir. Her iş hedefinin daha önceden bölüm yöneticileri tarafından tanımlanmış yahut buluşsal tekniklerle hesaplanmış bir ağırlığı bulunmaktadır. Yılsonu performans değerlendirme döneminde, her iş hedefine 1 ile 5 arası bir not verilerek iş hedeflerinin performans değerlendirmesi yapılmış olur. İkinci tür performans hedefleri is 'yetkinlik hedefleri' olarak tanımlanmaktadır. Bir personele genellikle 2 veya 3 tane yetkinlik hedefi verilmektedir. Her personele verilen yetkinlik hedefleri, o personelin bulunduğu departmandaki pozisyonuna göre bir 'yetkinlikler sözlüğü' tarafından önceden tanımlanmıştır. Mevcut performans sisteminde 21

tane yetkinlik tanımlı olarak bulunmaktadır. Bu yetkinliklere örnek olarak başarı odaklılık, ekip çalışması, hasta-hasta yakını ve çalışan odaklılık, problem çözme ve karar alma verilebilir. Her personele verilen iş hedefleriyle beraber ayrıca yukarıda sayılan yetkinlik hedeflerinden de uygun olanlar yılbaşı döneminde verilmektedir. Yılsonu döneminde de, tıpkı iş hedefleri gibi, yetkinlik hedefleri de 1 ile 5 arası notlar verilerek değerlendirilir ve bir personelin performans değerlendirmesi yapılmış olur.

3. Literatür Çalışması

Önceden de belirtildiği üzere, performans yönetimi bir şirketin kendi personellerini değerlendirmesi, personellerinin performanslarını artırmak için çalışması ve dolayısıyla şirketin genel performansını artırmaya uğraşması olarak tanımlanabilir. Bu genel tanımdan yola çıkarak, bu projede önce farklı hizmet alanlarındaki şirketlerde ve özellikle sağlık sektöründeki şirketlerde çalışanların performans yönetimlerinin nasıl yapıldığı araştırılmıştır. Farklı performans yönetim sistemlerindeki aynı veya farklı parametreler incelenmiş, projede yapılması amaçlanan hedeflere ulaşmak için hangi parametrelerin ve hangi yöntemlerin kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu araştırma sonucunda bulunan yöntemlerden biri, personellerin içinden performansı en iyi personeli seçmeye yarayan TOPSIS yöntemidir (Palamutçuoğlu, 2017). Projenin yapım aşamasında, personeller arasında mevcut sisteme göre daha iyi bir karşılaştırma yapıp terfi sistemine yeni bir bakış açısı getirmek için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

4. Uygulanan Model ve Arayüz

4.1 Eklenen Yöntemler

Projede öncelikle iş hedefleri ve yetkinlik hedeflerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler değiştirilmiştir. Sonrasında da performans sisteminde bulunması gerektiği düşünülen parametreler eklenerek model oluşturulmuştur.

4.1.1 İş Hedeflerinin Hesaplanma Yöntemi

Mevcut sistemde önceden de belirtildiği üzere iş hedefleri 1 ile 5 arası bir not skalasıyla değerlendirilmektedir. Projede kurulan modelde, iş hedefleri 1 ile 10 arası bir nota sahip olacak şekilde değerlendirilmektedir. Bu şekilde bir yöntem izlenmesinin nedeni, iş hedeflerinin not skalası genişletildikçe aynı hedefe daha çeşitli notlar verebilmektir. Örneğin eski sisteme göre eğer bir personel, belirli bir hedefte “3” notundan biraz daha iyi bir performans göstermiş, ama “4” notunu da tam karşılayamamışsa o personele verilecek notun bir karşılığı yoktur. Dolayısıyla o hedefe 3 veya 4 verilecektir ve bu tarz bir değerlendirme öznellik sorununa yol açacaktır. Fakat yeni sistemde “3” notunun karşılığı olan “6” notuyla “4” notunun karşılığı olan “8” notunun arasında “7” notu da bir seçenek olarak verilebilir durumdadır.

Yeni sistemde ağırlıkların belirlenmesi ise mevcut sistem gibidir; ağırlıkları hesaplamak performans değerlendirmesini yapan kişilere aittir. Ağırlıkların toplamı 100 olacak şekilde belirlenir. Genel performans notu ise, her iş hedefine verilen ağırlıkla o hedefe verilen 1 ile 10 arası notla çarpılıp genel toplam bulunarak ortaya çıkartılır.

4.1.2 Yetkinlik Hedeflerinin Hesaplanma Yöntemi

Mevcut sistemde yetkinlik hedefleri de iş hedeflerine benzer bir şekilde 1 ile 5 arası bir nota sahip olmak üzere hesaplanmaktadır. Fakat yapılan çeşitli araştırmalar ve beyin fırtınaları sonucunda yeni sistemde yetkinlik hedeflerinin değerlendirilmesinin karar analiziyle yapılması kararlaştırılmıştır. Yeni sistemde yetkinlik hedefleri 3 kategoriye ayrılmıştır. Eğer bir personel ona verilen bir yetkinlik hedefine sahipse, yani bir nevi o ‘yeteneğe’ sahipse, o yetkinlik hedefinden 0 ile 1 arası 1 değer alır (1’e daha yakın olmak üzere, örnek 0.9). Eğer o yetkinlikte ‘üstün’ yetenek gösteriyorsa “1” değerini, eğer hiçbir şekilde o yetkinliğin gerekliliklerini sergileyemiyorsa “0” değerini alır. Ayrıca her yetkinlik hedefine karar analizinde kullanılmak üzere bir ağırlık verilmektedir. Bölüm 4.1.4 de karar analizi sonucunun nasıl elde edildiği daha ayrıntılı anlatılmaktadır.

4.1.3 TOPSIS Yöntemi

Mevcut sistemde, önceden de belirtildiği üzere, terfi sistemiyle alakalı bazı yetersizlikler görülmektedir. Bu nedenden yola çıkarak, performansı daha iyi olan personeli nesnel olarak değerlendirmek amacıyla projemizde TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi, değerlendirilecek personellerle alakalı karar matrisinin oluşturulması, sonrasında normalize matrisi ve ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması, en sonundaysa ideal çözüme uzaklıklar kullanılarak değerlendirilen personellerin arasında bir sıralama yapmaya olanak sağlamaktadır. TOPSIS yönteminin denklemleri Ek 1. de ayrıntılı olarak verilmiştir. Yapılan projede TOPSIS yönteminin parametreleri olarak iş hedefleri, değerler olarak da iş hedeflerinin performans notları kullanılmıştır.

4.1.4 Karar Analizi Yöntemi

Mevcut sistemde yetkinlik hedefleri 1 ile 5 arası bir not ile değerlendirilirken kıdem, eğitim düzeyi, yabancı dil bilgisi gibi yan parametreler mülakatlarla sözselsel olarak değerlendirilmektedir; yani sayısal bir performans hesaplanmasında kullanılmamaktadırlar. Projemizde ise yetkinlik hedefleri ve yan parametrelerin değerlendirilmesinde karar analizi yöntemi kullanılmıştır. Karar analizi yönteminde birden çok objektif (yetkinlik hedefleri ve yan parametreler) ve bu objektiflere verilen değerler ve ağırlıklar vardır. Her bir objektifin en iyi görülen seçeneğine 1, en kötü görülen seçeneğine 0, diğer seçeneklerine ise 1 ile 0 arası bir değer bilişsel olarak verilmektedir. Verilen bu değerler ve ağırlıklar Ek 2. De ayrıntılı olarak

gösterilmiştir. En sonunda her seçeneğe verilen değerlerle o seçeneğin ağırlığı çarpılıp seçeneklerin genel toplamı hesaplanır ve bu değer karar analizi sonucu olur.

4.2 Arayüz Tasarımı

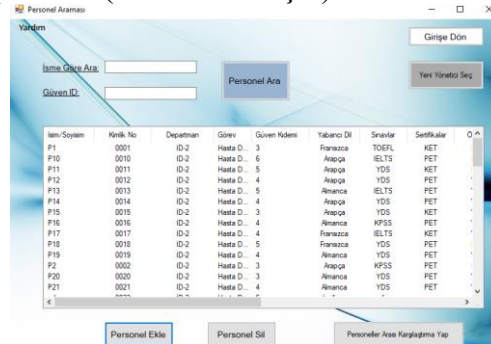
Projede oluşturulan performans sisteminin kullanıcılar tarafından kullanılabilmesi için Microsoft Visual Studio yazılımı kullanılarak bir program hazırlanmıştır. Programın ismi GÜKAP (Güven Kariyer Puanı-Sistemi) olarak belirlenmiştir. Veritabanı olarak ise Microsoft Access veritabanı kullanılmıştır. Bu programın toplam 9 farklı arayüzü bulunmaktadır. Bu arayüzler sırasıyla şöyle sıralanabilir: ilk (ana) ekran, kullanıcı şifresi ve kimlik no giriş ekranı, şifre değiştirme ekranı, yönetici belirleme ekranı, personel arama ekranı, personel karşılaştırma ekranı, personel bilgileri ekleme/değiştirme ekranı, iş hedefleri ekranı ve yetkinlik hedefleri ekranı. Bu ekranlardan bazıları aşağıda şekillerle verilmiştir.

Şekil 1’de programın ana giriş sayfası gösterilmektedir. Hem yöneticiler hem de çalışanlar kendi Güven Hastanesi kimlik numaralarını ve şifrelerini girerek programı kullanabilirler.



Şekil 1: Giriş Ekranı

Şekil 2’de ana giriş sayfasından sonra gelen ekran gösterilmektedir. Bu ekranda istenilen personel aranabilir, personel eklenebilir, silinebilir, yeni yönetici belirlenebilir veyahut personeller arası performans değerlendirmesi (karşılaştırması) yapılabilir (terfi sistemi için).



Şekil 2: Personel Arama/ Ekleme/Silme Ekranı

Şekil 3’ de personellerin bilgilerini gösteren ekran gösterilmektedir. Bu ekranda personellerin bilgileri eklenebilir ya da mevcut personelin istenilen bilgileri değiştirilebilir.

Şekil 3: Personel Bilgileri Ekleme/Değiştirme Ekranı

Şekil 4’de iş hedeflerinin performans değerlendirme ekranı gösterilmektedir. Bu ekranda en sol tarafta her iş hedefinin ağırlığı bulunmaktadır. Ağırlıkların toplamı 100 olacak şekilde maksimum 6 tane iş hedefi eklenebilmektedir. Ağırlıklar ile notlar çarpılınca o personelin genel değerlendirme notu bulunmaktadır. İş hedeflerinin notunun verilebilmesi için öncelikle her iş hedefinin değerlendirmesi sonucu 3 tane kutucuktan biri işaretlenmelidir. Eğer “Hedefini Gerçekleştiremedi” kutucuğu işaretlenirse not olarak 0 ile 3 arası, “Hedefini Gerçekleştirdi” kutucuğu işaretlenirse 4 ile 8 arası ve “Hedefinin Üstüne Çıktı” kutucuğu işaretlenirse 9 ile 10 arası bir not verilmelidir. Ayrıca “Hedefini Gerçekleştiremedi” veya “Hedefinin Üstüne Çıktı” kutucuğu işaretlenince otomatik olarak bir yorum yazmak da gereklidir. Bu yorum performansı düşük kişiler için eğitim gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılabilirken performansı yüksek kişiler için de terfi sisteminde bir nevi referans görevi görebilmektedir.

Şekil 4: İş Hedefleri Performans Değerlendirme Ekranı

Şekil 5’de yetkinlik hedefleri ve kıdem, eğitim düzeyi, yabancı dil bilgisi, ödüller gibi yan parametrelerin performans değerlendirmesi bulunmaktadır. En sağ tarafta her bir yetkinliğin ve parametrelerin bir ağırlığı vardır. Bir kişiye en fazla 3 tane yetkinlik hedefi verilebilmektedir. Her yetkinlik hedefi ve parametre ile alakalı not verilebilmesi için öncelikle o objektiflerden personelin “Yeterli”, “Yetersiz” ya da “Üstün Yeterli” olup

olmadığı kutucuklara işaretlenir. Sonra eski deneyimlere ve bilişsel çıkarımlara göre her bir objektife genel toplam 100 olacak şekilde bir ağırlık verilir. Bu değerlere ve ağırlıklara göre program o personelin karar analiz sonucunu hesaplamaktadır. Ayrıca iş hedeflerinin değerlendirilmesinde kullanılan TOPSIS sonucu da bu ekranda karar analizi sonucuyla beraber olarak gösterilmektedir.

Şekil 5: Yetkinlik Hedefleri / Karar Analizi Ekranı

Şekil 6’da terfi sistemi için personeller arası karşılaştırma yapmaya imkân tanıyan ekran bulunmaktadır. Karşılaştırma yapmak için yöneticinin isteğine göre 3 farklı parametre vardır: iş hedefleri performans notu, iş hedefleriyle ilgili TOPSIS notu veya yetkinlik hedefleri-yan parametreler ile alakalı karar analizi notu. Yönetici hangi sonuç türünü kullanacağını kendi seçer ve program otomatik olarak bu sonuçlara göre en iyi performansı olan personeli bulur.

İsim/Soyisim	Güven ID	Performans Notu	TOPSIS Sonucu	Karar Analizi Sonucu
meşe	5013	8		
meşe	4364	7		
gür	3453	6		
gür	8847	7		
P1	0001	3,3	31	0
P12	0012	6	42	87
P23	0023	6	46	73
P34	0034	4,8	40	87
P45	0045	5,5	46	87

Şekil 6: Personel Karşılaştırma Ekranı

Yapılan bu ara yüz sonucunda, hem yöneticilerin hem de personellerin rahatlıkla kullanabileceği ve anlayabileceği bir program yapılmıştır. Bu programın her bilgisayarda çalışabilmesi için “execution” (kurulum) dosyası oluşturulmuş, veritabanı olarak kullanılan Microsoft Access dosyası da içine eklenerek şirket yetkililerine teslim edilmiştir.

5. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

Personellerin performans değerlendirmelerinin sağlıklı ve nesnel olarak yapılamaması, personellerin eğitim ihtiyaçlarının ve kariyer yapılanmalarının belirlenememesi, ödüller-sertifikalar gibi parametrelerin performans

sisteminde yer almaması gibi şikâyetlerden yola çıkılarak bu problemlerin önüne geçmek için yapılan projemizde bu problemlerin hepsi için bir çözüm ortaya sunulmuştur. Performans sisteminde özneliği azaltmak ve nesneliği artırmak için iş hedefleri için 1 ile 5 arası bir not değerlendirmesinden vazgeçilip 1 ile 10 arası bir not değerlendirmesi yapılmıştır. Personellerin birbirleri arasında nesnel olarak değerlendirilebilmeleri için terfi sistemiyle alakalı TOPSIS yöntemi ve karar analizi yöntemleri modelimize uygulanmıştır. Ayrıca personellerin eksiklikleri veya eğitim ihtiyaçları gibi parametreler yeni modelimizde personel tarafından görülebilmektedir.

Projemizin nasıl çalıştığının görülebilmesi amacıyla şirket yetkililerinden 64 tane “Hasta Danışmanı” personelinin gerçek performans verisi alınmıştır. Bu veriler yapılan GÜKAP programına girilmiş ve modelimizin kullandığı performans sonuçları, hastanenin mevcut sisteminde kullanılarak bulunmuş performans sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve sonuçlar arasında bir paralellik görülmüştür. Fakat özellikle performans değerlendirmelerinin nesnelliğinde ve terfi sisteminde kullanılan yöntemler düşünüldüğünde yapılan modelin mevcut sisteme göre daha üstün olduğu hem proje ekibimiz, hem de şirket yetkilileri tarafından görülmüştür.

KAYNAKÇA

Palamutçuoğlu, Bedrettin Türker. "PERFORMANS DEĞERLENDİRME SÜRECİNDE GELENEKSEL YÖNTEM İLE TOPSİS YÖNTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI." *The Journal of Academic Social Science Studies*, vol. 7, no. 60, 11 Oct. 2017, pp. 415-433.

EKLER

Ek 1. TOPSIS Yöntemi

Adım 1) İlk önce karar verici tarafından, satırlarda seçenekler (iş hedefleri) ve sütunlarda değerlendirilenler (personeller) olmak üzere karar matrisi oluşturulur. Bu matrise A matrisi denir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 2) Normalizasyon yapılır. Her matris elemanının kareleri alınır, sütun toplamları hesaplanır ve her bir matris değeri kendi sütun toplamının kareköküne bölünür.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum a_{ij}^2}}$$

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \end{bmatrix}$$

(Normalizasyon denklemi)

(Denklem sonucu hesaplanan normalize matrisi)

Adım 3) Normalize matrisi değerleri, her bir sütuna karşılık gelen ağırlıklarla çarpılır ve ağırlıklandırılmış normalize matrisi (V) bulunur.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 \cdot n_{11} & w_2 \cdot n_{12} & \dots & w_n \cdot n_{1n} \\ w_1 \cdot n_{21} & w_2 \cdot n_{22} & \dots & w_n \cdot n_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 \cdot n_{m1} & w_2 \cdot n_{m2} & \dots & w_n \cdot n_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 4) Pozitif (A^*) ve Negatif (A^-) çözümlere uzaklıklar belirlenir. V matrisindeki her satırdaki en iyi değer A^* olarak, en kötü değer de A^- olarak belirlenir. Sonrasında bu çözümlere olan Öklid uzaklıkları hesaplanır. A^* değerine olan uzaklık S_1^* , A^- değerine olan uzaklık S_1^- olarak belirlenir. Kullanılan denklemler aşağıda gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \max_j v_{ij} \mid j = 1, \dots, p; i = 1, \dots, m \right\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

$$A^- = \left\{ \min_j v_{ij} \mid j = 1, \dots, p; i = 1, \dots, m \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

$$S_1^* = \sqrt{\sum (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$$S_1^- = \sqrt{\sum (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Adım 5) $S_1^- / (S_1^- + S_1^*)$ denkleminde çıkan sonuç, her alternatif için hesaplanan C_1^* sonucunu verir. Bu sonuçlar her alternatif (personeller) için büyükten küçüğe göre sıralanınca, en iyi alternatiften en küçük alternatife bir sıralama yapılmış olur.

Ek 2. Karar Analizi Yöntemi

Karar analizinde kullanılan parametreler ve değerler şunlardır (eski deneyimlere göre yahut bilişsel çıkarımlarla karar verilmiştir) :

- Yetkinlik Hedefleri için \rightarrow “Yetersiz” = 0
- Yetkinlik Hedefleri için \rightarrow “Yeterli” = 0.9
- Yetkinlik Hedefleri için \rightarrow “Üstün Yeterli” = 1
- Yabancı Dil için \rightarrow “Yeterli Değil” = 0

- Yabancı Dil için → “Yeterli” = 0.9
- Yabancı Dil için → “İyi Derecede Biliyor” = 1
- Kıdem için → “Yeterli” = 1
- Kıdem için → “Yeterli Değil” = 0
- Eğitim Düzeyi için → “Yeterli Değil” = 0
- Eğitim Düzeyi için → “Yeterli” = 1
- Sınavlar için → “Almadı” = 0
- Sınavlar için → “Aldı” = 1
- Sertifikalar için → “Aldı” = 1
- Sertifikalar için → “Almadı” = 0
- Ödüller için → “Ödül Yok” = 0
- Ödüller için → “1 tane” = 0.8
- Ödüller için → “2’den fazla” = 1

Bu parametrelerden hangileri yönetici tarafından önemli olarak görülüyorsa, o parametreler genel toplam 100 olacak şekilde çeşitli ağırlıklar verilir. Örneğin spesifik bir personelin iş tanımı olarak herhangi bir sertifika almasına gerek yoksa ağırlık olarak 0, gerek varsa eski deneyimlerden veya bilişsel çıkarımlardan yola çıkarak ağırlık olarak örneğin 5 verilir.

Eğer parametrelerin muhtemel değerleri ‘v’, ağırlıkları ‘w’ fonksiyonlarıyla gösterilirse, karar analizi sonucu:

$$\rightarrow \text{Karar Analizi Sonucu} = (V_{\text{yetkinlik1}} * W_{\text{yetkinlik1}}) + (V_{\text{yetkinlik2}} * W_{\text{yetkinlik2}}) + (V_{\text{yetkinlik3}} * W_{\text{yetkinlik3}}) + (V_{\text{yabancidil}} * W_{\text{yabancidil}}) + (V_{\text{kıdem}} * W_{\text{kıdem}}) + (V_{\text{eğitimdüzeyi}} * W_{\text{eğitimdüzeyi}}) + (V_{\text{sınavlar}} * W_{\text{sınavlar}}) + (V_{\text{sertifikalar}} * W_{\text{sertifikalar}}) + (V_{\text{sınavlar}} * W_{\text{sınavlar}}) + (V_{\text{ödüller}} * W_{\text{ödüller}})$$

formülüyle hesaplanır.

İnovasyon Yönetim Süreci Optimizasyonu

HAVELSAN Hava Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.



Proje Ekibi

Nida Demirel, Furkan Güçlü, Kutal Kalfalı, Yakup Bahadır Kurban,
Ecem Zeliha Postacı, Berk Şahin, Nurettin Bera Yülek

Şirket Danışmanı

Bengü Bayyurt Çetin
Teknoloji ve İnovasyon Departmanı

Akademik Danışman

Dr. Emre Uzun
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu projede HAVELSAN İnovasyon Yönetim Süreci geliştirilip, daha az insan kaynağı kullanılması, bazı süreçlerin otomatikleştirilerek daha verimli hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bu geliştirmeler; otomatikleştirilmiş anahtar kelime araması oluşturarak, birliktelik çözümlenmesi ve buna bağlı olarak temel performans göstergelerinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomatik Anahtar Kelime Araması, Temel Performans Göstergesi, Süreç Geliştirme, İnovasyon Yönetimi, Birliktelik Çözümlenmesi

1. Şirket Tanıtımı

HAVELSAN, yerli sermaye ile 1982’de kurulmuştur ve hem yurt içinde hem yurt dışında askeri, kamu ve özel sektör için özgün sistemler geliştiren, günümüzün en son teknolojileri ile akıllı çözümler sunan bir şirkettir. HAVELSAN dört ana alanda faaliyetlerini sürdürmektedir. Bunlar; komuta kontrol savunma teknolojileri, eğitim ve simülasyon teknolojileri, ülke ve siber güvenlik çözümleri ve yönetim bilgi sistemleridir[1].

HAVELSAN, Hava ve Deniz Kuvvetleri için komuta kontrol ve savunma teknolojileri üretimini ve her türlü kara, deniz, hava platformu için yerli katkı oranı yüksek simülatörler sağlamaktadır. Seçim sistemleri, tapu kadastro işlemleri ve Ulusal Yargı ağı gibi projeler ile HAVELSAN, ülkemizin en önemli e-devlet dönüşüm firmasıdır. Aynı zamanda HAVELSAN, tasarladığı ve ürettiği ülke ve siber güvenlik sistemleri ile kesintisiz, güvenli ve güvenilir hizmetin de çözüm ortağıdır [1].

2. Güncel Sistem Analizi

HAVELSAN, inovasyonun önemini anlamış ve bu amaçla çeşitli organizasyonlar ve etkinliklerle bu alanında etkili bir şirket haline gelmiştir. Son yıllarda açık inovasyon sisteminin gelişmesi ile birlikte, HAVELSAN da bu sistemden yararlanmak amacıyla, kurum dışından da inovasyon fikirlerini değerlendirmek için bir inovasyon yönetim süreci tasarlanmıştır.

2.1. Güncel Sistem ve Şikâyetler

HAVELSAN’ın güncel inovasyon yönetim süreci, üç farklı değerlendirme aşaması ve ardından gelen fikir odaklı araştırma ve uygulama aşamalarından oluşmaktadır (Ek-1). Bu üç değerlendirme aşamasından birincisi olan ön değerlendirme, inovasyon fikirlerini manuel olarak HAVELSAN’ın faaliyet alanlarıyla ilgili olup olmamasına göre değerlendirilir. İlgili olan fikirler bir sonraki yani ilk değerlendirme aşamasına geçer. İlk değerlendirme aşamasında, fikirler mühendislerden oluşturulan bir komite tarafından değerlendirilir. Bu komiteden her bir fikir için on bir evet-hayır sorusuna cevap vermesi beklenir, bu soru setinden yedi evet cevabı alanlar bir sonraki aşamaya yani nihai değerlendirmeye geçer, alamayanlar elenir. Nihai değerlendirmede direktörlerden oluşan komite inovasyon fikirlerini on sekiz sorudan oluşan bir soru setini cevaplayarak puanlandırır. yüz puan üzerinden yetmiş puan alan fikirler konsept kanıtlama aşamasında çalışılmak üzere bir sonraki aşamaya geçer. Fakat bazı inovasyon fikirlerinde komite olarak tartışılarak sorulara cevap vermeden bir sonraki aşamaya geçmesine de karar verilebilir. Konsept kanıtlama aşamasında olumlu sonuçlar alınan fikirler projeye dönüştürülmek üzere uygun olduğu departmana atanır.

Bu optimizasyon yönetim süreci boyunca HAVELSAN, sistemin verimini düşüren bazı sorunlarla karşılaşmaktadır.

Belirtilen şikayetlerden birincisi: HAVELSAN'ın faaliyet alanları dışında bulunan inovasyon fikirlerinin çokluğu. Bu fikirleri ön değerlendirme aşamasında manuel olarak elemek şirket yetkilileri için büyük bir yük oluşturmaktadır.

İkinci şikayet ise değerlendirme komitelerinin vakit alan bu toplantılara katılmakta isteksiz olması, bu toplantıların bireysel görevleri için engel oluşturmasıdır.

Şirket tarafından belirtilen üçüncü şikayet ise ilk değerlendirme ve nihai değerlendirmede kullanılan soruların seçicilik seviyesidir. İnovasyon fikirleri hakkında olumlu tartışmalar sonucunda yapılan değerlendirmede olumsuz sonuçlar alıp elenen ya da tam tersi olumsuz düşünülen fikirlerin bir sonraki aşamaya geçmesi gibi durumlarla karşılaşmıştır. Bu durumlar soru setlerinin seçicilik seviyesinin yeterli olmadığını göstermektedir.

2.2. Problem Tanımı

HAVELSAN, dünya standartlarında bir şirketin standartlarını karşılayan bir inovasyon yönetimi süreci yürütmek ve uygulamak istemektedir. Yukarıdaki belirtilen şikayetlerden, inovasyon yönetim sürecini yürütmenin daha etkili bir yolunun gerekli olduğu açıktır. Bu süreç; zaman, iş yükü ve verim olan sistemin mevcut semptomlarını çözmeli ve HAVELSAN'ın gereksinimlerini karşılamalıdır.

2.3 Projenin Hedefi ve Kapsamı

Projenin hedefi, HAVELSAN'ın mevcut inovasyon yönetim sürecini uygun anahtar performans göstergelerine dayalı olarak iyileştirmek, böylece nihai sonucun beklenen seviyeye ulaşmasıdır. Beklenen sonuç, yenilikçi inovasyon için değerlendirmenin etkililiğini ve verimliliğini artırmak ve mevcut inovasyon yönetimi sürecinin değerlendirme yöntemlerini gözden geçirmektir.

3. Önerilen Sistem

3.1. Literatür Araştırması

Sürecin ilk aşaması olan ön değerlendirmede, manuel eleme işlemini iş yükünü azaltmak ve verimi arttırmak için otomatikleştirilmiş anahtar kelime araması ile geliştirme kararı verildi. Bu amaçla Excel VBA ile, karşılaştırılan metin verileri hakkında araştırmalar yapıldı ve bir hücredeki kelimeyi başka bir dosyada verilen çeşitli veriler arasında arama yapan ve üçüncü bir hücrede değişiklik yapan bir sistem elde edildi. Bulunan kod müşteri ve tercih ettiği favori market ürünlerinin tespiti için kullanılan bir sistemin parçasıdır ve HAVELSAN kullanımı için uygun hale getirilerek, kurguladığımız sistemin bir parçasını oluşturmaktadır [2].

Soru setlerinin seçicilik seviyelerini geliştirmek amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmış ve birliktelik çözümlemesi sayesinde daha az soru sayısı ve daha etkili bir soru setiyle de istenilen sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır.

Birliktelik çözümlenmesi ile projeye dönüşen inovasyon fikirlerinin ortak noktaları bulunmuştur. Örneğin iki farklı fikir proje aşamasına geçmiş ve ikisi için de belli ortak sorulara olumlu yanıtlar verilmişse, bu ortak sorular seçici olarak değerlendirilir[3][4][5].

Ayrıca soru setleri geliştirilirken her bir sorunun hangi temel performans göstergesini ölçtüğünü belirlemek de önemli bir faktördür. İlk değerlendirme ve nihai değerlendirmedeki soru setleri araştırmalarda elde ettiğimiz dört farklı temel performans göstergelerinin her birini ayrı ayrı ölçmelidir[6]. Bu dört tür temel performans göstergesi şu şekilde tanımlanmıştır[7].

Önerilecek olan yeni soru setlerinin bu farklı tür temel performans göstergelerinin hepsini ölçecek şekilde geliştirileceği belirlenmiştir. Güncel sistemdeki ilk ve nihai değerlendirmede kullanılan soru setleri analiz edilerek, her bir sorunun hangi temel performans göstergesini ölçtüğü Ek-2 ve Ek-3'te saptanmıştır

3.2. Planlanan Geliştirmeler

Bu projenin amacı, şirket yetkililerinin belirttikleri şikâyetlere çözümler sunan bir sistem sunmaktır. Bu şikâyetler; HAVELSAN'ın faaliyet alanları dışında bulunan inovasyon fikirlerinin çokluğu, toplantı sürelerinin uzunluğu nedeniyle komite üyelerinin toplantıya katılma isteksizliği ve ilk ve nihai değerlendirme aşamalarındaki soru setlerinin istenilen seçicilik seviyesinde olmamasıdır. HAVELSAN'ın faaliyet alanı dışındaki inovasyon fikirlerinin çok olması şikâyeti, geliştirilen anahtar kelime arama algoritması kullanılarak çözülmesi planlandı. Toplantı sürelerinin uzunluğu nedeniyle komite üyelerinin toplantıya katılma isteksizliği şikâyeti ise birliktelik çözümlenmesi ve buna yardımcı bir analiz metodu kullanılarak çözülmesi planlandı. Çünkü, bu metodlar ile soru setlerinde daha az sayıda soru kullanılması ve buna bağlı olarak da toplantı saatlerinin azalması bekleniyor. Soru setlerinin seçiciliği probleminin ise yine birliktelik çözümlenmesi ve temel performans göstergesi analizi ile çözülmesi planlandı(Ek-4). Hedeflenen sistemin akış çizelgesi Ek-5'te bulunmaktadır.

3.2.1. Ön Değerlendirme Analizi

Ön değerlendirme analizini daha pratik ve otomatik bir hale getirme amacıyla sunulan inovasyon fikrinin tanım kısmı üzerinde çalışan Excel VBA tabanlı anahtar kelime arama metodu uygulandı. Bu amaçla HAVELSAN'da kullanılan tüm anahtar kelimeler talep edildi ve bu kelimeler Ek-6'da belirtildiği gibi şirketin faaliyet alanında bulunan uygun teknoloji alanları altına listelendi. Bu sistemde, listede belirlenen anahtar kelimeler verilen fikir önerisi tanımı içinde arandı. Girilen tanımdaki her bir kelime HAVELSAN'ın anahtar kelime havuzundaki kelimeler içinde otomatik olarak aratılarak, inovasyon fikrinin HAVELSAN'ın faaliyet alanlarına dahil olup olmadığı

belirlendi. Tasarlanan sistem sonucunda, sunulan fikirler içerisinde HAVELSAN'ın faaliyet alanına girmeyen fikir önerilerinin elenmesi, manuel bir süreçten otomatik hale getirildi.

Anahtar kelime arama yöntemi, yukarıda bahsedilen ön değerlendirme aşamasında kullanılması dışında, projelerin doğru teknoloji alanlarına atanması amacıyla da kullanıldı. Bu aşamada, kullanıcıya projenin alakalı olabileceği teknoloji alanı önerileri veriliyor ve seçim yaparken istediği teknoloji alanını seçme konusunda bir kısıtlama yapılmıyor.

3.2.2. İlk Değerlendirme Analizi

İlk değerlendirme analizini daha verimli ve HAVELSAN'ın amaçlarına daha uygun hale getirmek için birliktelik çözümlemesi uygulandı. Daha önce kurul tarafından değerlendirilmiş olan yüz on bir fikir önerisinin on bir soruluk formları alındı ve bu önerilerin hangilerinin uzun vadede HAVELSAN'a istenen katkıyı sunduğu ve bu fikir önerilerinin hangi sorulardan ne puan aldığı verileri üzerinden birliktelik çözümlemesi uygulandı. Bu çözümleme yapılırken üç formül kullanıldı: Confidence, Lift Value, Support (Ek-7). Bu doğrultuda başarılı sayılan fikir önerilerinde yüksek oranda “hayır” verilen sorular ve başarısız sayılan fikir önerilerinde “evet” verilen sorular, yani eleme sürecini HAVELSAN'ın istediği amaçlara uygun olmayan bir noktaya götüren sorular elendi.

“Support ($X \rightarrow Y$)” yani “Destek” adı verilen parametre; X ve Y olayları beraber gerçekleştiğinde mevcut olan datayı toplam data ile bölündüğünde bulunan değerdir. Bu analizde bizim baz aldığımız X olayı on bir soru kümesinin tüm kombinasyonlarında verilen “evet” cevabı verilmesi olayı, Y olayı ise sunulan önerilerinin elemeleri geçerek kabul edilmesi olayıdır. Yani özet olarak, bizim bu parametreyi kullanmakta ki amacımız hangi soruların istenen hedeflere daha uygun bir seçiciliğe sahip olduğunu tespit etmek için sorulara verilen “evet” cevapları ile fikir önerisinin kabul edilmesi durumları arasındaki ilişkiyi tespit etmektir. Destek değerinin sıfır çıkması, X ve Y olayları arasında istene sonuca ulaşmaya yardımcı olan bir ilişki olmadığını gösterir. Değerlendirme süreçlerinde sorulan soruların destek değerinin sıfır çıkması durumunda soru setinde kullanılmaması gerekmektedir.

Kullanılan ikinci parametre “Confidence” yani “Güven”; iki olayın Destek değerinin, belirlenen değişkenin değerine yani X olayının desteğine bölünmesiyle bulunuyor. Bu formül neticesinde elde edilen değer elimizdeki soru setinin güvenilirliğini hesaplar. Yüksek bir Güven değeri daha yüksek bir olasılıkta pozitif sonuçlanmış inovasyon fikri anlamına gelmektedir. Sonuç olarak yüksek Güven değerine sahip olan sorular, soru setinde yer almalıdır.

Üçüncü parametremiz “Lift Value” yani “Ağırlık Değeri”. Bu parametrenin değeri X-Y ilişkisinin Güven değerinin Destek değerine bölümüyle bulunmaktadır. Bu parametre X olayının gerçekleştiği varsayımında

Y olayının gerçekleşmesi ihtimalini hesaplamaktadır. “Lift” değeri 0 ile sonsuz arasında değer alabilmektedir, bu değer bir olması X olayı ile Y olayı arasında bir ilişki olmadığını göstermektedir. Birden az bir değer, X ile Y’nin ters orantılı olduğunu; birden büyük bir değer ise X ile Y’nin doğru orantılı olduğu anlamına gelir. Özet olarak bu parametre hem Destek değerini hem de Güven değerini kapsadığından soru setlerini belirlemek için performans ölçüsü olarak kullanılması daha anlamlıdır.

İlk değerlendirmede yer alan on bir sorunun, 2^{11} tane soru seti oluşturma ihtimali vardır. Her soru setinin lift değeri belirtilen formülle tek tek hesaplandı ve bu 2^{11} soru setinin yirmi dokuz tanesinin lift değeri en yüksek değer olan 13.44 olarak belirlendi. Bu yirmi dokuz farklı soru setinden ise yedi soru içerenler seçilerek olasılıklar on bir farklı soru setine indirildi. Bu aşamanın ardından en seçici soru setini seçmek amacıyla bir yardımcı analiz yapılarak her bir sorunun bireysel olarak sonucu etkileme yüzdeleri hesaplandı (Ek-8). Bu yardımcı analiz gösterdi ki onuncu ve on birinci soru sonucu olumlu anlamda daha az etkilerken yani daha az seçiciyken, üçüncü ve dördüncü. soru daha az seçicidir. Tüm bu incelemeler sonucunda optimal alabilecek soru seti sayısı ikiye indirildi (Ek-9). Soru setlerinin tek farkı, birinde beşinci soru bulunurken diğerinde sekizinci sorunun yer almasıdır. Beşinci ve sekizinci soruların kendi arasında hangisinin daha seçici olduğuna bakılarak yeni soru setimiz bir, iki, üç, dört, beş, altı ve yedinci sorular olarak belirlendi. Ek olarak daha önceden belirlediğimiz hangi sorunun hangi temel performans göstergesini ölçtüğünü gösteren tablodan (Ek-2) yararlanılarak, seçilecek soru setinin her çeşit temel performans değerini ölçmesi planlandı. Böylece 11. soru da soru setine dahil edilerek ilk değerlendirmedeki soru setimiz 1, 2, 3, 4, 5, 6,7 ve 11 numaralı sorulardan oluşan sekiz soruluk soru seti oldu. Şirketin mevcut sistemde kullandığı geçme kıstası (yüzde yetmiş) korunması adına yeni sekiz soruluk soru setinden beş soruya evet cevabı alan fikir önerilerinin bir sonraki aşamaya geçmesi planlandı.

3.2.3. Nihai Değerlendirme Analizi

Nihai değerlendirme aşamasında ise ilk değerlendirme aşamasında olduğu gibi birliktelik çözümlenmesi ve yardımcı analizler kullanılarak farklı soru setleri elendi ve optimal seçicilik seviyesinde olduğu düşünülen soru seti seçildi.

Toplam 2^{18} soru setinden yedi tanesinin lift değeri 8,265625 ile en yüksek değer olarak hesaplandı. Bu aşamadan destek değerlere bakılarak bir eleme daha yapıldı, bu yedi soru setinden bir soru setinin destek değeri 0,087 iken diğer altısının destek değeri 0,43 olarak belirlendi. Sonuç olarak daha yüksek destek değerine sahip olan ve 1,2,3,6,7,8,11,13,14,15 numaralı soruları içeren soru seti nihai değerlendirme soru seti olarak belirlendi. Bu soru setinde

de her çeşit temel performans göstergesinin ölçüldüğünden emin olundu (Ek-3).

3.3 Excel VBA Tabanlı Yeni İnovasyon Yönetim Süreci

Bu sistemle birlikte tüm yenilikçi fikirler elektronik ortamda eleme aşamalarından geçerek, daha verimli ve efektif şekilde süreci tamamlarlar. Ayrıca tüm fikirlerin verileri elektronik olarak depolanması ilerleyen süreçlerde kolay erişilebilmesine olanak sağlar.

Bu sistemde ilk olarak ön değerlendirme aşamasında fikir önerisi adı ve fikir önerisi tanımını girilerek ön değerlendirme butonuna tıklanır ve arka planda çalışan anahtar kelime arama metodu yardımıyla, bu fikir önerisinin HAVELSAN'ın faaliyet alanlarına uygun olup olmadığının sonucuna ulaşılar (Ek-10). Ardından uygunluk durumunda, yani anahtar kelimelerin eşleşmesi durumunda, fikir önerisi ekle butonuna tıklanarak yenilikçi fikir önerisi bir sonraki aşamaya yani ilk değerlendirme aşamasına geçer.

İlk değerlendirme aşamasında, istenen fikir önerisi sol tarafta bulunan combo box yardımıyla seçilerek elektronik olarak puanlaması yapılır (Ek-11) ve ardından verilen cevaplara göre sistem fikrin bir sonraki aşamaya geçip geçmediğini kullanıcıya bildirir (Ek-12).

Nihai değerlendirme aşamasında da aynı ilk değerlendirme aşamasında olduğu gibi fikir önerileri puanlandırılır (Ek-13) ve sonucunda inovasyon fikrinin bir sonraki aşamaya geçip geçmediği kullanıcıya otomatik olarak bildirilir.

Önceden belirtildiği şekilde inovatif fikrin tüm aşamaları geçmesi durumunda proje haline dönüştürülmesi amacıyla, sistem tarafınadn yapılan departman önerisi ile birlikte uygun olduğu departmana atanır (Ek-14).

İnovasyonun genel anlamda teknolojinin gelişmesiyle bağlantılı olarak çok hızlı değiştiği göz önüne alındığında, bu sistemin yeniliklere açık olması sağlanmalıdır ve bu amaçla sistemde çeşitli geliştirmeler yapılmıştır. Bunlardan birincisi yeni teknoloji alanı (Ek-15) ve buna bağlı yeni anahtar kelime eklemesi yapılabilmesidir (Ek-16). İkincisi soru setlerindeki soruları değiştirebilme; yeni soru ekleme (Ek-17), soruları aktive ya da de-aktive etmedir (Ek-18).

4. Önerilen Sistemin Sonuçları ve Şirkete Sağladığı Faydalar

Önerilen sistemin HAVELSAN'a katkı sağlayacağı alanları 4 ana başlık altında topladık; Zaman verimliliği, çalışanların iş yüklerinin azaltılması, eleme sürecinin etkinliği ve değerlendirme sürecinin kalitesi. Bu katkıları sağlamak için sunacağımız somut hizmetler: ön değerlendirme sürecini manuel halden otomatik hale getirilmesi, ilk değerlendirme sürecindeki soru sayısının on birden sekize indirilmesi, nihai değerlendirme aşamasındaki soru sayısının onsekizden ona düşürülmesi ve soru seçiciliklerinin artırılması ve son olarak tüm değerlendirme aşamalarını geçen

inovasyon fikirlerinin uygulamayı gerçekleştirecek uygun departmana atanmasını otomatik hale getirmektir. Bu hizmetleri sunmak için kullanılacak araçlar: anahtar kelime araması, birliktelik çözümlenmesi ve buna bağlı çeşitli yardımcı analizler, temel performans göstergeleri ölçümleri ve sonucunda Excel VBA tabanlı bir sistemdir.

Bu yeni sistemle tüm işlemler sistem üzerinde yürütülebilecek, talep edilirse sistem üzerinde değişiklik yapılabilecektir. Böylece HAVELSAN uzun vadede, özellikle inovasyonların teknolojiyle orantılı şekilde değişiklik göstereceği göz önüne alındığında, inovasyon yönetim sürecinde kullanabileceği bir sisteme sahip olmuştur. Bu sistem sayesinde amaçlanan şekilde sistemin verimliliği, seçiciliği arttırılmış, bazı aşamalar otomatikleştirilmiş, çalışanların iş yükü azaltılmıştır.

5. Kaynakça

[1] " About HAVELSAN ", HAVELSAN, 2017.

[Online]. Available:

<http://www.HAVELSAN.com.tr/ENG/Main/icerik/936/HAVELSAN>.

[Accessed: 06- Nov- 2017].

[2]"Excel VBA to search for list of keywords in a cell given a value in another cell and then make changes to a third cell", Stackoverflow.com, 2018.

[Online]. Available: <https://stackoverflow.com/questions/35855435/excel-vba-to-search-for-list-of-keywords-in-a-cell-given-a-value-in-another-cell>.

[Accessed: 26- Feb- 2018].

[3]T. Toivonen, Sampling Large Databases for Association Rules.

Helsinki: University of Helsinki, 2017.

[4]R. Srikant and R. Agrawal, Mining Generalized Association Rules.

IBM Almaden Research Center, 2017.

[5]P. Tan, M. Steinbach and V. Kumar, "Introduction to Data Mining",

Www-users.cs.umn.edu, 2016. [Online]. Available: [http://www-](http://www-users.cs.umn.edu/~kumar/dmbook/index.php)

[users.cs.umn.edu/~kumar/dmbook/index.php](http://www-users.cs.umn.edu/~kumar/dmbook/index.php). [Accessed: 25- Mar- 2016].

[6]G. Perry and M. Malinoski, "How Do I Measure 'Innovation'?!?", 2017.

[7]D. Marc Erkens, "Measuring Open Innovation – 3 Key Principles to

Improve Your Innovation Measurement Practices– Part 1 | Innovation

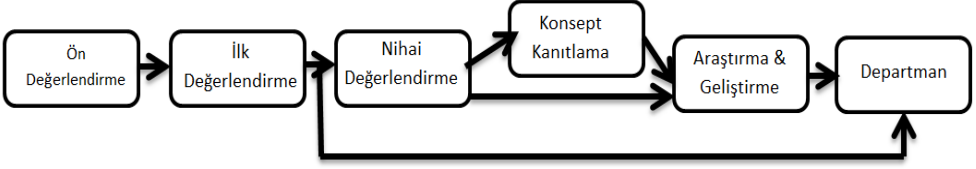
Management", Innovation Management, 2017. [Online]. Available:

<http://www.innovationmanagement.se/2013/06/14/measuring-open-innovation-3-key-principles-to-improve-your-innovation-measurement-practices-part-1/>.

[Accessed: 27- Oct- 2017].

6. Ekler

Ek-1



Ek-2

Soru Numarası	Ölçtüğü TPG
1	sonuç
2	sonuç
3	sonuç
4	çıktı
5	çıktı
6	süreç
7	sonuç
8	süreç
9	girdi
10	girdi
11	sonuç

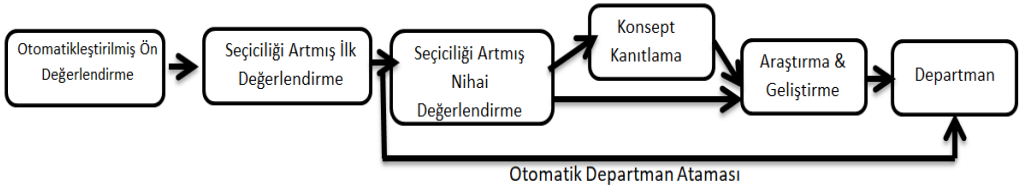
Ek-3

Soru Numarası	Ölçtüğü TPG
1	girdi
2	çıktı
3	çıktı
4	süreç
5	girdi
6	çıktı
7	süreç
8	girdi
9	sonuç
10	süreç
11	sonuç
12	sonuç
13	sonuç
14	sonuç
15	sonuç
16	girdi
17	girdi

Ek-4

Şikayet/Semptom	Çözümde Kullanılacak Metot	Hedeflenen Sonuç
HAVELSAN'ın faaliyet alanları dışında bulunan inovasyon fikirlerinin çokluğu	Anahtar Kelime Araması	Otomatikleştirilmiş Ön Değerlendirme Aşaması
Toplantı sürelerinin uzunluğu nedeniyle komite üyelerinin toplantıya katılma isteksizliği	Birlikte Çözümlemesi	Daha az soru sayısı ve daha az iş yükü
	Anahtar Kelime Araması	Fikirlerin departmanlara otomatik atanması (dolaylı olarak iş yükünün azalması)
İlk ve nihai değerlendirme aşamalarındaki soru setlerinin istenilen seçicilik seviyesinde olmaması	Temel Performans Göstergesi Analizi +Birlikte Çözümlemesi	Soru setlerinin seçicilik seviyesinin artırılması

Ek-5



Ek-6

A
yapay zeka uygulamaları
konuşma ve doğal dil işleme teknolojisi
merkezi iz toplama ve olay ilişkilendirme sistemleri
- a* çok katlı bina içi en kısa yol bulma algoritması
- çok katlı harita sunum servisi
- framework for indoor outdoor navigation
en kısa yol bulma algoritması
a* araması
kat planı
bina planı
kapalı alanda yön bulma
şebeke haritası
çok katlı bina planı
dynamic floor plan
harita konum yetkilendirme
bileşen tabanlı yazılım geliştirme
bileşen tabanlı tasarım
bileşen oryantasyonlu yazılım mühendisliği
dağıtık robotik kütüphanesi
konuşma tanıma

Ek-7

$$\text{Support, } s(X \rightarrow Y) = \frac{\text{Occurance}(XUY)}{N}$$

$$\text{Confidence, } c(X \rightarrow Y) = \frac{\text{Support}(X \rightarrow Y)}{\text{Support}(X)}$$

$$\text{Lift Value} = \frac{\text{Confidence}(X \rightarrow Y)}{\text{Support}(Y)} = \frac{\text{Support}(X \rightarrow Y)}{\text{Support}(X) \times \text{Support}(Y)}$$

Ek-8

Durum	100 öneri için, satırdaki soru için verilen evet cevabı sayısı	Nihai aşamaya geçen 30 öneri için, satırdaki soru için verilen evet cevabı sayısı	Satırdaki soru için evet cevabı alan önerinin ilk değerlendirme aşamasını geçme olasılığı	100 öneri için, satırdaki soru için verilen hayır cevabı sayısı	Nihai aşamaya geçen 30 öneri için, satırdaki soru için verilen hayır cevabı sayısı	Satırdaki soru için hayır cevabı alan önerinin ilk değerlendirme aşamasını geçme olasılığı
Soru 1	41	20	49%	59	49	83%
Soru 2	73	29	40%	27	26	96%
Soru 3	46	28	61%	54	52	96%
Soru 4	45	23	51%	55	48	87%
Soru 5	34	20	59%	66	56	85%
Soru 6	54	23	43%	46	39	85%
Soru 7	43	21	49%	57	48	84%
Soru 8	41	18	44%	59	47	80%
Soru 9	19	14	74%	81	65	80%
Soru 10	65	22	34%	35	27	77%
Soru 11	72	24	33%	28	22	79%

Ek-9

Soru Setleri	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Soru Setlerinin Soru Sayıları	Ağırlık Değeri
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7	13,444
2	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	7	13,444

Ek-10

1	donanım	1 kablo	1
2	yazılım	2 gömülü yazılım sembolojisi	1
3			1
4	gerçek zamanlı sinyal/ görüntü işleme		
5		3	
6			
7	5g ve yeni jenerasyon ağı / iletişim teknolojileri	1	
8	temel teknolojiler	2	
9			
10	büyük veri yönetimi ve analizi	1	
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

Proje Ekle

Fikir Önerisi Adı
17-0071

Fikir Önerisi Tanımı
kablo sembolojisi gömülü yazılım

Fikir Önerisi ile İlgili Muhtemel Teknoloji Alan(lar)ı
büyük veri yönetimi ve analizi (F:1)
temel teknolojiler (F:2)
5g ve yeni jenerasyon ağı / iletişim teknolojileri (F:1)
gerçek zamanlı sinyal/ görüntü işleme (F:3)

Fikir Önerisi Tanımında Bulunan Anahtar Kelimeler
semboloji (F:1)
gömülü yazılım (F:1)
kablo (F:1)

Ek-11

İlk Değerlendirme

Fikir önerisi Seçiniz: 1
Fikir Önerisi: 1 - 17-0002, 2 - 17-0003, 3 - 17-0004, 5 - 17-0027, 6 - 17-0029, 7 - 17-0481, 8 - 17-0032, 9 - 17-0036

İlk değerlendirilmesi yapılmış fikir önerileri: On değerlendirilmede başarılı olup ilk değerlendirilmeye girmemiş fikir önerileri: On değerlendirilmede başarısız olup ilk değerlendirilmeye girmemiş fikir önerileri:

Değerlendirme Soruları: 1

Fikir Önerisi özgündür.

0 0

Evet Hayır

Önceki Soru Sonraki soru

Menüye geri dön

Ek-12

İlk Değerlendirme

Fikir önerisi Seçiniz: 1 - 17-0002
Fikir Önerisi: kat planı er

İlk değerlendirilmesi yapılmış fikir önerileri: On değerlendirilmede başarılı olup ilk değerlendirilmeye girmemiş fikir önerileri: On değerlendirilmede başarısız olup ilk değerlendirilmeye girmemiş fikir önerileri:

Değerlendirme Soruları: 11

Microsoft Excel

İlk değerlendirme işlemi başarıyla gerçekleştirildi. Fikir önerisi, %62,5 hayır ile reddedildi.

OK

3 5

Evet Hayır

Önceki Soru Sonraki soru

Ek-13

Nihai Değerlendirme

Fikir Önerisi Seçiniz: 2 - 17-0003

On değerlendirilmede başarılı olup ilk değerlendirilmeye girmiş projeler: On değerlendirilmede başarısız olup ilk değerlendirilmeye girmiş projeler: Nihai değerlendirilmesi yapılmış projeler:

Katılma Sayısı: 4 4 Genel Toplam: 19 = 0 Genel Ortalama:

Proje Tanımı: İlanız pans

Soru No: 1 Soru Metni: HAVELSAN Teknoloji Yol Haritası ve Taksonomisi ile uyum mümkün mü? (6)

Soruları için girilmesi istenen puan: Toplanan Puanlar: 6 + 7 + 4 + 2 Ortalama Puan: 4,75

Cevaplanan Soru Sayısı: 0

Sonraki Soru Geri

Ek-14

Projeyi Teknoloji Alanına Atama

Proje Seç: 2 - 17-0003

Önerilen Teknoloji Alanları:

Yazılım (F:2)
Virtual Reality (F:1)
Donanım (F:1)

Teknoloji Alanı Seç: Sg ve yeni jenerasyon ağ / iletişim teknolojileri

Ata Daha Sonra Ata

Ek-15

İş Alanları

Ekleme istediğiniz teknoloji alanı

Destekli öğrenme

Bu teknoloji alanını ekle Geri

Ek-16

KeywordForm

Keyword eklenecek teknoloji alanını listeden seçiniz.

yapay zeka uygulamaları

yapay zeka uygulamaları
büyük veri yönetimi ve analiz
gerçek zamanlı sinyal/ görüntü işleme
siber güvenlik
güvenli işletim sistemleri
5g ve yeni jenerasyon ağ / iletişim teknolojileri
karar destek analizi ve planlama araçları
nesnelerin interneti

Bu keywordu ekle

Geri

Ek-17

UserForm1

İlk Değerlendirme

Nihai Değerlendirme

Soru Ekle

Soru Ekle

Soru Kullanım Durumu

Soru Kullanım Durumu

Geri

Ek-18

İlk Değerlendirme Soru Kullanımı

Aktive Et Deaktive Et

Soru Listesi

12 - Eklenecek örnek soru

Deaktive Et

Geri

1 - Fikir Önerisi özgündür.
2 - Bu fikir önerisi müşteriye olumlu bir katkı sağlıyor mu?
3 - Bu fikir önerisi HAVELSAN'a ilgili endüstride rekabette ü
4 - Bu fikir önerisi kapsamında HAVELSAN stratejileri, taks
5 - Bu fikir önerisi, telif hakkı, faydalı model veya patent y
6 - Önerilen fikrin ispatlanması istendiğinde, bunun için ge
7 - Bu fikir önerisi sonucunda ortaya konacak ürün için yet
11 - Fikir Önerisi, hem sivil hem de savunma sektörlerinde
12 - Eklenecek örnek soru

Makine Öğrenmesi Kullanarak Benzer Ürünlerin Kümelendirilmesi

IBM



Proje Ekibi

Yalçın Arslan, Yağmur Ezgi Çavuş, Lara Dinçer, Özgecan Gümüşbaş, Merve Özer, Selim Öztürk

Şirket Danışmanı

Dr. Emrah Zarifoğlu
Kıdemli Yönetici Veri Bilimcisi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Savaş Dayanık
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

IBM Çoklu Kanal Satış Geliştirme Çözümleri Şirketi'nin satış tahmini yapmak için kullandığı model, yeterli satış verisi bulunmayan ürünler söz konusu olduğunda, manuel çalışmanın yapılmasına ve çalışanların, özellikle de ürün uzmanlarının verimsiz kullanımına neden olmaktadır. Projemizin amacı, bu tür ürünler için benzer veya alternatif ürünleri makine öğrenimi kullanarak kümeleyerek alternatif bir çözüm bulmaktır. Şirketin ihtiyaçları ve kısıtları göz önünde bulundurularak, ürünlerin benzerliğini ölçmek ve puanlamak için bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritmanın doğruluğunu kontrol etmek için farklı yöntemler kullanılmış ve esas algoritma, benzer algoritmalar ile karşılaştırılmıştır. Önerilen çözüm, şirket için bir bilgi alma sistemi sağlamakta ve işteki verimliliği arttırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: makine öğrenmesi, kümeleme, ürün benzerliği, bilgi alma sistemi

1. Şirket Tanıtımı

Thomas Watson, 1911 yılında New York'ta IBM'in temelini üç temel değerle ortaya koyar: her müşterinin başarısına bağlılık, inovasyon -şirket ve dünya için- ve tüm ilişkilerde güven ve sorumluluk. IBM, yüz yıl boyunca temel değerlerine sadık kalır, 170'ten fazla ülkede müşterilerine hizmet vermeye başlar ve sunduğu yazılım ve donanım çözümleri ile dünyanın önde gelen bilgi teknoloji şirketlerinden biri olur. Günümüzde IBM, finans, pazarlama, satış ve insan kaynakları gibi farklı iş alanları için birçok hizmet ve ürün sunmaktadır. IBM'in müşterilerine sundukları üç kategori altında görülebilir: Ürünler, Kurumsal Çözümler ve İş Çözümleri ve Hizmetler. Ürünler, IBM ürün ekibi tarafından tasarlanan yararlı araçlardır. Ayrıca, IBM uzmanları bireysel müşteriler için danışman olarak hareket eden kurumsal çözümler ve iş çözümleri yaratmaktadır. IBM hizmet uzmanları ise güvenlik hizmetleri, bulut hizmetleri gibi yenilikçi ve bilişsel teknolojileri icat eder ve uygular.

2. Projenin Tanımı

Bu bölümde mevcut sistem analizleri yapılmış, şikayet ve semptomlar anlatılmış, projenin amaçları ve kapsamı belirtilmiştir.

2.1. Mevcut Sistem Analizi

IBM Çoklu Kanal Satış Geliştirme Çözümleri Şirketi, müşteri ilişkileri için DemandTec yazılımını kullanır. Yazılım, çalışanların ürünlerin satış verilerini elde etmelerini, böylece satış modelini tahmin edebilmelerini ve ürünlerin fiyatını müşterileri için en iyilemelerini sağlar. Ancak, faydalı veya yeterli satış verisi bulunmayan yeni piyasaya sürülen ürünler söz konusu olduğunda firmanın satış modelini tahmin etmek için kullandığı model, birçok manuel çalışmanın yapılmasına ve çalışanların, özellikle de ürün uzmanlarının verimsiz kullanımına neden olmaktadır.

2.2. Şikayetler ve Semptomlar

Benzer ürünleri gruplandırmanın ana konusu, bu benzer ürünleri kimin kategorize edeceğine karar vermektir. Birinci yol, ürünleri kategorilere ayırmak için işgücü kullanmaktır. Ancak, IBM genelde karmaşık ve büyük verilerle ilgilendiğinden bir insanın bu gibi verilerle çalışması zaman ve maliyet açısından verimli değildir. Diğer taraftan makineler, markalara olan bağlılık ve marka değeri gibi etkilerin talep kalıpları üzerindeki etkisini göz ardı edebilir. Bununla birlikte ürün benzerliği tanımlanması gereken birden fazla anlama gelebilen bir kavramdır. Örneğin, kümelenmiş ürün seviyelerine dayanan bir sınıflandırma, talep modeli benzerliğinde %100 etkili olmayabilir. Bunun yanında, daha derin seviyelerden oluşturulmuş bir sınıflandırma da %100 talep modeli benzerliği garantisini vermeyebilir. Benzer ürünleri bulmak için kullanılacak olan özelliklere karar vermek ve en iyi seviyeden gruplandırma operasyonlarını yürütmek de IBM'in benzer ürün

gruplandırılmada karşılaştığı bir diğer engeldir. Bu nedenle kümelenme seviyesi ve kullanılacak özelliklere karar vermek mevcut durumdaki ana şikayetlerdir.

3.2. Projenin Amaçları ve Kapsamı

Projemizin amacı, benzer veya birbiri yerine geçebilen ürünleri makine öğrenimi yardımıyla kümeleyerek alternatif bir çözüm bulmaktır. Şirketin ihtiyaçları ve kısıtları göz önünde bulundurularak ürünlerin benzerliğini ölçmek ve puanlamak için bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritmanın doğruluğunu kontrol etmek için farklı yöntemler kullanılmış ve esas algoritma, benzer algoritmalar ile karşılaştırılmıştır. Önerilen çözüm, şirket için bir bilgi alma sistemi sağlamakta ve işteki verimliliği arttırmaktadır.

Projenin problem tanımı çerçevesine ve beklenen hedeflerine göre iki ana çıktısı vardır:

1. Ürünlerin benzerliğini ölçen ve puanlayan bir algoritma oluşturmak.
2. Gruplama algoritmasının doğruluğunu test eden bir yöntem geliştirmek.

Bu hedeflere ulaşmak için metin madenciliği, ürün sınıflandırma, ürün arama gibi çeşitli makine öğrenimi yöntemleri ve algoritmaları kullanılmıştır.

Yukarıda belirlenen hedeflere en az veri ve bilgiyle ulaşılması beklenmektedir. Bu nedenle proje sürecinde göz önünde bulundurulması gereken birçok önemli kısıtlama vardır. Bunlardan biri veride bulunan sınırlı sayıdaki değişkenle bir algoritma oluşturmaktır. Limitli sayıdaki bilgi bizi daha geniş bir yaklaşımdan alıkoyarken algoritmanın doğruluk oranını da olumsuz yönde etkilemiştir. Göz önünde bulundurmanız gereken bir diğer konu da veri setindeki gözlem sayısının gerçeğe oranla çok daha az olmasıdır. Veri kümemizde 4000 öge vardır; ancak gerçekte IBM büyük veriyle ilgilenir. Bu nedenle burada küçük veri kümesiyle oluşturduğumuz algoritmanın büyük veride de aynı verimlilikte çalışacağı varsayılmıştır.

3. Sistem Analizi

Bu bölüm, verinin analizi ve yorumlanması ile ilgili bilgiyi içermektedir.

3.1. Veri Analizi

Projeyi gerçekleştirebilmek için 4000 gözlemi olan (satur) ve 3 değişkenli (sütun) bir test verisi ile çalışılmıştır. Her gözlem daha önce satılan bir ürünü temsil eder. Veri setindeki özellikler “Ürün Kimliği”, “Ürün Kategorisi” ve “Ürün Adı”dır. “Ürün Kimliği” ürünün kimliğidir ve her ürün için özeldir. “Ürün Kategorisi” ürünün yukarıdan aşağıya doğru kategori seviyelerini (en genelden en özele doğru) içerir ve ürüne nasıl ulaşıldığı (arama, tarama vb.) konusunda bilgi verir. “Ürün Adı” marka adı, ürün adı ve renk, boyut, miktar gibi ürünün özelliklerinden oluşur.

Proje verisinin metin halinde olması yüzünden nihai hedefe ulaşmak için metin madenciliği metotları kullanılmıştır. Metin madenciliğine odaklanan R’ın “tidytext” paketiyle veri analizi yapıldıktan sonra belirtkeleme

(tokenization) yöntemiyle veri kümesi içinde sık tekrarlayan sözcükler belirlenmiştir. Bazı sözcükler tek başına anlamlı bir sonuç vermediği için belirtkeleme yöntemi iki sözcüklü ve üç sözcüklü söz öbekleri için de uygulanmıştır. Bu uygulama test verisindeki her bir ikili ve üçlü kelimenin hangi sıklıkla dokümanın içinde yer aldığını gösterirken aynı zamanda veri içeriği hakkında da bilgi vermiştir. Belirtkeleme yöntemi hem “Ürün Kategorisi” hem de “Ürün Adı” değişkenlerine ayrı ayrı uygulanmıştır.

Belirtkeleme ve frekans analizleri ardından ürün kategorilerini daha iyi anlayabilmek için “Ürün Kategorisi” değişkenini kullanarak kategoriler için ağaç yapı çıkarılmıştır. Ağaç yapı ve belirtkeleme yönteminin sunduğu analizler “Ürün Adı” içindeki sözcüklerin birden çok anlamı olmadığını ve eş anlamlılığın olmadığını göstermiştir. Bu bilgi doğrultusunda “Ürün Adı” sütunundaki bilgileri kullanarak projenin hedefine ulaşmak için “Gizli Anlamsal Analiz” (Latent Semantic Analysis veya LSA) yönteminin faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

3.2. Model Geliştirme

Gizli Anlamsal Analiz (LSA), kelimelerin anlamını çıkarmak ve temsil etmek için kullanılan matematiksel bir yöntemdir. Metin belgelerini vektörlere dönüştürmek indeklemeye olarak adlandırılır. Böylece LSA, metinleri metinsel dokümanın oluşturduğu kelimelerin frekanslarını içeren vektörler olarak temsil eder. Ürünler arasındaki benzerlik, vektörler arasındaki kosinüs mesafeleri hesaplanıp karşılaştırarak belirlenebilir.

Öncelikle, bir metindeki bütün terimler eşit öneme sahip değildir. Verilerimizi kelimelere ayırırken bulduğumuz gibi, her kelime karşılaştırma yapmak için her zaman anlamlı bilgiyi vermez. Bu nedenle daha iyi analiz için “Ürün Adı” sütununa ön işlemler uygulanmıştır. Durma sözcükleri, noktalama işaretleri ve sayılar kaldırılmış ve sözcükler büyük harfe çevrilmiştir.

LSA ayrıca anlamsal (semantic) bilgilerin, bir belgenin terim- doküman eşdizimlilik matrisinden (term-by-document co-occurrence matrix) türetilmesini ve kelimeler ile belgelerin, Öklid uzayındaki vektörler olarak temsil edilebilmesini sağlar. Bunun göz önünde bulundurulmasıyla, güncellenmiş veriler terim-doküman eşdizimlilik matrisi oluşturulmuş ve bu matris kullanılarak LSA anlamsal uzayı yaratılmıştır. Terim- doküman eşdizimlilik matrisinin boyutu ilk aşamada çok büyük çıkmakta (4735x4000) ve sözcük ve belgeler arasındaki gerçek ilişkiyi göstermemektedir. Burada LSA'nın diğer bir özelliğinden yardım alınmıştır. LSA, matris boyutlarının küçültülmesine olanak sağlar. Orijinal boyutlardan k boyutuna indirgeme ile veride hala var olan gürültü ortadan kaldırılır ve önemli yapı ortaya çıkartılır. Bu boyut indirgeme Tekil Değer Ayrışımı (Singular Value Decomposition veya SVD) yöntemi ile gerçekleştirilir. Tekil Değer Ayrışımı, orijinal terim-doküman

matrisini, hem terimleri hem de belgeleri temsil eden ortogonal faktörlere ayırır:

$$A = U \cdot S \cdot (V^T) \quad (1)$$

A, orijinal terim matrisidir, S diyagonal matris, U ve V sol ve sağ vektörlerdir.

Projede, Matris A ile temsil edilen orijinal vektör uzayı ile çalışmanın yukarıda bahsedilen komplikasyonlara neden olması nedeniyle, vektör uzaylarının indirgenmiş formu ile çalışmak tercih edilmiştir.

$$A = A^{m \times n} \approx A_k^{m \times n} = U^{m \times k} \cdot S^{k \times k} \cdot (V^{k \times n})^T \quad (2)$$

Buna göre, LSA anlamsal alanı kullanılarak, k = 653 ile belge-baz matrisine, bir yakınlaştırma olan metin matrisi oluşturulmuştur. Aşağıdaki matris, Öklit uzayında vektörler olarak gösterilen belgeleri temsil eder.

$$S^{k \times k} \cdot (V^{k \times n})^T \quad (3)$$

Yukarıdaki yöntem ile her bir belgenin vektör olarak koordinasyonu bulunmuştur. Öklid uzayında, bu vektörler arasındaki mesafeyi bulmak için kosinüs benzerliği hesaplanmıştır. Kosinüs benzerliğinin formülü şöyledir:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \|\vec{a}\| \|\vec{b}\| \cos \theta \quad (4)$$

$$\cos \theta = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{\|\vec{a}\| \|\vec{b}\|}$$

Yaratılan algoritmayı karşılaştırmak için başka bir çözüm yaklaşımından yardım alınmıştır. Bunun sonucunda düşünülen bir başka çözüm yaklaşımı ise Gizli Dirichlet Tahsisi (Latent Dirichlet Allocation veya LDA)'dir. LDA, her bir belge ile ilişkili konuların karışımını bulmak için kullanılmaktadır. Algoritmayı uygularken en başta konu sayılarını belirlemek gerekmektedir. Projede konu sayıları 50, 100, 150, 200 ve 350 olarak belirlenerek algoritma veriye uygulanmıştır. Algoritma ile her bir belgenin her bir konuyla ilişkili olma olasılıkları hesaplanmış ve vektörler oluşturulmuştur. Ürünler arasındaki benzerlik, LSA'da hesaplandığı gibi, LDA ile oluşturulan vektörler arasındaki kosinüs mesafelerinin hesaplanıp karşılaştırılmasıyla bulunmuştur.

Her bir belge arasındaki kosinüs benzerliği hesaplandıktan sonra, her belge arasındaki benzerliğe işaret eden mesafeye göre bir matris oluşturmuştur. Kosinüs benzerliği -1 ile 1 arasında değiştiği için, 1 en benzer ürünleri temsil ederken -1 ürünler arasındaki en az benzerliği göstermektedir. Her iki algoritma kullanılarak ürünler arasındaki kosinüs benzerlikleri hesaplanmıştır. Daha sonra, her iki algoritma için birer bilgi alma sistemleri oluşturulmuştur. Bu sistemlerde, kullanıcı sorgu ürününü bir girdi olarak verir ve ürünler sorgu ürünüyle en yüksek kosinüs benzerliğine sahip olandan en az olana doğru sıralanarak sayfada yerini alır.

Yapılan testlerden ve alınan sonuçlardan sonra, LSA kullanımında değişiklikler yapılarak geliştirilmiş algoritmalar yaratmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda tf-idf (terim frekansı - ters metin frekansı) yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntem bir belge uzayını matris formuna dönüştürmeye yarayan bir yöntemdir. Tf-idf değerleri, bir veri setinde geçen terimlerin sıklığına ve seyrekliğine bağlı olarak, her bir terime sayısal bir önem değeri atar. Öncelikle her bir terimin idf (ters metin frekansı) değerleri hesaplanarak, dokümanlar arasındaki benzerlik hesaplanmıştır. Bu benzerlik en başta yaratılan LSA değerlerinin üzerine matris çarpımıyla eklenmiş ve yeni bir bilgi çağırma algoritması yaratılmıştır. Daha sonra idf değerlerinin, LSA değerlerini önemsizleştirdiği fark edilerek yeni bir yöntem izlenilmesine karar verilmiştir. Buna göre idf değerlerinin hesaplandığı matrise LSA uygulanmış ve bu matrise göre kosinüs benzerliği hesaplanmıştır. Bu kosinüs benzerliğine göre yeni bir bilgi alma sistemi yaratılmıştır ve sonuçlar alınmıştır. Daha önce sadece LSA ile yaratılan kosinüs benzerliği değerleri ve idf değerleri ile yaratılan kosinüs benzerliği değerleri toplanmış ve başka bir yöntem daha geliştirilmiştir. Bunların yanında farklı bir metot kullanmak için iki sözcüklü ifadeler (bigram) ve üç sözcüklü ifadeler (trigram) yöntemlerinden yararlanılmış ve doküman matrisine n-gram metotlarının sonuçları eklenerek yeniden LSA metodu uygulanmıştır.

En son olarak kosinüs uzaklığından benzerlik hesaplamak yerine Öklid uzaklığından benzerlikler hesaplanmış ve sonuçlar alınmıştır.

3.3. Model Doğrulama

Bilgi alma sistemlerinin doğruluğunu karşılaştırmak için, farklı geri çağırma seviyeleri arasında kesinliği ölçmeyi sağlayan Ortalama Kesinlik Ortalaması “Mean Average Precision” (MAP) yöntemini kullanılmaya karar verilmiştir. Kesinlik (precision) ve geri çağırma (recall) denilen iki kesin formülü aşağıdaki gibidir.

$$Precision = TP / (TP+FP) \quad (5)$$

$$Recall = TP / (TP+FN) \quad (6)$$

Formüllerdeki TP doğru pozitif (True positive), FP yanlış pozitif (False positive) ve FN yanlış negatif (False Negative) temsil eder. Doğru pozitif demek olgu pozitiftir ve pozitif olarak kabul edilmiştir demektir. Yanlış pozitif demek olgu negatiftir fakat pozitif olarak kabul edilmiştir demektir. Yanlış negatif ise olgu pozitiftir fakat negatif olarak kabul edilmiştir demektir.

Bundan sonra, bu kavramlar, farklı geri çağırma seviyeleri arasındaki kesinliği ölçmeyi mümkün kılan Mean Average Precision (MAP) kullanarak sıralanmıştır. MAP, ilgili tüm belgelerin sistem tarafından alınmasından sonra bulunan belgeler için elde edilen hassas değerlerin ortalamasını bulmaya yardımcı olur.

MAP formülü ilgili dokümanların hepsini bulana kadar ilerler ve o seviyede tüm dokümanlar için ortalama bir kesinlik hesaplar.

Yalnızca LSA yönteminin kullanıldığı bilgi alma sistemi için MAP değeri 0,337 olarak bulunmuştur. LDA'nın kullanıldığı metod için MAP değeri 0,01 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar LSA'nın, LDA'dan çok daha iyi çalıştığını göstermektedir. İki algoritmanın da daha iyi çalışabilmesi için veri zenginliği önemli bir yer tutmaktadır. Nitekim LDA metodunun LSA metodundan daha kötü çalışması bu olguyu destekler niteliktedir. Bu nedenle algoritmaların daha zengin bir veriye uygulandığında sonuçların değişeceği ön görülmektedir.

Geliştirilmiş LSA algoritmalarındaki doğruluk değerleri şu şekildedir: idf değerlerinin LSA kosinüs benzerliği değerleriyle birleştirilmesinden ortaya çıkan algoritmanın MAP değeri 0,39; tf-idf matrisine uygulanan LSA metodundan sonra elde edilen kosinüs benzerliğiyle yaratılan metodun MAP değeri 0.4099; yalnız LSA uygulanmış matristen alınan kosinüs değerlerinin, LSA uygulanmış idf değerlerinin kosinüs benzerlikleriyle toplanmasından elde edilen metodun MAP değeri 0,4002 ve son olarak n-gram yönteminin kullanıldığı bilgi alma sistemi için MAP değeri 0,372 olarak hesaplanmıştır.

Öklid uzaklığının hesaplandığı sistem için MAP değeri 0,05 olarak hesaplanmış ve bunun sonucunda Öklid uzaklığının kosinüs uzaklığına göre daha kötü bir sonuç verdiği saptanmıştır.

3.4.Yorum

Kaygı duyulması gereken bir konu, veri setindeki gözlem sayısıdır. Veri kümesinde, 4000 gözlem bulunmaktadır ve geliştirilen algoritma bu veriler temel alınarak yaratılmıştır. Oysa gerçekte IBM, daha büyük ve karışık veriler ile çalışmaktadır. Burada, küçük veri kümeli modelin, büyük verilerle çalışacak kadar verimli olacağı varsayılmaktadır. Fakat, daha büyük veri kümeleri ile deneme ve geliştirmeler gerçekleştirilebilir.

4. Geliştirilen Sistemin Başarısı

Bu bölümde geliştirilen projenin şirkete sağlaması gereken kazançlardan ve detaylı uygulama planından bahsedilmektedir.

4.1.Kuruluşun Beklentilerini Karşılama

Kuruluş tarafından iletilen proje çerçevesinde, şirket kendileri için benzer ürünleri kümeleyebilen bir algoritma yaratılmasını talep etmiştir. Proje kapsamında yaratılan bu algoritma da piyasaya yeni sürülecek ürünlerin ya da satış bilgisi eksik olan ürünlerin, piyasada o ürünlerin yerine geçebilecek olan diğer ürünlerini kümeleyip getirerek, kuruluşun var olan satış modelini kavramasına olanak tanımaktadır. Bu sayede kuruluş, bu ürünler için satış talep modelini tahmin edebilir ve süreçlerini iyileştirebilir. Bu proje ile kuruluşu güvenilir, şeffaf, zaman tasarruflu ve ucuz bir süreç olanağını sağlamaktadır.

4.2. Projenin Mevcut Sisteme Uyarlanması

Proje ile birlikte geliştirilen diğer bir uygulama ise kullanıcı dostu “Shiny” ara yüzüdür. Shiny kullanıcılarına basit bir ara yüz sağlar. Kullanıcı bir ürünü girdi olarak verir ve sonuçlar her bir sayfada yirmi ürün çıktısı olacak şekilde bir liste halinde kullanıcıya sunulur. IBM Watson ekibinin, şu an var olan sistemi ile bu sistem birleşebilir ya da bir alternatif olarak bu sistem kuruluşa sunulabilir. Shiny ara yüzünü anlatan resmi bir tanıtım yapılabilir. Bu tanıtımda veri kümesinden nasıl ürün seçilebileceği ya da nasıl yeni ürün girdisi yaratılabileceği gösterilebilir. Sistem kolay kullanılabilir olduğu için, bir el kitabı ve video anlatımı ürünü şirket içine tanıtmak ve yaymak için yeterli olacaktır.

4.3. Firmaya Sağlanan Katkılar

Mevcut durumda, kümeleme işlemi şirket bünyesindeki ürün uzmanları tarafından yapılmaktadır. Geliştirilmiş olan Shiny ara yüzü ile şirketteki birçok insan bu uygulama ile kümeleme işlemini kolay bir şekilde uygulayabilir ve her türlü iş yerine uyarlayabilir. Ürün uzmanlarına ihtiyaç duymadan ya da en az sayıda ihtiyaç duyularak ürünlerin kümeleme işlemi gerçekleştirilebilir. Ara yüz üzerinden zaman kaybı olmaksızın doğru sonuçlar büyük ölçüde elde edilebilir. İş yapma stilini değiştiren bu uygulamayla şirket, bünyesindeki uzmanlarını ve diğer çalışanlarını daha verimli kullanabilir.

KAYNAKÇA

- A. Sun, S. Sedhai, “*Hashtag Recommendation for Hyperlinked Tweets*”, School of Computer Engineering, Nanyang Technological University, Singapore, 2014.
- “An Overview of Keyword Extraction Techniques.” *R-Bloggers*, 3 Apr. 2018, www.r-bloggers.com/an-overview-of-keyword-extraction-techniques/.
- IBM, *Products*, 2017, Mevcut: <https://www.ibm.com/products/en-us/?lnk=fdi>.
- IBM, *Services*, 2017, Mevcut: <https://www.ibm.com/services/en-us/?lnk=fdi>.
- L. Li, S. Zha, W. He, “*Social Media Competitive Analysis and Text Mining: A Case Study In the Pizza Industry*”, Department of Informaton Technology and Decision Sciences, College of Business and Public Administration, Old Dominion University, Norfolk, VA, USA, 2013.
- Munzert, Simon. *Automated Data Collection with R: a Practical Guide to Web Scraping and Text Mining*. John Wiley & Sons Ltd, 2015.
- Nolan, Deborah, and Duncan Temple Lang. *XML and Web Technologies for Data Sciences with R*. Springer New York, 2014.

- O. Etzioni, A. Popescu, “*Extracting Features and Opinions from Reviews*”, Department of Computer Science and Engineering, University of Washington, Seattle, USA, 2005.
- R. Balasubramanyan, B. O’Connor, B.R. Routledge, N.A. Smith “*From Tweets to Polls: Linking Text Sentiment to Public Opinion time Series*”, School of Computer Science Carnegie Mellon University, Tepper School of Business Carnegie Mellon, 2010.
- Weiss, Sholom M. *Fundamentals Of Predictive Text Mining*. Springer, 2016.
- X. Wang, F. Wei, X. Liu, M. Zhou, M. Zhang, “*Topic Sentiment Analysis Twitter: A Graph-based Hashtag Sentiment Classification Approach*”, School of EECS, Peking University China, Microsoft Research Asia, Beijing China, 2011.

Güncellenebilir MIDAS Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Büyüme Tahmin Modeli

Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı



Proje Ekibi

Andaç Kılıç, Muhammed Kazım Sanlav, Mustafa Emin Seven, Aydan Tekin,
Mehmet Yoncu, Bera Mert Yücer

Şirket Danışmanı

Alper Bakdur
Mali Piyasalar ve İstanbul Finans
Merkezi Dairesi Başkanı

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ayşe Selin Kocaman
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Türkiye’de gayri safi yurtiçi hasıla tahmini istenilen etkinlikte yapılamamaktadır. Gayri safi yurtiçi hasıla tahminin hata payının azaltılması projenin odağı olmuştur. Güncel olarak yapılan tahmin yöntemi “basit hareketli ortalama” sistemine dayanmaktadır. Ancak bu yöntem farklı frekanstaki mali piyasa verilerinden yararlanamadığından hata payı oldukça yüksektir. Projenin amacı farklı frekanstaki (günlük, aylık, çeyreklik) ulusal ve uluslararası mali piyasa verilerinden MIDAS(Mixed Data Sampling) uygulamasıyla yararlanarak gayri safi yurtiçi hasıla tahminin hata payının enazlanmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Gayri safi yurtiçi hasıla, tahmin, MIDAS, frekans, veri

Şirket Tanıtımı

T.C. Kalkınma Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti için ekonomik, kültürel ve ya sosyal planlar hazırlamakla uğraşır. Türkiye'nin ilk dönemlerinde, Kalkınma Bakanlığı'nın yaptığı işlere benzer görülebilecek beş yıllık ekonomik planlar kullanılmıştır. 1960'lı yıllara gelindiğinde, her türlü hükümet planını daha kurumsal bir şekilde hazırlamak için Devlet Planlama Teşkilatı kuruldu. 2011 yılında ise T.C. Kalkınma Bakanlığı kurulmuş ve o zamandan beri bu isimle varlığını sürdürmektedir. Kalkınma Bakanlığı hükümet tarafından izlenecek ekonomik, sosyal ve kültürel politikalar ile hedefleri belirler. Bu politikaları belirlerken, ülkenin her türlü doğal, beşeri ve ekonomik kaynağı da Kalkınma Bakanlığı tarafından belirlenir. Bakanlık makroekonomik, sosyal ve bölgesel kalkınma alanlarını hükümet tarafından belirlenen hedefler doğrultusunda analiz ederek, kalkınma planları, orta veya uzun vadeli planlar ile programlar hazırlar. Görevlerinden biri, hükümet tarafından izlenecek orta vadeli programın ve yatırım programının hazırlanmasıdır. Dünya'da güçlü ekonomiye sahip ülkeler arasında yer almak için, nitelikli insanlar tarafından özenle hazırlanmış plan ve programlara ihtiyaç vardır. Bu programlar sayesinde devlet tarafından hazırlanması gereken yatırım ve ödeme planları etkili bir biçimde hazırlanabilir.

1. Proje Tanımı ve Sistem Analizi

1.1. Proje Tanımı ve Sistem Analizi

Kalkınma Bakanlığı, hükümetin kendi belirlediği hedeflere ulaşmak için izlemesi gereken ekonomik, sosyal ve kültürel planları belirler. Planları hazırlayabilmek için, makroekonomik göstergelerde kısa ve orta vadeli tahminler yapmaktadır. En önemli tahmin değişkeni milli gelir büyümesidir. Bu değişken kısa ve orta vadeye ilişkin vergi gelirlerinin tahmininde önemli bir girdidir. İsbetli milli gelir tahmini isabetli bir bütçe tahmini ve dolayısıyla yatırım ve cari harcama kalemlerinde isabetli paylaşım/dağılıma olanak tanımaktadır. Mali piyasalar, yapısı itibarıyla ileriye dönük beklentiler çerçevesinde veriler sunmaktadır. Örneğin, borsa endeksindeki değişimler ekonomide beklentileri de fiyatlayacak şekilde oluşmaktadır. Dolayısıyla günlük hatta anlık olarak gözlemlenen mali piyasa verilerinin, diğer bir deyişle piyasa fiyatlarının analizi ekonominin geleceğine ilişkin piyasa beklentileri hakkında yorum yapabilmemize olanak sağlar. Piyasa beklentilerinin ortaklaşa olarak fiyatlandığı bu verilerden anlamlı büyüme tahminlerinin çıkarılabileceği değerlendirilmektedir. Mali piyasa verilerinin içerdiği bilginin anlamlı bir şekilde değerlendirilebilmesi için günlük frekansta verilerin kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu yaklaşımın getirdiği temel sorun, çeyreklik frekanstaki büyüme verisinin daha yüksek frekanstaki günlük veriyle nasıl tahmin edileceğidir. Yüksek frekanstaki verinin düşük frekansta çevrilmesi dönem içi aritmetik ortalama alma ve dönem sonu değeri alma gibi

yöntemlerle yapılabilmeyle birlikte bu yöntemler günlük verideki bilginin kaybolmasına yol açabilmektedir. Bu projede, MIDAS (Karma Veri Örneklemesi) regresyon modelleri kullanılarak bilgi kaybının önüne geçilmeye çalışılmıştır.

1.2. Kaynak Taraması

Ülkemizin milli gelir büyümesini tahmin edebilmek için makro ve mikro boyutta birçok farklı finansal verinin incelenmesi ve oluşturduğumuz modelde kullanılması gerekmektedir, çünkü Çeyreklik Milli Gelir Büyümesi Türkiye'nin üç aylık zaman diliminde gerçekleştirdiği tüm ekonomik faaliyetlerin ve farklı sektörlerdeki büyüme ve küçülmelerin bilgisini içermektedir. Bu bağlamda farklı frekanslardaki ve farklı varlık sınıflarındaki verilerin modelimizde doğru şekilde kullanılması projede üstesinden gelinmeye çalışılan temel iki problemdir. Günlük, haftalık ve aylık frekanslarda açıklanan finansal verilerin Milli Gelir Büyümesi tahmin modelimizde kullanabilmek için MIDAS (Karma Veri Örneklemesi) regresyon modelleri kullanılmıştır. Farklı varlık sınıflarından çok fazla sayıdaki finansal veriden uygun olanlarının seçilerek modelin daha verimli çalışmasını sağlamak için ise tahmin kombinasyonu metodu ve temel bileşenler analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu konuları öğrenebilmek için kaynak taraması yapılmıştır.

MIDAS yönteminin detaylı anlatımını içeren Elena Andreou, Eric Ghysels & Andros Kourtellos'un (2013) makalesi projenin yol haritasını oluşturmuştur. Makalede MIDAS'ın farklı modellerinin de anlatımı yapılmaktadır. ADL-MIDAS (özbağlanımlı dağıtılmış gecikme modeli) regresyon modelinde günlük frekanstaki verilerin çeyreklik frekansa dönüşümü yapılırken içinde bulunduğumuz çeyrekten kaç periyot gerideki verilerin incelenmesi gerektiğine karar verilir ve geçmiş periyotlardan seçilen verilere en uygun ağırlıkların verilmesi sağlanır. Bu modele alternatif olarak UMIDAS, NBPFD (Normalleştirilmiş Beta Olasılık Yoğunluğu Fonksiyonu), NEALP (Normalleştirilmiş Üstel Almon Lag Polinomu), gibi farklı regresyon modelleri de bulunmaktadır. Modellerin birbirinden farklılıkları genel olarak geçmiş zaman dilimlerinden seçilen verilere verilen ağırlıkların regresyon modellerinin kullanmış oldukları parametrelere göre değişim göstermesidir. Modellerin sahip olduğu genel yargı ise günümüze yakın verilere daha fazla ağırlık vererek yaygın olarak kullanılan tahmin modellerinden daha dinamik bir tahmin modeli oluşturmak ve açıklanması beklenen veriye en yakın sonucu elde etmektir. (Ek 1)

TC Merkez Bankası bünyesinde çalışan Bahar Şen Doğan ve Murat Midiliç'in (2017), Türkiye'nin milli gelir büyümesini tahmin edebilmek için kullanılması gereken mali piyasa verilerini araştırdığı makalesi modelde kullanılacak finansal verilerin seçilmesinde yardımcı olmuştur. Makalede kullanılan veriler "Datastream" ve TÜİK veri havuzundan elde edilmiştir.

Projede R bilgisayar programı kullanılmıştır. Programın içerdiği “midasr” paketi sayesinde Bloomberg eri terminalinden veri çekmek ve regresyon modelinde kullanılan farklı fonksiyonları yazmak daha kolay bir hale gelmiştir. Bu anlamda R programının detaylı anlatımını ve “midasr” paketinin kullanım kılavuzunu içeren çeşitli kaynaklardan da yararlanılmıştır.

2. Sistem Tasarımı

3.1 Sistemin Girdi ve Çıktıları

Kalkınma Bakanlığı için önerilen model, Milli Gelir Büyüme verisinin çeyreklik tahminini düşük hata payıyla bulmayı amaçlamaktadır. Modelde farklı varlık sınıflarından farklı frekanstaki veriler kullanılmaktadır. Sisteme girdi olarak; Türkiye Çeyreklik Milli Büyüme verisiyle birlikte günlük, aylık ve çeyreklik frekanstaki finansal veriler sayılabilir. Bunun yanında gerçek bir varlık sınıfında olmayan ancak yerel ve küresel marketlerin ekonomik faaliyetlerini yansıtmak amacıyla farklı kurumlar tarafından türetilen finansal göstergeler de sisteme girdi olarak sayılabilir. Farklı veri grupları, yazılan R kodu sayesinde, Bloomberg veri terminallerinden faydalanılarak kolayca indirilirken 300’den fazla veri grubuyla çalışılmıştır. Bu çerçevede 2002’den günümüze kadar olan veriler tercih edilmiştir. Yazılan kod sayesinde, kullanılan verilerin başlangıç ve bitiş tarihleri kolayca değiştirilebilir hale gelmiştir. Çok büyük boyutlu verilerle uğraşmak sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu yüzden Temel Bileşenler Analizi tekniği uygulanarak verilerin davranışları incelenip benzerlik ve farklılıkları vurgulanmıştır. Bu yöntem sayesinde veri kaybı olmadan veriler sıkıştırılabilmektedir. (Ek 2)



Sitemin tek ana çıktısı ise henüz açıklanmamış Çeyreklik Türkiye Büyüme Verisi tahminidir.

3.2 Model Tanıtımı

Türkiye'nin ulusal büyüme tahminlerini hesaplayan kuruluşlar arasında IMF, Bloomberg, Fitch, Ekonomist, TC Merkez Bankası, Goldman Sachs, Morgan & Stanley, JP Morgan, Nomura, Moody's, HSBC, Reuters ve TÜİK gibi kurum ve kuruluşlar yer almaktadır lakin hemen hepsi doğru büyüme tahmini yapmakta zorluk yaşarken, yıl içinde tahminlerini değiştirebilmektedirler. (Ek 3)

Veri setinde yer alan zaman serileri, modeli çalıştırmak için durağan olmalıdır. Bu zaman serilerinin durağanlığı, üç fazda inşa edilen durağanlık testi yapılarak sağlanır. İlk olarak, Genişletilmiş Dickey-Fuller testi ile verileri durağan olup olmadıkları kontrol edilir. Durağan zaman serileri herhangi bir işlemde geçmeden modeldeki yoluna devam eder. İkinci olarak durağan olmayan zaman serileri, zaman serilerinin trendi ile mevsimselliğinin ayıklandığı ve zaman serilerinin rasgele karakteristiğinin elde edildiği ayrıştırma sürecinden geçmektedir. Tekrar yapılan Genişletilmiş Dickey-Fuller testinden sonra hala durağan olmayan seriler varsa bu veriler, serileri durağan hale getiren 5 teknikten geçerler. (Ek 4)

Anlık Tahmin	$y_t = \mu + \sum_{j=1}^2 \mu_j y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{3-1} \beta^{pca}_{3r+j} x_{(t-r)3-j} + y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{84-1} \beta^{pca}_{84r+j} x_{(t-r)84-j} + y_{t-j} + \varepsilon_{t+1}$
Bir Çeyrek Sonrası Tahmin	$y_{t+1} = \mu + \sum_{j=0}^2 \mu_j y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{3-1} \beta^{pca}_{3r+j} x_{(t-r)3-j} + y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{84-1} \beta^{pca}_{84r+j} x_{(t-r)84-j} + y_{t-j} + \varepsilon_{t+1}$
İki Çeyrek Sonrası Tahmin	$y_{t+2} = \mu + \sum_{j=0}^2 \mu_j y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{3-1} \beta^{pca}_{3r+j} x_{(t-r)3-j} + y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{84-1} \beta^{pca}_{84r+j} x_{(t-r)84-j} + y_{t-j} + \varepsilon_{t+1}$
Üç Çeyrek Sonrası Tahmin	$y_{t+3} = \mu + \sum_{j=0}^2 \mu_j y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{3-1} \beta^{pca}_{3r+j} x_{(t-r)3-j} + y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{84-1} \beta^{pca}_{84r+j} x_{(t-r)84-j} + y_{t-j} + \varepsilon_{t+1}$
Dört Çeyrek Sonrası Tahmin	$y_{t+4} = \mu + \sum_{j=0}^2 \mu_j y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{3-1} \beta^{pca}_{3r+j} x_{(t-r)3-j} + y_{t-j} + \sum_{pca=0}^4 \sum_{r=0}^2 \sum_{j=0}^{84-1} \beta^{pca}_{84r+j} x_{(t-r)84-j} + y_{t-j} + \varepsilon_{t+1}$

Bu projede beş farklı model üzerinde çalışıldı. Bunlar sırasıyla; Anlık Tahmin (Ek 5), Bir Çeyrek Sonrası (Ek 6), İki Çeyrek Sonrası (Ek 7), Üç Çeyrek Sonrası (Ek 8) ve Dört Çeyrek Sonrası (Ek 9) Tahmin modelleridir. Çeyreklik Milli Gelir Büyümesi tahmin edilirken üç ardışık çeyreğin milli

geliri hesaba katıldı. Günlük ve aylık verileri Temel Bileşen Analizi (PCA)'ne soktuktan sonra beşer adet günlük ve aylık bileşen kullanıldı. Her çeyreklik tahmin için seksen dört günlük ve üç aylık veri kullanıldı.

$y(t)$: t anındaki Çeyreklik Milli Gelir Büyümesi

$x(t)$: t anındaki günlük, aylık ya da çeyreklik veri

$\beta(pca)$: pca no, $0 \leq pca \leq 4$

“midasr” paketi istenilen şekilde modelin kombinasyonuna izin vermediğinden ötürü birçok modeli birlikte harmanlamak yerine bir ana modele odaklanıldı.

3.3 Modellerin Doğrulanması

Özbağlanımlı dağıtılmış gecikme modeli ve faktör eklenmiş öz bağlanımlı dağıtılmış gecikme modeli projede faydalanılan temel iki modeldir ve eşitliğin sağ tarafında bulunan, X ile gösterilen finansal veri sayısı esneklik göstermektedir. Modelde tek seferde kullanılacak veri sayısının, her bir seri için şu andan geriye kaç zaman dilimi veri kullanılacağına, hangi MIDAS parametre araçlarının kullanılacağına belirlenebilmesi için geçmişte açıklanan veriler üzerinden modellerin başarısı ölçülmüştür.

Modelde kullanılan Türkiye ve yurtdışı verileri ekonomik faaliyetler dışında sezonluk veya siyasal etkilerle beklenti dışı kırılmalar, hızlı değişimler ve trend doğrultusunda hareketler göstermiş olabilir. Modelin başarısından söz edebilmek için öncelikle kullanılan verilerin beklenti dışı etkilerden temizlenmesi gerekmektedir. Ayrıca hafta sonları gibi, yurtiçi ve yurtdışı tatil günleri gibi nedenlerle oluşan veri setinin boşluklarının doldurulması için veri manipülasyonu yöntemleri kullanılmıştır. Veri manipülasyonu, veri setindeki boşluklar kendisinden bir zaman dilimi önce açıklanan sayısal değerlerle doldurulmuş ve bu veri setleri daha sonra durağan hale getirilmiştir. Bunun için Elena Andreou, Eric Ghysels & Andros Kourtellos'un (2013) makalesinde belirtilen ve beş kategoriden oluşan verileri durağan hale getirme adımları her bir seri için uygulanarak modelde çalıştırılmıştır. Modelde kullanılacak verilerin beklenti dışı etkilerden arındırılmış olduğundan emin olabilmek için R koduna durağanlık testi eklenmiştir. Durağanlık testi için belirlenen eşik değerini aşmayan verilerin durağan olduğuna veya kullanılan yöntemlerle durağan hale getirildiğine karar verilmiştir. Durağan haldeki veriler tahmin kombinasyonu ve temel bileşen analizi yöntemleriyle ilk eleme işlemine tabi olmuşlardır. Daha sonra verilerin 2002 yılından tahmin etmeye çalıştığımız çeyrekte bir önceki çeyreğe kadar açıklanan kısmı alınmış ve modelde kullanılmıştır. Modelin başarısı son açıklanan çeyreklik verisinden ne kadar saptığının hesaplanmasıyla ölçülmüştür. Hata payı hesaplanırken ortalama kareli hata ve ortalama mutlak yüzde hatası yöntemleri kullanılmıştır. (Ek 10,11)

3. Şirket Kazanımları ve Uygulama Planı

Farklı frekanstaki ve farklı karakterdeki varlık sınıflarından verileri kullanabilen ve Çeyreklik Milli Büyüme verisini tahmin edebilen fazla sayıda ülke bulunmamaktadır ve Türkiye de bu ülkelerden birisi değildir. Türkiye, mevcut durumda hareketli ortalama ve ağırlıklı ortalama gibi aynı frekanstaki veri setleriyle Çeyreklik Milli Büyüme verisi tahmini yapmaktadır. Çeyreklik gibi düşük frekanstaki verilerle çalışılırken, yüksek frekanstaki verilerin yönelimleri ve trend değişimleri gibi bilgiler gözlenememekte ve bu da düşük frekans verisi için yapılacak tahminin başarısını düşürmektedir. Bu proje, Kalkınma Bakanlığı'nın ve Türkiye İstatistik Kurumu'nun kendi yöntemleriyle yaptığı Çeyreklik Milli Büyüme Tahmini işlemine; MIDAS'ın farklı frekanstaki verilerin kullanımına olanak sağlaması, günümüze yakın verilere daha fazla ağırlık vermesi ve böylece dinamik bir yapıda olması sebebiyle halihazırda yapılan tahmin yöntemlerine yeni bir soluk getirmiş olacaktır.

Projenin kodlaması için R programı kullanılmıştır çünkü R programı ücretsiz kullanılabilmeyle beraber veri tahmini ve veri analizi gibi konularda sunduğu olanaklar (kod paketleri, çeşitli görsel öğeler gibi) oldukça geniştir. Bunun yanında verilerin Bloomberg veri terminalinden çekilmesi R programı sayesinde oldukça kolaydır ve bu sayede modelin çalıştırılması için gerekli veri setleri kolayca güncellenebilecektir.

4. Sonuç

Daha önce de bahsedildiği gibi Kalkınma Bakanlığı için bir sonraki çeyreklik büyüme verisinin gerçeğe yakın tahmin edilebilmesi daha doğru bir ekonomik planlama yapabilmek, eldeki kaynakları daha verimli kullanabilmek ve ülkenin kalkınması için daha doğru adımlar atabilmek için oldukça önemlidir. Proje sayesinde Çeyreklik Milli Büyüme Verisi daha doğru hesaplanabilmesi planlanmakta ve bunu yaparken çok fazla ek maliyet yaratmamaktadır. Modelde girdi olarak kullanılan değerlerin esnek yapıda olması ve kolayca değiştirilebilir olması modelin kullanılabilirliğini arttırarak farklı koşullarda ve gerekli zamanlarda kolayca güncellenebilmesini sağlamaktadır.

Proje başarıyla tamamlanmıştır. Günümüz tarihi itibariyle en son açıklanan veri 2017 son çeyrek GSYH verisi olmuştur ve **7.4** olarak açıklanmıştır. Modelimiz tarafından bulunan değer ise **6.35**'tir. Bu da diğer büyük kurumlarla kıyasladığımızda tutarlı bir tahmin yaptığımızın göstergesidir. Bundan sonraki dönemler için de tahminlerimiz sırasıyla;

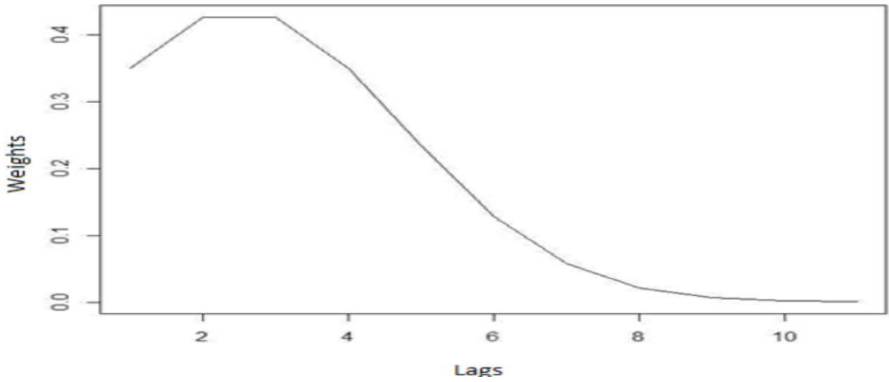
2018 1. Çeyrek için, 5.350071, 2018 2. Çeyrek için, 9.953186, 2018 3. Çeyrek için, 8.467694, 2018 4. Çeyrek için, 8.908118. (Ek 12)

KAYNAKÇA

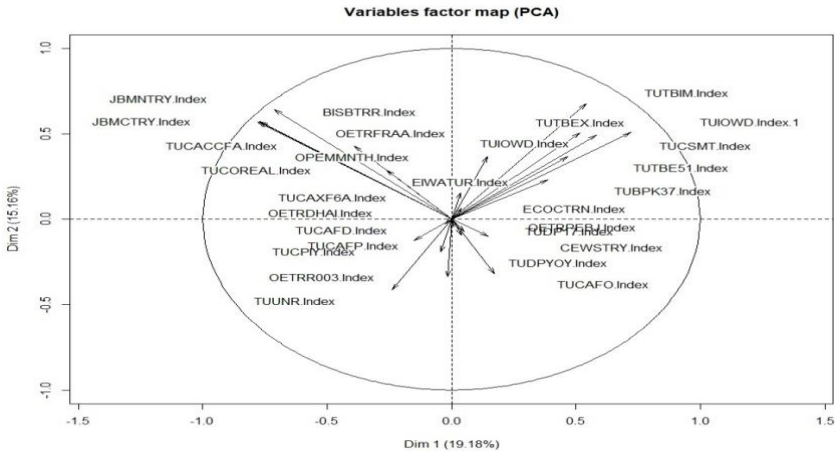
- Andreou, Elena, et al. "Should Macroeconomic Forecasters Use Daily Financial Data and How?." *Journal of Business and Economic Statistics*, vol. 31, no. 2, 2013, pp. 240-251. EBSCOhost, doi:www.tandfonline.com/loi/ubes20#.UdxlRayE7xU.
- Doğan, Midiliç, et al. "Forecasting Turkish Real GDP Growth in a Data Rich Environment" accessed 02.11.2017 Kalkınma Bakanlığının Teçkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, accessed at <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/4.5.641.pdf>, accessed 2.11.2017
- Eric, Ghysels, et al. "Mixed Frequency Data Sampling Regression Models: The R Package Midasr." *Journal of Statistical Software*, Vol 72, Iss 1, Pp 1-35 (2016), no. 1, 2016, p. 1. EBSCOhost, doi:10.18637/jss.v072.i04.

EKLER

Ek 1: Almon Lag parametresiyle ağırlık verme grafiği



Ek 2: Temel Bileşenler Analizi



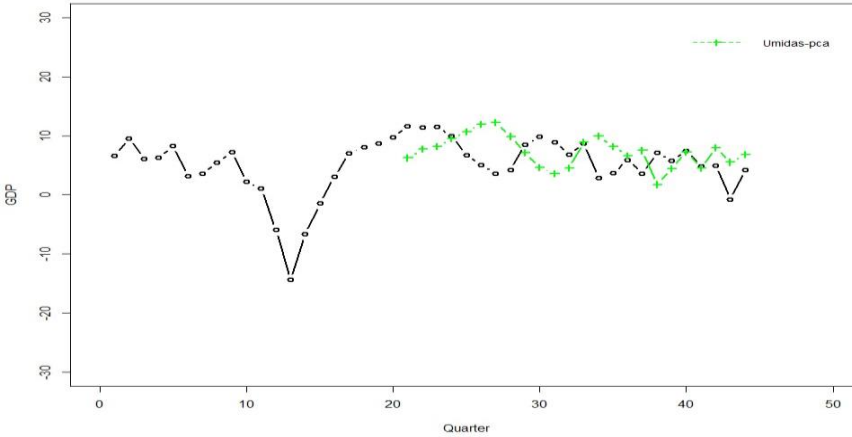
Ek 3: Farklı kuruluşlar tarafından yapılan büyüme tahminleri

	2017	2018
IMF (WEO 10 Ekim)	2,5→5,1	3,3→3,5
Bloomberg (6 Ekim)	4,2→4,8	3,3→3,3
Fitch (2 Ekim)	4,7→5,5	4,1→4,1
Consensus Forecast (Eylül)	4,3→4,7	3,5→3,6
Economist (14 Eylül)	4,0→4,0	3,3→3,3
TCMB Beklenti Anketi (Eylül)	4,4→4,6	4,0→4,0
Goldman Sachs (11 Eylül)	5,0→5,0	3,5→3,5
Morgan & Stanley (11 Eylül)	3,3→4,3	2,8→2,8
JP Morgan (11 Eylül)	4,6→5,3	3,1→3,1
Nomura (11 Eylül)	4,2→5,5	3,0→3,0
Moody's (30 Ağustos)	2,6 →3,7	2,9→3,2
HSBC (24 Ağustos)	3,0→4,0	2,8
Reuters (18 Temmuz)	3,9→4,6	3,3→3,8
OECD (7 Haziran)	3,3→3,4	3,4→3,5

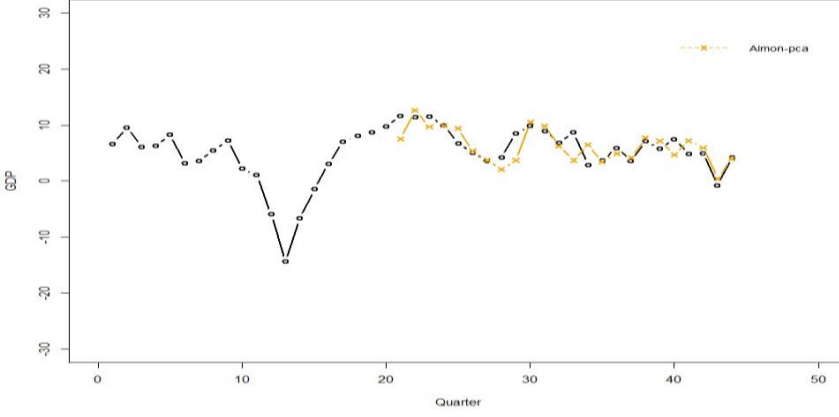
Ek 4: Durağanlaştırma Teknikleri (Z_{it} orijinal dönüştürülemeyen değişkeni ifade etmektedir..)

- 1 $X_{it} = Z_{it}$
- 2 $X_{it} = \Delta Z_{it}$
- 3 $X_{it} = \Delta^2 Z_{it}$
- 4 $X_{it} = \ln(Z_{it})$
- 5 $X_{it} = \Delta \ln(Z_{it})$
- 6 $X_{it} = \Delta^2 \ln(Z_{it})$

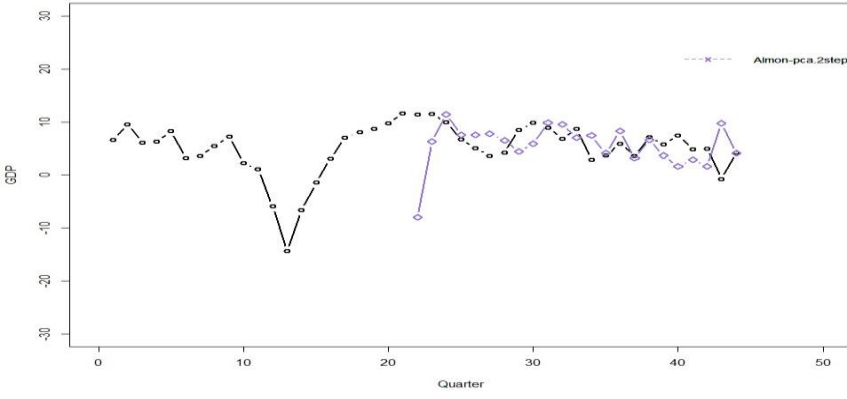
Ek 5: Anlık tahmin eden modellerle geçmiş yılların kıyaslanması



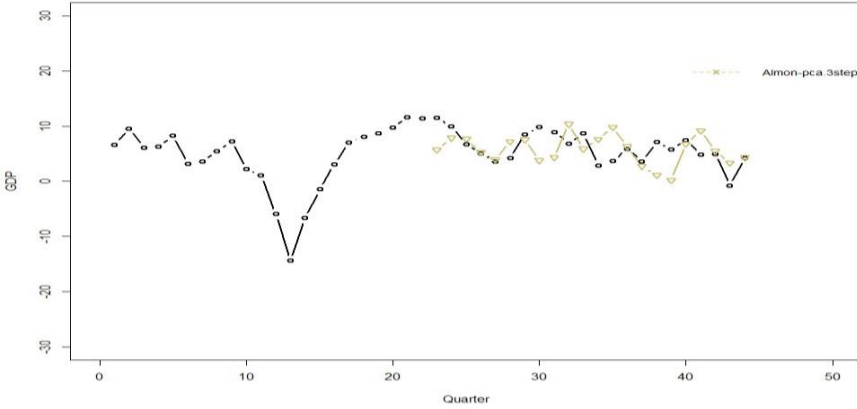
Ek 6: Bir çeyrek sonrası tahmin eden modelle geçmiş yılların kıyaslanması



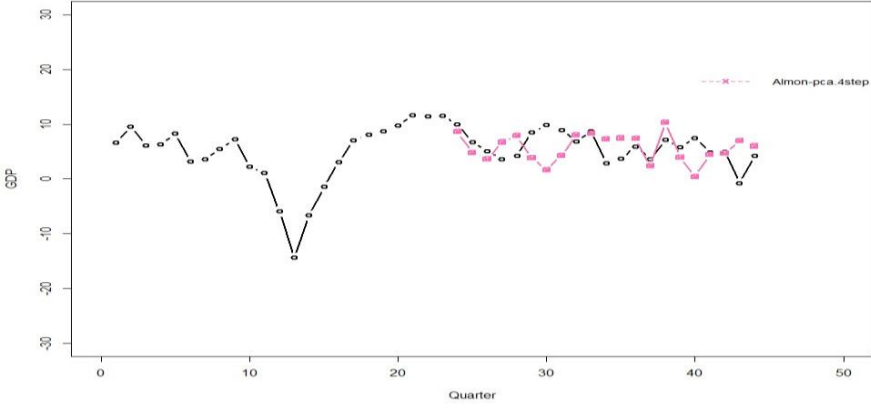
Ek 7: İki çeyrek sonrası tahmin eden modelle geçmiş yılların kıyaslanması



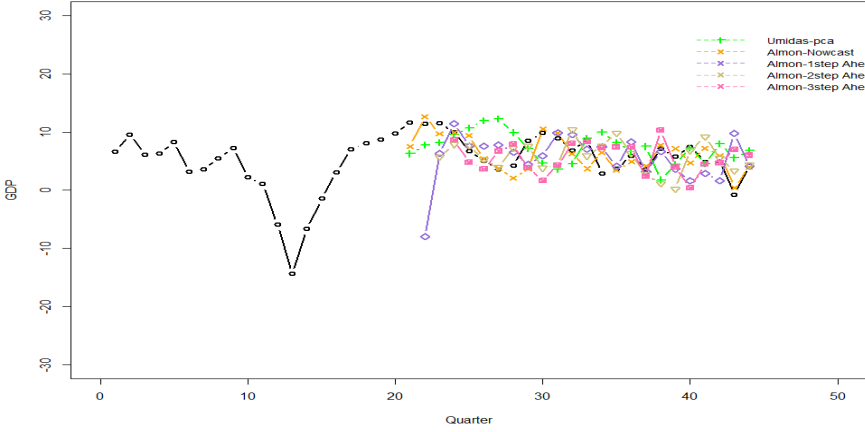
Ek 8: Üç çeyrek sonrası tahmin eden modelle geçmiş yılların kıyaslanması



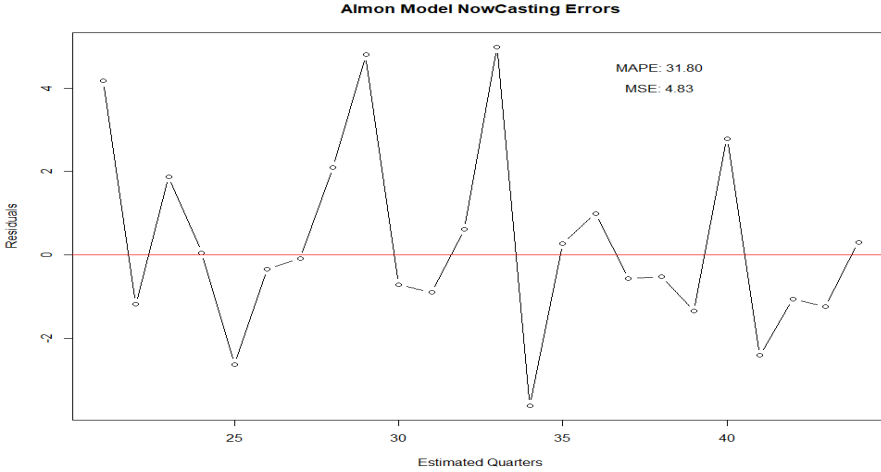
Ek 9: Dört çeyrek sonrası tahmin eden modelle geçmiş yılların kıyaslanması



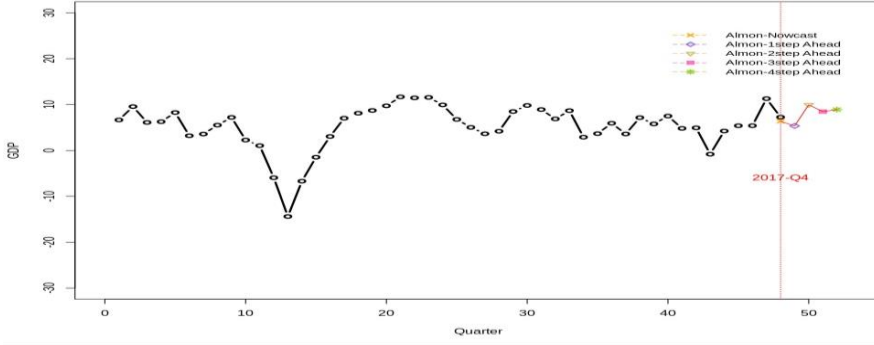
Ek 10: Geçmiş yılların verileri ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması



Ek 11: Şuanı tahminleyen modelin hata oranları



Ek 12: 2017 4. Çeyrekteen 2018 4. Çeyreğe kadar olan tahminler



Malzeme Sınıflandırması ve Operasyon Bazlı Depo Yerleşimi Eniyilemesi

Nurol Makina ve Sanayi A.Ş.



Proje Ekibi

Furkan Kasım Altunyaldız, Simay Ayça Çolak, Begüm Polat, Sarper Şahin, Nurullah Servi, Gözde Taşoluk

Şirket Danışmanları

Tüzün Süsveren
Planlama ve Tedarik Müdürü
Ceren Devren
Planlama Mühendisi

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Özlem Karsu
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Proje, Nurol Makina'nın depo yerleşim optimizasyon problemini konu almaktadır. Projenin amacı, öncelikle malzeme sınıflandırma politikası uygulamak ve sonrasında malzemeleri en uygun depo lokasyonlarına atamak için matematiksel modeller geliştirmektir. Malzeme yerleştirme politikası iki adımdan oluşmaktadır. İlk olarak, malzemeler, boyutlarına uygun bir şekilde ve sınıflandırma politikasının sonuçları doğrultusunda kutulara yerleştirilir. İkinci adımda, bu kutuları depodaki en uygun yerlere yerleştirmek için iki matematiksel model oluşturulmuştur. İkinci model uzun sürede sonuç verdiği için sezgisel bir algoritma tasarlanmıştır. Ayrıca, mevcut sistem ve önerilen sistem karşılaştırıldığında iş gücü, malzemeleri toplamak için harcanılan zaman, hurda oluşumu, malzeme kaybı ve depo trafiği açısından daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

1. Şirket Tanıtımı

Nurol Makina ve Sanayi A.Ş. anahtar teslimi, endüstriyel tesisler kurmak, çelik konstrüksiyon ve makina imalatı konularında büyük ölçekli taahhüt işleri gerçekleştirmek üzere 1976 yılında kurulmuştur. Savunma Sanayii Müsteşarlığının kurulması ve ülkemizde savunma sanayi faaliyetlerinin başlamasından sonra savunma sanayi alanında da faaliyetlere başlamıştır. Nurol Makina, Sincan Birinci Ankara Sanayi Bölgesi'ndeki tesislerinde 1992'de üretim faaliyetlerine başlamıştır. 65.000 m²'si açık, 25.000 m²'si kapalı olmak üzere 450'yi aşkın personeliyle operasyonlarını sürdürmektedir. Şirketin ürün portföyünü Ejder TOMA, Ejder Yalçın, Ejder Kunter, Ilgaz II ve NMS 4x4 oluşturmaktadır. 295 milyon dolarlık toplam geliriyle Nurol Makina sektörün lider şirketleri arasında yer almaktadır. Şirket, %25,6'lık yıllık büyüme oranı ile sektör ortalamasının üzerindedir.

2. Proje Kapsamı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1 Proje Kapsamı

Proje kapsamında, depodaki malzemelerin daha sistematik ve sürdürülebilir bir şekilde muhafaza edilebilmesi için çok kriterli malzeme sınıflandırması ve spesifik malzeme-lokasyon ataması yer almaktadır. Projenin temel amacı, depo içerisindeki malzemeleri toplamak ve saymak için harcanılan zamanı en aza indirmektir. Proje, operasyon bazlı olup ilgili verileri bulunan gövde operasyonu malzemeleri üzerinden yürütülmüştür. Diğer operasyonlar ve hakkında yeterli veriye sahip olunmayan malzemeler projenin kapsamı dışındadır. Gövde operasyonu malzemeleri depoda bulunan bölümlerden birine yerleştirilecek şekilde ele alınmıştır.

2.2 Mevcut Sistem Tanımı

Mevcut depo 3'ü depolama alanı, 1'i kalite kontrol bölgesi olmak üzere toplamda 4 bölümden oluşmaktadır. Depo düzeni Ek-1'de verilmiştir. İlk bölüm, proje kapsamındaki malzemelerin yerleştirileceği depo olup toplam 70 adet 4 katlı bloklardan oluşmaktadır. İkinci bölüm, temin edilen ürünlerin kalite ve kontrollerinin yapıldığı alandır. Gelen malzemeler depolara yerleştirilmeden önce burada etiketlenip ilgili yerlere gönderilir. Ayrıca, bu bölümde herhangi bir malzeme depolanması yapılmamaktadır. Üçüncü bölüm, 36 bloktan oluşan depolama alanıdır. Dördüncü bölümde, elektronik malzemeler ve son operasyonlarda kullanılan alt parçalar depo edilmektedir. Bu bölümde birçoğu montaj operasyonlarında kullanılan küçük boyutlu malzemeleri daha sistematik bir şekilde depolamak için iki adet dikey depolama makinası (Modula ve Haenel) bulunmaktadır. Birinci, ikinci ve dördüncü bölümlerde, boyalı ve kaynaklı parçalar ile zırhlar yer almaktadır. Bu bölümlerde birçok üretim dışı ve geçmiş projelerden kalma malzemeler depo edilmektedir. Mevcut durumda, depoda 2'si büyük 2'si küçük olmak üzere 4 forklift bulunmakta ve 11 personel çalışmaktadır.

2.3 Mevcut Sistem Analizi

Mevcut süreçte, malzemelerin depoda belirli bir yeri olmadığı için operatörler malzemeleri depoda uygun gördükleri yerlere rastgele yerleştirmektedir. Bu nedenle, malzemeleri depo konumlarına zaman kaybını enazlayacak şekilde atayan bir tam sayılı doğrusal programlama modeline ihtiyaç duyulmaktadır.

Malzemeler belirli bir sisteme göre kategorize edilmediği için aynı rafa benzer olmayan malzemelerin yerleştirildiği görülmüştür. Bu durum personelin depoda iş emrindeki malzemeleri toplamak için daha fazla vakit harcamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, her bir materyalin sınıfına karar vermek ve bunları kategorize etmek için malzeme sınıflandırma politikası gerekmektedir. Ayrıca, materyallerin bilgilerini göstermek için ambalajlarda malzeme kimlik kartı bulunmamaktadır ve operatörler ambalajların üzerine malzeme kodları ve isimlerini yazmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için standart malzeme kimlik kartı oluşturulmasına karar verilmiştir. Son olarak, ilgili malzemelerin bir arada depolanmasını kolaylaştırmak için standart kutular kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

3. Problem Tanımı

3.1 Belirtiler ve Şikayetler

Şirkete yapılan ziyaretler sonucunda problem ile ilgili gözlenen belirtiler aşağıdaki gibidir.

- Yoğun depo trafiği
- Kayıp ve hurda malzemelerin oluşumu
- Bazı malzemelerin doğru tanımlanamaması
- İş emirlerindeki malzemelerin toplama süresinin uzaması

3.2 Problem Tanımı

Problemin yaşandığı depo bölümü ve ilgili bölümler incelenip mevcut sistem gözlemlenmiş ve sistemde zaman ve iş gücü kayıpları, depo içerisindeki yoğun trafik ve hurda ile kayıp malzemelerin oluşması gibi problemler olduğu görülmüştür. Bu problemlerin sebepleri olarak malzemenin sınıflandırılmaması, malzeme lokasyonlarının rastgele belirlenmesi ve sabit olmaması, standart paketleme olmaması, malzeme kartlarının eksikliği, fazladan stoklanmış malzemeler olması ve depolanmaması gereken malzemelerin depoda tutulması gibi saptamalara ulaşılmıştır.

3.3 Literatür Taraması

Proje kapsamındaki problemleri ele alan malzeme sınıflandırması ve malzeme atamasına yönelik bir literatür taraması yapılmıştır. Roszkowska (2011) çalışmasında çok kriterli malzeme sınıflandırması sağlayan TOPSIS metodunu incelemiştir. Bu metod alternatifleri kendi içerisinde sıralayabilmek için kullanışlı bulunmuştur. Hausman (1976) çalışmasında 3 farklı atama politikasını (Rastgele atama, belirlenen yere atama, sınıf bazlı atama)

karşılaştırmıştır. Böylece hangi atama yönteminin projenin ilerleyen kısmında kullanılacağına karar verilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada malzeme sınıflandırması da konu alınmıştır ve ABC gruplandırmasında bu kaynaktan faydalanılmıştır. Chuang (2012) malzeme toplanmasında katedilen mesafeyi en aza indirmeye yönelik yöntem sunmuştur. Bu yöntemde iki malzemenin farklı lokasyonlarda ve aynı lokasyonlarda olması karşılatırılıp katedilen mesafeyi en aza indiren duruma ulaşılır. Brynzer (1996) malzeme toplama süresinin en aza indirgenmesi üzerine çalışmıştır. Makalede malzemeler talep bazlı toplama bilgileri üzerine gruplandırılmıştır. Bu bilgiler kullanılarak malzemeler için bir kodlama düzeni kurulmuştur. Böylece, malzeme toplama süresi ve hataları en aza indirgenmektedir. Guerriero (2012) sınıflandırılmış malzemelerin spesifik lokasyonlara atanmasına yönelik çözüm sunmuştur. Malzemelerin atanacağı raf lokasyonları, sunulan literatürde X, Y ve Z eksenini olarak 3 boyutlu bir şekilde ele alınmıştır. Amaç, aynı sınıftaki malzemelerin yanyana, karşılıklı ve arka arkaya koyulmasını sağlayarak malzemelerin toplanmasında aşamasında katedilen mesafe ve süreyi en aza indirmektir.

4. İzlenen Yöntem ve Uygulamaları

Projede, öncelikle malzemelerin sistematik bir şekilde sınıflandırılması gerektiği düşünülmüştür. Bu sınıflandırmada TOPSIS metodu kullanılmış ve malzemeler için sınıflandırma kriterleri belirlenip mevcut parametrelerle sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Bir sonraki adımda, bu sınıflandırma baz alınarak malzeme-lokasyon ataması yapılmıştır. Depo yerleşimini, çalışılması kolay bir forma kavuşturmak için standart kutu ölçüleri belirlenmiştir. Atama kararları, benzer malzemeleri birbirine yakın yerleştirerek malzemeleri toplamak ve saymak için harcanılan zaman kaybını enazlamaya çalışan matematiksel modeller kullanılarak verilmiştir.

Çözüm yaklaşımı 3 aşamadan oluşmaktadır. Aşamalar için hazırlanan akış şeması Ek-2' de gösterilmiştir. İlk aşamada fiyat, temin süresi ve kullanım sıklığı kriterleri kullanılarak malzeme sınıflandırma politikası uygulanmıştır. İkinci aşamada ise 2 alternatif algoritma kullanılmıştır. Sınıflandırılan malzemeler bir algoritmada hacimleri baz alınarak, diğer algoritmada ise boyutları baz alınarak kutulara atanmaktadır. Bu işlemler Excel VBA üzerinden kodlanmıştır. Son aşamada ise kutuların depodaki en uygun lokasyonlara atanması hedeflenmiştir. Bunun için 2 matematiksel model geliştirilmiştir. Modellerden ilki kutuların sınıflarını, diğeri ise benzerlik skorlarını gözeterek atama işlemini yapmaktadır. Bu modeller Xpress Solver çözücüsü kullanılarak çözülmüştür. Aynı zamanda, matematiksel modellere alternatif olarak bir algoritma yazılmıştır ve bu algoritma da Excel VBA üzerinden kodlanmıştır.

4.1 Sınıflandırma Metodu (TOPSIS)

Depoya sistematik bir yerleşim düzeni sunmak ve malzemelerin ayırt edilmelerini kolaylaştırabilecek bir kimlik yaratmak için sınıflandırma politikası geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu metodu uygulamak için şirket yetkilileriyle konuşulup sınıflandırma kriterlerinin neler olacağı belirlenmiş ve kriterlere verilecek ağırlıklar kararlaştırılmıştır. Bu kriterler fiyat, temin süresi ve kullanım sıklığı olup, ağırlıkları sırasıyla 0,6, 0,3 ve 0,1'dir. Bu 3 doğrultuda şirketten malzemeler için fiyat, temin süresi ve kullanım sıklığı verileri alınarak, malzemelerin TOPSIS skorları elde edilmiştir.

TOPSIS skorunu elde etmek için ilk olarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulmuştur. İdeal ve anti-ideal çözümler bulunmuştur. Ayırım ölçütü ve ideal çözümlere yakınlık hesaplanmıştır. TOPSIS skorları oluşturulduktan sonra malzemeler yüksek TOPSIS skorundan düşük skora göre sıralanmıştır. Elde edilen skorlar kullanılarak bir grafik oluşturuldu (Ek-3) ve bu grafikteki kırılma noktalarına göre eşik değerleri belirlenmiştir. Malzemeler eşik değerlerine göre A, B ve C olarak sınıflandırılmıştır.

4.2 Malzemeleri Kutuya Atama Algoritmaları

Malzemeleri kutulara atamak için 2 tane sezgisel algoritma geliştirilmiştir. İlk algoritma hacim bazlı atama yapmaktadır ancak bu atama gerçekçi çözüm vermediği için malzeme boyutlarına göre atama yapan alternatif bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritmaların girdileri malzemelerin sınıfları, hacimleri, boyutları ve stok sayıları olarak belirlenmiştir.

4.2.1 Hacim Bazlı Algoritma

Bu algoritmanın amacı, malzemeleri mümkün olduğunca ait olduğu sınıftan malzemelerle aynı kutuya atamaktır. Malzemelerin birim hacmi, stok sayısı ile çarpılır ve malzemelerin toplam envanter hacmi bulunur. Algoritma, her malzeme için ilk kutudan başlayarak yeterli hacim olup olmadığına bakar. Malzemeler kutuya atanabiliyorsa atanır, yoksa atanamayan kısmı yeni bir kutuya yerleştirilir.

Bu algoritma için Excel VBA kodu yazılmış ve 70 malzeme için çalıştırılmıştır. Sonuç olarak, bu malzemeler 42 kutuya atanmıştır. A sınıfına ait 5 kutu, B sınıfına ait 19 kutu ve C sınıfına ait 18 kutu kullanılmıştır. Kutuların doluluk oranları %90 ile %100 arasında değişmektedir.

4.2.2 Boyut Bazlı Algoritma

Bu algoritma için malzemelerin en, boy ve yükseklik ölçüleri kullanılmıştır. İlk olarak, aynı malzemeler kutuya sığacak şekilde üst üste konularak bir malzeme kolonu oluşturulmuştur. Malzemenin sayılarına göre kaç tane kolon gerektiği hesaplanmıştır. Algoritma her kutu için aynı sınıftaki malzemelere bakarak tek bir yönde yerleştirme yapar ve kutu doldurulana kadar devam eder. Excel VBA kodu sonucunda, 70 malzeme için A sınıfına ait

9 kutu, B sınıfına ait 41 kutu ve C sınıfına ait 30 kutu kullanılmıştır. Kutuların doluluk oranları hacim algoritmasına göre daha azdır.

4.3 Kutuları Depodaki Yerlerine Atama Modelleri

Kutuları depodaki yerlerine atamak için hiyerarşik olarak iki model çözülmektedir. Birinci modelin çözümü ikinci modele girdi olarak kullanılmaktadır.

4.3.1 Sınıf Bazlı Model

Bu modelde önceki adımdaki algoritmalarından elde edilen kutuların sınıfları ve sayılarına ilave olarak raf-blok sayıları kullanılmaktadır. Matematiksel model, kutuların yan yana, karşılıklı ve üst üste olmasını teşvik etmek için ödül skoru kullanmakta ve modelde toplam ödül ençoklanmaktadır. Sınıfları aynı olan kutuların birbirlerine olabilecek en yakın yerde olabilmesi amaçlanmaktadır. Şirketin isteği doğrultusunda A sınıfındaki (temin süresi, fiyat ve kullanım sıklığı en yüksek olan) malzemelerin girişe yakın olabilmesi için kısıtlar kullanılmıştır. Geliştirilen tam sayılı doğrusal programlama modeli Xpress kullanılarak, 12 blok ve 4 raf, 42 kutu için çözülmüştür.

4.3.2 Benzerlik Bazlı Model

Sınıf bazlı modeldeki gibi bu modelde kutu sayısı ve raf-blok sayısı parametre olarak kullanılmaktadır. Fakat kutu sınıfları ve ödül yerine, bu modelde farklı olarak benzerlik skorları ele alınmaktadır. Her bir kutuya içindeki malzemelerin TOPSIS skorlarının aritmetik ortalaması alınarak bir skor atanmıştır. Kutu ikililerinin benzerlik değerleri, skorları arasındaki farklar hesaplanarak bulunmuş, yani skorları birbirine yakın olan kutular benzer kabul edilmiştir. Sınıf bazlı model sayesinde aynı sınıftan olan kutular yakın yerleştirilmiştir. A sınıfındakiler giriş kapısına yakın, C sınıfındakiler ise kapıdan en uzak yerlerde olacak şekilde atanmıştır. Örneğin A grubu kutularının hangi lokasyonlarda olacağı birinci model çözülerek belirlenmiştir. Model Ek-4'de verilmiştir. Ancak bu model aynı sınıftaki kutular arasında ayırım gözetmemektedir. Benzerlik modelinin amacı, aynı sınıfta olan kutuların spesifik olarak yerleştirilmesidir. Bu model 10 ve üzeri kutu için çalıştırıldığında makul sürede çözüm bulamadığı için buna alternatif olarak sezgisel çözüm algoritması geliştirilmiştir.

4.3.3 Benzerlik Algoritması

Kutuların içindeki malzemelere göre oluşan skorları Excel'de yüksek skordan düşük skora doğru sıralanmıştır. Oluşturulan algoritmaya göre en yüksek skorlu kutu girişteki en alt rafa atanır. Her rafa 2 kutu atanacak şekilde algoritma sıradaki en yüksek skora sahip kutuyu atamaya devam eder. Tüm blok doldurulduktan sonra diğer bloğa geçilir. Excel VBA ile kodlanan bu algoritma benzerlik bazlı modele göre daha kısa sürede olurlu bir çözüm bulmuştur.

5. Arayüz Tasarımı

Proje kapsamında, şirket için bir karar destek sistemi (KDS) oluşturulmuştur. MS Excel tabanıyla hazırlanan bu programın ana sayfası 3 adet butondan oluşmaktadır (Ek-5). “Malzeme ekle” butonu, malzeme listesine yeni malzeme eklemek için kullanılmaktadır. Malzeme gerekli bilgiler kullanıcıdan alındıktan sonra “ekle” butonu ile listeye eklenmektedir. “Malzemenin sınıfını bul” butonu, “Malzeme ekle” butonu ile güncellenmiş malzeme listesini kullanarak malzemelerin sınıfını bulmak için kullanılmaktadır. Bu tuşa basıldığında kullanıcı yeni bir sayfaya yönlendirilir. Sınıflandırmada kullanılacak kriter ağırlıklarını değiştirmek için “Ağırlık Değiştir” butonu kullanılmaktadır. Varsayılan değerleri kullanarak malzemelerin sınıfını bulmak için diğer tuş kullanılır. “Malzemenin lokasyonunu bul” butonu, malzemelerin sınıfları oluşturulduktan sonra kullanılır ve malzemelerin yerlerini belirlemeye yarar. Malzemelerin yerleri belirlenirken kutuya atama algoritmaları ve kutuları raflara atama algoritması birlikte çalıştırılır. Sistemin çalıştığına dair işlem bittikten sonra işlemin bittiğine dair uyarı verilir.

6. Sonuçlar ve Değerlendirme

Projede, Nurool Makina'nın deposunda karşılaştığı problemlere kullanılmaya hazır, sürdürülebilir ve etkin çözümler sunulmuştur. Projenin ilk adımında, proje kapsamındaki tüm malzemelerin TOPSIS metodu ile sınıfları belirlenmiştir. Malzeme sınıfları belirlendikten sonra her malzeme için en, boy ve yükseklik ölçümleri yapıp malzeme atamasını daha sürdürülebilir ve sistematik hale getirmek için standart kutu boyutları belirlenmiştir. Projenin ikinci adımında, geliştirilen alternatif algoritmalar ile malzemeler TOPSIS skorlarından yararlanılarak kutulara yerleştirilmiştir. Sonraki aşamada ise matematiksel modellerden yararlanılarak, kutular spesifik yerlerine yerleştirilmiştir. Bu sayede, malzemelerin belirsiz yerlerde istiflenmesi önlenerek malzeme kayıpları ve hurda oluşumları azalacaktır. Ayrıca, yapılan bu malzeme atama çalışması malzeme toplama süresini azaltarak iş gücü kaybını en aza indirecektir.

Mevcut sistemdeki malzeme yerleşimi ile önerilen malzeme yerleşimi, örnek iş emirlerine göre karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için 2 örnek iş emri oluşturulmuştur. Depo görevlisinin toplama sırasında yürüyerek geçirdiği zaman ve malzemeyi yerinden alma süresi hesaba katılmıştır. Bu iş emirlerine göre yapılan karşılaştırmalara göre toplama süresinde %67 ve %44 oranlarında iyileştirme gözlemlenmiştir.

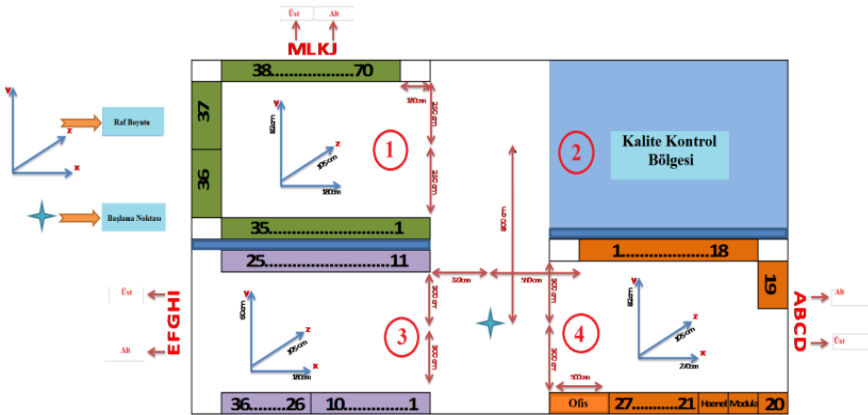
Proje bitiminden sonra yeni malzemeler eklenebileceği ve mevcut malzemeler üzerinde güncellemeler yapılabileceği düşünülüp proje tamamlandıktan sonra da fayda sunabilecek esneklikte bir arayüz tasarlanmıştır.

KAYNAKÇA

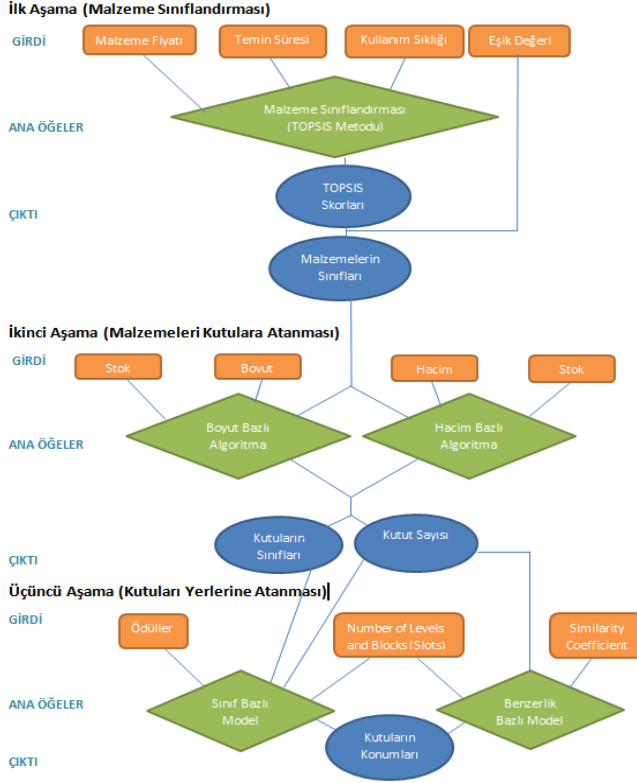
- Brynzér, H., & Johansson, M. (1996). Storage location assignment: Using the product structure to reduce order picking times. *International Journal of Production Economics*, 46-47, 595-603. doi:10.1016/0925-5273(94)00091-3.
- Chuang, Y., Hsu-Tung, L. & Yi-Chuan, L. (2012). Item-Associated Cluster Assignment Model on Storage Allocation Problems. *Computer & Industrial Engineering*, (63)1171-1177.
- Guerriero, F., Musmanno, R., Pisacane, O., & Rende, F. (2013). A mathematical model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a warehouse with compatibility constraints. *Applied Mathematical Modelling*, 37(6), 4385-4398. doi:10.1016/j.apm.2012.09.015
- Hausman, W. H., Schwarz, L. B., & Graves, S. C. (1976). Optimal Storage Assignment in Automatic Warehousing Systems. *Management Science*, 22(6), 629-638. doi:10.1287/mnsc.22.6.629
- Nurol Makina ve Sanayi AŞ 2017. About Us, accessed at <http://www.nurolmakina.com.tr/en/corporate> as of October 25, 2017.
- Roszkowska, Ewa (2011). Multi-criteria Decision Making models by applying the TOPSIS Method to Crisp and Interval Data, *Multiple Criteria Decision Making* (6), pp. 200-230

EKLER

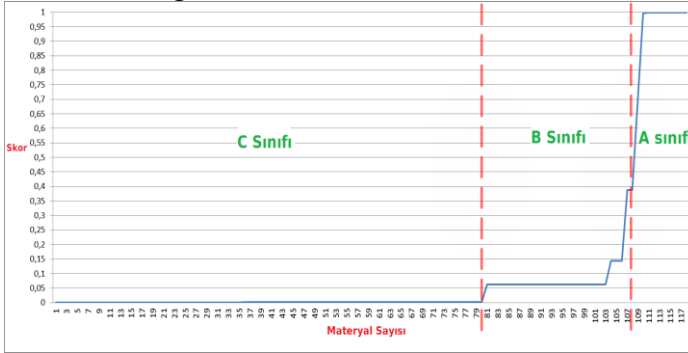
Ek 1. Depo Düzeni



Ek 2. Akış Şeması



Ek 3. TOPSIS Skor Grafiği



Ek 4. Benzerlik Modeli

Parametreler:

$Kutular = \{1, \dots, N\}$ kutu sayıları kümesi

$S = \{1, \dots, M\}$ blok sayıları kümesi

$L = \{1, \dots, h\}$ kat sayıları kümesi

$T =$ slotlar kümesi

T_1 = ilk katta ve aynı koridorda tek komşulu slotlar kümesi

T_2 = ilk kattaki karşılıklı slotlar kümesi

S_{ij} = Kutu i ve j arasındaki benzerlik skoru $\forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad i \neq j$

Karar Değişkenleri:

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ ve } j \text{ kutuları birbirine yakınsa} \\ 0, & \text{öteki durumda} \end{cases}$$

$$X_{isl} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ kutusu slot } (s, l)'ye \text{ atanırsa} \\ 0, & \text{öteki durumda} \end{cases}$$

$$z_{ijsl}^1 = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ ve } j \text{ kutuları aynı blokta komşu slot } (s, l)'ye \text{ atanırsa} \\ 0, & \text{öteki durumda} \end{cases}$$

$$z_{ijsl}^2 = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ ve } j \text{ kutuları aynı katta komşu slot } (s, l)'ye \text{ atanırsa} \\ 0, & \text{öteki durumda} \end{cases}$$

$$z_{ijsl}^3 = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ ve } j \text{ kutuları karşılıklı slot } (s, l)'ye \text{ atanırsa} \\ 0, & \text{öteki durumda} \end{cases}$$

$$1, \dots, N \quad j = 1, \dots, N \quad i \neq j \quad s = 1, \dots, M \quad l = 1, \dots, h$$

$$\text{Maximize } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} * S_{ij}$$

$$\sum_{s=1}^M \sum_{l=1}^h X_{isl} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$\sum_{s=1}^M \sum_{l=1}^h z_{ijsl}^1 + z_{ijsl}^2 + z_{ijsl}^3 \geq C_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad i \neq j \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{isl} \leq 1 \quad \forall s = 1, \dots, M \quad \forall l = 1, \dots, h \quad (3)$$

$$z_{ijsl}^1 \leq X_{isl} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \forall s = 1, \dots, M \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (4)$$

$$z_{ijsl}^1 \leq X_{j(s+1)l} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \forall s = 1, \dots, M \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (5)$$

$$z_{ijsl}^2 \leq X_{isl} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad s \in T_1 \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (6)$$

$$z_{ijsl}^2 \leq X_{j(s+1)l} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad s \in T_1 \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (7)$$

$$z_{ijsl}^3 \leq X_{isl} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad s \in T_2 \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (8)$$

$$z_{ijsl}^3 \leq X_{j(s+\frac{M}{2})l} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad s \in T_2 \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (9)$$

$$z_{ijsl}^1 = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \forall s = 1, \dots, M \quad l = h \quad i \neq j \quad (10)$$

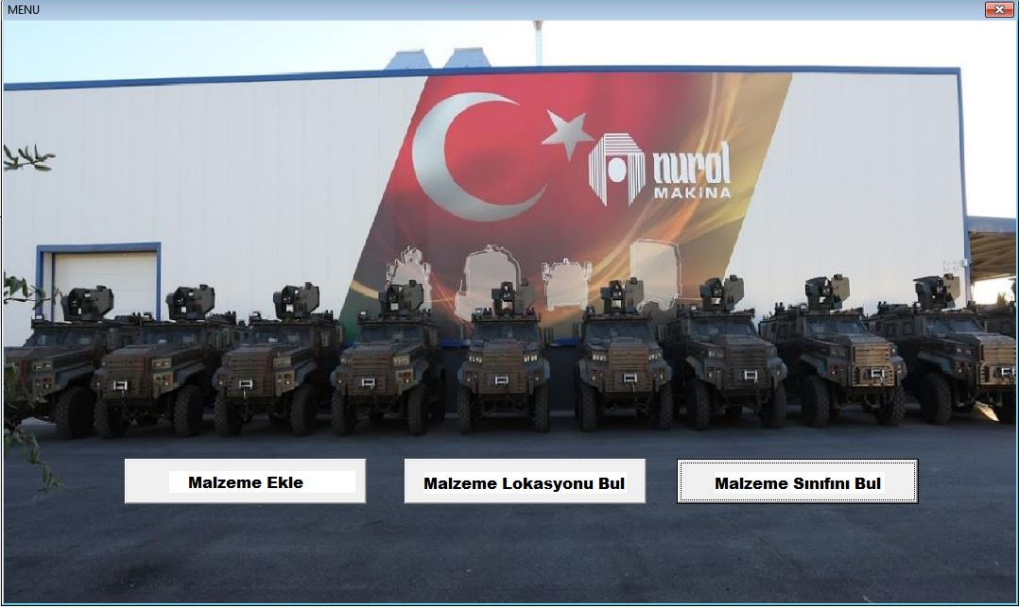
$$z_{ijsl}^2 = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad s \in T_1 \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (11)$$

$$z_{ijsl}^3 = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad s \in T_2 \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (12)$$

$$X_{isl} \in \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall s = 1, \dots, M \quad \forall l = 1, \dots, h \quad (13)$$

$$z_{ijsl}^1, z_{ijsl}^2, z_{ijsl}^3 \in \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, N \quad \forall j = 1, \dots, N \quad \forall s = 1, \dots, M \quad \forall l = 1, \dots, h \quad i \neq j \quad (14)$$

Ek 5. Kullanıcı arayüz ana sayfası



Zırh Çeliği Üretim Akışı Eniyilemesi

Nurol Makina ve Sanayi A.Ş.



Proje Ekibi

Elif Çetin, Yağız Berk Işıkkçelik, Ferda İrem İskurt, Can Özbakır, Ayça Özkan,
Emine Asena Senirli

Şirket Danışmanı

Alper Çetinkaya
Planlama Mühendisi

Akademik Danışman

Doç. Dr. Osman Oğuz
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu projede fabrika içi zırh çeliği plakalarının istasyonlar arası akış optimizasyonu hedeflenmiştir. Fabrika içerisindeki akış komplikasyonları üç ana parçada yoğunlaşmış ve Sponson, Upperside ve Bottom parçaları proje kapsamına alınmıştır. Bu bağlamda, mevcut durum spaghetti diagramı kullanılarak en çok problem teşkil eden istasyonlar kalite kontrol istasyonları olarak belirlenmiştir. Her parçaya özgü değer akışı diagramları sonucunda her parçanın fabrika içerisinde geçirdiği zamanın alt başlığı olarak değer katan ve katmayan zamanları belirlenmiştir. Gözleme ve tecrübeye dayalı veriler, mevcut durum ARENA simülasyonu sayesinde doğrulanmıştır. Single Facility Rectilinear Algoritması sayesinde kalite kontrol bölümü üç kalite noktası olarak parçalanmış ve uygunluğa göre optimum koordinatlara yerleştirilmiş ve simülasyonu yapılmıştır. Bu yaklaşım, kendi içerisinde de iyileştirilerek bir çözüm alternatifi sunulmuştur. İyileştirmeler sonrasında ikinci bir spaghetti diagramı çizilerek son durum görselleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler Kalite kontrol noktaları, yerleşim planındaki trafik, spaghetti diyagramı, optimizasyon

1. Sistem Tanımı

Nurol Makina Sanayi A.Ş 1976 yılında Nurol Holding bünyesinde kurulmuş bir özel şirkettir. Nurol Makina 4x4 segmentinde zırhlı muharebe ve taşıma araçları üretmektedir. Üretim sipariş üzerine yapılmaktadır. Aynı zamanda müşteri isteklerine ve kullanım şartlarına göre araçlarda özelleştirmeye gidilmektedir.

Nurol Makina'da üretimin ilk aşaması tedarikçilerden temin edilen zırh çeliği plakalarının getirilmesi ile başlamaktadır. Her plaka üretime başlanmadan önce kalite kontrol aşamasından geçmektedir. Bazı parçalar üretim öncesi kumlama gerektirmektedir. Bu plakalar taşeron firmalar tarafından kumlanır ve yüzeyleri pürüzsüzleştirilip üretime hazır hale getirilir. Bütün plakalar için üretimin ilk aşaması lazer kesimdir. Forklift yardımı ile plakalar lazer kesim tezgahına yerleştirilir ve işlem sonrası kalite kontrol noktasına gönderilir. Üretim sürecindeki temel nokta bütün plakaların her işlem sonrası – lazer kesim, taşlama, pres, çapak alma – kalite kontrol noktasına gitme ihtiyacıdır. Tamamlanmış ve yarı mamul ürünler müşteriye hazır halde kalite kontrol noktasının çevresindeki alanda kaynak, montaj ve boya işlemleri için bekletilmektedir.

2. Data Analizi ve Yorumlanması

Çoklu zaman etüdü yapılarak gerekli veriler toplanmıştır. Projede üç parça üzerine odaklanılmıştır. Bu parçalar sponson, üst ve alt plakalardır. Her istasyonda ve taşımada geçen zaman ölçülmüş, değer katan ve değer katmayan zamanlar tespit edilmiştir. Toplanan veriler her parça için ayrı olarak değer akış şemasına aktarılmıştır. Böylece değer katmayan zamanlar tamamen giderildiği takdirde elde edilen ideal üretim süresi hesaplanmıştır. Bu değer her parça için üretimden elde edilebilecek maksimum verimlilik olarak tanımlanmış ve mevcut değerle karşılaştırma yapılmıştır.

Sponson parçasının üretim süreci gelen işlenmemiş zırh çeliği plakalarının düzlemsellik testine gönderilmesiyle başlar. Kumlama işleminden düzlemsellik tezgahına gelene kadar geçen süre 48,5 saattir. Plaka, düzlemsellik testinde 30 dakikalık – değer katan – zaman geçirir. Sonrasında lazer kesim işlemi 40 dakika sürer. Sonraki işlemler – taşlama, büküm – ve kalite kontrol süreçleri – CMM, FNSS, MT, PT – ayrıntılı olarak değer akış şemasında gösterilmiştir. Bütün işlemler toplamda 54,27 saat sürmektedir. Ancak değer katan zaman 8 saat olarak ölçülmüştür. Bu sayılar birbirlerine oranlandığında %15'lik bir verimlilik oranı bulunmuştur.

Yukarıda sponson için anlatılan metot üst ve alt plakalar için aynı şekilde uygulanmıştır ve değer akış şemaları oluşturulmuştur. Sonucunda toplam değer katan zaman 6,5 saat iken, üretimde harcanan toplam süre 51,25 saat olarak hesaplanmıştır. Böylelikle verimlilik oranı %13 bulunmuştur. Parçaların değer

akış şemaları ekler bölümünde şekil 1 ve 2 olarak gösterilmiştir.

3. Literatür Taraması ve Çözüm Yaklaşımları

Yaptığımız araştırmalar, uygulamalar ve sağlamalar ışığında NuroL Makina'nın üretim planına en uygulanabilir algoritmanın "The Single-Facility Rectilinear Distance Location Algoritması" olduğu görülmüştür. Bu algoritmada, mevcut sistemdeki istasyonların kalite kontrol alanı ile arasındaki trafik oranlarının ölçülüp hesaplanmasıyla malzeme yükleme ve taşıma gibi değer katmayan zamanları en aza indireyecek pilot kalite kontrol noktaları belirlenir. Bu algoritma literatürde kampüslerde veya üretim planlarında en verimli konumlandırmaları bulmak için kullanılır.

Bunun yanında, yeni bir yerleşim planı oluşturmak için üçgenel metodunun farklı bir uygulaması olan Schmigalla Metodu kullanılmıştır. Bu metot ise odaklandığımız ürünlerin en çok taşındığı iş istasyonlarının yakın konumlandırılmasını amaçlamaktadır. Projemizde, bu hedefe ulaşmak için üçgenler oluşturma metodu kullanılmıştır. İstasyonların alanları da bu algoritmada dikkate alınır ve çıkan sonuçların sağlamlasının yapılması için düğüm yay diyagramı kullanılır.

3.1. Single Facility Rectilinear Distance Location Algoritması

The Single Facility Rectilinear Distance Location Algoritması, toplam taşınım sürelerinin ve materyal değişim sürelerinin en aza indirgenmesini amaçlar. Projemize uygulanan bu model pilot kalite kontrol noktalarının, istasyonlar ile arasındaki akış sıklığına bağlıdır. Bu kalite alanlarını konumlandırırken, mevcut sistemdeki kalite kontrol aşamaları sabit tutulmuş ve kalite kontrol işlemlerinin fonksiyonları ve ilişkileri göz önünde bulundurulmuştur.

Bu algoritma ışığında iyileştirilmiş sistemde MT ve PT, CMM ve Düzlemsellik, FNSS ve Büküm Sonrası olmak üzere 3 adet birleştirilmiş pilot kalite kontrol alanı belirlenmiştir. Modelde, var olan istasyonlar koordinat düzleminde iki boyutlu şekilde (a_1, b_1) şeklinde ifade edilmiştir. Bu algoritmada değer katmayan zamanların en aza indirgenecek şekilde pilot kalite kontrol alanlarının x ve y koordinatlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Objektif fonksiyonumuz aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{i=1}^n w_i (|x - a_i| + |y - b_i|)$$

w_i ; var olan i istasyonlarının kalite kontrol alanları arasındaki akış sıklığını belirtmektedir. Algoritmanın uygulanmasında kullanılan adımlar aşağıda listelenmiştir:

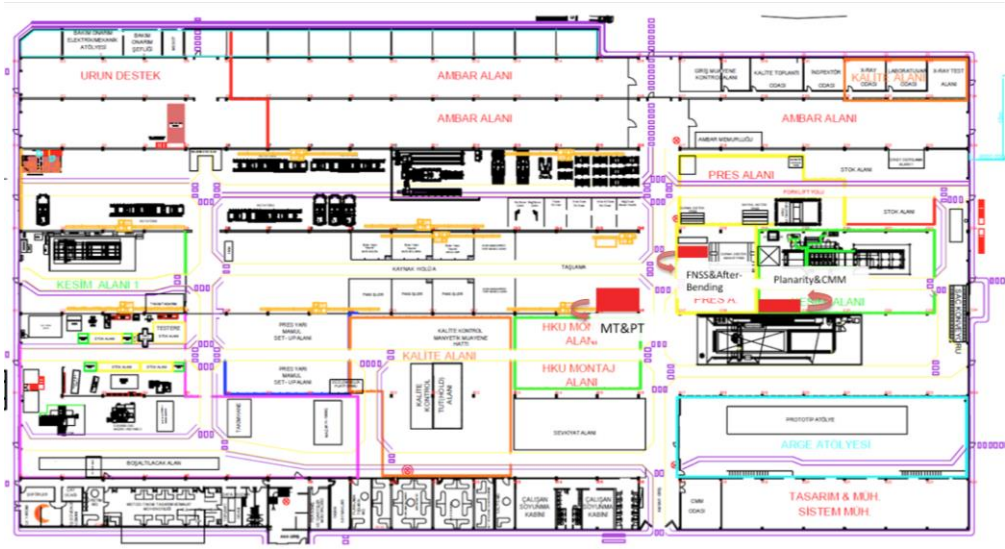
İlk operasyon, Düzlemsellik ve CMM kalite istasyonlarının yerini belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda, en iyi alternatif konum olarak (24.8, 9.25) noktası bulunmuştur. Algoritma, alternatif konumu

bir nokta olarak vermiş olup, yerleşim planında yeterli istasyon alanına sahip olup olmadığını öngöremediği için alternatif konum, en yakın müsait konuma ötelenmiştir.

Sıradaki istasyon, FNSS ve Bükme sonrası kalite istasyonlarını bir arada bulundurmaya olup, algortimaya göre yapılan hesaplamalar sonucunda, en iyi alternatif konum (18.4, 9.25) noktası olarak bulunmuştur. Yeni istasyon fabrikadaki işçilere ve mühendislere danışılarak uygulanabilirlik ve iş kolaylığı baz alınarak saptanmıştır. Bu sebepten dolayı yeni istasyon, büküm makinesinin yanına yerleşim planındaki gibi yerleştirilmiştir.

Son kalite istasyonu, MT ve PT istasyonlarının birleşimi olarak kombine edilmiş olup hesaplamalara göre (18.4,9.25) noktasında yer almaktadır. Bahsedilen hesaplamalar taşıma operasyonundan sonra gerçekleştiği için, odak noktamıza aldığımız ürünlerden olan Sponson ürününün taşınmasını kolaylaştıracaktır. MT ve PT dahil bütün pilot kalite kontrol istasyonları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1:



3.2. İdeal Üretim Yerleşim Planı – Schmigalla Metodu

En büyük odak noktalarımızdan bir tanesi iş istasyonlarının fabrika içerisinde konumlandırılmasıdır. Makine yerleri dikkate aldığımız sponson, alt ve üst plaka ürünlerinin üretim sürelerini doğrudan etkilemektedir. Bu metotta amacımız, her ürün için, yeni, daha verimli ve üretim süresini kısaltacak bir fabrika yerleşim planı oluşturmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için, yaptığımız araştırmalar doğrultusunda Schmigalla metodunun projemize uygun olduğunu gördük. Bu metot prensip olarak üçgen metodunun öncüsüdür ve

üçgen metodunun iyileştirilmiş halidir. Schmigalla metodunda, potansiyel iş istasyonlarının konumları eşkenar üçgen ağları olarak belirlenir.

Uygulama adımları:

1. Yerleşim planındaki istasyonların yerleri belirlenir. (Lazer, Taşlama, Pres gibi)
2. İstasyonlar arası ürün akış matrisleri oluşturulur.(Bkz. Tablo 2)

Tablo 2: İstasyonlar arası ürün akış matrisi

		Flow Rates Between Each Station										
	P	L	C	G	QG	PR	FNSS	Stamping	PT	MT		
P	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	200	0	0	200	0	0	0	0
QG	0	0	0	0	0	160	40	0	0	0	0	0
PR	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0
FNSS	0	0	0	160	0	0	0	40	0	0	0	0
Stamping	0	0	0	0	0	0	0	0	40	160	0	0
PT	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	160	0
MT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0

3. Üçgensel matris elde edebilmek için 2. Adımdaki matris yeniden düzenlenir. (Bkz. Tablo 3)

Tablo 3: İstasyonlar arası kümülatif akış matrisi

		Cumulative Flow Rates Between Each Station										
	P	L	C	G	QG	PR	FNSS	Stamping	PT	MT		
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QG	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0
PR	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
FNSS	0	0	0	160	40	160	0	0	0	0	0	0
Stamping	0	0	0	200	40	0	40	0	0	0	0	0
PT	0	0	0	25	0	0	0	40	0	0	0	0
MT	0	0	0	0	0	0	0	160	320	0	0	0

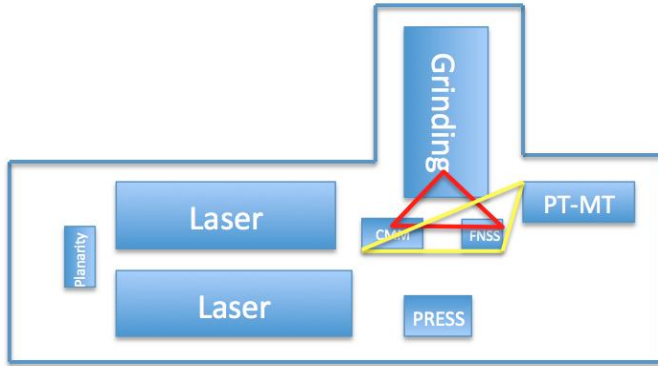
4. Başlangıçta, en çok ürün akışına sahip iki istasyon seçilir. Üçgensel ağın ana hattı seçilen istasyonlarla oluşturulur. Bizim projemizde bu iki istasyon MT ve PT istasyonları oluyor. MT ve PT istasyonları arası ürün akışı sayısı 320'dir.
5. Bu ana hattı oluşturduktan sonra, seçilmemiş olan istasyonlardan seçilmiş istasyonlarla arasında en çok ürün akışı olan diğer istasyon üçüncü istasyon olarak belirlenir. Bu şekilde üçgensel ağ oluşturulur.
6. Daha sonraki istasyon seçilmiş istasyonlarla seçilmemiş istasyonlar arasındaki kümülatif ürün akış toplamına göre belirlenir. En yüksek toplama sahip 3 istasyon kombinasyonu, oluşturulacak üçgensel ağa katılır.
7. Yukarıdaki adımlar bütün istasyonlar üçlü olarak gruplanacak şekilde olana kadar tekrar eder.
8. Algoritma uygulandığında aşağıdaki üçgensel ağ oluşturulmuştur. (Bkz. Tablo 4)

Tablo 4: Yeniden yerleştirilmiş üçgensel ağ hesaplamaları

Schimigalla Approach										
W/s	L	P	C	G	QG	PR	FNSS	PT	MT	ST
MT	0	0	0	0	0	0	0	320	*	0
PT	0	0	0	25	0	0	0	*		40
Σ	0	0	0	25	0	0	0			40
Stamping	0	0	0	200	0	0	40			*
Σ	0	0	0	225	0	0	40			
G	0	0	200	*	0	0	160			
Σ	0	0	200		0	0	200			
QG	0	0	0		*	160	40			
Σ	0	0	200			160	240			
PR	0	0	0			*	160			
Σ	0	0	200				400			
FNSS	0	0	0				*			
Σ	0	0	200							
L	*	200	200							
Σ		200	400							
C		0	*							
Σ		200								
P		*								

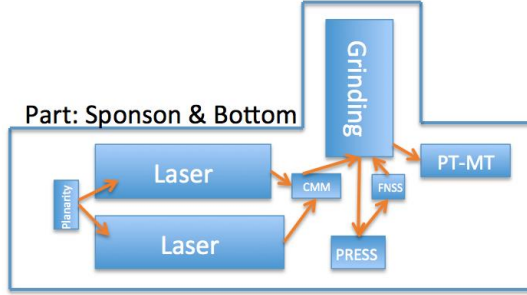
9. Üçgensel ağ diyagramına göre oluşturulan yeni yerleşim planı Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Yeni üçgensel ağ yerleşim planı

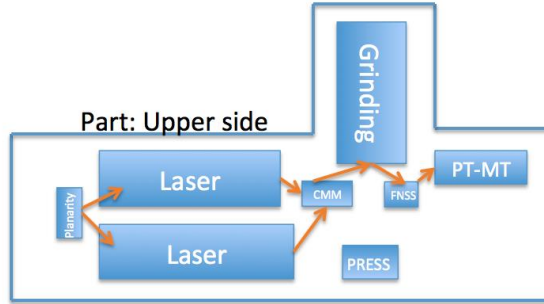


- Algoritmanın acı, yüksek yoğunluk ilişkisine sahip iş istasyonlarını olabildiğince yakın konumlandırmaktır.
- En yüksek yoğunluğa sahip istasyonlar; CMM, PT-MT ve FNSS (400, 320, 400) olarak belirlenmiş ve sarı üçgen ile gösterilmiştir.
- En yüksek ikinci yoğunluğa sahip istasyonlar ise, Taşlama, CMM ve FNSS (225, 400, 400) olarak belirlenmiş ve kırmızı üçgen ile gösterilmiştir.
- İdeal yerleşim planı oluşturulmuştur ve istasyonlar arası devamlı akış sağlanmıştır. (Bkz. Tablo 6-7)

Tablo 6: İdeal yerleşim planındaki akışların gösterimi. (Sponson ve Alt Plaka için)



Tablo 7: İdeal yerleşim planındaki akışların gösterimi. (Üst Plaka için)



4. Kuruluş Beklentilerini Karşılama

Mevcut sistem simülasyonu, şirketin var olan sistemi görselleştirip problemleri operasyonların anlaşılmasına yardımcı olurken, Single Facility Rectilinear Distance Location Algoritması, fabrika içindeki akışının en aza indirileceği, böylece değer katmayan zamanları azaltarak verimin artacağı pilot kalite alanlarının konumlarını belirlememize yardımcı olmaktadır. Schmigalla Algoritması, yeni bir fabrika inşa edilecekse, şirkete en uygun yerleşim planını gösterecektir. Önerilen sistem, fabrikanın şu anki siparişlerini daha kısa sürede tamamlamasını mümkün kılacağı için artan üretim kapasitesi şirketin büyüme politikasıyla doğru orantılı olarak ve bu şekilde kârını arttırmasına yardımcı olacaktır.

5. Firmaya Sağlanan Katkılar

Elde ettiğimiz verileri doğrulamak için ARENA simülasyon programını kullanıldı. İlk adım olarak mevcut durum simülasyonunu tamamlandı. Mevcut yerleşim planı gerçeğe uygun bir şekilde yansıtıldı. Simülasyonun istatistik verilerinin, değer akışı şemalarının sonuçlarına paralel olduğu gözlemlendi. Ek 1'de, tüm parçaların değer katan zaman değerleri verilmiştir.

Ek 1'de görüldüğü gibi, Sponson ve Bottom parçalarının değer katan süreleri yaklaşık 9.20 saattir. Değer akışı şemamızda bu rakam 8.17 olarak belirtilmiş ve %12'lik bir sapma gözlemlenmiştir. Upperside parçasının değer

katan süresi yaklaşık 6.17 saattir. Bu süre, değer akışı şemasına istinaden %13'lük bir sapma göstermektedir. Ek 1'deki değerlere göre, daha gerçekçi olan simülasyon modelimiz az bir hata payı ile değer akışı şemalarımızla tutarlılık göstermektedir.

Toplanan verilerin arasından öncelikli göze çarpan detay, CMM kalite istasyonundaki bekleme süresidir. Ek 2'de görüldüğü gibi, yılda ortalama 62.66 saat bekleme yaşanmaktadır. Çözüm önerimiz olan pilot kalite noktaları oluşturma ve beklemeleri en aza indirme hedefimiz bu veriyle desteklenmiştir.

Yıllık ortalama toplam üretim zamanı ve adeti önemli bir diğer parametredir. Ek 3'te, bütün parçaların ortalama üretim süresi yılda 476.86 saat olarak gözlemlenmiştir. Bu rakama, üretimin gerçekleşmediği süreler de dahil edilmiştir. Bu üretim süresiyle birlikte, ayda 40 adet parça üretimi sağlanmaktadır.

Öncelikli iyileştirme önerisi olarak, Single Facility Rectilinear Algoritması pilot kalite noktalarının konumlarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. İyileştirme sonuçlarına göre, CMM istasyonundaki bekleme süresi yılda 62.66 saatten 55.46 saate düşürülmüştür. Ek 4'te de görüldüğü gibi, %12 oranında verimlilik kazanılmıştır.

Ek 5'te görüldüğü gibi, yıllık ortalama üretim süresi 476.86 saatten 432.824 saate düşürülmüş ve %10'luk bir verim elde edilmiştir.

Gözlemlerimiz ve ARENA programının yönlendirmesiyle, Single Facility Rectilinear Algoritmasının iyileştirme çözümüne ek olarak çözüm bileşenleri eklenmiştir. Mevcut düzlemselliğe ek, bir tane daha düzlemsellik istasyonunun kurulması, ikinci bir CMM makinesinin alınması, ek olarak bir tane daha CMM operatörünün alınması ve son olarak ikinci bir taşıma operatörünün işe alınması öngörülmüştür. Bu değişiklikler simülasyona yansıtıldığında, Ek 6'daki veriler elde edilmiştir.

Ek 6'daki verilere göre, algoritmaya ek olarak yapılan iyileştirmeler sonucunda CMM istasyonundaki bekleme süresi 62.66 saatten 16.08 saate düşürülmüştür. Bu %76'lık bir verimlilik kazanılmasını sağlamıştır. Ek 7'ye bakıldığında, algoritmanın sağladığı ortalama yıllık üretim süresi %42 geliştirilerek 276.21 saate inmiştir. Üretim sayısı siparişi karşılamıştır.

İyileştirmelerimizin ardından, toplamda yıllık üretim sürelerinde %42'lik bir iyileştirme yakalanmıştır. Bekleme süreleri azaltılmış, daha verimli ve esnek bir üretim potansiyeli gözlemlenmiştir.

Algoritmalara ek olarak yapılan Schmigalla Algoritmasının önerdiği fabrika düzeni Arena simülasyon programına girildiğinde Ek 7'de görülen kuyruk süreleri sonucuna ulaşılmıştır. Görüldüğü üzere mevcut durumda yıllık 62.66 saat olan CMM kuyruk süresi 25.27 saate inmiştir (%40). Defolu taşıma kuyruğu ise yıllık 105.24 saatten 53.24 saate inmiştir (%50). Taşıma

kuyruğu ise mevcut durumda yıllık 109.51 saat sürerken, Schmigalla yöntemi ile 66.22 saate düşmüştür (%61).

3 forklift ile çalışan Schmigalla fabrika düzeni genel olarak bakıldığında Tablo 15’de ortalama bir parçanın fabrikada geçirdiği süre (beklemeler, tatil günleri, geceler) dahil 262.45 saate inmiştir. Bu süre mevcut düzen süresi olan 476.86 saate göre %55 lik bir iyileştirme sağlamıştır.

Tablo 14

Batch 1.Queue	0.00
CMM.Queue	25.2792
Defective Grinding.Queue	53.2486
FNSS Quality Process.Queue	0.2032
Grinding Process.Queue	66.2211
Grinding Quality Test.Queue	3.1685
HoldArea.Queue	2.0000
Laser1 Process.Queue	7.2097
Laser2 Process.Queue	9.4141

Tablo 15

Output

Output	Value
average time of all parts	262.45
parts total time in factory	125976.33
statistic	
Statistic bottom average in factory time	301.06
Statistic UpperSide average in factory time	147.57
total number of parts produced	480.00

KAYNAKÇA

Martin, Karen, and Mike Osterling. “Value stream mapping.” *Estados Unidos de América: Shingo Institute* (2014).

Abdulmalek, Fawaz A., and Jayant Rajgopal. “Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study.” *International Journal of production economics* 107.1 (2007): 223-236.

Deliman, N. C., and R. M. Feldman. “Optimization of process improvement and inspection location for serial manufacturing.” *International Journal of Production Research* 34.2 (1996): 395-405.

Peters, Michael H., and William W. Williams. “Location of quality inspection stations: an experimental assessment of five normative heuristics.” *Decision Sciences* 15.3 (1984): 389-408.

Banduka, N., Mladineo, M., Eric, M. “Designing A Layout Using Schmigalla Method Combined With Software Tool Vistable.” *International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM)*. September (2017), Vol. 16 Issue 3, p375

EKLER

Ek 1: Her parça için değer katan süreler.

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Bottom Left and Right order	9.3385	(Insufficient)	9.1667	12.1667
SponsonLeft order	9.2083	(Insufficient)	9.1667	10.1667
SponsonRight order	9.2500	(Insufficient)	9.1667	10.1667
UpperSide order	7.0729	(Insufficient)	6.7500	8.7500

Ek 2: Ortalama bekleme süresi.Ek 3: Bir parçanın fabrikada geçirdiği

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Batch 1.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
CMM.Queue	62.6692	9,29449	0.00	146.20
Defective Grinding.Queue	105.24	(Insufficient)	0.00	217.91
FNSS Quality Process.Queue	1.0530	0,632943862	0.00	62.7723
Grinding Process.Queue	109.51	(Correlated)	0.00	251.21
Grinding Quality Test.Queue	15.6207	2,84497	0.00	62.7464
HoldArea.Queue	48.0000	0,000000000	48.0000	48.0000
Laser1 Process.Queue	16.1947	(Insufficient)	0.00	92.5000
Laser2 Process.Queue	17.5173	(Insufficient)	0.00	74.1480
Leave CMM.Queue	0.00042417	0,000867421	0.00	0.1435
Leave FNSS Quality.Queue	0.00012319	0,000251933	0.00	0.05913333
Leave Grinding test.Queue	0.00029500	0,000250715	0.00	0.03726667
Leave Grinding.Queue	0.00021181	0,000293923	0.00	0.1005
Leave Laser1.Queue	0.00826111	(Insufficient)	0.00	0.5333
Leave Laser2.Queue	0.01048444	(Insufficient)	0.00	0.4997
Leave Planitary Test to go	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

ortalama yıllık saat.

Output	Value
average time of all parts	476.86
parts total time in factory statistic	228891.31
Statistic bottom average in factory time	528.86
Statistic UpperSide average in factory time	351.25
total number of tarts produced	480.00

Ek 4 : CMM istasyonunda bekleme süresi.

CMM.Queue	55.4599	10,27063	0.00	131.49
-----------	---------	----------	------	--------

Ek 5: İyileştirilmiş systemin yıllık ortalama üretim saati.

Output	Value
average time of all parts	432.84
parts total time in factory statistic	207765.43
Statistic bottom average in factory time	482.04
Statistic UpperSide average in factory time	362.20
total number of tarts produced	480.00

Ek 6: İyileştirilmiş sistemde kuyrukta ortalama bekleme süresi.

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Batch 1.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
CMM.Queue	16.0769	(Correlated)	0.00	67.9861
Defective Grinding.Queue	48.7109	(Insufficient)	0.00	131.41
FNSS Quality Process.Queue	5.3540	2,76936	0.00	62.7691
Grinding Process.Queue	51.0165	7,48027	0.00	135.22
Grinding Quality Test.Queue	16.2519	4,39707	0.00	62.9802
HoldArea.Queue	48.0000	0,000000000	48.0000	48.0000
Laser1 Process.Queue	25.0708	(Insufficient)	0.00	107.21
Laser2 Process.Queue	28.7753	(Insufficient)	0.00	84.9952
Leave CMM.Queue	0.00355736	0,001829775	0.00	0.1636
Leave FNSS Quality.Queue	0.01026931	0,004983858	0.00	0.1731
Leave Grinding.test.Queue	0.02791764	0,015847374	0.00	0.5461
Leave Grinding.Queue	0.00246335	0,001871412	0.00	0.1789
Leave Laser1.Queue	0.00115741	(Insufficient)	0.00	0.08333333
Leave Laser2.Queue	0.00181061	(Insufficient)	0.00	0.08820000
Leave Planitary Test to go Laser1.Queue	0.05687500	(Insufficient)	0.00	0.1700
Leave Planitary Test to go Laser2.Queue	0.00188028	(Insufficient)	0.00	0.1673
Leave Press for Bottom and sponson.Queue	0.00000313	(Correlated)	0.00	0.00120000
Leave Stamping.Queue	0.01997708	(Insufficient)	0.00	0.3585

Ek 7: Ek CMM makinesi, personeli ve ek taşlama personeli alımından sonraki iyileştirilmiş ortalama yıllık üretim saatleri.

Output

Value

average time of all parts	276.21
parts total time in factory statistic	132582.63
Statistic bottom average in factory time	288.77
Statistic UpperSide average in factory time	253.01
total number of tarts produced	480.00

Türkiye Hibrid Gün İçi Elektrik Piyasası Tasarımı ve Eniyilemesi

Optimizasyon & Algoritmalar Enerji Danışmanlığı Sanayi ve Ticaret A.Ş.



Proje Ekibi

Rabia Bağcı Ayfer Gizem Demirdilek, Elifnaz Geçer, Gökce Güvenç, Damla Hızlı, Burak Sert

Şirket Danışmanı

Doç. Dr. Kürşad Derinkuyu
CEO

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Fehmi Tanrısever
Bilkent Üniversitesi, İşletme Fakültesi

ÖZET

Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası, elektrik alış ve satış tekliflerinin sürekli ticaretle eşleştiği bir piyasadır. Piyasa katılımcıları; santral arızaları, yenilenebilir enerji üretimindeki ve tüketici taleplerindeki dalgalanmalardan oluşan dengesizlikleri bu piyasada giderebilmektedirler. Projede mevcut hâliyle birden fazla saati kapsayan tekliflerin eşleşmesinde etkili olarak kullanılmayan sistemin geliştirilmesi ile piyasadaki verimsizliğin ortadan kaldırılması ve böylelikle piyasa hacminin artması amaçlanarak özgün bir hibrid gün içi elektrik piyasası tasarlanmıştır. Önerilen tasarım için iki tane tam sayılı karma matematiksel model oluşturulmuş ve modellere başlangıç çözümü veren bir genetik algoritması yapılmıştır. Geliştirilen karar destek sistemiyle, eşleşmeler görülebilmekte ve ilgili raporlar oluşturulabilmektedir.

Anahtar Kelimeler Karma Tam Sayılı Programlama, Genetik Algoritma, Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası.

1. Şirket Tanıtımı

Optimizasyon & Algoritmalar Enerji Danışmanlığı Şirketi; enerji kaynakları, teknolojileri, politikaları ve piyasalarında gerçekleşmekte olan ulusal ve uluslararası gelişmelere aktif katkı sunmak ve enerji piyasalarındaki karmaşık problemlere analitik çözümler getirmek amacıyla 2016 yılında Ankara’da kurulmuştur. 2016 yılı itibari ile Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi’ne (EPIAŞ) Gün Öncesi Elektrik Piyasası tekliflerinin yapısı ve tekliflerin değerlendirilmesine yönelik proje danışmanlığı sağlamaktadır. Şirket, gün öncesi piyasasına ek olarak, gün içi piyasası, doğalgaz dengeleme piyasası, SFK-PFK piyasalarında ve yenilenebilir enerji teşvik tasarımında da çalışmalar yaparak, enerji piyasalarının oluşumuna ve gelişmesine aktif destek vermektedir. Ayrıca, tahmin mekanizmaları, santral optimizasyonu ve kontrat risk yönetimi alanlarında da özel şirketlere destek olmaktadır.

2. Mevcut Sistem ve Proje Kapsamı

2.1. Mevcut Sistem Tanıtımı

Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası, alış ve satış tekliflerinin gerçek zamana yakın bir şekilde eşleştirilerek katılımcılara ek ticaret imkânının sunulduğu bir platformdur. Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası 1 Temmuz 2015 yılında işlemeye başlamıştır. Piyasa işletmecisi EPIAŞ’tır. Gün İçi Piyasası, Gün Öncesi Piyasası ve Dengeleme Güç Piyasası ile eş zamanlı olarak çalışan, dengesizliği azaltma amacı taşıyan, fiziksel teslimat zorunluluğu olan, sürekli ticaretin yapıldığı organize toptan bir piyasadır. Gün öncesi piyasasında teklif veren şirketler sonrasındaki 36 saate kadar olan bir zaman zarfında üretim veya tüketim pozisyonlarında değişikliğe gitmiş olabilirler. Gün İçi Piyasası, öngörülemeyen nedenlerle oluşan bu gibi dengesizliklerin giderilmesine ve piyasadaki likiditenin artırılmasına fiziki teslimatın yapılmasından 1.5 saat öncesine kadar imkân verir. Gün İçi Piyasası, belirsizliği yüksek olan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan enerji şirketleri için sunduğu imkânlardan dolayı önem arz etmektedir. Projeye Gün İçi Elektrik Piyasası’nda yapılan ticaretin artırılması, kullanılan sistemin modern dünya piyasalarıyla bütünlüğünün artması ve piyasaya örnek olması amacıyla başlanmıştır.

2.2. Mevcut Sistem Analizi

Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası sayesinde katılımcılar, enerji üretim ve tüketim tahminlerindeki dengesizliklerini önleyerek kârlılıklarını artırmaktadırlar. Mevcut Gün İçi Elektrik Piyasası’na teklifler saatlik temelde verilmektedir. Teklifler, alış ve satış olmak üzere iki yönde verilebilir. Ayrıca, katılımcıların saatlik veya blok teklif olarak verebileceği iki temel teklif tipi vardır. Saatlik teklif, sadece bir saati kapsayan bir teklif tipi iken; blok teklif, ardışık saatleri kapsayan teklif tipidir. Bir alış ve satış teklifinin

eşleşebilmesi için teklifler aynı zaman dilimini kapsamalı ve alış teklifinin fiyatı satış teklifinin fiyatından büyük ya da eşit olmalıdır. Mevcut piyasada, saatlik teklifler kısmi eşleşebilirken, blok tekliflerin kısmi eşleşmesine izin verilmemektedir. Bir blok teklifin eşleşebilmesi ancak karşı yönde tamamen aynı saatleri kapsayan, aynı miktarda ve fiyat açısından uyumlu bir blok teklif olduğu sürece mümkündür. Bu yüzden, bir blok teklif ya tamamen eşleşir ya da hiç eşleşmez[1].

Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası'nda tekliflerin anlık olarak eşleştirildiği sürekli bir piyasa modeli kullanılmaktadır. Bu piyasa modelinde bir teklif sisteme girildiğinde, yukarıda anlatılan şartları sağlayan karşı yönde bir teklif varsa eşleşme direkt olarak gerçekleşir. Mevcut piyasada saatlik teklifler yalnızca saatlik tekliflerle, blok teklifler yalnızca blok tekliflerle eşleşebilmektedir.

2.3. Belirtiler, Şikâyetler ve Problem Tanımı

Mevcut gün içi elektrik piyasasında uygulanan sürekli ticaret sistemi, toplam eşleşme hacminde düşüklüğe sebep olmaktadır. Sürekli piyasada blok tekliflerin parçalanarak eşleşmemesi ve piyasanın ilk gelene ilk hizmet esasıyla yürütülmesinden kaynaklanan daha iyi bir eşleşme fırsatının kaybı, gerçekleşebilecek ticaret hacmini potansiyelin altında tutmaktadır. Santrallerin yapısı gereği verdikleri teklifler birden fazla saati kapsadığında, teklifin tamamını kabul ya da ret imkânı verecek sistemler piyasa işletmecisi EPIAŞ'ın mevcut piyasa tasarımında etkin bir şekilde kullanılamamaktadır. Bu da elektrik piyasalarında verimsizliğe yol açmaktadır. Verimsiz eşleşmeler sonucu oluşan düşük ticaret hacmi ve katı piyasa kuralları, piyasa katılımcılarının tutumlarını negatif yönde etkilemektedir. Piyasaya katılım oranındaki düşüklük piyasa akışkanlığını zayıflatmakta ve bu da yine düşük ticaret hacmiyle sonuçlanmaktadır. Piyasa yapılarındaki bunun gibi sürtünme kayıpları nihai tüketicinin daha yüksek fiyattan elektrik kullanmasına neden olmaktadır. Bu bilgiler ışığında, problem Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası'nda gözlemlenen düşük ticaret hacmi olarak tanımlanmıştır.

3. Proje Tanımı

3.1. Proje Kapsamı

Bu projenin temel amacı Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası'nda işlem hacmini artırmaktır. İşlem hacminin artması, enerji üretimi yapan şirketler tarafından kaynakların verimli kullanılmasına olanak sağlayacağı için ülke ekonomisini olumlu etkileyeceği öngörülmektedir. Artan işlem hacmi sayesinde, Türkiye'nin yurt dışı elektrik piyasalarına katılımı söz konusu olabilecektir.

Bu amacı gerçekleştirmek doğrultusunda getirilen çözüm önerisi ise şu an kullanılan sürekli sistem ile güncel olarak bazı Avrupa ülkelerinde kullanılan oturma temelli sistemin sunduğu imkânları birleştiren ve dünyada

ilk kez kullanılacak olan hibrid bir sistem sunmaktır. Bu sistemde, gün içerisinde sürekli eşleşme devam edecek olup, buna ek olarak her saatin sonuna süresi 1 dakika boyunca durduracak bir oturum yerleştirilmesi ve bu oturum süresince sisteme girilmiş tekliflerin en verimli şekilde eşleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede, yüksek miktarda kazanç sağlama potansiyeline sahip olan fakat mevcut sistemde eşleştirilemeyen blok tekliflerin elverişli bir şekilde eşleştirilmesi hedeflenmektedir. Proje dâhilinde, sürekli ve oturum temelli eşleşme sistemleri ilk defa bir araya getirilmiştir ve oturum süresi dünyadaki örnekleri içerisinde en kısa süreli oturum olma özelliği göstermektedir. Oturum süresinin kısa olması piyasanın sürekliliği ve şeffaflığı açısından oldukça önemlidir. Eşleşme süreci için sistemin kısıtları göz önüne alınarak eşleşme miktarını en yüksek değere çıkarmayı amaçlayan bir sistem tasarımı geliştirilmiş ve sistemin 1 dakika içerisinde olurlu bir sonuç vermesini garantilemek amacıyla genetik algoritması sezgiselinden faydalanılmıştır. Sistem operatörünün geliştirilen sistemde elde edilen sonuçlara rahatça ulaşılabilmesi ve raporlama yapabilmesi amacıyla işlemlerini gerçekleştirebileceği bir kullanıcı ara yüzü oluşturulması proje kapsamı dâhilindedir.

3.2. Kaynak Taraması

Projede belirtilen tasarıma ulaşılmadan önce dünya üzerindeki mevcut gün içi elektrik piyasalarına dair kaynaklardan faydalanılmıştır. Avrupa ülkelerinde kullanılan gün içi elektrik piyasa uygulamaları incelendiğinde tekliflerin eşleştirilmesi için ayrık ve sürekli olmak üzere iki farklı piyasa yapısının kullanıldığı görülmüştür. Ayrık eşleşme, belirli zaman periyodları için açık artırmaların yapıldığı, oturumlara dayalı piyasa yapısıdır. Oturum temelli sistemlerde teklifler oturum sonlanana kadar teklif defterinde toplanır ve oturum bitiminde piyasa bir süreliğine kapatılarak tekliflerin eşleşmesi gerçekleştirilir. Sürekli sistemlerde piyasa her zaman açıktır ve anlık olarak eşleşme gerçekleştirilir. Sürekli sistemin piyasa katılımcılarına piyasaya istediği zaman dâhil olma ve tekliflerini anında eşleştirme imkânı vermesi sistemin daha şeffaf olmasına; ayrık piyasa yapısının da tüm teklifleri topladıktan sonra hepsini değerlendirip eşleştirmesi daha verimli eşleşmelere olanak sağlar. Bu iki piyasa yapısı arasında daha etkili bir karşılaştırma yapabilmek adına bu piyasa yapılarını kullanan Avrupa ülkelerinin gün içi elektrik piyasalarının eşleşme hacimleri araştırıldı. Eurostat 2013 verilerine göre, ayrık piyasa yapısını kullanan İspanya, İtalya gibi ülkelerin gün içi elektrik piyasası eşleşme hacimlerinin sürekli piyasayı kullanan Almanya, Fransa gibi ülkelere daha fazla olduğu görüldü[2]. Fakat bu farklılığın ülkelerin piyasa dinamiklerinden kaynaklanabileceği ihtimalini göz önünde bulunduruldu. Almanya'nın sürekli yapıdaki gün içi elektrik piyasasına oturumların konulmasının etkilerini gözlemlemek için gün içi piyasasına 6 adet

15 dakikalık oturumlar yerleştirilen bir çalışma incelendi (Neuhoff vd., 2016) [3]. Çalışmada, piyasa bu yeni hâliyle 3 ay boyunca gözlemlenmiş, sadece sürekli eşleşmenin olduğu hâliyle karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucu piyasa akışkanlığının ve derinliğinin arttığı, fiyat dalgalanmasının ise azaldığı sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak oturum temelli piyasanın eşleşme hacmini artırmasının sadece pazar özelliklerine dayalı olmadığı, eşleşme yapısı sebebiyle daha verimli eşleştirme sağladığı anlaşılmıştır. Ülkelerin sürekli piyasa yapısını bırakıp daha verimli eşleşme sağlayan oturum temelli piyasaya geçmemesinin sebebi ise sürekli eşleşmelerin olduğu gün içi elektrik piyasasında şeffaflığın ve anlık işlemlerin piyasa katılımcıları için önemli olması ve piyasanın hiç durmadan sürekli olarak açık olmasıdır.

4. İzlenen Yöntem ve Uygulamalar

Tanımlanan problem için iki farklı, tam sayılı karma matematiksel model ve bir genetik algoritması sezgiseli geliştirilmiştir. Ardından sonuçların paylaşılabilceği bir kullanıcı ara yüzü Excel VBA aracılığıyla hazırlanmıştır.

4.1. Matematiksel Model I

Oturum temelli sistemi uygulayan Avrupa ülkelerinde kullanılan gün içi piyasası eşleştirme algoritmalarından yola çıkılarak geliştirilen matematiksel model, her bir saat için birer referans fiyatı belirlemektedir. Bu model, eşleşecek tekliflere, sistemdeki teknik gereklilikleri göz önünde bulundurarak ve referans fiyatını temel alarak karar vermektedir. Modelin amaç fonksiyonu, toplam eşleşen miktarı en fazlaya çıkaracak şekilde tanımlanmıştır. Eşleştirilmiş tekliflerin referans fiyatına göre uygunluğu, eşleştirilmiş blok tekliflerin tamamen ve saatlik tekliflerin tamamının veya bir kısmının eşleşmiş olması modelin kısıtlarını oluşturmaktadır. Bu kısıtlar altında eşleştirilmiş teklifler ve bu tekliflerin eşleşme miktarı sonuç olarak alınmaktadır (Ek 1).

4.2. Matematiksel Model II

Geliştirilen ikinci matematiksel model ise sistemdeki teklifleri sisteme kayıt tarihleri bakımından sıradıktan sonra karşılıklı tekliflerin fiyatları bakımından uygunluklarına karar vererek eşleşecek teklifleri belirlemektedir. Alış ve satış tarafındaki karşılıklı tekliflerin birbirleriyle fiyat, miktar ve aktif oldukları saat bakımından uygunlukları hesaplanıp; üç boyutlu bir matriste ikili değişkenlerle tutulmaktadır. Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtlamaları ilk matematiksel model ile aynı şekilde tanımlanmıştır (Ek 2).

4.3. Matematiksel Modellerin Karşılaştırılması

Geliştirilen matematiksel modeller Java programlama dili kullanılarak yazılıp ve IBM ILOG CPLEX programı kullanılarak çözdürülmüştür. Matematiksel modellerin doğrulanması amacıyla geçtiğimiz yılın Gün İçi Elektrik Piyasası verileri ile hazırlanan farklı boyutlardaki problem senaryoları

hazırlanmış ve her iki model ile çözülmüştür. Geliştirilen yöntemler, hem gerçek veriler üzerinde hem de bu verilerden yola çıkarak geliştirilmiş daha büyük ölçekli problemler üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılıp, geliştirilen matematiksel modellerin çözüm performansları kıyaslanmıştır. Küçük boyutlu problemlerde ikinci model ile daha kısa sürede sonuca ulaşılabilirken, büyük boyutlu problemlere geçildiğinde ilk matematiksel modelin daha kısa sürede sonuç verdiği gözlemlenmiştir. İlk modelden farklı olarak, çözüm aşaması matris oluşumuna bağlı ilerlediği için, ikinci modelin büyük boyutlu problemlerde daha geç sonuç verdiği anlaşılmıştır.

Gün İçi Elektrik Piyasası'nda eşleştirmeler için ikinci modelde bir referans fiyat unsurunun olmaması piyasadaki şeffaflık ve piyasanın güvenilirliği açısından avantajlı bulunmuştur.

4.4. Sezgisel Model

Yeni tasarlanan Hibrid Gün İçi Elektrik Piyasası, her saatin 59 dakikası boyunca sürekli, son 1 dakikada da oturma temelli eşleşme sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sebeple oturumlarda eşleşme yapacak modelin mutlaka 1 dakikadan az sürede olurlu bir sonuç vermesi gerekmektedir. Geliştirilen matematiksel eşleşme modellerinin sonuç verme süresini kısaltmak ve 1 dakikadan az sürede sonuca ulaşamama ihtimalini ortadan kaldırmak için sezgisel bir algoritma üzerinde çalışılmıştır. Uygulanan sezgiselde Genetik Algoritma kullanılmıştır. Başlangıç çözümlerini elde etmek amacıyla da bir Açgözlü Algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmaların ikisi de teklif defterindeki blok tekliflerden hangilerinin eşleneceğinin kararını vermektedir. Açgözlü algoritma içerisinde, iki farklı metrik kullanılarak algoritma sonucunda iki adet başlangıç çözümü elde edilir. Bu çözümler genetik algoritma tarafından kullanılarak çaprazlama ve mutasyon operasyonlarıyla ilk popülasyon oluşturulur. Popülasyondaki her çözümün uygunluk fonksiyonu kullanılarak uygunluk değeri hesaplanır. Uygunluk fonksiyonunda çözümün olurlu olup olmadığı kontrol edilir, uygun olmayanlar cezalandırılarak uygunluk değerinin düşük çıkması sağlanır. Bu hesaplama sonrası uygunluk değeri en yüksek olan çözüm seçilir ve bir sonraki popülasyona aktarılır. Kalanlar arasından rastgele 5 adet çözüm seçilir ve bunlardan uygunluk değeri en yüksek olan bir sonraki nesli yaratmak için ebeveyn olarak kullanılır. Bu işlem popülasyon büyüklüğü tamamlanana kadar devam eder. Popülasyondaki en yüksek uygunluk değeri, karşılaştırılan en fazla iterasyon sayısı kadar değişmez ise ya da belirtilen miktarda iterasyon sayısına ulaşılmışsa algoritma sona erer ve bulunan en iyi çözüm sonuç olarak verilir.

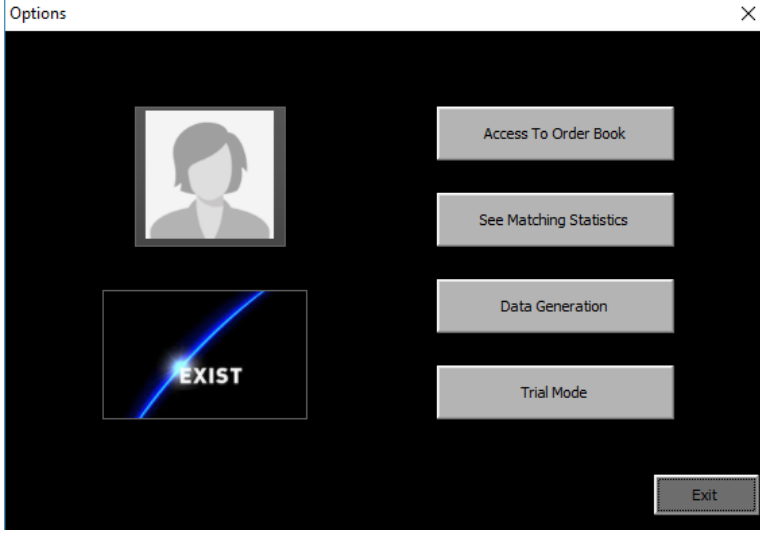
4.5. Uygulamalar

Açgözlü ve genetik sezgiselleriyle ulaşılabilen en iyi olurlu sonuç, geliştirilen ikinci matematiksel model için başlangıç çözümü olarak kaydedilir.

Bu sayede, CPLEX ile çözülen matematiksel modelin daha kısa sürede en iyi sonuca ulaşabilmesi hedeflenmiştir. Matematiksel modelin 1 dakika içerisinde en iyi çözüme ulaşamadığı durumda ise sezgisel yöntemlerle elde edilen sonuç, kullanıcı ile paylaşılmaktadır.

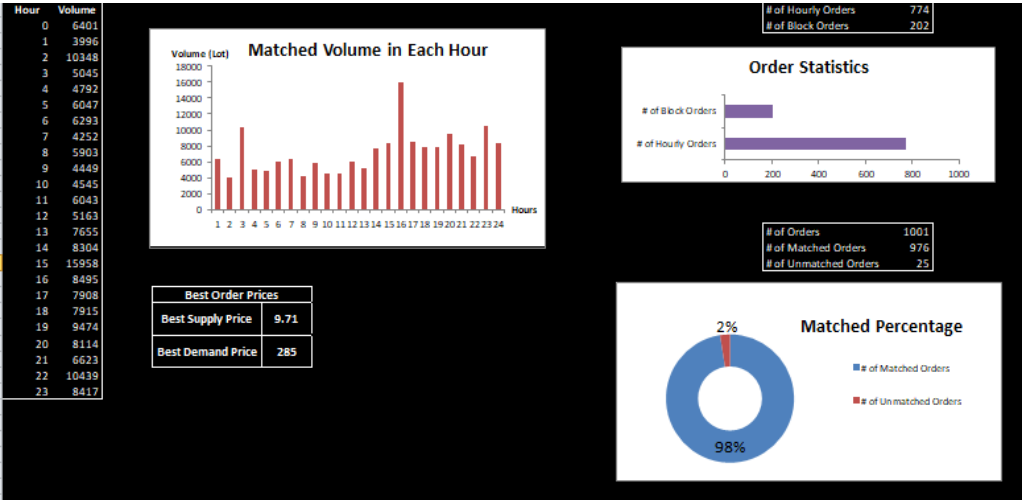
4.6. Kullanıcı Arayüzü

Kullanıcı ara yüzü sistem yetkilisinin kullanıcı adı ve şifresiyle giriş yapabildiği bir platformdur. Bu platformda kullanıcı teklif defterine erişme, eşleşme istatistiklerine göz atma, yeni veri üretme gibi eylemlerde bulunabilir ve dilerse istediği veri ile sistemde mevcut düzeni etkilemeden deneme eşleştirmeleri yapabilir.



Resim 1: Ana Menü Ekran Alıntısı

Teklif defteri, erişilen saatte sistemde bulunan eşleşmemiş teklifleri gösterir. Bu defter aracılığıyla teklif tipi, teklif hacmi, teklif başlangıç saati ve süresi gibi verilere ulaşılabilir. Eşleşme istatistikleri kısmından, erişilen saate kadar olan toplam eşleşme hacmini görmek, teklif temelli eşleşme detaylarını araştırmak, istenilen saate dair eşleşme detaylarına ulaşmak ve bu detayları grafiklerle anlatan raporlara erişmek mümkündür. Veri üretimi kısmında ise kullanıcı, istediği parametreler ile yeni veri yaratabilir ve deneme eşleştirmeleri gerçekleştirebilir.



Resim 2: Eşleşme İstatistikleri Sayfası Ekran Alıntısı

5. Uygulama Planı

Yeni piyasa tasarımı OPTIMAL ve EXIST tarafından onaylandı ve Aralık 2018’de uygulanma aşamalarına başlanılmasına karar verildi. Aralık ayına kadar sistemin test aşamalarının yapılması, şirket içi eğitimlerin verilmesi, yeni sistem hakkında market kullanıcıların bilgilendirilmesi ve EPDK tarafından yönetmelik değiştirilmesi süreçlerinin tamamlanması kararlaştırıldı.

6. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

Türkiye Gün İçi Elektrik Piyasası’nın hacmini artırmak amacıyla tasarlanan sistem dahilindeki eşleşmeleri gerçekleştiren genetik sezgisel ve matematiksel modeller öncelikle güncel sistemin verileriyle denenmiştir. Bu aşamada veri olarak geçtiğimiz yılın Gün İçi Elektrik Piyasası’nda verilen teklifler kullanılmış ve bu sayede tasarlanan sistem ile güncel sistem karşılaştırılabilmektedir.

Bir sonraki adım olarak ise katılımcıların hareketlerinde beklenen değişime uygun olarak sistemde öngörülen teklif artışı göz önüne alınarak denemeler yapılmıştır. Yeni sistemde verilen teklif sayısının artışının blok tekliflerin yüzdesel olarak artışı ile birlikte olması beklenmektedir. Bu amaçla geçtiğimiz yılın tekliflerinin saatlik dağılımları göz önünde bulundurularak, blok teklif yüzdesinin kademeli olarak artırıldığı farklı veri setleri oluşturulmuştur. Güncel sistemde sistemde verilen tekliflerin arasında %0,3 oranında bulunan blok teklifler, bu sayede yüzdesel olarak %30’a kadar çıkarılabilmektedir.

Hazırlanan veri setleri ile gerçekleştirilen denemeler sonucunda matematiksel model ve sezgisel algoritmanın aynı anda başlatılarak paralel

şekilde çalıştırılması durumunda, her denemede 1 dakikadan kısa sürede en az bir adet olurlu sonuca ulaşılabilmiştir. Blok teklif oranının %20'ye kadar olduğu veri setlerinde matematiksel model 1 dakika içinde en iyi sonucu vermiştir. Blok teklif oranı artırılmaya devam edildiğinde matematiksel modelin en iyi sonuca ulaşma süresi uzadığı için, sezgiselden bulunan olurlu sonuç paylaşılmaktadır.

Sistem, kullanıcının erişimini kolaylaştıracak bir kullanıcı ara yüzü ile sunulmuştur. Kullanıcı, eşleşme sonuçlarına ve gerekli istatistiklere ara yüz aracılığı ile ulaşabilecektir.

Sürekli eşleşme prensibiyle çalışan sisteme eklenen 1 dakikalık oturumlarda, blok tekliflerin diğer blok ve saatlik tekliflerin çeşitli kombinasyonları ile eşlenmesine olanak sağlanmıştır. Bu şekilde, güncel sistemde eşleşemeyen blok teklifler eşleşebilmiş ve dolayısıyla eşleşme hacmi artırılmıştır. Blok tekliflerin eşleşme ihtimalinin artırılmasıyla kullanıcı davranışlarının değişerek sisteme verilen blok teklif miktarının artması ve daha güçlü bir gün içi elektrik piyasası ile yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimine katılımında artış beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] EPİAŞ. Enerji Borsası İstanbul. <https://www.epias.com.tr/gun-ici-piyasasi/giris/> [Erişim: 12 Nisan 2018].
- [2] Hagemann, S., & Weber, C. (2015). Trading volumes in intraday markets: Theoretical reference model and empirical observations in selected European markets (No. 03/15). EWL working paper.
- [3] Neuhoff, K., Ritter, N., Salah-Abou-El-Enien, A., & Vassilopoulos, P. (2016). Intraday markets for power: Discretizing the continuous trading?.: Discretizing the Continuous Trading?. SSRN Electronic Journal.

EKLER

Ek 1

İlk Model: Gün İçi Piyasası Ticaret Hacmi Maksimizasyonu Modeli Kümeler ve İndeksler

t, T: zaman dilimi ve zaman dilimi kümesi

o, O: teklif ve teklifler kümesi

s, S: arz teklifi ve arz teklifleri kümesi

d, D: talep teklifi ve talep teklifleri kümesi

b, B: blok teklif ve blok teklifler kümesi

h, H: saatlik teklif ve saatlik teklifler kümesi

B^s, B^d : arz ve talep tarafından blok teklifler kümesi

H^s, H^d : arz ve talep tarafından saatlik teklifler kümesi

Parametreler

QB_b : blok teklif miktarı b , $b \in B$

QH_h : saatlik teklif miktarı h , $h \in H$

$\delta_{b,t}$: b blok teklifinin t anında aktif olma durumu, $b \in B$; $t \in T$

$\delta_{h,t}$: h saatlik teklifinin t anında aktif olma durumu, $h \in H$; $t \in T$

P_s : s arz teklifinin fiyatı, $s \in S$

P_d : d talep teklifinin fiyatı, $d \in D$

M : büyük M

Karar Değişkenleri

x_h^s = h saatlik arz teklifinin eşleşme oranı, $h \in H^s$

x_h^d = h saatlik talep teklifinin eşleşme oranı, $h \in H^d$

$y_b^s = \begin{cases} 1, & \text{eğer } b \text{ blok arz teklifi eşleştiyse, } b \in B^s \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$

$y_b^d = \begin{cases} 1, & \text{eğer } b \text{ blok talep teklifi eşleştiyse, } b \in B^d \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$

$w_{i,t} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ teklifi } t \text{ anında eşleştiyse, } i \in O \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$

p_t : t anında belirlenen fiyat, $t \in T$

Model

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{maksimize } \sum_{t \in T} \sum_{b \in B^s} \delta_{b,t} QB_b^s y_b^s + \sum_{t \in T} \sum_{h \in H^s} \delta_{h,t} QH_h^s x_h^s$$

Kısıtlar:

(1)

$$\sum_{b \in B^s} \delta_{b,t} QB_b^s x_b^s + \sum_{h \in H^s} \delta_{h,t} QH_h^s x_h^s - \sum_{b \in B^d} \delta_{b,t} QB_b^d y_b^d - \sum_{h \in H^d} \delta_{h,t} QH_h^d x_h^d = 0 \quad \forall t \in T$$

$$(2) \delta_{h,t} x_h^s \leq w_{ht} \quad , \quad \forall h \in H^s, t \in T$$

$$(3) \delta_{h,t} x_h^d \leq w_{ht} \quad , \quad \forall h \in H^d, t \in T$$

$$(4) \sum_{t \in T} \delta_{b,t} p_t = \sum_{t \in T} \delta_{b,t} y_b^s P_s \quad , \quad \forall b \in B^s, t \in T$$

$$(5) \sum_{t \in T} \delta_{b,t} p_t = \sum_{t \in T} \delta_{b,t} y_b^d P_d \quad , \quad \forall b \in B^d, t \in T$$

$$(6) P_s w_{st} \leq p_t \quad , \quad \forall s \in S, t \in T$$

$$(7) P_d w_{dt} + M(1 - w_{dt}) \geq p_t \quad , \quad \forall d \in D, t \in T$$

$$(8) y_b^s \in \{0,1\}, y_b^d \in \{0,1\}, w_{i,t} \in \{0,1\}$$

$$(9) 0 \leq x_h^s \leq 1, 0 \leq x_h^d \leq 1, p_t \geq 0$$

Ek 2

İkinci Model: Gün İçi Piyasası Ticaret Hacmi Maksimizasyonu Modeli Kümeler ve İndeksler

t, T : zaman dilimi ve zaman dilimi kümesi

b, B : blok teklif ve blok teklifler kümesi

h, H : saatlik teklif ve saatlik teklifler kümesi

B^s, B^d : arz ve talep tarafından blok teklifler kümesi

H^s, H^d : arz ve talep tarafından saatlik teklifler kümesi

Parametreler

QB_b : blok teklif miktarı $b, b \in B$

QH_h : saatlik teklif miktarı $h, h \in H$

$\delta_{b,t}$: b blok teklifinin t anında aktif olma durumu, $b \in B; t \in T$

$\delta_{h,t}$: h saatlik teklifinin t anında aktif olma durumu, $h \in H; t \in T$

PH_h : h saatlik teklifinin fiyatı, $h \in H$

PB_b : b blok teklifinin fiyatı, $b \in B$

$$k_{i,j,t} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } PB_b^s \leq PB_b^d \text{ veya } PB_b^s \leq PH_h^d \text{ veya } PH_h^s \leq PB_b^d \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$$

Karar Değişkenleri

x_h^s : h saatlik arz teklifinin eşleşme oranı, $h \in H^s$

x_h^d : h saatlik talep teklifinin eşleşme oranı, $h \in H^d$

$$y_b^s = \begin{cases} 1, & \text{eğer } b \text{ blok arz teklifi eşleştiyse, } b \in B^s \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$$

$$y_b^d = \begin{cases} 1, & \text{eğer } b \text{ blok talep teklifi eşleştiyse, } b \in B^d \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$$

$m_{i,j,t}$: t anında i teklifinin j teklifi ile eşleşme oranı, $i \in H^s \cup B^s, j \in H^d \cup B^d, t \in T$

Model

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{maksimize } \sum_{t \in T} \sum_{b \in B^s} \delta_{b,t} QB_b^s y_b^s + \sum_{t \in T} \sum_{h \in H^s} \delta_{h,t} QH_h^s x_h^s$$

Kısıtlar:

(1)

$$\sum_{b \in B^s} \delta_{b,t} QB_b^s x_b^s + \sum_{h \in H^s} \delta_{h,t} QH_h^s x_h^s - \sum_{b \in B^d} \delta_{b,t} QB_b^d y_b^d - \sum_{h \in H^d} \delta_{h,t} QH_h^d x_h^d = 0 \quad \forall t \in T$$

$$(2) \sum_{i \in B^s} m_{ibt} \frac{QB_i^s}{QB_b^d} + \sum_{j \in H^s} m_{jbt} \frac{QH_j^s}{QB_b^d} = \delta_{b,t} y_b^d, \quad \forall b \in B^d, t \in T$$

$$(3) \sum_{j \in B^d} m_{bjt} + \sum_{i \in H^d} m_{bit} = \delta_{b,t} y_b^s, \forall b \in B^s, t \in T$$

$$(4) \sum_{j \in B^s} m_{jht} \frac{QB_j^s}{QH_h^d} = \delta_{h,t} x_h^d, \forall h \in H^d, t \in T$$

$$(5) \sum_{j \in B^d} m_{jht} = \delta_{h,t} x_h^s, \forall h \in H^s, t \in T$$

$$(6) m_{ijt} \leq k_{ijt} \quad \forall i, j, t \in B^s, j \in B^d, t \in T$$

$$\forall i, j, t \in B^s, j \in H^d, t \in T$$

$$\forall i, j, t \in H^s, j \in B^d, t \in T$$

$$(7) y_b^s \in \{0,1\}, y_b^d \in \{0,1\}$$

$$(8) 0 \leq x_h^s \leq 1, 0 \leq x_h^d \leq 1, 0 \leq m_{ijt} \leq 1$$

Yedek Parça Envanter Stratejisi Geliştirme

Philsa Philip Morris Sabancı Sigara ve Tütüncülük A.Ş.



Proje Ekibi

Caner Çiçek, Nazlı Çiftçi, Aytaj Damirchibayli, Simge Olguner,
Ecem Sever, Simay Tekgül

Şirket Danışmanı

Feyza Aykır Özgenç
Bölgesel Teknik Parça Tedarik Md.

Akademik Danışman

Dr. Emre Uzun
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu proje ile Philip Morris Türkiye fabrikası'nda kullanılan yedek parçalar için uygun envanter seviyesi belirlemeye yardımcı bir envanter stratejisi geliştirmek amaçlanmıştır. Yapılacak değişiklikler ile mevcut sistemdeki aşırı stok seviyeleri ve yetersiz stok riskini azaltmak hedeflenmiştir. Bu kapsamda, yedek parçalar tedarik süresi ve kullanım sıklığına göre gruplandırıldıktan sonra, oluşan gruplar ve parçaların etki puanları göz önüne alınarak doldurma oranları saptanmıştır. Oluşan gruplardaki parçaların kullanım sıklığına göre “Temel Stok Politikası”, “Markov Zinciri Modeli” ve “Sezgisel Yaklaşım” envanter modelleri uygulanarak aşırı envanter seviyesi ve yetersiz stok riski azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler Envanter stratejisi, k-means kümeleme, Temel Stok Politikası, Markov Zinciri Modeli, Sezgisel Yaklaşım

1. Şirket Tanıtımı

Philip Morris International (PMI) bünyesindeki sigara markalarının üretimini gerçekleştiren ve bu ürünlerin satışını yapan dünya çapında bir şirkettir. PMI'nin temel amacı, tüketiciler için en yüksek kalitede ürünleri sunmak ve dumansız bir gelecek yaratmaktır. PMI dünya genelinde birçok üretim tesisine sahiptir ve bünyesinde 80.000'den fazla çalışanı vardır. Philip Morris Türkiye (Philsa), İzmir'de yer alan üretim tesisi ile satış ve dağıtım açısından PMI'nin dünya çapındaki 48 adet üretim fabrikaları arasında en büyük olanıdır. Philip Morris Türkiye, 1994 yılında Sabancı Holding ortaklığıyla kurulmuştur. Şirketin dağıtım ağı, Türkiye'nin 81 ilinde yaklaşık 143.000 satış noktasına ulaşabilmektedir. Philip Morris Türkiye, İstanbul, Ankara ve İzmir'de üç büyük dağıtım merkezine sahiptir. Bu 3 dağıtım merkezine sahip olmanın temel nedeni, müşterilere doğrudan ulaşabilmek ve müşteriden gelen yanıtları gözlemlemek açısından kolaylaştırmak olduğundan dolayı saha ekiplerinin sayısı bu bölgelerde daha yüksektir. Philsa, 27 farklı ülkeye ihracat yapabilir durumdadır.

Philsa'nın üretim tesisinde, tütünün işlendiği ve sigara üretiminin yapıldığı iki ana tesis vardır. Sigara üretim tesisinde sigaraların yuvarlanması ve paketlenmesi yapılmaktadır. Bu tesislere ek olarak, filtre üretim işleminin gerçekleştirildiği bir filtre tesisi de bulunmaktadır.

2. Mevcut Sistem

2.1. Mevcut Sistem Tanımı

Philsa'nın yanında Doğu Avrupa, Orta Doğu ve Afrika Kümesinde yer alan diğer 4 ülkedeki fabrikalar için de tüm yedek parça planlama, satın alma ve tedarik işlemleri Philip Morris Türkiye Teknik Satın Alma ekibi tarafından yönetilmektedir. Bu yedek parçaların çoğu makine üreticileri veya lokal ticari parça distribütörleri tarafından sağlanmaktadır. Tüm üretim makinelerinin tedarikçiler tarafından sağlanan kendi bakım yönetmelikleri vardır. Bununla birlikte, yedek parçaların mevcut bakım sistemi, varlık mühendisleri ve bakım ekibi tarafından yapılan gözleme dayanmaktadır. Örneğin, aşınmış bir makine parçası, denetimler veya planlı bakım süreleri sırasında tespit edilebilir ya da denetimlerden önce bozulabilir. Her iki durumda da, stok seviyeleri kontrol edildikten sonra, bu parçalar envanterdeki yedek parçalarla değiştirilecektir. Yedek parçaların stok seviyeleri yeniden sipariş seviyelerine ulaştığında, envanteri beslemek için yedek parça için yeni bir sipariş yaratılır. Her bir yedek parça için yeniden sipariş seviyesi, geçmiş yıldaki verilerin varyansı ve ortalaması kullanılarak belirlenen tüketim sıklığı ve teslim süresi arasındaki zaman göz önüne alınarak hesaplanır. Bu sipariş oluşturma yöntemi ve karar verme süreci sadece gözleme bağlıdır. Bu nedenle, güvenilir olmayan teslim süreleri nedeniyle yeni siparişlerin gelmesinden önce bazen fazla sayıda siparişler verilmekte veya güvenlik stokları tüketilmektedir. Bu durum, işletme

sermayesinde artışa sebep olmaktadır. Yedek parça stokta kalmıyorsa, makinelerde duruş yaşanmakta ve bu durum üretim kaybına neden olmaktadır. Kısaca, Philsa'nın şu an izlemiş olduğu sistem gözlem odaklı olduğu için çeşitli stok problemlerinin ortaya çıkma olasılığı yüksektir.

2.2. Proje Kapsamı

PMI'dan tarafından elde edilen bilgilere göre, yedek parça talebindeki dalgalanmalarla başa çıkmak için şirketin düzenli olarak yeniden sipariş seviyelerini dinamik bir şekilde hesaplaması ve güncellemesi gerekmektedir. Bu güncellemeler ve stokta tutma veya tutmama kararı yoruma dayalı değil veriye dayalı olmalıdır. Ancak, bu işlem yılda bir kez ve çoğunlukla MS Excel üzerinden hesaplama tablolarıyla gerçekleştirilmektedir. Yeniden sipariş seviyelerini düzenli olarak güncellemek, proje kapsamında dikkate alınması gereken iki ana konuyu beraberinde getirmektedir; yeniden sipariş seviyelerini periyodik ve hızlı bir şekilde güncellemek ve doğru bir şekilde hesaplamak. Bu doğrultuda proje, kullanıcı dostu bir karar destek sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu karar destek sistemi ile stok maliyetinin ve yetersiz stok seviyesi ihtimalinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

2.3. Durum Analizi ve Belirtiler

Şirkette kullanılan sistemde yedek parçaların stok yönetimi SAP çıktısı üzerinden elle yapılır ve mevcut yöntem, özellikle yedek parçaların miktarı dikkate alındığında sürdürülebilir ve güvenilir değildir. Her yedek parça için tanımlanmış yeniden sipariş seviyesi düzenli olarak güncellenememekte ve her bir parçanın stok miktarı bakım ekibinden gelen subjektif kritikliklik bilgisine göre belirlenmektedir. Tedarik zinciri departmanının sipariş miktarı üzerinde çok az kontrol sahip olmasının sebepleri yedek parça verilerinin yetersiz olması veya hiç olmamasıdır. Ayrıca yedek parçaların etki puanının kullanılmaması da bu durumu olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bütün bu durumlar yeniden sipariş seviyelerinin subjektif şekilde hesaplanarak aşırı stok tutulmasına ya da stok seviyesinin talebi karşılamak adına yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Tutulan stok seviyesinin talebi karşılamaması durumunda teslim süresi tedarikçiye anlaşmaya varılarak kısaltılmaya çalışılır.

3. Önerilen Sistem Tasarımı

3.1. Yedek Parçaların Gruplandırılması

Benzer özellikleri gösteren yedek parçaların gruplandırılması için üç boyutlu sınıflandırma matrisi oluşturulmuştur. Bu boyutlar tedarik süresi, kullanım sıklığı ve etki puanıdır. İlk olarak, yedek parçaların etki puanını atamak için kriterler belirlenmiştir:

- **0 etki** puanına sahip yedek parçalar bozulduğunda üretim hattı durmamaktadır ve bu yedek parçanın bozulması herhangi bir üretim kaybına yol açmamaktadır.

- **2 etki** puanına sahip yedek parçalar bozulduğunda üretim hattı durmamaktadır ama bu sınıfa ait olan bozuk parça ile üretim devam ettirildiğinde makinedeki diğer parçalarda tahribat oluşmaktadır.
- **4 etki** puanına sahip yedek parçalar bozulduğunda üretim hattı durmamaktadır. Ancak bu yedek parçaların bozulması makinede hız düşüşüne sebep olmaktadır.
- **6 etki** puanına sahip yedek parçalar bozulduğunda üretim hattı durmaktadır. Ancak bu bozuk yedek parçalar tamir edilebilmektedir ve yedek parçaların tamir süreleri 1 vardiyadan daha kısa sürmektedir.
- **7 etki** puanına sahip yedek parçaların bozulması üretim hattını durdurmaktadır. Ancak bu yedek parçalar bozulduğunda tamir edilebilmektedir ve yedek parçaların tamir süreleri 1 vardiyadan daha uzun sürmektedir.
- **9 etki** puanına sahip yedek parçaların bozulması üretim hattını durdurmaktadır ve bu parçalar bozulduğunda tamir edilememektedir. Bu sınıf için mekanik parçalar örnek verilebilir.
- **10 etki** puanına sahip yedek parçalar bozulduğunda üretim hattı durmaktadır ve bu yedek parçalar bozulduğunda tamir edilememektedir. Bu sınıf için elektronik parçalar ve iş güvenliği parçaları örnek verilebilir.

Bu özelliklere göre her yedek parça için etki puanları belirlendikten sonra, her parça için geçmiş tüketim ve tedarik süresi bilgilerine bakılarak ortalama tüketim sıklığı, ortalama tedarik süresi ve tedarik sürelerinin standart sapması hesaplanmıştır. Tedarik süresindeki sapmaları da göz önünde bulundurmak için ortalama ve standart sapmanın toplamı tedarik süresi olarak kullanılmıştır. Tüketim sıklığı yılda 10 kereden fazla olanlar 10 kabul edilerek ve tedarik süreleri için aşağıdaki formül uygulanarak tüketim sıklığı ve tedarik süresi bilgileri [0, 10] arasında konumlandırılmıştır:

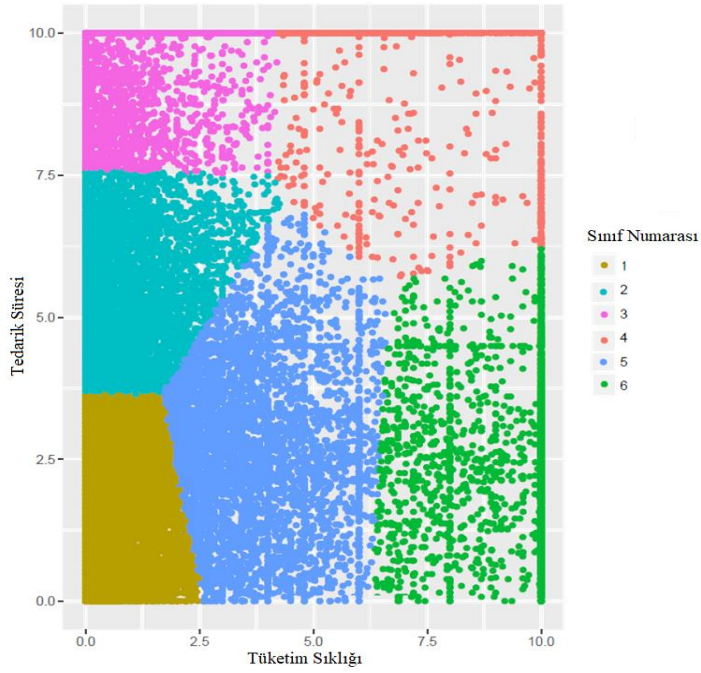
$$\text{Puan} = \frac{(X - \{\text{Alt sınır}\}) * 10}{\{\text{Üst sınır}\} - \{\text{Alt sınır}\}}$$

X: Geçmiş verilerden hesaplanan tedarik süresi bilgisi

Alt sınır: Bütün parçalar içinden en kısa tedarik süresi

Üst sınır: Bütün parçalar içinden en uzun tedarik süresi

Yedek parçalar tüketim sıklığı ve tedarik süresi bilgilerine göre iki boyutlu matris üzerinde konumlandırıldıktan sonra R programı kullanılarak K-Means Kümeleme Algoritması ile sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Aşağıdaki grafikte oluşan sınıflar gösterilmektedir:



Bu grafiğe göre 1 numaralı sınıf **Çok Hızlı Tüketilen Parçalar**, 2 numaralı sınıf **Hızlı Tüketilen Parçalar**, 3 numaralı sınıf **Yavaş Tüketilen Parçalar**, 4 numaralı sınıf **Az Tüketilen Parçalar** ve 5 numaralı sınıf ise **Tüketilmeyen Parçalar** olarak adlandırılmaktadır.

Oluşan grafiğe göre tüketim sıklığı sınırı 2,5 olarak belirlenmiş ve yılda 2,5 veya daha az kullanılan yedek parçalar yavaş tüketilen parçalar, daha fazla kullanılan parçalar ise hızlı tüketilen parçalar olarak adlandırılmıştır ve farklı envanter modelleri kullanılmıştır. Sınıflar oluşturulduktan sonra her parça için belirlenen etki puanına göre parçalar üç boyutlu matris üzerinde konumlandırılmıştır. Parçanın ait olduğu sınıfa ve etki puanına göre yeniden sipariş verme seviyelerini hesaplamak üzere doluluk oranları aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi belirlenmiştir:

Dolum Oranı (%)		Etki Puanı						
		0	2	5	6	7	9	10
Sınıflar	1	50	60	65	70	75	80	85
	2	55	65	70	75	80	85	90
	5	55	65	70	75	80	85	90
	3	60	70	75	80	85	90	95
	6	60	70	75	80	85	90	95
	4	65	75	80	85	90	95	99

3.2. Envanter Modelleri

Geçmiş veriler analiz edildikten sonra, yıllık tüketim sıklığı 2,5'den yüksek olan yedek parçalar “hızlı tüketilen yedek parçalar”, tüketim sıklığı 2,5 ve 2,5'den düşük olan parçalar ise “yavaş tüketilen yedek parçalar” adı altında toplandı.

3.2.1. Hızlı Tüketilen Yedek Parçalar

Feng vd. (2006) tarafından belirtildiği gibi hızlı tüketilen parçalar için tercih edilen Temel Stok Politikası en iyi hedef seviyesini bularak envanter maliyetini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla gruplandırma sonucu her bir grup için doldurma oranları belirlenmiştir. Doldurma oranı, müşteri talebinin stok kaybı olmaksızın, anında stok mevcudiyeti ile karşılanmasını sağlayan orandır. Bu doldurma oranları kullanılarak yetersiz stok veya aşırı stok durumunu engelleyecek olan seviyeler belirlenmiştir. Bu seviyelere hedef seviyeler denmektedir. En iyi hedef seviyesi hesaplanırken, son altı yılın verileri kullanarak her bir parçanın tüketiminin ortalaması ve standart sapması hesaplanmıştır. Parçaların teslimat süreleri göz önünde bulundurularak parçalar için sipariş periyotları saptandıktan sonra parçaya olan talebin gösterdiği dağılıma göre hedef seviye formüle edilmiştir. Sonuçları doğrulamak adına parçanın ortalama tüketimiyle şu anki hedef seviyesi karşılaştırılmıştır. Eğer bir yedek parça için tutulan stok ortalama tüketimden az ise şu anki hedef seviye talebi karşılamak için yeterli olmadığından temel stok politikasının önerdiği miktarda hedef seviyenin artırılması önerilmiş, tutulan stokun ortalama tüketimden fazla olduğu yedek parçalar içinse hedef seviyenin azaltılması öngörülmüştür.

3.2.2. Yavaş Tüketilen Yedek Parçalar

Yavaş tüketilen yedek parçalar, çok sık talep edilmeyen ve geçmiş verilerde genel olarak yıllık talepleri sıfır olan parçalardır. Geliştirilen yeni envanter stratejisinde yavaş tüketilen yedek parçalar, kullanım sıklığı yılda bir veya daha az olan parçalar olarak belirlenmiştir. Yavaş tüketilen yedek parçalar, diğer yedek parçalara göre daha az talep edilmektedir dolayısıyla stok devirlerinin daha düşük olduğu söylenebilir. Bu nedenle, uygun bir yavaş tüketilen yedek parça envanter stratejisi, hızlı tüketilen yedek parçalara kıyasla işletme sermayesinin daha verimli kullanılmasını sağlayabilir. Yavaş tüketilen yedek parçalar için iki farklı envanter stratejisi geliştirilmiştir.

3.2.2.1. Değiştirilmiş Markov Zinciri Modeli

Bu parçaların talebi rastsal olduğu için, aralıklı bir talebe sahip oldukları da söylenebilir. Uzunoğlu (2013) tarafından belirtildiği gibi, Markov Zinciri Modeli aralıklı talebe sahip olan parçalar için kullanılan bir envanter modeli olduğundan, yavaş tüketilen yedek parçaların envanter modeli ve yetersiz stok riski tahmini için “Değiştirilmiş Markov Zinciri” Modeli kullanılmıştır. Oluşturulan Markov Zinciri Modeli’nde durumlar envanterdeki

anlık stok miktarı olarak belirlenmiş ve geçiş olasılıkları geçmiş talep verilerine göre hesaplanmıştır. Markov Zinciri Modeli'nin hafızasız özelliğini koruyabilmek adına her yedek parça için geçiş periyodu, o parçanın geçmiş verilerinde gözlemlenen ortalama tedarik süresi olarak alınmıştır. Geçiş olasılıkları hesaplanırken, her parça için belirlenen bir periyotluk süre içerisinde geçmiş verideki talep oluşum sıklığı ve talep miktarları göz önüne alınmıştır.

3.2.2.2. Sezgisel Yaklaşım

Yavaş tüketilen yedek parçalarda bozulmalar arasında geçen süre, tedarik süresinden daha uzun olan parçalar için "Değiştirilmiş Markov Zinciri" dışında bir yaklaşım izlenmiştir. Tedarik süresinden daha kısa sürede gerçekleşen geçmiş bir talep verisi bulunmadığından, tedarik süresi boyunca bir arıza gerçekleşme olasılığı sıfır olarak görünmektedir. Bu sebeple bu parçalar için Değiştirilmiş Markov Zinciri Modeli uygun değildir. Belirtilen yedek parçalar için sabit bir sipariş tamamlama seviyesi belirlenmesine karar verilmiştir. Bu seviye ise geçmiş verilerdeki talep miktarlarının ortalaması alınarak bulunmuştur. Geçmiş veriler göz önüne alındığında, arızadan sonra verilecek bir sipariş Philips tarafından teslim alınmadan önce tekrar bir arızanın gözlemlenme olasılığının olmadığı görülmektedir. Bu nedenle, belirtilen sezgisel yaklaşım uygulandığında, bu parçalar için yetersiz stok riski sıfır olarak öngörülmüştür.

3.2.3. Tüketim Gözlemlenmeyen Yedek Parçalar

Geçmiş verilerde tüketimi gözlemlenmeyen parçalar iki farklı grupta incelenmiştir. İlk grup, artık fabrikada kullanılmayan ancak sistemde kaydı bulunan parçalar olarak belirlenmiş, bu parçalar için envanter seviyesinin sıfır olmasına karar verilmiştir. İkinci grup ise, fabrikada kullanımda olmasına rağmen geçmiş datalarda kullanımına rastlanmayan parçalar olarak belirlenmiştir. Bu parçaların etki puanına ve tedarik süresine göre sipariş tamamlama seviyelerinin 0 veya 1 olarak belirlenmesine karar verilmiştir.

4. Yeni Envanter Stratejisinin Sonuçları

4.1. Yedek Parçaların Sınıflandırılması

Philips, yedek parçaları sınıflandırmak için yalnızca önceki yılın tüketim verilerini kullanmaktadır. Yeni önerilen envanter sistemine göre yedek parçaların teslim süresi, tüketim sıklığı ve etki puanı gibi yeni perspektifler açısından incelenmiştir. Ayrıca, teslim sürelerindeki dalgalanmaların da dikkate alınabilmesi için, teslim sürelerindeki standart sapma dahil edilmiştir. Genel olarak, önerilen sistemin yapmış olduğu yeni sınıflandırma, makine parçalarının portföyünü daha kapsamlı bir şekilde gösterdiği ve şirketin halihazırda karşılaştığı problemleri yansıttıkları için Philips'nın yedek parçaları daha ayrıntılı incelenmesi sağlanmıştır.

4.2. Envanter Stratejisi

Temel Stok Politikası kullanılarak hesaplanan sipariş seviyeleri, hızlı tüketilen yedek parçaların hedef seviyeleri dikkate alınarak tekrar düzenlenmiştir. Örneğin, aşırı stok miktarına neden olan yedek parçaların sipariş seviyeleri, temel stok politikasının önerdiği hedef seviyeye kadar azaltılmıştır. Böylece envanter tutma maliyeti, Temel Stok Politikası sayesinde önlenmiştir. Ek olarak, bazı yedek parçaların yeniden sipariş seviyeleri, Temel Stok Politikasında bulunan hedef seviyeden daha düşük olabilir. Bu nedenle, bu tür yedek parçaların sipariş seviyeleri hedef seviyeye yükseltilmiş ve bu nedenle stok bitme riski en az düzeye indirilmeye çalışılmıştır. Aşağıda seçilen iki örnek parça için eski doldurma oranı, yeni doldurma oranı ve bu oranlara ait hedef seviyeler karşılaştırılmıştır.

Örneğin, 14028709 kodlu yedek parça için mevcut doldurma oranı %99,51 olup hedef seviye 25'tir. Sınıflandırmaya göre belirlenen yeni doldurma oranı %95 olup Temel Stok Politikası'nın önerdiği hedef seviye 20 olmuştur. Buna göre hedef seviyesinde %24'lük bir azaltılma önerilmiştir. Bu önerilen yeni hedef seviye ile bu yedek parçanın envanter maliyeti birim fiyat üzerinden hesaplanmıştır ve envanter maliyeti üzerinden yaklaşık %24'lük bir azalma öngörülmüştür.

Diğer bir örnek ise, 11305842 kodlu yedek parça için mevcut doldurma oranı %100'e yakın olup hedef seviye 30'dur. Sınıflandırmaya göre belirlenen yeni doldurma oranı %85 olup Temel Stok Politikası'nın önerdiği hedef seviye 9 olmuştur. Buna göre hedef seviyesinde %70'lik bir azaltılma önerilmiştir. Bu önerilen yeni hedef seviye ile bu yedek parçanın envanter maliyeti birim fiyatı üzerinden hesaplanmıştır ve bunun sonucunda envanter maliyeti üzerinde yaklaşık %70'lik bir azalma öngörülmektedir.

Yavaş tüketilen yedek parçaların yeniden sipariş verme seviyeleri, parçaların buldukları gruplar ve etki puanları göz önüne alınarak belirlenen doldurma oranlarına göre tekrar hesaplandı. Bu sayede, yavaş tüketilen yedek parçalar için ayrılan yüksek envanter tutma maliyeti, önerilen Markov zinciri modeli ile azaltıldı. Yavaş tüketilen yedek parçalar için önerilen bir diğer envanter modeli olan sezgisel yaklaşım uygulanarak bulunan sipariş tamamlama seviyeleri ile bu parçaların envanter tutma maliyeti düşürüldü. Aşağıda seçilen üç örnekte yavaş tüketilen yedek parçalar için Markov zinciri modeli ve sezgisel yaklaşım; tüketim gözlemlenmeyen parçalar için sezgisel yaklaşım envanter modelleri ile elde edilen sonuçlar verilmiştir.

12138563 kodlu parça, önerilen yeni sisteme göre Markov zinciri modeli uygulanan bir parçadır. Eski sistemde parça için yeniden sipariş verme seviyesi 2'dir. Parça için önerilen doldurma oranı %95 olup, yeniden sipariş verme seviyesi 1 ve sipariş miktarı 1 olarak hesaplanmıştır. Yeni sistem ile parçanın envanter maliyetinin %50 azaltılması öngörülmüştür.

Ayrıca, bu önerilen envanter modelleri sayesinde yedek parçaların yeniden sipariş seviyeleri düzenli olarak güncellendiği için Philip Morris Türkiye Teknik Satın Alma ve Bakım Ekibi, toplam harcanılan zaman açısından ciddi derecede tasarruf sağlayacaktır. Kullanılmakta olan gözleme dayalı denetimler yedek parçaların sipariş seviyelerini belli etmesi açısından fazla zaman harcanmasına sebep olmaktadır. Bu durum, önerilen modeller sayesinde en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda hem maliyet hem de zaman kullanımı açısından kullanıcı dostu bir karar destek sistemi Philip Morris Türkiye'ye oldukça fayda sağlanması amaçlanmıştır.

4.3. Envanteri Uygulama Planı

Uygulama planı açısından değerlendirmeler yapıldığında, yeniden oluşturulan sınıflar üzerinde Temel Stok Politikası ve Markov Zinciri gibi farklı envanter modelleri uygulanmıştır. Bu modeller sayesinde Philsa tarafından belirlenen yedek parçaların yeniden sipariş seviyesi, envanter modellerini uyguladıktan sonra ulaşılmak istenen hedef seviye ile karşılaştırılabilir. Önerilen bu envanter stratejisi MS Excel üzerinden Philsa'nın halihazırda kullanılan yedek parçalara uygulanmıştır. MS Excel'de yedek parçaların hedef seviyeleri ve yeniden sıralama seviyeleri arasındaki farklar görülmektedir. Örneğin, PhilSA, MS Excel'in arayüzünde bir girdi olarak yedek parçanın kimlik numarası girerken yedek parçaların hedef seviyesi ve tüketim sıklığı hakkında bilgi alabilir. Bu bağlamda, tüm bu uygulama MS Excel'e dayanmaktadır ve böylece şirket önerilen modelleri SAP gibi kendi sistemlerinde kolaylıkla uygulayabilecektir. MS Excel'de oluşturulan sistemin örnek adımlarına ekler kısmında yer verilmiştir.

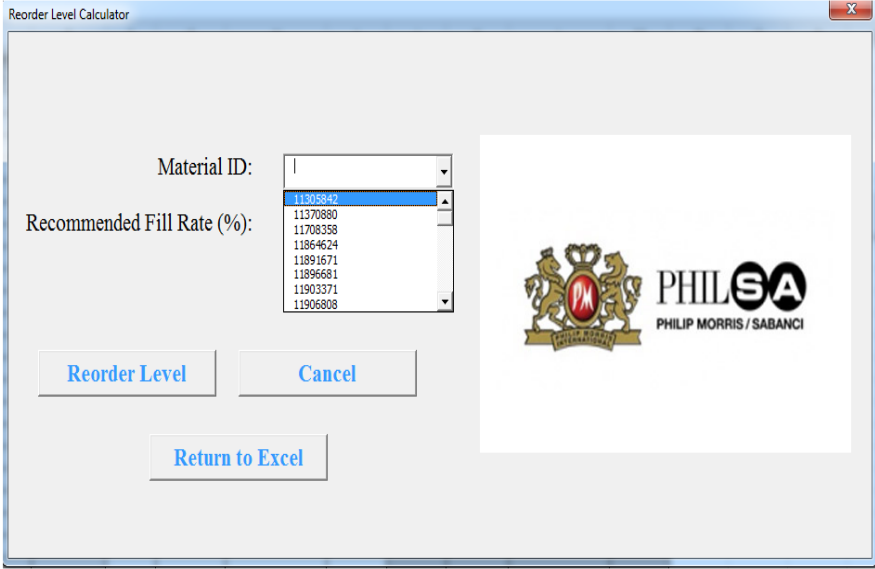
KAYNAKÇA

Feng, Qi, et al. "Are Base-Stock Policies Optimal in Inventory Problems with Multiple Delivery Modes?" *Operations Research*, vol. 54, no. 4, 2006, pp. 801–807., doi:10.1287/opre.1050.0271.

U. Uzunoglu Kocer, "Forecasting Intermittent Demand By Markov Chain Model," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 9, no. 8, pp. 3307–3318, Aug. 2013.

EKLER

Ek 1 : Sistem ara yüz görüntüsü




Reorder Level Calculator

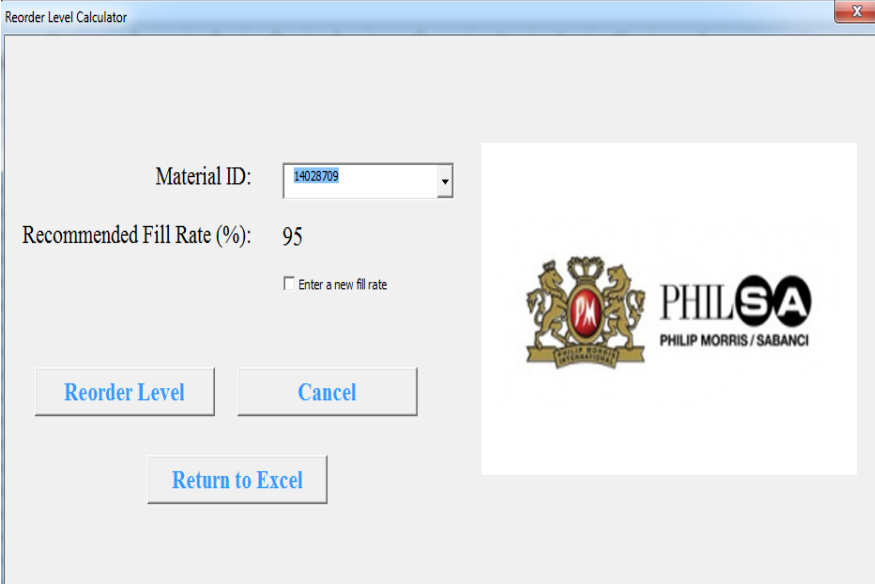
Material ID:

Recommended Fill Rate (%):

- 11305842
- 11370880
- 11708358
- 11864624
- 11891671
- 11896681
- 11903371
- 11906808



Ek 2 : Temel Stok Politikası'nda örnek verilen yedek parça için önerilen hedef seviyenin gösterilmesi ve farklı bir doldurma oranının girilmesi




Reorder Level Calculator

Material ID:

Recommended Fill Rate (%): 95

Enter a new fill rate



Ek 3: Farklı doldurma oranlarının yedek parça sipariş seviyeleri üzerinde etkisi

Result Report

Current Reorder Level: 25

Fill Rate = 85%		Fill Rate = 99%	
Reorder Level:	-	-	-
Order Amount:	-	-	-
Order up to Level:	15,54	23,43	-
Fill Rate = 90%		Fill Rate = 0%	
Reorder Level:	-	-	-
Order Amount:	-	-	-
Order up to Level:	17,04	-	-
Fill Rate = 95% (Recommended)		Fill Rate = 0%	
Reorder Level:	-	-	-
Order Amount:	-	-	-
Order up to Level:	19,26	-	-

OK

Ek 4: Markov Zincir Modeli'nde örnek verilen yedek parça için önerilen hedef seviyesinin gösterilmesi ve farklı bir doldurma oranının girilmesi

Reorder Level Calculator

Material ID: 25018340


Recommended Fill Rate (%): 95

Enter a new fill rate

New Fill Rate(%): 80

Reorder Level Cancel

Return to Excel



Ek 5 : Markov Zincir Modeli'nde farklı doldurma oranı sonucu oluşan sipariş seviyesi gösterimi

Result Report

Current Reorder Level: 1

Fill Rate = 85%	Fill Rate = 99%
Reorder Level: 1	2
Order Amount: 2	2
Order up to Level: -	-
Fill Rate = 90%	Fill Rate = 0%
Reorder Level: 1	-
Order Amount: 2	-
Order up to Level: -	-
Fill Rate = 95% (Recommended)	Fill Rate = 80%
Reorder Level: 2	1
Order Amount: 1	2
Order up to Level: -	-

OK

Ek 6 : Yedek parçalar için önerilen hedef seviyelerinin ve doldurma oranlarının Excel üzerinde gösterimi

Material ID	Reorder	Amount	Order up to Level	Fill Rate	Reorder	Amount	Order up to Level	Fill Rate	Reorder	Amount	Order up to Level	Fill Rate(Recommended)	Reorder	Amount	Order up to Level	Fill Rate	Reorder	Amount
11363942			7,264449124	75,0%			7,739736741	80,0%			8,29379015	85,0%			8,990881172	90,000%		
11370880			2	45,0%			2				2	55,0%			2	60,0%		
11708358	1	1		60,0%	1	1		65,0%	1	1		70,0%	1	1		75,0%	1	1
11864624			2	60,0%			2	65,0%			2	70,0%			2	75,0%		
11891671	1	1		65,0%	1	1		70,0%	1	1		75,0%	1	1		80,0%	1	1
11896681			1	65,0%			1	70,0%			1	75,0%			1	80,0%		
11903371			1	85,0%			1	90,0%			1	95,0%			1	99,0%		
11906808	2	2		85,0%	2	2		90,0%	3	2		95,0%	3	2		99,0%		
11909588			3,117310306	75,0%			3,243186212	80,0%			3,389909953	85,0%			3,574521923	90,0%		
11932284	1	1		65,0%	1	1		70,0%	1	1		75,0%	1	1		80,0%	1	1
12073718	1	2		80,0%	2	2		85,0%	2	2		90,0%	2	2		95,0%	3	2
12110055			1	75,0%			1	80,0%			1	85,0%			1	90,0%		
12138563	1	1		85,0%	1	1		90,0%	1	1		95,0%	3	2		99,0%		
12468430	1	1		70,0%	1	1		75,0%	1	1		80,0%	1	1		85,0%	1	2
13213216			8	65,0%			8	70,0%			8	75,0%			8	80,0%		
13213758			1	75,0%			1	80,0%			1	85,0%			1	90,0%		
13221810			1	75,0%			1	80,0%			1	85,0%			1	90,0%		
13226747	1	1		80,0%	1	1		85,0%	1	1		90,0%	1	1		95,0%	1	1
13665313			12,49785594	70,0%			13,09404498	75,0%			13,7592974	80,0%			14,53178851	85,0%		
13691239			1	75,0%			1	80,0%			1	85,0%			1	90,0%		
13780791			11,31399646	75,0%			12,03491583	80,0%			12,8775314	85,0%			13,93272176	90,0%		

Veri Analizi Yardımıyla İşçilik ve Standart Sürelerin Tahminlenmesi

TAI



Proje Ekibi

Melis Ercan, Ecem Ertenli, Burcu Galip, Aleyna Kof,
Mehmet Ali Şöhmeliolu, Fadıl Uncuoğlu

Şirket Danışmanı

Mustafa Yücel
Metot Geliştirme ve Destek
Fonksiyonları Kaynak Yönetimi
Kurumsal Kaynak Yönetimi

Akademik Danışman

Prof. Dr. Savaş Dayanık
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

TUSAŞ, Uzay ve Havacılık sektöründe faaliyet gösteren öncü bir şirkettir. Uzay ve Havacılık sektöründe, üretim zamanları iki seneye kadar uzayabilmektedir. TUSAŞ'ta kapasite ve iş gücü kaynak planlama çalışmaları, Kurumsal Kaynak Yönetimi Müdürlüğüne üretim alanlarındaki işçilik girişleri analiz edilerek yapılmaktadır. İşçilik girişlerindeyse yüksek sapmalar gözlenmektedir. Projemizin amacı; matematiksel bir model geliştirip, bu model ile sapmaları azaltarak, müdürlüğün karar verme sürecine destek sağlamaktır. Projemiz üç adımdan oluşmaktadır. İlk olarak, fabrikadaki mevcut durum test edilmiştir. Sonrasında; mevcut duruma uygun modeller geliştirilmesi amacıyla literatür taraması yapılmıştır. Proje boyunca, çeşitli modeller R programlama dili ile geliştirilmiş ve "robust model" kullanılması uygun görülmüştür. Bu model baz alınarak tezgah yoğun ve emek yoğun işçilik süreleri hesaplanmıştır. Son olarak; kullanıcıya projemizin sonuçlarına kolaylıkla ulaşma olanağı sağlayan arayüz geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler standart süreler, matematiksel model, data analizi

1. Şirket Tanımı

Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı (TUSAŞ), 28 Haziran 1973 tarihinde Türkiye'nin savunma sanayiinde dışa bağımlılığını azaltmak amacıyla Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı bünyesinde kurulmuştur. TUSAŞ tarafından 1984 yılında TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TAI), Türk-ABD ortak yatırım şirketi olarak 25 yıllığına kurulmuştur. 25 yıllık süreç tamamlanmadan, 2005 yılında TAI'nin yabancı hisseleri Türk hissedarlar tarafından satın alınarak şirket yeniden yapılandırılmıştır. Bu kapsamda TAI ve TUSAŞ birleşerek, TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. çatısı altında faaliyetlerini genişletmiş, havacılık ve uzay sanayi sistemlerinin geliştirilmesi, modernizasyonu, üretimi, sistem entegrasyonu ve yaşam döngüsü destek süreçlerinde Türkiye'nin teknoloji merkezi konumuna gelmiştir. Havacılık ve uzay sanayisinde küresel ilk yüz oyuncu arasında yer alan TUSAŞ, proje konularına bağlı olarak; Yapısal Grubu, Uçak Grubu, Helikopter Grubu, İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri Grubu, Uzay Sistemleri Grubu, Milli Muharip Uçak (MMU) Grubu olmak üzere altı stratejik iş merkezi bünyesinde örgütlenmiştir.

2. Proje Kapsamı ve Mevcut Sistem Analizi

Bu bölümde, projenin amacı doğrultusunda öncelikle projenin kapsamı belirlenmiş ve şirketin mevcut sistem analizi şirket tarafından sağlanan verilerin analizi yapılarak sunulmuştur.

2.1. Proje Kapsamı

Proje; TUSAŞ'ın Airbus ve Boeing gibi müşterilerine ürettiği gövde üretimlerinin veri analizi yapılarak, hedef saatlerinin (standart sürelerinin) belirlenmesini kapsamaktadır. Ayrıca üretim karakteristiğine bağlı olarak standart süre oluşturma amaçlı robust modelin kurgulanmasını ve bu bağlamda bir karar destek sisteminin oluşturulmasını hedeflemektedir.

2.2. Mevcut Sistem Tanımı

Uzay ve havacılık sektöründe, parçaların üretim zamanları, diğer sektörlerle karşılaştırıldığında oldukça uzundur. Bu sektörde fabrikalar uçak kanadı, gövdesi gibi büyük malzemeler üretmektedir. Bu parçaların veride gözlenen üretim sürelerindeki farklılıklar verilerin birçok değişkene bağlı olabileceğini göstermekte ve güvenilirliğini etkilemektedir. Şirkette standart süre hesabı PV (Planned Value) Sistemi tarafından ortalama ve t-test uygulamalarıyla arka planda hesaplanarak üretim planlamalarının ana girdisini oluşturmaktadır. Kurumsal Kaynak Yönetimi (KKY) Müdürlüğü kritik olarak belirlediği iş merkezlerinde sisteme ek olarak detay analiz gerçekleştirmektedir. Analizler temelde medyan yöntemiyle parça numaraları için iş merkezi bazında ve iş emirleri üzerinden aykırı noktaların elenmesiyle yapılmaktadır. Kritik iş merkezlerinin ayrıca analiz edilmesi fazladan efor

olarak değerlendirildiği için, projeye matematiksel bir veri analiz modeli beklenmektedir.

2.3. Veri Analizine Dayalı Mevcut Sistem Analizi

Mevcut sistem analizi firma tarafından sağlanan verilere bakılarak yapıldı. Bunun sonucunda aşağıdaki durumlar gözlemlendi:

Veri, demo olarak seçilen iki operasyonel müdürlük ve üç ana projenin 1 Ağustos 2016 ile 31 Ekim 2017 arasındaki işçilik girişlerini kapsamaktadır. Toplamda,

- 4.667 parça numarası,
- 81.457 iş emri,
- 1.034 işçi ve
- 172 iş merkezi gözlenmiştir.

Her bir iş emri bir ürünün kimlik numarası olup, aynı iş emri ile farklı parça üretilmemektedir. Bu sebeple; ilk adım olarak verinin tamamında her bir parça için kaç tane iş emri olduğu incelenebilir.

Tablo 1. İş merkezlerinde harcanan aylık mesai

ISMERKEZI	TOP	rep
A1	3310,93	28278
A2	560,06	33903
A3	397,22	15897
A4	357,74	7675
A5	346,92	25900
A6	322,50	5562
A7	297,10	17128
A8	296,42	4663
A9	279,28	2739
T3	278,46	948

Tablo 1 iş merkezlerinde harcanan aylık mesaiyi göstermektedir. Buna ek olarak; bütün veri için bu iş merkezlerine kaç kez giriş yapıldığı bilgisi de yer almaktadır. Analizi bir adım öteye taşımak adına iş merkezlerindeki parça numaralarını incelemek faydalı olacaktır. Örneğin; iş merkezi A1 ile A2 arasında mesai açısından gözle görülebilir fark vardır ancak bu fark ürünlerin iş merkezlerine kaç kez giriş yaptığı bilgisinde gözlenmemiştir. Bu da iş merkezlerinin işlev açısından oldukça farklı olduğunu ortaya koymaktadır.

3. Problem Tanımı

Bu bölümde, sistem analizi sonucunda projenin temelini oluşturan problemle ilgili belirti ve şikâyetler, problem tanımı ve yazın araştırması sonuçları yer almaktadır.

3.1. Belirtiler ve şikâyetler

Şirketle yaptığımız toplantılar sonucu mevcut sistemde karşılaşılan şikâyetler ve semptomlar aşağıdaki gibi analiz edildi.

3.1.1. Optimal Olmayan İş Gücü Kullanımı

Standart süreler belirli model içerisinde olmadığı için, şirket tarafından ideal iş gücü tahmini uzun uğraşlar sonucunda yapılabilmektedir. Standart süre hesabı çalışanlar tarafından MS Excel kullanılarak yapılmaktadır ve bu da yoğun bir manuel uğraş gerektirmektedir. Analiz çalışanların inisiyatifinde olduğu için hesaplamalar standardın dışına çıkabilmektedir. Bu sebeple farklı analizlerden farklı sonuçlara ulaşabilmektedir.

3.1.2 Planlama

TUSAŞ son yıllarda içinde bulunduğu sektörde iş gücü ve kapasite yatırımlarını artırmaya yönelik bir politika izlemektedir. Şirket var olan kaynakların kapasitesini; iş gücü ve tezgah yatırımıyla arttırmak istemektedir. Kaynakların verimli kullanılabilmesi için doğru planlama, bunun için de daha az eforla daha bilimsel veri analizi önem arz etmektedir.

3.2. Problem Tanımı ve İlgili Yazın Araştırması

3.2.1. Problem Tanımı

Kurumsal Kaynak Yönetimi'nin kullandığı mevcut sistemde üretim süreleri belirlenerek kapasite ve iş gücü planlaması yapılmaktadır. Bu üretim süreleri sistemde bulunan verilerin iş merkezi ve parça numarası bazında ortalaması veya medyanı alınarak oluşturulmaktadır. Mevcut sistemde hesaplamalar sistematik bir model yerine detay inceleme yöntemi ile yapıldığından standart sapma değerleri yüksek çıkmaktadır ve çalışanların hesaplamaları arasında farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Mevcut sistemdeki veriler hesaplanırken matematiksel bir model kullanılmadığı için kaynak planlama alanlarında doğru kapasite ve bütçe planlaması yapılması uzun uğraşlara dayanmaktadır.

3.2.2. Yazın Araştırması

Bu projenin ana hedefi, iş yükü ve standart zamanları hesaplamak için parametrik bir modelin geliştirilmesidir. Şirketin üretim süreçleri çeşitlilik gösterdiğinden, üretimin farklı aşamalarına uyacak bir model bulmak önemlidir.

Projenin ilk aşamalarında “Aircraft Maintenance Workforce Scheduling” (Hesham K. Alfares), “Using R for Introductory Statistics” ve “An Overview of Weibull Analysis” (Rustom D. Sutaria) olmak üzere üç ana kaynak belirlenmiştir. İlk kaynakta, işçilerin ve vardiya saatlerinin standart

zaman ve işgücü planlaması üzerine olan etkisinin bir analizi vardır. Verilere uyan ve standart zamanı hesaplayan bir model yapmaya çalışıldığı için, işçilerin ve vardiya saati faktörlerinin bu hesaplamalarda bir etkisi olup olmadığı incelenmiştir. Bunun yanı sıra işgücü planlama üzerine olan kaynak, uygun model oluşturulduğu zaman kullanılmak üzere araştırılmıştır.

İkinci kaynak olarak “R Programming and Statistics” kitabından yararlanıldı. Modeli veri ile uydurmak için lineer regresyon kullanıldı. Ayrıca veri analizi, Anova testi ve lineer regresyonun R programı kullanılarak yapılabileceğine karar verildi. Veri analizinin profesyonel bir şekilde yapılması ve model oluşturulması sırasında R programing ile ilgili olan ikinci kaynağın, ana kaynak olarak kullanılması uygun görüldü.

Üçüncü kaynak olarak, verileri dağılım modelleri ile eşleştirebilmek için Weibull dağılımı ile ilgili bir makaleden yararlanıldı. Bu makalede Rustom D. Sutaria weibull dağılımının kapsamında veri problemleri ve yetersizliklerinin içerildiğini belirtmektedir. Bu sebeple, bu makalenin daha detaylı bir analiz yapabilmek için veride problem olan noktaların doğru bir şekilde tespit edilmesi sırasında kullanılmasına karar verilmiştir.

Projenin ilerleyen aşamalarında yeni modelde kullanılmak üzere dördüncü kaynak, robust istatistik hakkında bir makale kullanılmıştır. Bu makalede, herhangi bir veri içerisinde çoğunluktan farklı olarak gözlenen bazı veri değerleri elde edilmesi aykırı olarak adlandırılmıştır. Bu aykırı değerler bir hatanın sonucu olabilir ya da istisnai durumlar altında kaydedilmiş olabilirler. Bu değerlerin tespiti için kullanılacak yöntemlerden bir tanesi ise robust regresyondur. Robust regresyonun ardındaki fikir gözlemleri “iyi davranmalarına” dayanarak farklı bir şekilde tartmaktır.”. Peer Rousseeuw, “Robust Statistics For Outlier Detection” adlı makalesinde, aykırı değerleri saptamak amacıyla klasik bir uydurma yöntemi kullanarak yanıltıcı olabileceğini açıklamaktadır, çünkü bu aykırı değerler ortaya çıkan modelin genellikle yanlış olduğu yöntemini çok güçlü bir şekilde etkileyebilmektedir (Rousseeuw, 2011). Bu makale daha sonra bu raporda bulabileceğiniz robust regresyonun arkasındaki hesaplamaları açıklamaya yardımcı olur.

4. İzlenen Yöntemler ve Uygulamalar

4.1. Regresyon Modelleri

Projenin ilk döneminde iki regresyon modelini denendi. Bu modellerdeki değişkenler:

i: configuration(TV)

j: parça

l: iş emri

k: iş merkezi.

Model 1:

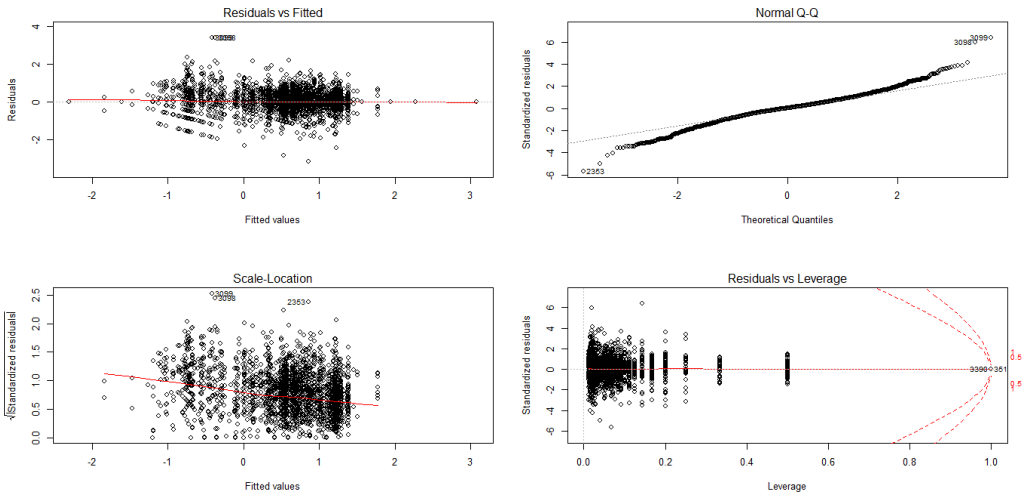
$$MES_{ijkl} = \alpha + \beta_i + \gamma_j + \theta_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Model 1 ile standart süre üzerinde etkili olabilecek değişkenler incelendi. Modelin R2 değeri 0.55 olduğundan, model geliştirme çalışmalarına devam edildi.

Model 2:

$$MES_{ijkl} = \alpha + \beta_i + \gamma_j + \theta_k + (\beta\gamma)_{ij} + (\beta\theta)_{ik} + (\gamma\theta)_{jk} + (\gamma\theta\beta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Model 2 ile standart süreler üzerinde etkili olabilecek değişkenler, bu değişkenlerin birbiri ile ilişkisi de göz önüne alınarak incelendi. Buna rağmen R2 değerinde beklenen şekilde bir artış gözlenmedi. Bu modelin R2 değeri 0.57 olarak bulundu. İkinci model ile istenilen değerler elde edilemeyince hata grafikleri incelendi. Gözden kaçırılmış olabilecek sistemsel bir hatanın giderilmesi R2 değerinin geliştirilmesini sağlayabilirdi.



Şekil 1. Hata grafikleri

“Residuals vs Fitted” ve “Scale-Location” grafikleri, hataların belli bir trendi takip etmediğini gösterdi. “Normal Q-Q” grafiği, hataların normal dağılımdan saptığını gösterdi. “Residuals vs Leverage” grafiği ise hata oranı ve baskısı yüksek parçaları gösterdi.

Bu aşamaya kadar verilerin ve hata teriminin normal olarak dağıldığı varsayılmıştı. Hata teriminin bir standart sapma ile sıfır ortalama değerine sahip olduğu varsayılmıştı. Bununla birlikte yüksek standart sapma değeri ve herhangi bir trendin gömülü olmadığı hata grafikleri sonucunda, problem yaklaşımı tekrar gözden geçirildi.

4.2. Robust Model

Regresyon modellerindeki düşük R-kare değerlerinden sonra izlenen yöntemde değişikliğe gidildi. Verideki aykırı değerleri göz önünde bulunduran bir model oluşturulmasına karar verildi. Bu model sayesinde verilerde bulunan

aykırı değerler hesaplamaya katılmayarak daha tutarlı standart zaman ve işçilik süreleri hesaplanması amaçlandı. Bunun yanı sıra, kullanılan verilerin yüksek bir aralığa sahip olması nedeniyle ortalamasının yerine medyan kullanılması planlandı, çünkü standart sapmanın yüksek olduğu durumlarda medyan standart süre ve işçilik için daha iyi bir tahminde bulunmaktadır. Bu bilgiler ışığında bir robust modeli oluşturulmaya karar verildi ve robust standart sapma değeri hesaplanması amaçlandı. Bunun model ile emek yoğun ve makine yoğun iş merkezleri için sırasıyla işçilik ve standart süre hesaplandı.

4.2.1. Emek / Makine Yoğun İstasyonlar

Fabrikadaki iş merkezleri genel olarak iki grupta incelenir. Bunlar, Emek/Makine yoğun istasyonlardır. Emek yoğun, sürecin büyük ölçüde işçi tarafından sürdürüldüğü ve otomasyonun düşük olduğu iş merkezleridir. Makine yoğun, sürecin makineler tarafından sürdürüldüğü ve işgücü ihtiyacının düşük olduğu iş merkezleridir. Bu sebeple, projemiz süresince, fabrikadaki iş merkezleri makine yoğun ve emek yoğun olmak üzere iki başlığa ayrılmıştır.

Emek yoğun iş merkezleri için işçilik hesabı yapılmıştır. Bu istasyonlar için standart süre işçilik süresidir. Her bir iş emri için farklı işçilerin harcadığı mesai göz önüne alınmıştır. Bu süreler toplanarak, her bir parça için harcanan mesai hesaplanmıştır. Aynı parçaların belirli iş merkezindeki işçilik süreleri göz önüne alınarak işçilik zamanı hesaplanmıştır.

Tablo 2. İşçilik süreleri (Saat)

PARCANO	ISMERKEZI	TV	median	mean	sdRobust	sample	REP
PARCANO 1	100	ABC	0.7	0.7360079	0.37065055	853	5211
PARCANO 8	101	ABC	0.6	0.6114599	0.29652044	685	1924
PARCANO 8	102	ABC	0.4	0.3962687	0.07413011	670	744
PARCANO 8	103	ABC	0.4	0.5149477	0.22239033	669	1574
PARCANO 1	104	ABC	0.4	0.4133433	0.29652044	667	2119
PARCANO 5	105	XYZ	2.1	25.989.627	0.88956132	482	2759
PARCANO 5	106	XYZ	3.3	35.102.510	0.96369143	478	1019
PARCANO 5	107	XYZ	1.5	17.027.426	0.51891077	474	2011
PARCANO 5	108	XYZ	0.6	0.6335443	0.37065055	474	1318
PARCANO 3	109	XYZ	0.6	0.6917548	0.37065055	473	1342

Görüldüğü üzere ortalama değer genellikle medyan değerinden büyük çıkmaktadır. Bunun sebebi aykırı noktalardır. Bu noktalar ortalama değerde sapmalara sebep olmakta ve standart sürenin güvenilirliğini tehlikeye atmaktadır. Bu sebeple medyan değeri daha kullanışlı ve güvenilir olacaktır.

Makine yoğun iş merkezlerinde ise; standart süre makinenin kullanımda olduğu süredir. Ayrıca, işçilerin belirli bir iş yerinde belirli bir

parça numarasına ait çalışma saatleri ve birbirine göre durumları incelenerek birden fazla senaryo ile karşılaştırıldığı saptandı. Bu senaryolardan bazıları aşağıda gösterilmiştir:

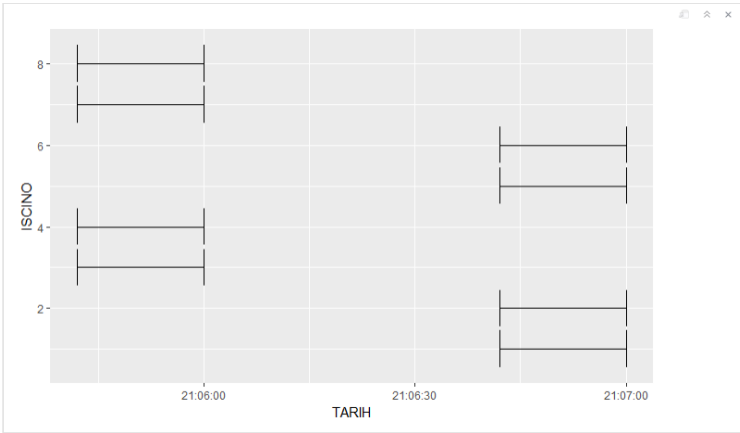
- Senaryo1: İki veya daha fazla işçi bir işe aynı anda başlar ve bitirir.
- Senaryo 2: İki veya daha fazla işçi bir işe farklı zamanlarda başlar ve farklı zamanlarda bitirir. Bir işçi çalışırken diğer işçi çalışmaya başlayabilir.
- Senaryo 3: İki veya daha fazla işçi bir işe farklı zamanlarda başlar ve farklı zamanlarda bitirir. Bir işçi işini bitirdikten bir süre sonra diğerleri çalışmaya başlar.

- Senaryo 4: İş üzerinde çalışan yalnızca bir işçi vardır.

Öte yandan, işçi sayısına bağlı olarak bu senaryolar artış gösterebilir. Bu sebeple, her senaryo için geçerli olabilecek genel bir algoritma oluşturulması düşünüldü.

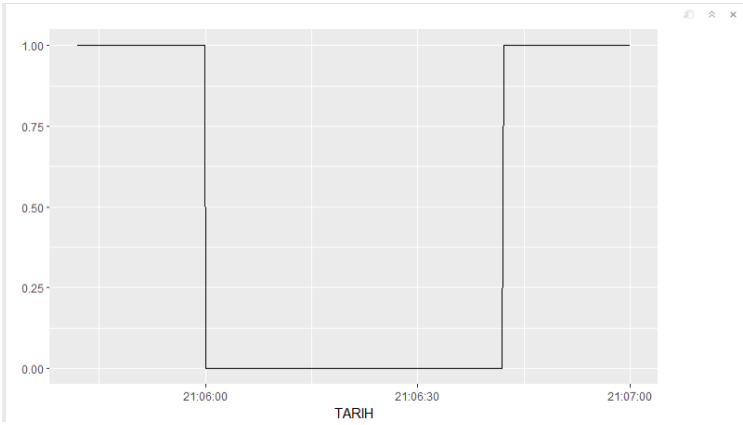
4.2.2. Senaryoların Çözümlemesi

Makine yoğun iş merkezleri için standart süreler üç adımda hesaplandı. İlk olarak; veri iş emirlerine göre gruplandı. Daha sonra her bir iş emri için bir iş merkezinde geçen süreler parçalara ayrıldı.



Şekil 2. Paralel işlerin gösterimi

Parçanın farklı siciller tarafından işlem süresinin bu parçalara düşüp düşmediği R programı ile hesaplandı. Grafikteki y eksenini, parça herhangi bir sicil tarafından bu aralıkta işlem gördü ise bir, görmedi ise sıfır olarak hesaplandı.



Şekil 3. Belirlenen aralığa düşen işlemlerin bir veya sıfır olarak gösterimi

Son olarak grafiğin altında kalan alan “*integrate*” fonksiyonu ile hesaplandı. Örneğin; 11.parça için "S123123" numaralı iş emrine ait standart süre 0.01 saat olarak hesaplandı.

Tablo 3. Belirlenen bir parça için standart süre hesabı

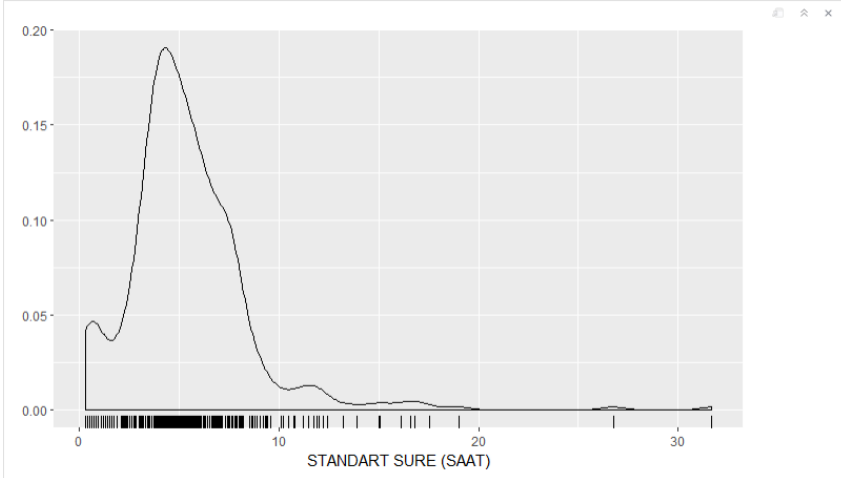
Part Number	Standard Time	Converged?
PARCANO 11	0.01	OK

Bu adım bütün makine yoğun iş merkezleri ve parçalar için tekrar edildi. Sonuçların bir kısmı aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4. Verideki parçalar için standart süre hesaplamaları

ISMERKEZİ	PARCANO	mean	median	sd	sdRobust	sample
150	PARCANO13	4,9810839	4,316667	2,6562787	1,7791279	61
150	PARCANO14	5,9663409	5,966667	1,8406571	1,8316315	52
150	PARCANO14	5,1787188	5,000000	2,2095519	1,7049925	51
150	PARCANO13	4,7886813	4,700000	1,7651181	1,8347239	50
150	PARCANO14	5,9354278	5,316667	2,6107097	2,0169567	50
150	PARCANO14	5,2520398	4,400000	1,9558781	1,7173475	49
150	PARCANO13	5,759138	5,199987	3,1003964	1,9490388	46
150	PARCANO13	5,8465027	5,783349	1,9439897	1,5659911	38
150	PARCANO15	0,512500	0,45000	0,2232071	0,1482613	8
150	PARCANO16	0,512500	0,45000	0,2232071	0,1482602	8

Örneğin; 12. parçanın 150 numaralı iş merkezinde geçirdiği sürelerin dağılımı aşağıda görülmektedir.



Şekil 4. 12. Parçaya ait yoğunluk grafiği

5. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

5.1 Uygulama ve mevcut sisteme uyarlama

Tasarlanan arayüz RShiny programı ile otomatik bir sistem oluşturulmuştur. Bu tasarım sayesinde, iş merkezi arayüze girildiğinde parçaların her bir iş merkezinde geçirdikleri standart süreleri ve işçilik süreleri çıktı olarak gösterilmektedir. Projenin sonunda, Rmd dosyası RShiny kodları şirkete teslim edilecektir. RShiny arayüzünün kullanılması için, kullanıcının detaylı bir bilgiye sahip olmasına gerek yoktur, fakat şirket tarafından arayüzün daha iyi anlaşılması için kısa bir eğitim planlanmaktadır. Projenin şirket sistemine uygulanması için, R programının temel bilgileri ve mantığı açıklanacaktır.

Tablo 6. Arayüz gösterimi

TAI LABOR HOURS AND STANDARD TIME ESTIMATION

Choose CSV File

Browse... No file selected

please choose the work center

IS MERKEZI

Download Labor Hours

Download Std Times

LABOR HOURS STANDARD TIMES

Show 25 entries Search:

PARCANO	ISMERKEZI	TV	median	mean	sdRobust	sample	REP
			0.01666667	0.027198966	0.018120694	9	110
			0.008195185	0.007827995	0.002725699	4	158
			0.013888889	0.054827018	0.045758206	7	120
			0.031250000	0.028586072	0.013771412	7	183
			0.008006912	0.021702790	0.004919945	14	276
			0.015000000	0.020050505	0.012972769	11	243
			0.014711538	0.014711538	0.001639416	2	34
			0.088250000	0.088250000	0.004833132	2	4

5.2 Firmaya sağlanan katkılar

Şuanki sistemde, KKY Müdürlüğü, detay analiz etmek istediği iş merkezleri için PV(std. saat) sistemi yerine ; Excel yardımı ile manuel analiz yapmayı tercih edebilmektedir. Proje sayesinde kurulan modellerle hesaplanan standart sürelerin müdürlüğün daha az eforla kısa sürede saat tahminleri yapmasına yardımcı olması beklenmektedir. Böylelikle müdürlüğün, excel işlemlerinden tasarruf sağlaması, ofisten kazandığı zamanı sahada değerlendirmesi için fırsat oluşması beklenmektedir. Dolayısıyla bu çalışmalar şirkete daha doğru iş gücü ve kapasite planlama alanlarında yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

1. Verzani, John. *Using r for introductory statistics*. Chapman & Hall/Crc, 2014.
2. “Journal of Quality in Maintenance Engineering.” *Emeraldinsight*, www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/13552519910271784.
1. Sutaria , Rustom D. “An Overview of Weibull Analysis”. Avia Intelligence 2016, Dubai, <https://sassofia.com/wp-content/uploads/2016/05/An-Overview-of-Weibull-Analysis.pdf>
1. TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. *TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.*, www.tai.com.tr/tr.
1. Rousseeuw, Peter (2011) “Robust Statistics For Outlier Detection” WIREs Data Mining Knowl Discov, 73–79

Kit Oluşturma Sisteminin İyileştirilmesi

TPI Kompozit Kanat Sanayi Ticaret A.ř.



Proje Ekibi

Zeynep Gaye Arslan, Berk Baydar, Tuğçe Demiroğlu, Suleyman İlker Özcan, İpek Özkanlı, Berk şenyiğit, Rahime Sinem Yaşa

şirket Danışmanı

Serhat Sermen
Üretim Müdürü

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Çağın Ararat
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Rüzgâr türbini kanadı üreten TPI Kompozit Kanat Sanayi Ticaret A.ř. (TPI), kanat üretimi için temel malzeme olarak cam elyaf kumaşları kullanmaktadır. Bu kumaşlar, besleme noktalarında bulunan kumaş arabalarından kalıplar üzerindeki serim noktalarına taşınmaktadır. Operatörlerin cam elyafları serim noktalarına götürmek için kat ettiği fazla mesafenin üretimi aksattığı fark edilmiştir. Projenin amacı, operatörlerin yürüme mesafesini en aza indirecek şekilde yeni besleme noktaları belirleyip bu noktalara kumaş arabalarını yerleştirerek üretim sürecini iyileştirmektir. Proje çıktıısı olarak üretimdeki verimliliği arttıran ve farklı kanat üretim projelerinde de kullanılabilecek bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Besleme noktası, cam elyaf, kumaş rulosu, kumaş arabası, yürüme mesafesi

1. Şirket Tanıtımı

1968 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Arizona eyaletinde kurulup yüksek performanslı yelkenler ve sürat tekneleriyle üretime başlayan Tillotson Pearson Inc.(TPI), 2001 yılından itibaren General Electric, Vestas, Nordex, Gamesa ve Acciona gibi orijinal donanım imalatçıları için kompozit rüzgâr türbini kanadı üretmektedir. TPI, 2012 yılında rüzgâr türbini kanadı üretmeye başlamıştır. Sasalı ve Menemen olmak üzere İzmir'de iki bölgede faaliyetlerini sürdüren TPI, 58,5 ve 65,5 metre uzunluğundaki rüzgâr türbini projeleri için rüzgâr türbini kanadı üretmektedir. Sasalı bölgesinde 65,5 metre uzunluğundaki rüzgâr türbin kanatları üretimini gerçekleştirmektedir. Sasalı bölgesi için yıllık üretim miktarı 100 rüzgâr türbini kanadının üzerinde olup şirket bir gün içinde üç vardiya olmak üzere haftada altı gün çalışmaktadır.

2. Proje Kapsamı

TPI iki bölgede faaliyetlerini sürdürmesine rağmen, proje kapsamı Sasalı merkezli fabrika ile sınırlandırılmıştır. Projede asıl olarak, rüzgâr türbini kanatlarının üretim aşamasındaki kumaş rulolarının serim noktalarına taşınmasıyla ilgilenilmiştir. Kumaş ruloları olarak söz edilen malzeme cam elyafıdır ve rüzgâr türbini kanadı üretimi için ana malzemeyi oluşturmaktadır. Proje sürecinde şirket tarafından sağlanan veriler; kumaş rulolarının kodları, bu kumaş rulolarının serim yapılacağı noktaların yerleri, kumaş rulolarının kumaş arabalarındaki dizilme sırası ve güncel durumda besleme noktalarının yerlerini içermektedir. Proje kapsamında kullanılan bu verilerle, operatörlerin yürüme mesafesini en aza indirecek besleme noktalarının sayısı ve yerleri belirlenerek kumaş arabalarına dizilecek kumaş rulolarının yerleri saptanmıştır. Bunlara ek olarak şirketin çeşitli uzunluktaki rüzgâr türbini projelerinde kullanabileceği, besleme noktalarının sayısı ve yerlerini belirleyebilen, aynı zamanda kumaş rulolarının kumaş arabalarına atanmasını sağlayan bir karar destek mekanizması oluşturulmuştur.

2.1. Problem Tanımı

TPI, rüzgâr türbin kanatlarını 24 ile 40 saat arasında değişen devir sürelerinde üretmektedir. Bu süre, üretim sürecinin yanı sıra rüzgâr türbini kanatlarının üretimi için gerekli kumaş rulolarının, operatörler tarafından besleme noktalarından serim noktalarına taşınma süresini de içermektedir. Bu doğrultuda, proje kapsamında operatörlerin kumaş rulolarını taşıırken kat ettiği mesafenin en aza indirildiği, en uygun besleme noktası yeri ve sayısının belirlendiği, kumaş rulolarının bu besleme noktalarındaki kumaş arabalarına verimli bir şekilde yerleştirildiği bir sistem tasarlanması hedeflenmiştir.

2.2. Mevcut Sistem Analizi

TPI, güncel sistemde 58,5 ve 65,5 metrelik iki farklı kanat üretmektedir. Projenin kapsamında bulunan 65,5 metrelik kanatlar, iki farklı iskelet içinde

bulunan ikişer kalıpta üretilmektedir. Kanat üretimi için ana malzeme olarak cam elyaf kumaşı kullanan şirket, kanadın esnekliğini artırırken yapısını da sağlamlaştırmayı hedefler. Kumaş serim süreci, rüzgâr türbini kanadı üretiminin önemli bir parçası olmakla beraber üretim sürecinde en uzun süren işlemdir.

Kumaşhanede kesimi yapılan cam elyaf kumaşları rulolara sarılmaktadır. İki ana tür cam elyaf kumaşı kullanılmaktadır; bunlar BIAX ve UD cam elyaf kumaşlarıdır. Kumaş ruloları kodlanırken kumaş tipi, serim yapılacak kalıbın katman ve serim konumu göz önüne alınmaktadır. Kalıbın kök ucuna serimi yapılacak kumaş ruloları sırasıyla A, B, C, D, E harfleri ile kodlanırken kalıbın dip tarafına serimi yapılacak kumaş ruloları sırasıyla F, T, K, H, G harfleri ile kodlanır. Kumaş ruloları, kodlarına göre kumaş arabalarına yerleştirilir ve 65,5 metrelik rüzgâr türbini kalıplarının yanlarında bulunan besleme noktalarına forkliftler aracılığıyla taşınır. Kumaş arabalarında en fazla 56 kumaş rulosu bulunur, böylece kumaş arabalarının verimi üst düzeyde tutulur ve kumaş arabalarının taşınmasını sağlayacak forkliftlerin kaldırabileceği maksimum ağırlık aşılmaz. Güncel sistemde, bir adet 65,5 metrelik rüzgâr türbini kanadı üretiminin tamamlanması için 13 adet kumaş arabası kullanılmaktadır.

Forkliftlerle taşınan kumaş arabaları, iskeletlerin kök kısmında bulunan besleme noktalarına yerleştirilir. Her iki kalıbın başında birer besleme noktası ve bu besleme noktalarında ikişer adet kumaş arabası bulunmaktadır. Bu kumaş arabalarındaki kumaş ruloları sırası geldiğinde operatörler tarafından el yordamıyla serimin yapılacağı yere taşınır. Her iki kalıpta da kumaş rulolarının ulaşımından sorumlu iki adetoperatör bulunur. Besleme noktaları kalıpların kök ucunda olduğundan dolayı ruloları taşımaktan sorumlu operatörler kanat uzunluğu boyunca hareket eder.

2.3. Belirtiler ve Şikâyetler

Rüzgâr türbinleri için kanat üretimi yapan TPI'da kanat üretimi sırasında bazı sorunlarla karşılaşmıştır. İlk sorun kumaş rulolarını taşınması sırasında kumaş arabalarının verimsiz kullanılmasıdır. Bu verimsizlik, kumaş rulolarının serim sırasına göre dizilmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Ruloların serim sırasına uygun olarak dizilmemesi, operatörlerin kumaşları arama sürelerinin fazla olmasına sebep olmaktadır. Bu da üretim esnasında zaman kaybı yaratmaktadır. Bir diğer sorun ise kumaş arabalarının konumlandırıldığı besleme noktalarının yeterli sayıda olmamasıdır. Mevcut sistemde kumaş arabaları rüzgâr türbini kanadının baş kısmında tek bir noktada konumlandırılmaktadır. Besleme noktası olarak adlandırılan bu noktanın tek bir nokta olması ise sorunlara yol açmaktadır. Kanat üretimi esnasında her kumaşın farklı serim noktası olduğu için bazı kumaşlar operatörler tarafından besleme noktasından serim noktalarına 65 metreye

kadar çıkabilen mesafelerde taşınmaktadır. Böyle bir durumda operatörler kumaşları kökten uca kadar taşıırken üretimde hem zaman kaybına yol açmaktadır hem de operatörlerin 35 veya 40 kilograma kadar çıkabilen kumaş rulolarını 65 metre boyunca taşıırken fazladan yorulmasına sebep olmaktadır.

2.4. Proje Kapsamındaki Kısıtlar ve Varsayımlar

Proje kapsamında şirket tarafından belirlenen kısıtlar ve aynı zamanda şirket ziyaretleri esnasında saptanan değiştirilemeyecek bazı etkenler bulunmaktadır. Bu etkenler şu şekilde sıralanmaktadır:

- Kalıpların üzerinde bulunduğu iskeletlerin konumları
65 metre uzunluğundaki rüzgâr türbini kanatlarının üretiminin yapıldığı Hol A'da 2 adet iskelet bulunmaktadır. Proje kapsamında bu iskeletlerin bir tanesiyle ilgili çalışmalar sürdürülmüştür. Bu iskelet PS (Pressure Surface) ve SS (Suction Surface) olmak üzere 2 kalıbı içermektedir. İskelet olarak adlandırılan bu materyal, çok büyük ve hareketsiz olduğundan dolayı besleme noktalarının yerleri ve sayıları saptanırken dikkat edilmesi gereken bir kısıt oluşturmaktadır.

- Forklift yolu

Besleme noktalarının yerleri ve bu besleme noktalarında bulunacak kumaş arabalarının sayısı saptanırken forklift yolu göz önünde bulundurulmalıdır. Hol A'da yer kısıtı bulunduğundan dolayı forklift yolunu engellemeyecek şekilde besleme noktaları konumlandırılmalıdır.

- Kumaşhaneden gelen kumaş rulolarının boyutları

Kumaşhanede kesilen ve hazırlanan kumaş rulolarının boyutları sabittir. Proje kapsamında değiştirilemeyecek faktörler arasında yer almaktadır. Bunun sebebi kumaşhanede kumaş ruloları her proje için ayrı ayrı hazırlanmak yerine diğer rüzgâr türbini kanadı projeleriyle de uyumlu olabilmesi için standart boyutlarda hazırlanıyor olmasıdır. Bu nedenle kumaş ruloları, belirlenecek kumaş arabalarına atanırken iş talimatlarında belirlenen boyutlarda atanmalıdır.

- Toplam kumaş arabası sayısı

Şirkette bulunan kumaşhanenin hem yer kısıtından hem de iş gücü kısıtlamasından ötürü aynı anda en fazla 6 tane kumaş arabası hazırlanabilmektedir.

- Forkliftin taşıma kapasitesi

Şirkette kullanılan forkliftlerin taşıma kapasitesi en fazla 2 ton olmaktadır. Kumaş arabalarını kumaşhaneden besleme noktalarına forkliftlerin getireceği göz önünde bulundurulduğunda, kumaş arabalarının ayarlanması forkliftin taşıma kapasitesini geçmeyecek şekilde yapılmıştır.

Proje kapsamında bir kumaş arabası bir kit olarak kabul edilmiştir. Buna ek olarak uzunluğu 65,5 metre olan rüzgâr türbin kanadı için SS kalıbı için 198 kumaş rulosu ve PS kalıbı için 199 kumaş rulosu gerekmektedir.

3. Literatür Taraması

Enerji sektörü göz önüne alındığında rüzgâr gücünden elde edilen enerji son derece önemli bir yere sahiptir. Rüzgâr enerjisi, rüzgâr türbinleri aracılığıyla elde edilir. Rüzgâr enerjisinin üretimi, üretilen türbinlerin çeşitlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Rüzgâr türbinini oluşturan en önemli materyal rüzgâr türbini kanatlarıdır (Oğulata, 2003). Rüzgâr türbini kanadının üretimi esnasında kontrolü sağlamak için TPI'da kit sisteminden yararlanılmaktadır. Kit sistemi üretim esnasında meydana gelebilecek hata payını düşürürken aynı zamanda birbiri ile bağlantılı ve aynı üretim alanında kullanılması gereken üretim parçalarını bir arada tutmaya yardımcı olur. TPI'da kit sistemi kumaş arabalarının içinde bulunan kumaş ruloları için uygulanmaktadır. Kit sistemine göre kumaş ruloları kumaş arabalarına serim noktaları ve sırası temel alınarak dizilmelidir. Proje kapsamında bir kumaş arabası, bir kit olarak kabul edilmektedir. Kit sistemi sayesinde kumaş rulolarının üretim alanına ulaşımı kolaylaştırılmıştır. Proje kapsamında sezgisel yöntemler de araştırılmasına rağmen matematiksel modellemenin daha uygun olacağına karar verilmiştir. Bunun sebebi ise sezgisel metotlar yerine matematiksel model kullanılarak daha kesin ve doğru bir çözüm elde edilebilecek olmasıdır (Kenny, Nathal ve Saldana, 2014). Oluşturulan bu matematiksel model aracılığıyla üretim esnasında operatörlerin yürüme mesafesini en aza indiren besleme noktası sayısı, o noktalarda bulunan kumaş arabalarının sayısı ve kumaş rulolarının atamaları gerçekleştirilmiştir.

4. İzlenen Yöntem ve Uygulamalar

Proje kapsamında çözülmesi gereken problem için matematiksel model geliştirildi. Şirketten alınan bilgiler, Microsoft Excel platformunda gruplandırıldıktan sonra Xpress çözücüsü kullanılarak sonuca ulaştırılmıştır. Bu süreç projenin birinci aşamasını oluşturmaktadır. İkinci aşamada ise şirketin diğer projelerde de kullanacağı bir arayüz oluşturulması amaçlanmıştır. Bu arayüz Microsoft Excel platformunda Visual Basic for Applications programlama dili yardımıyla oluşturulmuştur. Bu sayede kullanıcının girdiği verilerle birlikte kumaş ruloların besleme noktalarındaki arabalara atanması sağlanmaktadır. Bu arayüz oluşturulurken sezgisel yönetime başvurulmuştur, merdiven yanları muhtemel besleme noktaları olarak belirlenmiştir ve bu sayede operatörlerin yürüme mesafesinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

4.1. Matematiksel Model

Matematiksel model Xpress çözücüsü yardımıyla çalıştırılmıştır. Matematiksel model oluşturulurken kumaşhane kısıtı, kumaş arabalarının kapasitesi ve yer kısıtlamaları göz önünde bulundurulmuştur. Bunlara ek olarak bir kumaş arabasında en az 48 rulo, en fazla 56 rulo olması koşulu eklenmiştir. Bunun sebebi ise kumaş arabasından tasarruf etmek ve

kumaşhaneyi zorlamamaktır. Aynı zamanda kumaşhane kısıtını modele aktarabilmek için en fazla 5 kumaş arabasının aynı anda besleme noktalarında bulunabilme varsayımı yapılmıştır. Şirketten bu sayının en fazla 6 olarak alınmasına rağmen 5 olarak modele aktarılması şirkete daha fazla verimlilik sağlayabilmek amacıyla. Matematiksel modelde, operatörlerin kumaş rulolarını taşıırken kat ettiği toplam mesafenin enazlanması amaçlanmaktadır. Buna ek olarak amaç fonksiyonu toplam kumaş arabası sayısının enazlanmasını da içermektedir. Matematiksel modelin SS ve PS kalıpları için ayrı ayrı çalıştırılması gerekmektedir. İki kalıp için Microsoft Excel kullanımıyla farklı hesaplamalar yapılmış ve bu hesaplamalar doğrultusunda matris şeklinde sonuçlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu bilgiler Xpress çözücüsünde kullanılmaktadır. Microsoft Excel platformunda hesaplamalar yapılırken kumaş serim noktaları kullanılmıştır. Bu bilgilere ek olarak kalıpların yanlarında bulunan her bir metre muhtemel besleme noktası olarak düşünülmüş ve bu bilgiye göre her bir muhtemel besleme noktası ve serim noktası arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Bu mesafeler hesaplanırken kalıpların etrafında bulunan ve operatörlerin kumaşları serim noktalarına ulaştırmak için yararlandığı merdivenler göz önünde bulundurulmuştur. Muhtemel besleme noktaları kümesi 1'den 67'ye kadar gitmektedir. Burada 1 ve 2 olarak bahsedilen noktalar 0. metreyi, 67 sayısı ise 65. metreyi ifade etmektedir. Bunun sebebi ise 0. metredeki alan genişliğinden dolayı o noktaya 2 tane besleme noktası konulabilecek olmasıdır. Oluşturulan matematiksel model Ek 1'de bulunmaktadır.

4.2. Veri Doğrulama ve Onaylaması

Matematiksel model Xpress çözücüsüyle çalıştırdıktan sonra veri doğrulaması yapılabilmesi için şirkette bulunan kısıtlamalar göz önünde bulundurulmuştur. Bu kısıtlardan bir tanesi forklift yolunun konulacak besleme noktalarıyla engellenmemesiyle ilgilidir. Bu nedenle model sonucunda elde edilen besleme noktalarının konumları bu ölçüde değerlendirilmiştir. Bu kısıta ek olarak iskeletin üzerinde kumaş arabalarını koyabilecek yeterli alan olmadığından, matematiksel model sonucunda elde edilen kumaş arabalarının iskeletin dış tarafına, bir diğer deyişle, kalıpların yanlarına konulmasına karar verilmiştir. Aynı zamanda PS ve SS kalıbının arasında yeterli alan bulunmadığından model sonucunda elde edilen kumaş arabalarının konumları, kalıpların dış tarafları içindir.

4.3. Kullanıcı için Oluşturulan Arayüz

Farklı boyutlardaki rüzgâr türbini kanadı üretimindeki kit oluşturma sistemlerinde kullanılması amacıyla kullanıcı dostu bir arayüz tasarlanmıştır. Çözüm için tasarlanan arayüzde kullanıcıdan her iki kalıpta kullanılacak olan cam elyaf kumaş rulolarının kodları ve kalıp üstünde serildiği metreleri Excel sayfasından hücre aralıkları olarak seçmesi beklenmektedir. Bununla birlikte

kalıpların yerleştirildiği iskeletlerde bulunan merdivenlerin metrelerinin de girdi olarak yazılması beklenmektedir. Oluşturulan kullanıcı arayüzü Ek 2’te bulunmaktadır. Arayüzün çalışma prensibi, operatörlerin kumaş rulolarını en az mesafe kat ederek taşımasıdır. Tasarlanan arayüz yardımıyla, her kumaş rulosu kalıp üzerinde serileceği noktaya en kısa mesafede bulunan kumaş arabasına atanmaktadır. Kumaş arabaları kalıpların çevresindeki merdivenlerin yanında bulunmaktadır. Kit oluşturma sisteminin arayüz yardımıyla yeniden düzenlenmesi ile şirketin rüzgâr türbini kanadı üretimindeki verimliliğini artırması hedeflenmiştir. Arayüzün Microsoft Excel platformu kullanılarak tasarlanması ile şirketin operasyonel bir değişikliğe gitmeden karar destek sisteminden faydalanabilmesi hedeflenmiştir.

5. Uygulama Aşaması ve Yapılan Değişiklikler

13.04.2018 tarihinde uygulama yapılabilmesi için şirket ziyareti gerçekleştirilmiştir. Matematiksel model sonucunda elde edilen ve operatörlerin yürüme mesafesini en aza indiren besleme noktalarının sayısı ve yerleri, kumaş rulolarının kumaş arabalarına dizilimi 12.04.2018 tarihinde e-posta yoluyla endüstriyel danışmana iletilmiştir. Bunun sebebi ise uygulama esnasında herhangi bir gecikmenin veya aksiliğin yaşanmasının istenmemesidir. Matematiksel model sonucunda, PS kalıbı için 0. metrede 3 kumaş arabası, 45. metrede 1 kumaş arabası; SS kalıbı için 0. metrede 3, 65. metrede 1 kumaş arabası elde edilmiştir. Uygulama için şirkete gidildiğinde, forklift yolunun kapanması sebebiyle PS kalıbı için bulunan kumaş arabasının 45. metreye yerleştirilmesinin uygun olmadığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, 65. metrede yeterli alan olmamasından ötürü forklift manevra yapamamaktadır. Bu sebeple 65. metrede konumlandırılması planlanan kumaş arabası için ek olarak şirkette yapılmış olan platformdan yararlanılmasına karar verilmiştir. Bu platforma kumaş arabası, vinç yardımıyla çıkarılmaktadır ve önceden sadece SS kalıbı için kumaş rulosu içeren kumaş arabası, PS kalıbı için de kumaş rulosu içermeye başlamıştır. Bunun sebebi ise PS kalıbına ait olan 45. metredeki kumaş arabasının iptal edilmiş olması ve o kumaş rulolarının da operatörlerin yürüme mesafesini en aza indirecek besleme noktasında konumlandırılmasının gerekmesidir. 65. metreye konulan bu platform, yükselti halinde olduğundan dolayı forkliftin manevra hareketini engellemektedir ve herhangi bir yer kısıtlamasına sebep olmamaktadır. Projenin endüstriyel danışmanı yardımıyla kararlaştırılan bu değişikliklere ek olarak, 47 kumaş rulosunun iş talimatlarından çıkartıldığı bilgisi elde edilmiştir. Bu nedenle hem arayüz için oluşturulan hem de Xpress çözücüsünde kullanılan Excel dosyasından 47 kumaş rulosu çıkartılmıştır. 47 rulonun iş talimatlarından çıkarılmasından sonra 0. metrede toplamda 6 olan kumaş arabası sayısının 5’e indirilmesine karar verilmiştir. Bunlar sonucunda proje kapsamında önerilen çözüm 0. metrede 5 kumaş arabası, 65. metrede 1

kumaş arabası olmak üzere belirlenmiştir.

Matematiksel modeli Xpress çözücüsünde çözdürdükten sonra operatörlerin toplam yürüme mesafesi 2894,65 metre olarak bulunmasına rağmen şirket ziyareti sırasında yapılan değişikliklerle beraber bu mesafe yaklaşık olarak 2200 metre olarak hesaplanmıştır. Bu yapılan değişikliklerle ilgili operatörler hem iş güvenliklerinin artması hem de yürüme mesafelerinin azaldığı konusunda bilgilendirilmiştir. İş güvenliğinin artması olarak belirtilen konu, 65. metreye kumaş arabasının platform üzerine konularak operatörlerin merdiven inip çıkma aktivitesinin minimuma indirilmesinin sağlanmasıdır. Operatörlerin 30 veya 40 kilograma kadar çıkabilen kumaş rulolarını merdiven inip çıkarken taşımamaları, onların iş güvenliğinin artmasına sebep olmaktadır.

Bu değişiklikler esnasında platform ve vinç kullanımından dolayı bir maliyet oluşumu gözlenmektedir. Aynı zamanda bir kumaş arabasındaki slot sayısının 48'den 56'ya çıkartılması ekstra bir marangozluk işi gerektirdiğinden bu aktivitenin de bir maliyeti vardır. Vinç 2000 TL, kullanılan platform 100 TL, her bir kumaş arabasına 8 slot eklenmesi 50'şer TL olmak üzere, bu malzemeler toplamda 2400 TL'ye mal olmaktadır.

6. Sonuçlar ve Değerlendirme

Operatörlerin toplam taşıma mesafesinin azaltıldığı ve farklı projeler için uygulanabilir bir model geliştirmeyi amaçlayan projenin çıktıları şirketin problemlerine etkin çözümler sunmaktadır. Şirket gezilerinde elde edilen veriler ve şirket danışmanından alınan geri bildirimlere göre düzenlemeler yapılmıştır ve uygulama süreci değerlendirilmiştir. Buna ek olarak Xpress çözücüsü kullanılarak elde edilen sonuçlara göre, önerilen sistemde güncel sisteme göre, %33,2 oranında bir iyileştirme olacağı öngörülmüştür. Bu iyileştirme, operatörlerin kat ettiği mesafenin düşüşünde gerçekleşmektedir. Microsoft Excel platformunun Visual Basic for Applications programlama dili kullanılarak oluşturulan karar destek sistemi, lisans ücreti olmadan kullanılabilmesi için farklı rüzgâr türbini kanadı projeleri için uygun sonuçlar vermesi öngörülmüştür. Aynı zamanda matematiksel model yardımıyla yeni besleme noktaları saptanmıştır. Önceden sadece 0. metrede olan besleme noktası toplamda 4 kumaş arabasını içermektedir. Bu sayı, geliştirilen matematiksel model ile birlikte PS kalıbı için 0. metrede 3 kumaş arabası, 45. metrede 1 kumaş arabası olmak üzere ve SS kalıbı için 0. metrede 3, 65. metrede 1 kumaş arabası olmak üzere saptanmıştır. Besleme noktalarının detaylı yerleri Ek 3'de gösterilmektedir. Uygulama aşamasında elde edilen değişiklikler sonucunda uygulanan modelde 0. metrede 5 adet, 65. metrede ise platformun üstüne konumlandırılmış 1 adet kumaş arabası bulunmaktadır. Uygulama sonrasında yapılan değişiklikler Ek 4'te gösterilmektedir. Bu değişiklik sonucunda operatörlerin yürüdüğü mesafede %23,9 oranında ek bir

düşüş sağlanmıştır.

6.1. Şirkete Sağlanan Katkılar ve Performans Ölçütleri

Proje kapsamında besleme noktalarının yerleri yürüme mesafesini en aza indirecek şekilde konumlandırılarak toplam kumaş taşıma mesafesinin kısaltılması ve buna bağlı verimliliğin artması hedeflenmektedir. Mevcut durumda, SS ve PS kalıpları için toplam kumaş taşıma mesafesi 4333,11 metredir. Geliştirilen matematiksel model sonucunda kumaş rulolarını toplam taşıma mesafesi 2894,65 metreye inmektedir. Elde edilen bu sonuca göre şirkette % 33,2 oranında bir iyileştirme yapılması öngörülmektedir. Uygulama aşamasında yapılan değişiklikler sonucunda operatörlerin kumaş rulolarını taşıma mesafesi yaklaşık 2200 metreye kadar düşüş göstermiştir. Bu da güncel sisteme göre %49,22 oranında bir düşüş sağlamıştır. Bir diğer deyişle, operatörlerin toplam yürüme sürelerinde 71 dakikalık azalma olmuştur.

Şirkete bir diğer katkısı ise, kullanıcı arayüzü yapılarak farklı projeler için de karar destek sistemi geliştirilmesidir. Oluşturulan karar destek sistemindeki değişkenler, yeni projelerdeki verilere göre düzenlenerek, yeni besleme noktalarının sayısı ve yerlerinin bulunması aynı zamanda o projeye uygun kumaş rulolarının atanmasını sağlamak amacıyla düzenlenebilmektedir.

KAYNAKÇA

Kenny, V., Nathal, M, ve Saldana, S. 25 Mayıs 2014. “Heuristic Algorithms.” Heuristic Algorithms Optimization, optimization.mccormick.northwestern.edu/index.php/Heuristic_algorithms#Tabu_Search.

Tuğrul Oğulata, R. 2003. “Energy sector and wind energy potential in Turkey”, Web Magazine, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 30 Eylül 2017. World Energy Council 2013. 22 Aralık 2017.

EKLER

Ek 1. Matematiksel Model

Parametreler

M = kalıptaki muhtemel besleme noktaları kümesi

$j \in \{1, 2, 3, 4 \dots 67\}$

Z = kalıptaki serim noktaları

$i \in \{1, 2, 3, 4 \dots 32\}$

a_i = i çeşidi kumaşın serildiği noktadaki toplam kumaş rulosu

$i \in Z$

b_{ij} = i çeşidi kumaşın serildiği nokta ile j metresindeki kumaş arabası arasındaki mesafe $i \in Z, j \in M$

Karar Değişkenleri

X_{ij} = j metresindeki kumaş arabasına yerleştirilen i çeşidi cam elyaf kumaşı sayısı

$Y_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer kumaş arabası } j \text{ metresindeyse} \\ 0, & \text{değilse} \end{cases}$

Model

enazla $\sum_{j=1}^{67} \sum_{i=1}^{32} b_{ij} X_{ij} + \sum_{j=1}^{67} Y_j$

öyle ki

$$\sum_{j=1}^{67} X_{ij} = a_i \quad \forall i \in Z \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{32} X_{ij} \leq 56 Y_j \quad \forall j \in M \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{32} X_{ij} \geq 48 Y_j \quad \forall j \in M \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{67} Y_j \leq 5 \quad (4)$$

$$X_{ij} \text{ tamsayı} \quad \forall j \in M, \forall i \in Z \quad (5)$$

$$Y_j \in (0, 1) \quad \forall j \in M \quad (6)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall j \in M, \forall i \in Z \quad (7)$$

Kısıtların Açıklamaları

Kısıt 1: Tüm kumaş rulolarının kumaş arabalarına atanması koşulunu kontrol eder.

Kısıt 2: Bir kumaş arabasındaki toplam kumaş rulosu sayısının en fazla 56 olmasını sağlar.

Kısıt 3: Bir kumaş arabasında bulunan toplam kumaş rulosu sayısının en az 48 olmasını sağlar.

Kısıt 4: Kumaşhane kısıtını göz önünde bulundurarak toplam kumaş arabası sayısının en fazla 5 olmasını sağlar.

Kısıt 5: Karar değişkeni olan kumaş rulosu sayısının tam sayı olması koşulunu sağlar.

Kısıt 6: j noktasında kumaş arabasının olması veya olmaması koşulunu kontrol eder.

Kısıt 7: Karar değişkeni olan kumaş sayısının negatif değer almamasını sağlar.

Amaç Fonksiyonu Açıklaması

Operatörlerin toplam yürüme mesafesinin en aza indirilmesinin yanı sıra fabrika içinde kullanılan toplam kumaş arabası sayısının da en aza

indirgenmesi amaçlanmıştır.

Ek 2. Kullanıcı Arayüzü

Decision Support System to Assigning Glass Fiber Rolls

Select the range for SS mold's codes of rolls:

Select the range for PS mold's codes of rolls:


Select the range for SS mold's process points of rolls:


Select the range for PS mold's process points of rolls:

Enter the meters of the stairs for SS mold:

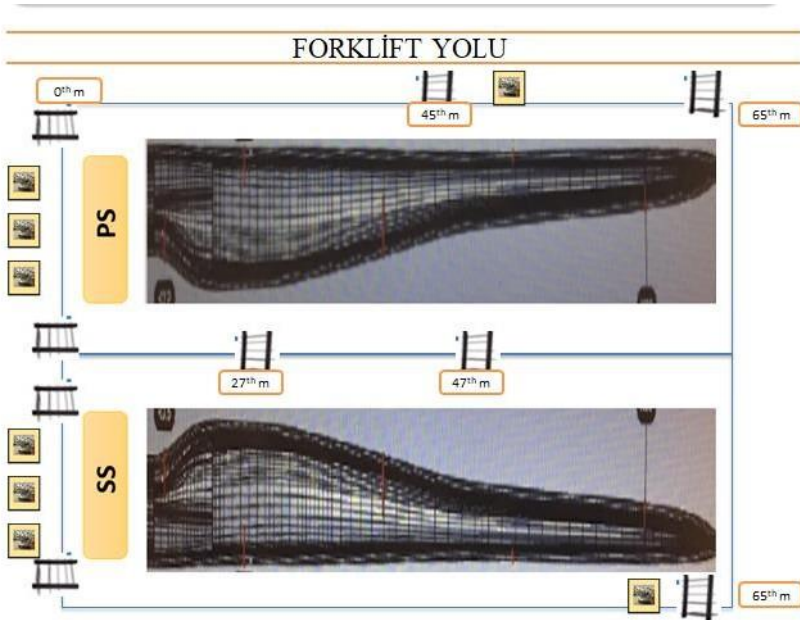
Enter the meters of the stairs for PS mold:

RUN

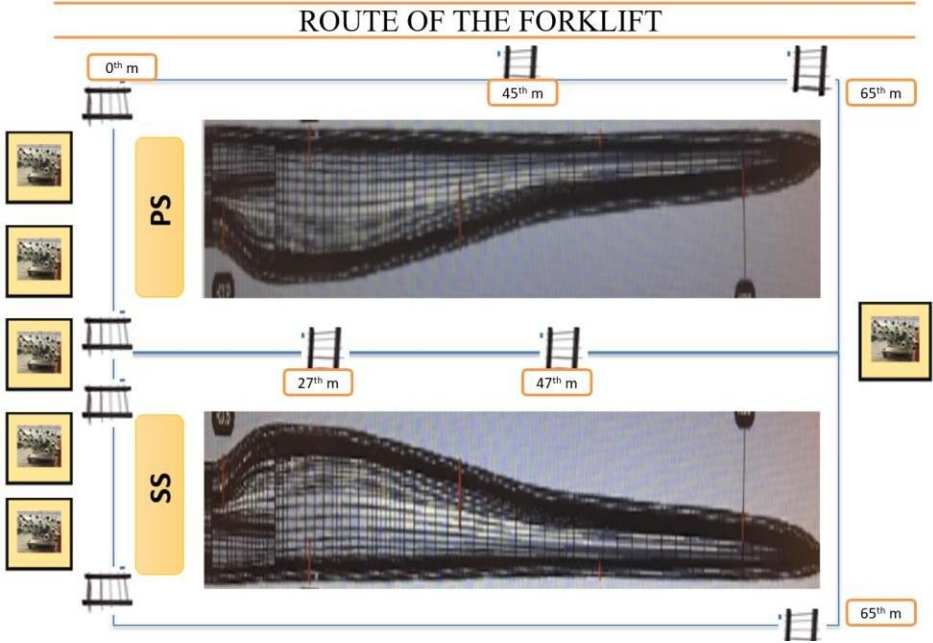
 **Bilkent University**



Ek 3. Matematiksel Sonucu Elde Edilen Besleme Noktalarının Yerleri



Ek 4. Yapılan Değişiklikler Sonucu Besleme Noktalarının Yerleri



Robotik Paletleme Sistemi Analizi

Unilever



Proje Ekibi

Eda Deniz Aktürk, Metehan Altınok, Burak Bayar, Mert Çallıoğlu, Pınar Koz,
Cem Özot

Şirket Danışmanı

Alptuğ Yıldırım
Mühendislik Müdür Yardımcısı

Akademik Danışman

Yrd. Doç. Dr. Kağan Gökbayrak
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu proje Unilever'in Tuzla Besan Fabrikası'ndaki paletleme alanı için öngörülen otomasyon sistemini ele almaktadır. Paletleme alanı için benzetim yolu kullanılarak işçiye dayalı sistemden robota dayalı sisteme geçiş analiz edilmiştir ve bu sistemler için farklı senaryolar üzerine çalışılmıştır. Benzetim modellemesi için Rockwell ARENA Benzetim Yazılımı kullanılmıştır. Lipton ürünlerinin paletlenmesi için beş robotlu, Knorr ürünleri için ise üç robotlu sistemlerin uygulanmasına karar verilmiştir. Bu sistemler için paletleme alanında oluşan sıralar ve bekleme süreleri performans ölçütleri olarak belirlenmiştir.

1. Kuruluş Tanıtımı

Unilever 190 ülkede hızlı tüketim malları üreten, dünyanın önde gelen şirketlerinden biridir. Kişisel bakımdan beslenme ürünlerine kadar global piyasada büyük bir payı bulunan Unilever Grubunun bünyesinde dört yüzün üzerinde marka bulunmakta ve her gün yaklaşık iki buçuk milyar kişi bu grubun ürünlerini kullanmaktadır. Türkiye’de her ay elli bir milyon tüketiciye ulaşan bu şirketin, ülkemizde sekiz fabrikası ve beş bini aşkın çalışanı bulunmaktadır. Bu proje Unilever’in Besan Fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Tuzla’da bulunan bu fabrikada Lipton ve Knorr ürünlerine ek olarak Carte d’Or’un toz ürünleri üretilmektedir. [1]

2. Sistemle İlgili Bilgiler

2.1. Proje Kapsamı

Bu proje, Unilever’in Tuzla’da bulunan Besan Fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Spesifik olarak, fabrikanın paletleme alanındaki problemlere çözüm üretmek ve bu çözümleri benzetim modelleri yardımı ile incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu projenin gerçekleştirilmesinin temelinde iki sebep yatmaktadır;

- Paletlemede İşçi Kaynaklı Problemler
- Endüstri 4.0 gereklilikleri

Bu iki kavramın ele alınışı, ileriki bölümlerde detaylandırılacaktır; ancak genel hatlarıyla projeden beklentiler şu şekilde açıklanabilir: “Paletleme alanındaki insan kaynakları sorunları gözden geçirmek, gerekliliğini sorgulamak ve Endüstri 4.0 ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurarak robota dayalı bir sistemin performansını ölçümleyebilmek.”

Bu çerçevede, (1) öncelikle hali hazırda paletleme alanında işlevsel olan insan gücüne dayalı sistemin analizi gerçekleştirilmiş, bahsedilen “insan faktörünün” etkilediği kavramlar sayısal verilerle somutlaştırılmıştır. (2) Daha sonrasında bir maliyet analizi yapılmış, olası bir robotlu sistemin ve güncel sistemin şirkete maliyeti karşılaştırılmıştır.(3) Sistemleri daha detaylı inceleyebilmek adına Rockwell ARENA Benzetim Yazılımı kullanılarak işçiye dayalı ve robota dayalı sistemlerin benzetimi yapılmış, robotlu sisteme uygulanacak çeşitli senaryolar oluşturulmuştur. (4) Benzetim modelinden alınan çıktıların analizi, senaryoların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiş, ARENA’nın SIMAN kodları, MS Access dosyası ve ARENA raporu şirkete teslim edilmiştir.

Yukarıda kısaca bahsedilmiş proje içeriği, ileriki aşamalarda detaylı bir şekilde aktarılacaktır.

2.2. Sistem Tanımı

Fabrika içerisindeki operasyonlar, çay ve toz ürünler olarak ikiye ayrılmış durumdadır. Bir ürünün geçtiği aşamalar *ham madde aşaması*,

kariştirma, dolum, paketleme, kutulama, paletleme, streçlenme ve tırlara yüklenme olarak özetlenebilir.

Paletleme alanının başında bulunan aktarımcı (konveyör) üzerinde farklı üretim hatlarından gelen yüz yirmi bir farklı Lipton ürünü ve iki yüz elli bir farklı Knorr ürünü birleşmektedir. Bu ürünler işçiler ya da robotlar yardımıyla Lipton için on ve Knorr için on yedi farklı paletleme alanına taşınmaktadır.

Paletleme operasyonları üç vardiyada gerçekleşmektedir. Bir vardiyada Lipton kısmı için üç işçi ve Knorr kısmı için beş işçi çalışmaktadır.

Unilever Besan Fabrikası, paletleme alanı hariç tamamen otomatize edilmiş bir fabrikadır. Projenin spesifik olarak paletleme alanı üzerine yoğunlaşmasının ana nedeni, yukarıda bahsi geçen insan faktörünün etkilerinin bu alanda yoğun bir şekilde gözlemlenmesidir. Bu etkiler özetle 3 başlık altına toplanabilir:

- İş Güvenliği ve Sağlığı
- Elleçleme
- Devamsızlık

Bu üç başlık ileriki aşamalarda detaylandırılacaktır.

2.3. Bugünkü Durum Analizleri ve Belirtiler

2.3.1. Paletlemede İşçi Kaynaklı Problemler

- **İş Güvenliği ve Sağlığı**

Besan fabrikasının paletleme alanında ağır paletler taşındığından dolayı bu alanda yoğun bir çatallı kaldırıcı (forklift) trafığı yaşanmaktadır. Bu durum paletleme alanında çalışan işçilerin güvenliğini riske etmektedir. Fabrikadan elde edilen bilgilere göre fabrikada yılda ortalama yüz otuz ramak kala kazası gerçekleşmektedir. Bu ramak kala kazalarının ortalama altmış dokuz tanesi paletleme alanında yaşanmaktadır. Kısacası, ramak kala kazalarının yüzde elli beşi paletleme alanında olmaktadır. Ek 1'e bakınız.

- **Elleçleme**

Hali hazırda işçiler tarafından gerçekleştirilen paletleme operasyonunda işçilerin paletleri taşıırken ki yürüyüş rotası ve hızları değişkendir. Ancak otomatik sistemde robotların sabit bir rotası ve taşıma hızı bulunmaktadır. Bu durum sistemi standardize etmektedir.

- **Devamsızlık**

Paletleme istasyonu konum olarak fabrikanın dış kısmında bulunduğundan özellikle kış aylarında oldukça soğuk olmaktadır. Soğuk hava koşulları işçiler için ideal olmayan çalışma ortalama oluşturmaktadır. Ocak-Şubat aylarında fabrika genelinde yıllık ortalama beş işçi devamsızlığı bulunurken paletleme alanı için bu ortalama üç kişidir. Yıllık tüm devamsızlıkların yüzde altmış biri paletleme alanındaki çalışanlardan kaynaklanmaktadır. Ek 2'ye bakınız.

2.3.2. Endüstri 4.0 Gereksinimleri

Sektörel ihtiyaçların teknoloji ile karşılanmaya çalışıldığı bir dönemde faaliyet gösteren Unilever, alanında öncü bir firma olarak bu yeni sanayi reformuna dahil olmak istemektedir. *Akıllı üretim, akıllı fabrika* fikirlerini benimsemek, üretim yapan organizasyonlar için bir prestij göstergesidir. Sistemden belirsizlikleri ve öngörülemeyen risk faktörlerini uzaklaştırmak, akıllı ve istikrarlı bir sisteme sahip olmak Unilever'in amaçları arasındadır. [2]

Ek olarak, daha önce de bahsedildiği gibi, paletleme, Besan Fabrikası'nın insan gücüyle işleyen tek operasyonudur. Bu alanın da otomatize edilmesiyle, Unilever Besan Fabrikası tümüyle otomatize edilmiş bir fabrika olacaktır.

Tüm bu problemler doğrultusunda otomatik bir sistemin bu sıkıntıları ortadan kaldırması amaçlanmaktadır.

3. Sistem Tasarımı

3.1. Model Geliştirme ve Yorumlar

Yukarıda belirtilen proje amaçları doğrultusunda, paletleme sistemlerinin analiz edilmesi, iyileştirilmesi ve farklı paletleme senaryoları geliştirilmesi adına dört farklı benzetim modeli, Rockwell ARENA Benzetim Yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çerçevede, endüstri danışmanımız Mühendis Yönetici Yardımcısı Alptuğ Yıldırım'ın da yardımları sayesinde Unilever fabrikasında işleyen paletleme sistemleri, gerçeğe en yakın şekilde bilgisayar ortamına aktarılmıştır. [3]

Dolayısıyla, Knorr ve Lipton ürünleri için insana dayalı ve robota dayalı paletleme sistemi olmak üzere dört farklı durum için benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modeller sayesinde insana ve robota dayalı sistemleri üzerinde eniyileme çalışmaları yapıldığı gibi (maliyet ve sistem gereksinimleri açısından en uygun işçi/robot sayısı, paletleme alanı sayısı, vb.) bu iki farklı sistem karşılaştırılması yapılarak yeni sisteme geçiş için *analiz ve denetim mekanizması* oluşturulmuştur. Projenin son aşaması dahilinde bahsedilen dört farklı durumun her biri için senaryo analizleri, oluşturulan bu modeller kullanılarak yapılmıştır.[4]

Oluşturulan modeller üzerinde yapılan analizler çerçevesinde paletleme alanındaki oluşan sıralar ve bekleme süreleri göz önüne alınarak en uygun senaryolar saptanmıştır. Bu doğrultuda, Knorr ürünleri için beş işçi ya da üç robota ve Lipton ürünleri için üç işçi ya da beş robota ihtiyaç duyulduğuna karar verilmiştir. Ek 3'e bakınız

Bahsedilen sistemlerin modellenmesi iki ana başlıkta incelenebilir:

3.1.1. VBA Modeli: Data Analizi ve Rassallık Oluşturma

Şirketten alınan geçmiş yıllık üretim planları incelenerek, üretim hacimleri arasında yıldan yıla yaşanan sapmalar (artış ya da azalış) tespit edilmiştir. Daha sonrasında, 2017 senesinin üretim planı (güncel veri) baz

alınarak bu sapsmalar çerçevesinde değişkenlik gösterecek üretim planları yaratan bir VBA kodu oluşturulmuştur. Bu kod doğrultusunda MS Excel üzerinde *rassal* ve *tutarlı* bir üretim planı ortaya çıkarılarak, Arena modeli için girdi yaratılmıştır. Lipton ve Knorr ürünleri için oluşturulan bu üretim planları, SKU (ürün tipi- SAP kodu) bazlı günlük üretim miktarlarını içeren yıllık verilerdir. Ek 4'e bakınız.

3.1.2. ARENA Modeli: Paletleme Alanı Benzetim Modeli

VBA modelinden elde edilen dinamik üretim planlarını direkt MS Excel üzerinden okuyan ARENA modeli, paletleme sistemi içerisindeki operasyonların benzetimidir. Modelin genel hatlarıyla incelenmesi aşağıdaki gibidir:

- Model üzerinde yaratılan bir varlık bahsedilen Excel verisine göre çoğalıp, SKU bazlı ürünleri oluşturmaktadır.
- Lipton ve Knorr ürünlerine dönüşen bu varlıklar, kendilerine atanan üretim hatlarında üretildikten sonra tek bir konveyör üzerinde bir araya gelmektedir.
- Bu konveyör yardımıyla, ürünler yine kendilerine atanan ilgili istasyonlara ulaşmaktadır. (Anlık olarak bir istasyonda sadece bir ürün tipi bulunabilir.)
- Ürünler bu istasyonlardan işçi (insana dayalı sistem) veya robot (otomatize edilmiş sistem) tarafından alınarak, istasyonların tam karşısında yer alan ilgili paletleme alanına götürülmektedir. Bu aşamada işçiler taşıyıcı olarak modellenmiştir ve hareket ettiği mesafe üzerinden operasyon süresi geçmektedir. Robotlar ise ortalama operasyon süreleri belirlenmiş mekanizmalar olarak modellenmiştir.
- Paletleme stratejisi olarak işçi veya robotlar maksimum sıraya sahip olan istasyona yönlendirilmektedir. Ayrıca robotlar tek seferde taşıyabileceği ağırlık kapasitesi ve yüzey alanı düşünülerek belirlenen sayı kadar ürün alabilmektedir. Bu sayılar yine her ürüne özel olarak atanmıştır.
- İlgili paletleme alanlarında bulunan ürünler, yine kendilerine atanmış küme büyüklüklerine göre paletleri oluşturmaktadır.
- Tamamlanan paletler, sistemden çıkmaktadır.
- Bu model üzerinde paletleme alanında oluşan sıraların ve bekleme sürelerinin ortalama değerleri ve modelde belirlenen istasyon kapasitesini aşan ürün sayıları, sistemlerin performans ölçütleri olarak istatistiksel şekilde tutulmaktadır.

Arena Modeli animasyon kesitleri için Ek 5'e ve Ek 6'ya bakınız.

3.2. Model Doğrulama

Unilever Besan Fabrikası paletleme alanının benzetim modeli, projemizde önemli bir yere sahiptir. Projenin ilgi alanı olan paletleme alanı fabrikanın en yoğun çalışan birimlerden biri olmakla beraber fabrikanın üretim yoğunluğuna bağlı olarak yılın bazı aylarında tam kapasiteyle çalışmamaktadır.

Bunun sebebi üretilen ürünlerin talepten kaynaklı sezonsallık göstermesi olarak gösterilebilir. Çay ve hazır çorba ürünleri özellikle Ramazan ayı öncesi, kış ayları ve okula dönüş (back to school) dönemlerinde çok tüketilmekte ve fabrikanın üretim yoğunluğu da bu dönemlerde en yüksek seviyesine ulaşmaktadır.

Bahsedilen bu dönemlerin haricinde, örneğin ilkbahar aylarında, fabrika tam kapasitesinin altında çalışmaktadır. Üretimde yaşanan bu sezonsal değişimlerden hareketle, her bir üretim hattının yılın her döneminde çalışıyor olmasına ihtiyaç duyulmaması söz konusudur. Bu düşüncenin geçerliliğini benzetim modelimizde gözlemleyerek hangi aylarda hangi miktarda robot kullanarak ne kadar tasarruf sağlayacağımızı görebilmek (senaryo analizi) bu projenin en önemli çıktılarından biri olacaktır. Ek 7'ye bakınız.

Dolayısıyla, benzetim modelimizden ulaşacağımız sonuçların gerçek sistemle kıyaslandığında geçerli ve kullanılabilir olabilmesi için modelin doğruluğunu sağlıyor olabilmek en temel öncelik olmuştur. Bu doğrultuda, benzetim modellerinde uygulanan geçerlilik testi (validation), istatistiksel bir değerlendirme yöntemi olan Bağımlı Örneklem T-Testi (Paired Sample T-Test) uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Hali hazırda sistemden alınan veriler Arena programı vasıtasıyla sanal ortamda kurgulanan benzetim modelinden alınan verilerle eşleştirilerek, bu teste tabi tutulmuş ve doğruluğu değerlendirilmiştir. Bu istatistiksel analiz, oluşturulan dört modelde de (İnsana Dayalı Sistem (Lipton ve Knorr) ve Robota Dayalı Sistem (Lipton ve Knorr)) uygulanmış ve alınan sonuç, geliştirilen modellerin doğruluğunu ve bu modellerin raporlarındaki verilerin üzerinde analizler yapılabilmesi için kullanılabilir olduğunu göstermiştir.[5]

Uygulanan Bağımlı Örneklem T-Testi'nin Aşamaları

1. Boş denence olarak gözlemlenen ve benzetimle elde edilen sonuçların farkının sıfır olduğu kabul edilir.
2. Benzetimle elde edilen palet sayıları ile gözlemlenen sayılar karşılaştırılır ve farkları hesaplanır.
3. Hesaplarına farkların ortalaması ve standart sapması hesaplanır.
4. t_0 değeri hesaplanır ve t-tablosundan bulunan $t_{\alpha/2, n-1}$ değeri ile karşılaştırılır.
5. $|t_0| > t_{\alpha/2, n-1}$ ise denence reddedilir.

Bahsi geçen modellerde $|t_0|$ değeri, $t_{\alpha/2, n-1}$ değerinden küçük çıktığı için, gözlemlenen ve benzetimle elde edilen sonuçların farkının sıfır olduğu reddedilememiştir. Dolayısıyla modeller geçerli olarak kabul edilmiştir.

4. Geliştirilen Sistemin Başarısı

4.1. Kuruluşun Beklentileri

Proje başlangıcında Unilever'in beklentileri aşağıdaki gibidir.

- Knorr ürünleri için insana dayalı ve robota dayalı sistemlerin benzetim modelleri

- Lipton ürünleri için insana dayalı ve robota dayalı sistemlerin benzetim modelleri
- Robota dayalı sistemlerin senaryo denemeleri
- Bunların sonucu olarak iki sistemin karşılaştırılması için maliyet ve süre analizlerinin yapılması

Yukarıda bahsi geçen dört model Rockwell Arena Benzetim Yazılımı aracılığıyla tamamlanmıştır. Sezonsallığın göz önünde bulundurulduğu senaryo analizleri gerçekleştirilmiş, tüm bunların sonucunda iki sistem maliyet ve süreler açısından karşılaştırılmıştır.

4.2. Entegrasyon

Projenin başından itibaren fabrikada işçiye dayalı paletleme sistemleri yer almaktadır. Otomasyona geçiş projesi, her iki kısım (Lipton ve Knorr) için de uygulanma aşamasına başlamıştır. Öngörülen robota dayalı sistemlerden Lipton ürünleri için olan, şu an fabrikada kurulmuş ve faaliyetlerine başlamıştır. Knorr ürünleri için tasarlanan robota dayalı sistemin ise uygulanması kesinleşmiş ve sistemin ana öğelerinin (yeni konveyör sistemi, robotlar vb.) siparişi verilmiştir.

4.3. Firmaya Sağlanan Katkılar

İşçiye dayalı sistemlerin maliyet hesapları, robotlu sistemlerin ömrü olarak öngörülen yirmi yıllık bir zaman dilimi için hesaplanmıştır. İşçi başına düşen yıllık maliyet **30.000 EUR** olup yirmi yılın sonunda net bugünkü toplam maliyet Lipton için **2.528.528,42 EUR**'dur. Knorr için ise bu maliyet **4.214.214,04 EUR**'dur. Lipton ürünleri için robota dayalı sistemin net bugünkü toplam maliyeti **1.366.357,43 EUR**'dur. Knorr ürünleri için ise **1.626.292,92 EUR**'dur. Ek 8'e bakınız. Bunlara ek olarak ürünlerin palet taşıma süreleri yeni sistemle birlikte işçiye dayalı sistem sürelerinin yüzde onuna kadar indirilmiştir. Sonuç olarak proje kapsamında işçiye dayalı olarak gerçekleştirilen sistem yerini robota dayalı sisteme bırakmıştır.

KAYNAKÇA

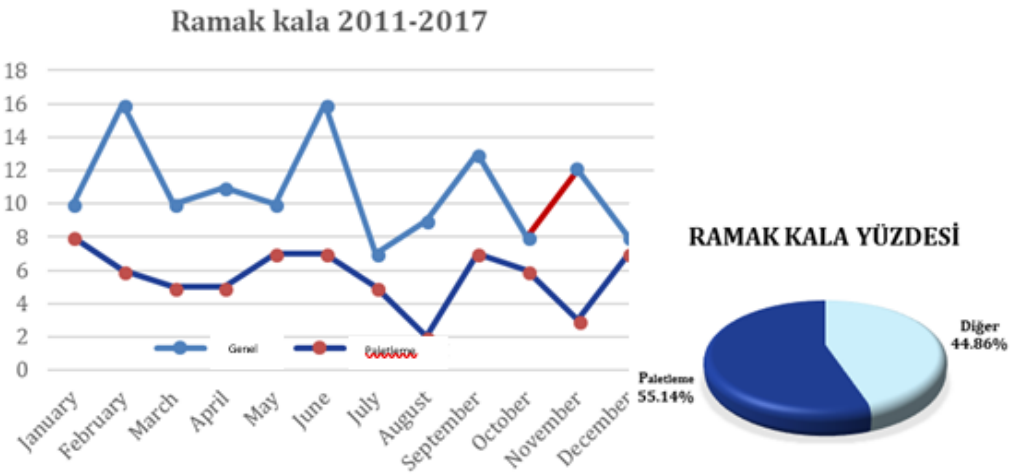
- [1] "About Unilever." Unilever Global Company Website, www.unilever.com/about/who-we-are/about-Unilever/.
- [2] "Akıllı Üretim Çağı: Endüstri 4.0." Fortune Türkiye, www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841.
- [3] Tanrıtanır, Ercan. "Just in Time Production System and Its Application in a Furniture Factory". Review of the Faculty of Forestry, University of Istanbul, vol.44, 1994, pp. 32-47
- [4] Bağ, Mehmet E. and Aslan, Emre. "A Simulation Study on a Textile Factory". Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives, vol.1, 2016, pp.38-54

[5] Capitaldergisi. "Unilever Şirket Haberleri ve Bilgileri - Capital." Capital Online. Accessed December 17, 2017. <https://www.capital.com.tr/listeler/capital-500/unilever>.

[6] "Türkiye Kozmetik ve Kozmetik Ambalaj Sektöründe Gelişmeler ve Beklentiler –SUBCONTURKEY – Yan Sanayi ve Tedarikçi Gazetesi. Accessed December 17, 2017. <http://www.subconturkey.com/2016/Mart/koseyazisi-Turkiye-Kozmetik-ve-Kozmetik-Ambalaj-Sektorunde-Gelismeler-ve-Beklentiler.html>.

EKLER

Ek 1: Ramak kala



Ek 2: Devamsızlık



Ek 3: Knorr Ürünleri için İşçi ve Robot Sayılarının Belirlenmesi

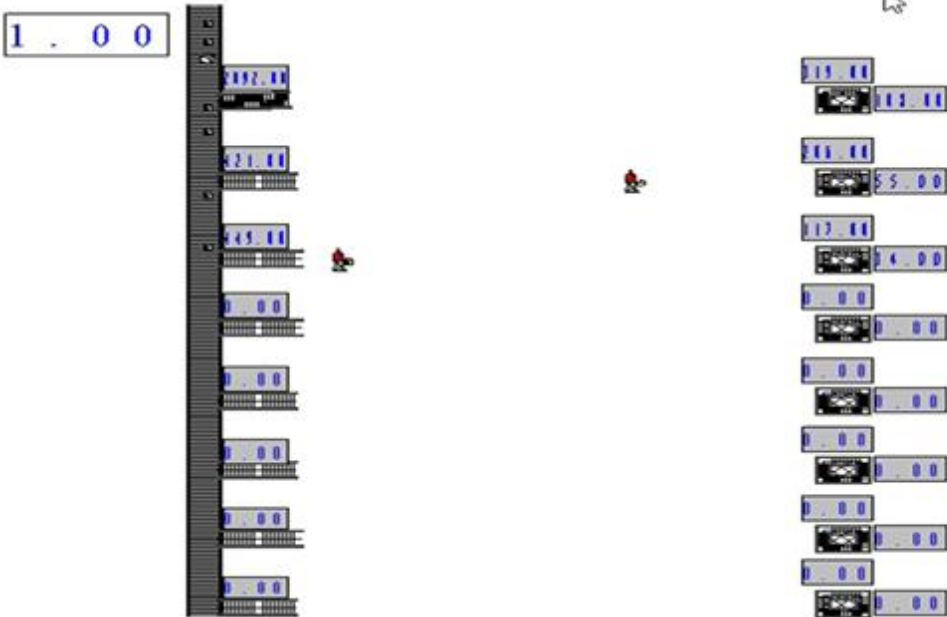
Number of Workers: 1			Number of Workers: 2			Number of Workers: 3									
Number Waiting	Average	Maximum Value	Number Waiting	Average	Maximum Value	Number Waiting	Average	Maximum Value							
Queue 1	111.02	1092.00	Queue 1	490.104	627.00	Queue 1	84.063	240.00							
Queue 2	118.59	1407.00	Queue 2	425.931	598.00	Queue 2	87.235	290.00							
Queue 3	125.44	1167.00	Queue 3	436.693	664.00	Queue 3	76.653	220.00							
Queue 4	136.28	994.00	Queue 4	410.233	488.00	Queue 4	63.271	205.00							
Queue 5	141.75	1056.00	Queue 5	415.495	566.00	Queue 5	63.954	193.00							
Queue 6	138.88	1198.00	Queue 6	425.086	430.00	Queue 6	64.375	197.00							
Queue 7	135.93	907.00	Queue 7	401.778	391.00	Queue 7	66.610	290.00							
Queue 8	130.84	1030.00	Queue 8	430.359	453.00	Queue 8	62.624	219.00							
Queue 9	126.65	1092.00	Queue 9	417.326	488.00	Queue 9	54.342	185.00							
Queue 10	119.81	1038.00	Queue 10	387.474	505.00	Queue 10	62.803	288.00							
Queue 11	112.71	977.00	Queue 11	365.882	566.00	Queue 11	50.812	212.00							
Queue 12	104.93	1139.00	Queue 12	341.496	638.00	Queue 12	47.052	251.00							
Queue 13	978.896	1405.00	Queue 13	290.442	560.00	Queue 13	41.417	256.00							
Queue 14	905.693	1026.00	Queue 14	291.466	505.00	Queue 14	47.286	265.00							
Queue 15	797.260	899.00	Queue 15	241.288	627.00	Queue 15	38.473	290.00							
Queue 16	760.874	1163.00	Queue 16	246.762	664.00	Queue 16	34.144	252.00							
Queue 17	916.591	1157.00	Queue 17	200.266	566.00	Queue 17	29.279	256.00							
Worker Cost: 30,000 x 1 x 3			Worker Cost: 30,000 x 2 x 3			Worker Cost: 30,000 x 3 x 3									
€ 90.000,00			€ 180.000,00			€ 270.000,00									
Number of Workers: 4			Number of Workers: 5			Number of Workers: 6									
Number Waiting	Average	Maximum Value	Number Waiting	Average	Maximum Value	Number Waiting	Average	Maximum Value							
Queue 1	0.5677	109.00	Queue 1	0.01117706	13.00	Queue 1	0.00137712	2.00							
Queue 2	0.5300	110.00	Queue 2	0.01048260	15.00	Queue 2	0.00140138	2.00							
Queue 3	0.5048	110.00	Queue 3	0.01029713	15.00	Queue 3	0.00125766	2.00							
Queue 4	0.4423	90.00	Queue 4	0.01056496	15.00	Queue 4	0.00124827	2.00							
Queue 5	0.4074	90.00	Queue 5	0.01024746	10.00	Queue 5	0.00136927	2.00							
Queue 6	0.3929	78.00	Queue 6	0.01083353	15.00	Queue 6	0.00158455	2.00							
Queue 7	0.3801	70.00	Queue 7	0.00965503	15.00	Queue 7	0.00160211	2.00							
Queue 8	0.3675	82.00	Queue 8	0.00862708	15.00	Queue 8	0.00100532	2.00							
Queue 9	0.3673	90.00	Queue 9	0.00342584	11.00	Queue 9	0.00057554	2.00							
Queue 10	0.3027	94.00	Queue 10	0.00328086	15.00	Queue 10	0.00014431	3.00							
Queue 11	0.2744	107.00	Queue 11	0.00112421	10.00	Queue 11	0.00002630	2.00							
Queue 12	0.2115	110.00	Queue 12	0.00	0.00	Queue 12	0.00	0.00							
Queue 13	0.1827	110.00	Queue 13	0.00	0.00	Queue 13	0.00	0.00							
Queue 14	0.07237982	66.00	Queue 14	0.00	0.00	Queue 14	0.00	0.00							
Queue 15	0.05610258	67.00	Queue 15	0.00	0.00	Queue 15	0.00	0.00							
Queue 16	0.07664828	107.00	Queue 16	0.00	0.00	Queue 16	0.00	0.00							
Queue 17	0.05811630	106.00	Queue 17	0.00	0.00	Queue 17	0.00	0.00							
Worker Cost: 30,000 x 4 x 3			Worker Cost: 30,000 x 5 x 3			Worker Cost: 30,000 x 6 x 3									
€ 360.000,00			€ 450.000,00			€ 540.000,00									
Scenario Properties				Control	Responses										
S	Name	Program File	Reps	Robot 1	23 Queue.Number/Queue	Leave	23 Queue.WaitingTime	Leave	24 Queue.Number/Queue	Leave	24 Queue.WaitingTime	Leave	39 Queue.Number/Queue	Leave	39 Queue.WaitingTime
1	Scenario 1	1: 1504KNO	1	1	15.817	4448.956	17.135	5113.688	8.550	7840.655					
2	Scenario 2	1: 1504KNO	1	2	2.027	230.727	2.060	283.303	0.241	687.879					
3	Scenario 3	1: 1504KNO	1	3	0.101	9.730	0.090	10.862	0.000	15.826					
4	Scenario 4	1: 1504KNO	1	4	0.007	0.634	0.007	0.757	0.000	---					
5	Scenario 5	1: 1504KNO	1	5	0.001	0.050	0.001	0.062	0.000	---					

Ek 4: VBA Kodundan bir kesit

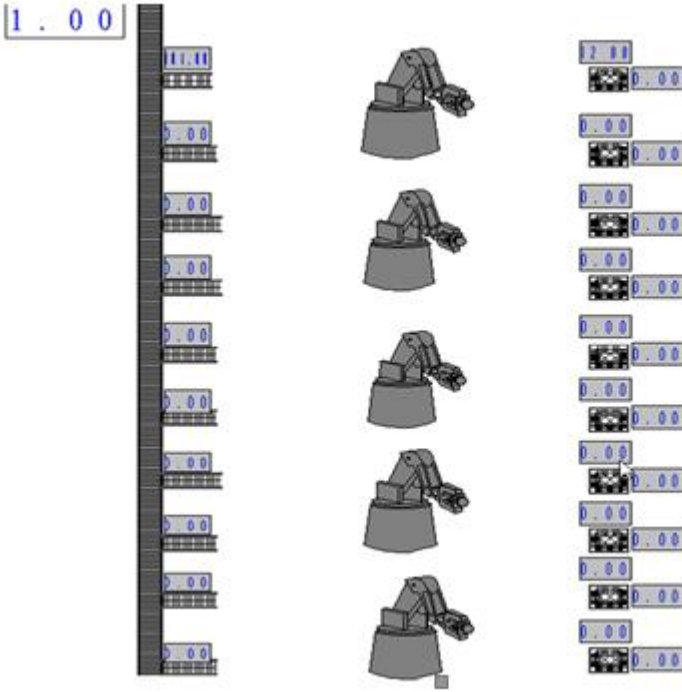
```
For i = 3 To 123
  For t = cnt - 2 To 0 Step -1
    prodDay = 0
    prodQuantity = 0
    Do While Sayfal.Cells(i, j - t - 2).Value <> 0
      prodDay = prodDay + 1
      prodQuantity = prodQuantity + Sayfal.Cells(i, j - t - 2).Value
      t = t - 1
    Loop
    If prodDay <> 0 Then
      prodQuantity = Round(prodQuantity * (0.8 + 0.4 * Rnd), 0)

      Dim num() As Double
      numTotal = 0
      For m = 1 To prodDay
        ReDim Preserve num(m)
        num(m) = Rnd()
        numTotal = numTotal + num(m)
      Next m
      Dim num2() As Double
      For n = 1 To prodDay
        ReDim Preserve num2(n)
        num2(n) = num(n) / numTotal
      Next n
      Dim newProdQuant() As Double
      For l = 1 To prodDay
        ReDim Preserve newProdQuant(l)
        newProdQuant(l) = Round(prodQuantity * num2(l), 0)
      Next l
      For s = 1 To prodDay
        Sheets("Lipton10").Cells(i, j - t - prodDay + s - 3) = newProdQuant(s)
      Next s
    End If
  Next t
Next i
```

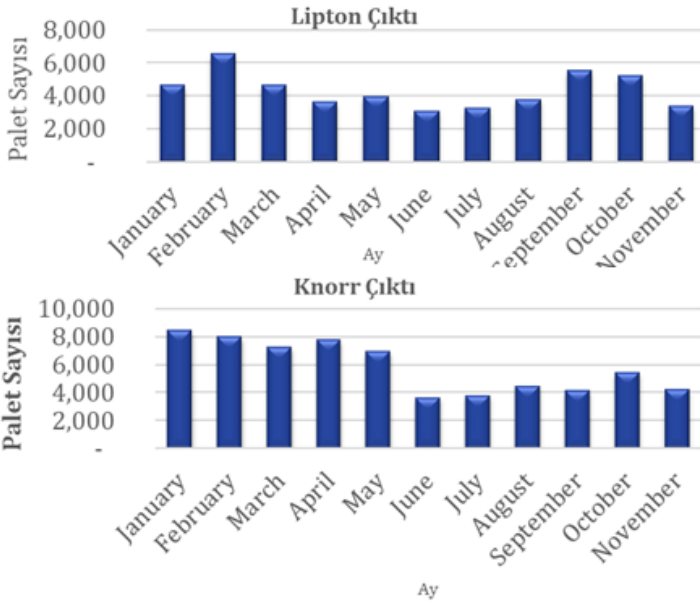
Ek 5: ARENA İşçiye Dayalı Sistem (animasyondan bir kesit)



Ek 6: ARENA robotlu sistem animasyonundan bir kesit



Ek 7: Sezonsallık Knorr/Lipton



Ek 8: Lipton-Knorr Cash Flow

Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Manuel Sistem:										
İşçi Başına Ödenen Yıllık Miktar	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	
Lipton Manuel İşçi Maliyeti (Yıllara Göre)	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	
Lipton Manuel İşçi Maliyeti (Bugünkü Değeri) =	€ 2.538.528,42									
Knorr Manuel İşçi Maliyeti (Yıllara Göre)	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	
Knorr Manuel İşçi Maliyeti (Bugünkü Değeri) =	€ 4.234.214,04									
Otomatize Edilmiş Sistem:										
Lipton Otomatik Sistem Maliyeti (Yıllara Göre)	€ 547.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	
Lipton Otomatik Sistem Maliyeti (Bugünkü Değeri) =	€ 1.366.357,43									
Knorr Otomatik Sistem Maliyeti (Yıllara Göre)	€ 794.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	
Knorr Otomatik Sistem Maliyeti (Bugünkü Değeri) =	€ 1.626.292,92									
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00
€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00	€ 270.000,00
€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00	€ 450.000,00
€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00	€ 97.850,00
€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00	€ 104.250,00

Ticari Harcama Kontrolü için Karar Destek Sistemi

3M



Proje Ekibi

Kadir Geylan, Gözde Orhani Doğanay Özcan, Mert Satılmaz, Berat
Tüysüzoğlu, Erim Üstel

Şirket Danışmanı

Çağlar Eser

Tüketici Ürünleri Ülke Satış Müdürü

Akademik Danışman

Prof. Dr. Mustafa Ç. Pınar

Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

3M müşterilerine yenilikçi çözümler sunan küresel bir teknoloji şirkettir. 3M tüketici ürünleri grubu satışlarını arttırmak için yapılan harcamalarının belirlenmesi amacına hizmet edecek bir karar destek sistemine sahip değildir. Bu durum yapılan harcamaların satışlarda sağladığı artışın istenen miktarın altında kalmasına neden olmaktadır. Bu projenin amacı firmanın satışları arttırmak için yaptığı harcamaların verimliliğini arttıracak bir karar destek sistemi oluşturmaktır.

Anahtar Sözcükler: AHP, fiyatlandırma, fiyat-talep fonksiyonu, satış bütçesi

1. Şirket Tanıtımı

Minnesota Mining and Manufacturing Company (3M) ismi ile 1902'de St.Paul, Minnesota, ABD'de kurulmuştur. Kurulduğu ilk yıllarda madencilik üzerine operasyonlar geliştirmesine rağmen günümüzde üretim alanında genişleyerek teknolojik üstünlüğe erişmiş tesisleri ile tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamaktadır. 3M yaklaşık 70 ülkede 88,000 kişiye istihdam sağlamaktadır. 3M Türkiye'deki faaliyetlerine ise 1987 kurulan Çerkezköy ve Çorlu fabrikalarıyla başlamıştır.

3M inovasyona çok önem veren bir şirket olarak her yıl yaklaşık 1,000 yeni ürünü üretim altyapısına katmakta ve nihai amacı olan gelirinin %40'ını piyasaya çıkardığı yenilikçi ürünlerden elde etme hedefini sürdürmektedir. 3M sağlık hizmetlerinden endüstriyel taşımacılığa, iletişimden güvenliğe birçok alanda 105,000 patent bulundurmaktadır. Türkiye'de ise yapılan projenin odağı şirketin faaliyet gösterdiği Tüketici Ürünleri Grubu üzerine olmuştur.

2. Proje Tanımı ve Mevcut Sistem Analizi

2.1. Mevcut Sistem Tanımı

3M Türkiye, Tüketici Ürünleri Grubu'ndaki ürünleri modern kanalda ve geleneksel kanalda müşteriye ulaştırmak için Eczacıbaşı Girişim Pazarlama ile ortaklık yürütmektedir. Üretimden çıkan ürünler Eczacıbaşı Girişim Pazarlama tarafından alınmakta ve toptancılara dağıtılmaktadır. İlaç kanalında ise Eczacıbaşı İlaç Pazarlama ile anlaşmış olan 3M, ofis ürünlerinin müşteriye ulaşması için MAS ile işbirliği yapmaktadır. Eczacıbaşı ve MAS, 3M için satış kanalının vazgeçilmez iki önemli parçası durumundadır. Gerekli talep için günlük satış anlaşmalarını 3M şirket yetkililerinin direktifleri doğrultusunda bu iki aracı kuruluş yapmaktadır. Proje kapsamımızda olan indirim aktivitelerinin ve indirim dışı aktivitelerinin takibini ve bilgilendirmesini Eczacıbaşı ve MAS gerçekleştirmekte, aksiyon alınıp alınmayacağı ile ilgili son kararları ise 3M satış takımı vermektedir.

2.2. Mevcut Sistem Analizi

Proje kapsamımızda yapılan incelemeler ve görüşmeler sonucunda 3M'in satış kanalında hedeflenen satış hacmini tutturabilmesi, yıl içinde aldığı aksiyonları finanse edebilmesi için kullandığı iki farklı satış bütçesi çeşiti olduğu saptanmıştır. Birinci çeşit satış bütçesi modern kanalda perakendecideki satış miktarını arttırmak adına yapılan indirim aktivitelerini kapsamaktadır. İkinci çeşit satış bütçesi ise 3M'in birlikte çalıştığı aracı kurumların 3M'e satışları arttırmada bir fırsat olarak sunduğu, indirim aktiviteleri dışındaki aktivitelerin finansmanında kullanılan bütçedir. Satış bütçelerinin kullanılmasındaki bir diğer amaç ise şirketin önem verdiği toplam harcamanın toplam satışa oranının beklenen düzeylerde

tutulabilmesidir. Mevcut durumun analizinde, çalışılan çeşitli perakendecilerdeki satış miktarları ve yapılan harcamalar göz önünde bulundurulmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucunda, satış bütçelerinin kullanımı sırasında izlenen sistematik bir yol bulunmaması ve dikkat edilen ölçütlerin yetersiz kalıyor olması sorunların ana kaynağını oluşturulan etmenler olarak belirlenmiştir. Çeşitli perakendeci satış verileri ve onlara bağlı toplam harcamanın toplam satışa oranları incelendiğinde sadece bu oranın değil yıllar içindeki marjinal artışın/azalışın asıl olarak yapılan yatırımın etkili veya etkisiz olduğunu göstermekte olduğu ortaya konulmuştur.

3. Problem İçeriği

3.1. Belirtiler ve Şikayetler

3.1.1. İndirim aktiviteleri planlanırken fiyat elastisitesinin göz önünde bulundurulmaması

3M ürünlerinin satışlarını arttırmak için indirim aktiviteleri yapmaktadır. Fakat bu aktivite kapsamında alınan kararlar üzerinde, fiyat elastisitesinin herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. İndirim aktivitesi kapsamında alınan kararlar, daha önceki kararların getirdiği sonuçların yorumlanması ile alınmaktadır. Bu durumdan dolayı indirim aktivitelerinden istenen verim alınmamaktadır.

3.1.2. İndirim etkinliği sonrasında talepte meydana gelecek değişimin doğru tahmin edilememesi

İndirimin talep üzerine etkisi doğru tahmin edilemediğinden dolayı indirim kararları verimsiz hale gelmektedir.

3.1.3. Harcama kararlarındaki tutarsızlık

Harcama kararlarındaki tutarsızlıklardan dolayı, satışı arttırmak için yapılan projelerin çoğunun yatırım getiri(ROI) değeri istenen değer altında kalmaktadır.

3.1.4. Harcama yapılan projelerin yatırım getirilerinin ortalamasının hedeflenen değer altında kalması

Projelerin yatırım getiri ortalaması hedeflenen rakama ulaşamadığında, şirket hedeflenen net satış rakamlarının altında kalmaktadır.

3.2. Problem Tanımı

3M Türkiye yıllık toplam net satış hedeflerini perakendecilere, satış potansiyellerini göze alarak dağıtıyor. Böylece her perakendecinin kendine özel bir satış hedefi oluyor. Bu proje kapsamındaki amaç, indirim aktiviteleri için kullanılan satış bütçesi birin, harcama verimliliğini arttırmak ve satışları arttırmak için 3M'e sunulan aktivite tekliflerinden en iyisini seçmesi için şirkete yardımcı olabilecek bir karar destek sistemi geliştirmektir.

Satış bütçesi bir, satışları arttırmak için yapılan indirim aktiviteleri için

ayrılmış bütçedir. 3M bir perakendecinin satış rakamları planlananın altında kaldığında perakendeciyle iletişime geçer ve ürün fiyatında indirim olmasını talep eder. Buradaki amaç ürün fiyatını aşağı çekerek satış miktarını hedeflenen değere yaklaştırmaktır. 3M yılın sonunda indirim yaptırdığı perakendeciye, perakendecinin indirimden kaynaklanan zararını satış bütçesi biri kullanarak geri öder.

Satış bütçesi iki, satışları attırmak için 3M'e sunulan aktivite tekliflerine yatırım yapabilmek için ayrılan bütçedir. 3M yatırım yapacağı aktivitelere, aktiviterin satış beklentilerine göre karar vermektedir.

Satış bütçesi bir ve satış bütçesi iki 3M'in yıllık net satış hedeflerine ulaşması yolunda önemli bir role sahiptir. Her ne kadar satışını arttırmak için yapılan harcamaları arttırmak, brüt satışını arttırsa da harcamaların verimsiz olduğu durumda brüt satıştaki artış oranı, harcamalardaki artış oranının altında kalmaktadır. Bu durumda da net satışlarda bir azalma gözlenir. Satışını arttırmak için yapılan harcamalardaki verimsizlik, harcama kararları alınırken kullanılabilir bir karar destek sisteminin olmamasından kaynaklanmaktadır.

Projenin ilk amacı ürünlerin fiyat-talep fonksiyonlarını kullanarak en iyi uygulanabilir indirim miktarını bularak satış bütçesi birin verimliliğini arttırmak iken projenin ikinci amacı ise şirketin satış aktivitesi seçerken kullanabileceği ve satış bütçesi ikide ki verimliliği arttıracak bir puan bazlı yatırım değerlendirme sistemi oluşturmaktır.

4. İzlenen Yöntem ve Uygulamaları

Şirketin proje ekibimizle beraber çalışarak çözmeye çalıştığı problemin analizi için şirketin şu anda içinde bulunduğu durum incelendi. Bu inceleme sonucunda değişken satış harcamalarının ikiye ayrılmış olduğu ve iki farklı satış harcamasının iki farklı yöntem kullanılarak çözüme kavuşturulması gerektiği benimsendi.

Birinci tip satış harcamalarında yapılması önerilen fiyatlandırma stratejileri kullanılarak yapılan indirim aktivetelerinde alınabilecek en yüksek verimin alınması hedeflenmiştir. İkinci tip satış harcamalarında uygulanması önerilen Analitik Hiyerarşi Proses kullanılarak perakendecilerde yapılan indirim aktivitesi dışındaki aktiviterin seçiminde yardımcı olması için bir karar destek sistemi oluşturulması hedeflenmiştir.

4.1. Geliştirilen Modeller

4.1.1. Fiyatlandırma Stratejileri için Lineer Programlama Modeli

3M perakendecilerde sattığı ürünlerde zaman zaman beklenen satış rakamlarına ulaşamadığından dolayı uygun bulunduğu dönemlerde çeşitli ürünlerde çeşitli miktarlarda indirim düzenlemektedir. Alışverişçiye yansıyan bu indirimlerin maliyeti 3M tarafından karşılanmaktadır. Fakat yapılacak olan indirimlerde nasıl bir alt sınır veya üst sınır belirlenmesi konusunda, ne

kadar indirim yapılması gerektiği konusunda karar sıkıntılarını yaşamaktadırlar.

Microsoft Excel kullanılarak oluşturulan modelde fiyat-talep verisi girdi olarak alınarak belirlenmiş ürünler için fiyat-tepki fonksiyonlarının elde edilmesi ve uygun fiyat-talep eğrilerinin bu doğrulara oturtulması amaçlanmıştır.

Model çeşitli ürünlerin indirimli fiyatlarını değişken olarak alarak ve bu fiyatlara karşılık gelen perakendecilerdeki net satışı en iyilemeye çalışarak istenen çıktının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Sonuç olarak ortalama en iyi uygulanabilir indirim oranının bulunması hedeflenmiştir. Geliştirilen doğrusal model Ek.1’de görülebilmektedir.

4.1.2 Aktivite Yatırımları için Analitik Hiyerarşi Prosesi Modeli

Analitik Hiyerarşi Prosesi çeşitli karar aşamalarında kararın tutarlılığını sağlamak ve bunu artırabilmek için kullanılan bir methoddur. AHP, ölçülebilir değerler verdiği için indirim aktiviteleri dışında yapılan aktivite alternatiflerinin seçiminde kullanılacak bir methoddur. Bu methodun amacı şirketin ihtiyaçları ve öncelikleri doğrultusunda belirlenen kriter ve alt-kriterlerin göz önünde bulundurulmasıyla şirketin o anda seçenek havuzunda bulunan alternatiflerin skorlanmasıdır.

Modelde AHP’nin amacı önceden belirlenmiş kriterlere göre istenen aktivitenin seçilmesidir. Bu proje kapsamında şirket yetkilileri ile önceden kararlaştırılmış olan kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Proje ekibimiz aktivite değerlendirmesi için oluşturulan skor-odaklı karar destek sistemi ile alternatif aktivitelerin değerlerini ölçülebilir hale getirmiştir. Sonuç olarak bu model çeşitli alternatifler için skorlar bularak karar vericiye yardımcı olacak, objektif ve metodolojik bir değerlendirme süreci sağlamıştır.

5. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

Satış kanalında yapılan satışı arttırmaya yönelik kullanılan satış harcamalarının verimini arttırmayı hedefleyen projemiz, yapılan harcamaları ikiye bölerek iki farklı karar destek sistemi geliştirmiştir.

Fiyatlandırma stratejileri için geliştirilen lineer programlama modelinde elde edilen sonuçlar hem 3M şirketinin hem de çalıştığı perakendecinin memnun olacağını ve 3M’in indirim aktivitesi sırasında yapabileceği hareketlerin sınırını belirleme açısından yardımcı olacağını göstermektedir.

Aktivite yatırımlarının daha sağlıklı yapılabilmesi için kullanılan Analitik Hiyerarşi Proses modeli şirketin beklediği karar destek sisteminin oluşturulmasında ve sonuç olarak alternatif aktiviteler arasında kriterlere ve alt-kriterlere bağlı olarak objektif, ölçülebilir bir methodun uygulanabilmesini mümkün kılmıştır.

EKLER

EK 1 . Matematiksel Model

Parametreler

I: Ürün kümesi

J: Perakendeci kümesi

k_{ij} : i ürününün j perakendecisine satış fiyatı

r_{ij} : i ürününün j perakendecisindeki satış fiyatı

D_{ijr} : i ürününün j perakendecisinde r fiyatında yarattığı talep

C = sabit harcama

Karar Değişkenleri

F_{ijk} : Uygulanabilir en iyi indirimli fiyat

D_{ijf} : i ürününün j perakendecisinde f fiyatında yarattığı talep

Model

ençokla $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (k_{ij} * D_{ijf} - (r_{ij} - F_{ijk}) * D_{ijf} - D_{ijr})$

öyle ki

$$F_{ijk} \geq 0$$

$$\forall i,j,f$$

$$D_{ijf} \geq 0$$

$$\forall i,j,f$$

$$r_{ij} - F_{ijk} \geq 0$$

$$\forall i,j,f$$

$$(D_{ijf} - D_{ijr})/D_{ijr} \geq (r_{ij} - F_{ijk}) * (D_{ijf} - D_{ijr}) / C$$

$$\forall i,j,f,r$$